

BIBLIOTECA AGROPECUARIA
DE PALMIRA

20 ABR 2001

Producción de hortalizas de clima cálido

**Franco Alirio Vallejo Cabrera I.A., Ph. D.
Edgar Iván Estrada Salazar I.A., M. Sc.**

**Universidad Nacional de Colombia
Sede Palmira**

Franco Alirio Vallejo Cabrera

Ingeniero Agrónomo.

Magíster Scientiae en Genética y Mejoramiento Vegetal.

Doctor en Genética y Mejoramiento Vegetal
Profesor Titular, Profesor Emérito y Maestro Universitario de la Universidad Nacional de Colombia.

Profesor Investigador en las áreas de Genética, Fitomejoramiento, Recursos Fitogenéticos Neotropicales y Producción de Hortalizas.

Edgar Iván Estrada Salazar

Ingeniero Agrónomo.

Magíster Scientiae en Genética y Mejoramiento Vegetal.

Profesor Asociado de la Universidad Nacional de Colombia.

Profesor Investigador en las áreas de Genética, Fitomejoramiento, Semillas y Producción de Hortalizas.

U. C. A. BAF	
Nº. Acceso	
Compra	<input checked="" type="checkbox"/>
Conje	<input type="checkbox"/>
Donation	<input type="checkbox"/>
Procedencia	Unibiblos
Fecha	2007 Costo 47.000

*A nuestros estudiantes,
fuente y motivación del saber,*

*A los agricultores
por su tenacidad y compromiso para hacer
de la investigación agronómica una oportunidad.*

Dedicamos

Los Autores

Presentación

En este libro se ha integrado información básica relacionada con los aspectos botánicos, morfológicos, fisiológicos y genéticos de cada uno de los ocho cultivos tratados, con información asociada a las diferentes posibilidades del manejo de las prácticas agronómicas, lo que permite una mejor y más eficiente expresión productiva y de calidad, así como menores impactos ambientales negativos que pongan en riesgo la sostenibilidad de los cultivos.

El componente básico, pretende aportar información que amplíe el conocimiento de la planta y, así entender su potencial y capacidad de respuesta agronómica en un sistema particular de cultivo. En el componente agronómico, se describen y discuten algunos de los aspectos más relevantes a tener en cuenta para el manejo de las poblaciones en los diferentes sistemas de cultivo, y sirve de guía orientadora, entendiendo que en cada región y ambiente productivo se tendrán que realizar los ajustes y modificaciones específicos que promuevan una mejor respuesta agronómica, no solo en el rendimiento y calidad de los productos, sino también en la eficiencia de la inversión económica y en los impactos sociales derivados.

Una buena parte de la información contenida en el libro, es el resultado de las experiencias investigativas y de asesoría técnica, obtenidas a través del Programa de Investigación en Hortalizas, así como del ejercicio de la docencia en las áreas de genética, fitomejoramiento, semillas y producción de cultivos, asociadas a los cultivos hortícolas que se han desarrollado por más de 20 años en la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira.

Los autores reconocen el valioso aporte recibido de colegas docentes, de profesionales y técnicos que trabajan en el campo hortícola y muy especialmente de los estudiantes y agricultores, fuente y motivación para escribir este libro.

También expresan su profundo agradecimiento a la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira y en particular a las diferentes unidades de soporte académico y administrativo, que con su apoyo hicieron posible esta publicación.

Los Autores.

Contenido

1.	Introducción	21
2.	El cultivo del tomate	27
2.1	Generalidades del cultivo	27
2.1.1	Importancia económica, nutricional y situación actual	27
2.1.2	Origen, domesticación y evolución del tomate cultivado	30
2.1.3	Taxonomía del tomate	33
2.1.4	Especies silvestres del género <i>Lycopersicon</i>	39
	<i>Lycopersicon esculentum</i> var. <i>cerasiforme</i> (Dun) A. Gray	39
	<i>Lycopersicon pimpinellifolium</i> (Just) Mill	40
	<i>Lycopersicon cheesmanii</i> Rileg	40
	<i>Lycopersicon chmielewskii</i>	40
	<i>Lycopersicon parviflorum</i>	41
	<i>Lycopersicon hirsutum</i> (Humb. y Bonpl)	41
	<i>Lycopersicon peruvianum</i> (L.) Mill	42
	<i>Lycopersicon chilense</i> Dun	42
	<i>Lycopersicon pennellii</i> Corr	42
2.1.5	Anatomía y fisiología del tomate cultivado	42
	Características morfológicas	44
	Biología de la reproducción	49
2.1.6	Clima para el cultivo del tomate	51
2.2	Agronomía del cultivo	55
2.2.1	Adaptación	55
2.2.2	Épocas de siembra	56
2.2.3	Tipos de cultivares (variedades)	56
2.2.4	Sistemas de producción	62
2.2.5	Preparación del suelo o sustrato de crecimiento	63
	Construcción de camas en cultivos en invernadero	64
	Aplicación de enmiendas correctoras de pH	64
2.2.6	Siembra	65
	Producción de plántulas en camas o eras	65
	Producción de plántulas en viveros en bandejas y contenedores	65
	Los contenedores	66
	El sustrato	66
	Transplante	66

Densidades y poblaciones de siembra	69
2.2.7 Sistemas de poda y tutorado	70
Poda de formación	70
Poda sanitaria	70
Poda de los frutos	70
Poda terminal	70
Tutorado	72
Tutor individual	72
Tutor individual en espaldera o tijera	73
Encajonado	73
Colgado	74
2.2.8 Aporques	74
2.2.9 Manejo del riego	74
2.2.10 Abonamiento y fertilización mineral	79
Tipos de fertilización	82
a) Fertilización a nivel de plántulas	82
b) Aplicación de enmiendas orgánicas	82
c) Fertilización de presembrado o de fondo	83
d) Fertilización de mantenimiento	83
e) Fertilización foliar complementaria	90
2.2.11 Manejo de arvenses	91
2.2.12 Manejo de plagas y enfermedades	92
2.2.13 Manejo de la cosecha y postcosecha	96
2.3 Bibliografía	100
3. El cultivo del pimentón	107
3.1 Generalidades del cultivo	107
3.1.1 Importancia nutricional y económica	107
3.1.2 Biología de la reproducción	109
3.1.3 Origen geográfico y variabilidad genética	111
3.1.4 Cruzamientos interespecíficos	112
3.1.5 Producción de semilla	113
3.2 Agronomía del cultivo	116
3.2.1 Adaptación	116
3.2.2 Épocas de siembra	116
3.2.3 Tipos de cultivares	117
3.2.4 Sistemas de producción	120
3.2.5 Preparación del suelo o sustratos de crecimiento	121
3.2.6 Siembra	122

Producción de plántulas:	122
Transplante	123
Densidades de siembra y arreglo de poblaciones	123
3.2.7 Sistemas de poda y tutorado	124
3.2.8 Aporques	125
3.2.9 Manejo del agua	125
3.2.10 Abonamiento y fertilización mineral	128
3.2.11 Manejo de arvenses	133
3.2.12 Manejo de plagas y enfermedades	134
3.2.13 Cosecha y postcosecha	137
3.3 Bibliografía	138
4. El cultivo de la cebolla de bulbo	143
4.1 Generalidades del cultivo	143
4.1.1 Importancia económica	143
4.1.2 Valor nutritivo	143
a. Contenido de sólidos totales	143
b. Pungencia	144
c. Forma del bulbo	144
d. Coloración de la cebolla	144
e. Resistencia al almacenamiento	144
4.1.3 Origen de la cebolla	145
4.1.4 Botánica	145
a. Grupo <i>typicum</i> : <i>Allium cepa</i> var. <i>cepa</i>	146
b. Grupo <i>aggregatum</i> : <i>Allium cepa</i> var. <i>aggregatum</i>	146
c. Grupo <i>proliferum</i> : <i>Allium cepa</i> var. <i>proliferum</i>	146
a. <i>Allium sativum</i> (ajo):	146
b. <i>Allium fistulosum</i> (cebolla de rama):	146
c. <i>Allium ampeloprasum</i> (puerro, ajo de cabeza grande):	146
d. <i>Allium schoenoprasum</i> (cebollino):	146
e. <i>Allium chinense</i> (Rakkyo):	146
f. <i>Allium tuberosum</i> (cebollino chino)	147
4.1.5 Morfología de las cebollas comunes	147
4.1.6 Fisiología del desarrollo y reproducción	149
Factores que afectan la producción de bulbos	149
Factores que afectan la fase reproductiva	150
4.1.7 Biología floral	151
Tasa de cruzamiento natural	151
Florecimiento	151

4.1.8 Técnicas de polinización asistida	152
Autofecundación	152
Cruzamiento	153
4.1.9 Herencia de algunos caracteres de interés hortícola	153
Coloración del bulbo	153
Cerosidad de las hojas	155
Androesterilidad	156
Peso de bulbo	157
Formato del bulbo	157
Contenido de materia seca	157
Contenido de sólidos solubles	157
Conservación poscosecha	157
Florecimiento prematuro	157
4.1.10 Producción de híbridos usando androesterilidad	158
Producción de la línea androesteriles (Línea A)	158
Producción de la línea B en la variedad Red Creole	158
Producción de la línea A en la variedad Red Creole	159
Mantenimiento de la línea A	160
4.1.11 Resistencia a enfermedades y plagas	160
Resistencia a <i>Alternaria Porri</i> ; (mancha púrpura)	160
Resistencia a <i>Peronospora destructor</i> (mildiu)	160
Resistencia a <i>Pyrenochatea terrestris</i> (raíz rosada)	161
Resistencia a trips	161
4.1.12 Mejoramiento genético de la cebolla	161
Selección Masal	162
Selección - Autofecundación	162
4.1.13 Producción de semillas	163
Producción de bulbos madres	163
Producción de Semillas	164
4.2 Agronomía del cultivo	164
4.2.1 Adaptacion	164
4.2.2 Epocas de siembra	165
4.2.3 Tipos de cultivares	165
4.2.4 Sistemas de producción	169
4.2.5 Preparacion de suelos	170
4.2.6 Siembra	170
4.2.7 Manejo del agua	174
4.2.8 Abonamiento y fertilizacion	176
4.2.9 Manejo de arvenses	178
4.2.10 Manejo de plagas y enfermedades	179

4.2.11 Cosecha y manejo de pos-cosecha	182
4.3 Bibliografía	185
5. El cultivo del zapallo	191
5.1 Generalidades del cultivo	191
5.1.1 Usos de las Cucurbitas cultivadas	194
Alimento	194
Medicinal	195
Industrial	195
5.1.2 Especies cultivadas de Cucurbita	195
<i>C. argyrosperma (C. mixta)</i>	195
<i>C. ficifolia</i>	196
<i>C. maxima</i>	196
<i>C. moschata</i>	196
<i>C. pepo</i>	197
5.1.3 Taxonomía	197
5.1.4 Biología floral	198
5.1.5 Técnica de polinización manual	200
5.1.6 Cruzamientos interespecíficos	200
5.1.7 Técnicas para superar la barrera interespecífica	204
Método de la diversidad genética	204
Cruzamientos puentes	204
Cultivo de embriones	205
Híbridos poliploides	206
5.1.8 Endocria y heterosis	206
5.1.9 Expresión del sexo	207
5.1.10 Herencia de algunos caracteres de interés hortícola	209
Hábito de crecimiento	209
Color de la hoja	211
Color de la epidermis del fruto	211
Color de la pulpa del fruto	212
Superficie del fruto	212
Forma del fruto	212
5.1.11 Mejoramiento genético	215
5.2 Agronomía del cultivo	216
5.2.1 Adaptación	216
5.2.2 Épocas de siembra	217
5.2.3 Tipos de cultivares	217
5.2.4 Sistemas de producción	219

5.2.5	Preparación de suelos	221
5.2.6	Siembra	221
5.2.8	Abonamiento y fertilización mineral	224
5.2.9	Disposición de guías	227
5.2.10	Manejo de arvenses	227
5.2.11	Manejo de plagas y enfermedades	228
5.2.12	Cosecha y manejo de postcosecha	231
5.3	Bibliografía	233
6.	El cultivo del melón	239
6.1	Generalidades del cultivo	239
6.1.1	Origen	239
6.1.2	Variedades botánicas	239
	<i>C. melo var. cantaloupensis</i>	239
	<i>C. melo var. reticulatus</i>	239
	<i>C. melo var. inodorus</i> . (melones de invierno)	240
	<i>C. melo var. flexuosus</i>	240
	<i>C. melo var. conomon</i>	240
	<i>C. melo var. saccharinus</i>	240
	Expresión sexual	243
	Caracteres relacionados con el fruto	244
	Resistencia a enfermedades y plagas	244
6.2	Agronomía del cultivo	246
6.2.1	Adaptación	246
6.2.2	Epocas de siembras	246
6.2.3	Tipos de cultivares	247
	Grupo cantalupensis	247
	Grupo Inodorus	247
	Grupo reticulatus	247
	Grupo sacharinus	247
6.2.4	Sistemas de producción	250
6.2.5	Preparación de suelos	251
6.2.6	Siembra	252
6.2.7	Manejo del agua	253
6.2.8	Manejo de la nutrición mineral	255
	Fertilización de fondo (edáfica)	257
	Abonamiento de fondo y posterior complemento con fertiriego	257
6.2.9	Manejo de arvenses	259
6.2.10	Manejo de plagas y enfermedades	260
6.2.11	Cosecha y manejo de post-cosecha	263

6.3	Bibliografía	265
7.	El cultivo de la habichuela	269
7.1	Generalidades del cultivo	269
7.1.1	Origen	270
7.1.2	Taxonomía	270
7.1.3	Biología de la reproducción	271
7.1.4	Características de las vainas	273
7.2	Agronomía del cultivo	273
7.2.1	Adaptación	273
7.2.2	Epocas de siembra	274
7.2.3	Tipos de cultivares	274
7.2.4	Sistemas de producción	276
7.2.5	Preparación del suelo	276
7.2.6	Siembra	277
7.2.7	Sistema de tutorado	279
7.2.8	Manejo del riego	279
7.2.9	Fertilización	280
7.2.10	Manejo de arvenses	282
7.2.11	Manejo de plagas y enfermedades	282
7.2.12	Cosecha y manejo de postcosecha	285
7.3	Bibliografía	287
8.	El cultivo del cilantro para follaje	291
8.1	Generalidades del cultivo	291
8.1.1	Origen de la especie	291
8.1.2	Descripción taxonómica	292
8.1.3	Descripción morfológica	294
8.1.4	Mejoramiento genético	298
8.1.5	Composición nutricional	300
8.2	Agronomía del cultivo	300
8.2.1	Adaptación	300
8.2.2	Epocas de siembra	301
8.2.3	Tipos de cultivares	301
8.2.4	Sistemas de producción	303
8.2.5	Preparación de suelos	303
8.2.6	Siembra	305
8.2.7	Manejo del agua	305
8.2.8	Abonamiento y fertilización mineral	306
8.2.9	Manejo de arvenses	307

1. Introducción

Las especies hortícolas en general, poseen una serie de características que las hacen importantes en el contexto nacional e internacional: alto valor nutricional, elevada demanda en la dieta alimenticia de la población, amplia superficie sembrada de la cual se deriva el sostenimiento de un importante sector agrícola y campesino y grandes generadores de empleo en el campo y en la agroindustria.

En Colombia se cultivan más de treinta y cinco especies hortícolas, en todos los pisos térmicos del país, las cuales, según datos del Ministerio de Agricultura (2003), ocupan alrededor de 108.392 hectáreas, con una producción estimada de 1.614.123 toneladas. Si se tiene en cuenta que éste tipo de explotaciones utiliza alrededor de cuatro jornales por hectárea, en promedio, se genera un empleo en el campo de aproximadamente 435.000 de jornales por año. Ningún otro cultivo o grupo de cultivos, exceptuando las flores, tiene una característica igual a las hortalizas, como fuente generadora de empleo.

Cuando se miran los costos de reproducción globales por hectárea, 4,5 millones de pesos en promedio en sistemas artesanales y 28 millones de pesos en algunos cultivos en invernaderos o sistemas especiales, se deduce la importancia económica que tienen estos cultivos en el PIB sectorial.

Estudios realizados por el Instituto de Bienestar Familiar Colombiano (1996) señalan que el consumo mínimo básico de hortalizas por persona adulta al año debe estar cercano a 32 kilos y si se compara con la oferta y disponibilidad en la canasta familiar colombiana que es de 22 kilos, permite identificar un déficit de 10 kilos/persona/año que representa la gran oportunidad para el desarrollo futuro de estas especies. Si se comparan éstas cifras con los consumos promedios en países europeos (95 kilos/persona/año) en donde existe una cultura de consumo permanente, se puede estimar el gran potencial que tienen las hortalizas en la medida en que se arraigue esta tradición en Colombia y en los países del tercer mundo.

Si embargo, la producción de hortalizas en Colombia, en términos generales, es una actividad riesgosa que se caracteriza por los siguientes aspectos: cultivos generalmente de tamaño pequeño y atomizados, uso intensivo de mano de obra tanto familiar como contratada, poca disponibilidad de capital, mercado muy variable e inestable, altos costos de producción, excesivo uso de agroquímicos, limitada innovación tecnológica, crédito

deficiente, altas pérdidas en postcosecha y carencia casi total de cultivares creados para las condiciones y necesidades del país.

El pequeño y mediano productor realiza las siembras de hortalizas pensando fundamentalmente en que, éstas son especies de periodo vegetativo corto, intensivos en su cultivo, de alta demanda y especialmente de gran expectativa en su rentabilidad, especialmente cuando cuenta con suerte de lograr buenos precios en el mercado.

La mayoría de las hortalizas afrontan una serie de problemas relacionados con el bajo rendimiento y calidad, baja adaptabilidad de los cultivares importados, extrema susceptibilidad a insecto plagas, enfermedades y condiciones adversas de clima y suelo. El alto costo de la semilla y de los insumos, derivado de una completa dependencia de los mercados externos, la gran demanda de mano de obra y la falta de una tecnología nacional apropiada, repercuten en altos costos de producción que hacen de los cultivos hortícolas una actividad poco competitiva, sobre todo en los mercados internacionales.

La investigación de hortalizas en Colombia, requiere un mayor impulso y desarrollo . Esta fue realizada tradicionalmente por el desaparecido Programa de Hortalizas del Instituto Colombiano Agropecuario ICA, cuya investigación se caracterizó por ser muy dispersa y en la cual se enfatizaba principalmente en la adaptación de cultivares extranjeros y algunas practicas culturales. Poca atención se le prestó al mejoramiento genético con el fin de producir los cultivares que el país necesitaba. En la ultima década nuevas instituciones y centros de investigación se han venido comprometiendo con la investigación hortícola, incorporando en su trabajos temas de alta prioridad para el desarrollo de la horticultura nacional.

En los últimos años, a partir de 1985, la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, a través del Programa de investigación "Mejoramiento genético y producción de semillas de hortalizas", está trabajando intensamente en la creación de cultivares mejorados genéticamente, que compitan ventajosamente en adaptabilidad, resistencia a plagas y enfermedades, factores abióticos estresantes, rendimiento, calidad y valor agronómico con los cultivares importados, a un costo significativamente más bajo, como incentivo para el desarrollo de la olericultura colombiana. Además, trabaja en el desarrollo de tecnología productiva, en la capacitación y el desarrollo de los sistemas de producción de semillas con el fin de que las semillas mejoradas lleguen al productor de hortalizas colombiano.

Hasta el año 2004, la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, ha entregado al agricultor colombiano siete nuevos cultivares hortícolas, mejorados genéticamente, los cuales están siendo cultivados ampliamente en el Valle del Cauca y otras regiones colombianas. Estos cultivares son los siguientes:

1. UNAPAL - Arreboles: tomate tipo chonto, *Lycopersicon esculentum*
2. UNAPAL - Maravilla: tomate tipo chonto, *Lycopersicon esculentum*
3. UNAPAL - Bolo Verde: zapallo, *Cucurbita moschata*
4. UNAPAL -Mandarino: zapallo, *Cucurbita maxima*
5. UNAPAL - Serrano: pimentón, *Capsicum annuum*
6. UNAPAL - Milenio: habichuela, *Phaseolus vulgaris*
7. UNAPAL - Precoso: cilantro, *Coriandrum sativum*

Con ésta publicación se pretende estimular la generación de conocimiento y la producción de hortalizas en el país. Está dirigida a los estudiantes, profesionales y especialmente al productor de hortalizas colombiano procurando ayudarlo en tan importante pero arriesgada labor.

El cultivo del tomate

Lycopersicon esculentum Mill

2. El cultivo del tomate

Lycopersicon esculentum Mill.

2.1 Generalidades del cultivo

2.1.1 Importancia económica, nutricional y situación actual

El tomate es la hortaliza más importante en el mundo. Constituye el 30% de la producción hortícola, con alrededor de 2.9 millones de hectáreas sembradas y 72.744.000 toneladas de frutos cosechados. Los países en vía de desarrollo contribuyen de manera significativa a la producción mundial con aproximadamente 47.283.600 toneladas, que representan el 65% de dicha producción. Europa y Norteamérica contribuyen con el resto.

El 75% de la producción mundial de tomate está concentrada en solamente diez países; destacándose China, Estados Unidos y Turquía como los tres primeros productores. Brasil y Chile aparecen en octavo y décimo lugares (Cuadro 1).

En Suramérica se cultivan aproximadamente 159.500 hectáreas (66% para consumo fresco y 34% para industria), para una producción de 5.668.040 toneladas y un rendimiento promedio de 35.53 t/ha., destacándose Brasil y Chile como los mayores productores. Colombia ocupa un cuarto lugar en el área regional con 13.500 hectáreas, 324.000 toneladas de producción y 24.0 t/ha. como rendimiento promedio (Cuadro 2).

Cuadro 1. Los diez países mayores productores de tomate.

País	Producción (t)	%
China	12.832.440	17.6
Estados Unidos	11.719.000	16.0
Turquía	7.250.000	10.0
Italia	5.155.598	7.0
Egipto	5.034.197	6.9
India	4.800.000	6.6
España	2.705.500	3.7
Brasil	2.700.197	3.7
Federación Rusa	1.407.000	1.9
Chile	1.264.244	1.7
Total	54.868.176	75.0

Fuente: Vallejo, 1999

Cuadro 2 Área, producción y rendimiento del tomate en los países de América del Sur.

<i>País</i>	<i>Área (ha)</i>	<i>Producción (t)</i>	<i>Rendimiento (t/ha)</i>
Argentina	26.000	675.000	25.96
Bolivia	6.200	75.608	12.19
Brasil	63.100	2.700.197	42.80
Chile	21.000	1.264.244	60.20
Colombia	13.500	324.000	24.0
Ecuador	4.400	44.708	10.16
Guayana Francesa	120	3.770	31.42
Guayana	530	3.300	6.23
Paraguay	1.160	44.754	38.58
Perú	8.040	227.332	28.27
Suriname	150	1.700	11.33
Uruguay	2.000	35.500	17.75
Venezuela	14.000	291.927	20.85

Fuente: Vallejo, 1999

En el Valle del Cauca se siembran alrededor de 3.100 ha./año, para una producción de 83.500 toneladas, aunque estas cifras no reflejan la totalidad de parcelas con menos de 2.000 plantas que tradicionalmente el agricultor cultiva en huerta, conjuntamente con otras hortalizas. (Vallejo, 1999).

El tomate es un componente importante de la dieta de muchos países del mundo. Según datos de la FAO (1979-1993), el consumo promedio mundial es de 36 gramos por persona por día, destacándose los países desarrollados con 82 g. Los países en desarrollo consumen 27 gramos por persona por día. En Colombia, durante 1985, el consumo fue de 19 gramos/persona/día, según el Instituto Colombiano de Bienestar Familiar. (Vallejo, 1999).

El valor nutritivo del tomate no es muy elevado (Cuadro 3 y Figura 1). Según estudio realizado por el doctor Alien Stevens (1974) sobre el valor nutricional de las principales frutas y hortalizas, el tomate ocupa el puesto 16 en cuanto a concentración relativa de un grupo de diez vitaminas y minerales; sin embargo, su popularidad, demostrada por el alto consumo, lo convierte en una de las principales fuentes de vitaminas y minerales de muchos países.

Colombia depende para la producción del tomate de la importación de semilla. Aproximadamente el 80% de la semilla es importada y el 20% es producida por el propio agricultor, especialmente del tipo chonto. Según los registros de importación entregados por el Instituto Colombiano Agropecuario - ICA, en 1998 se importaron 4.211 kilos de semilla por un valor aproximado de cien millones de pesos.

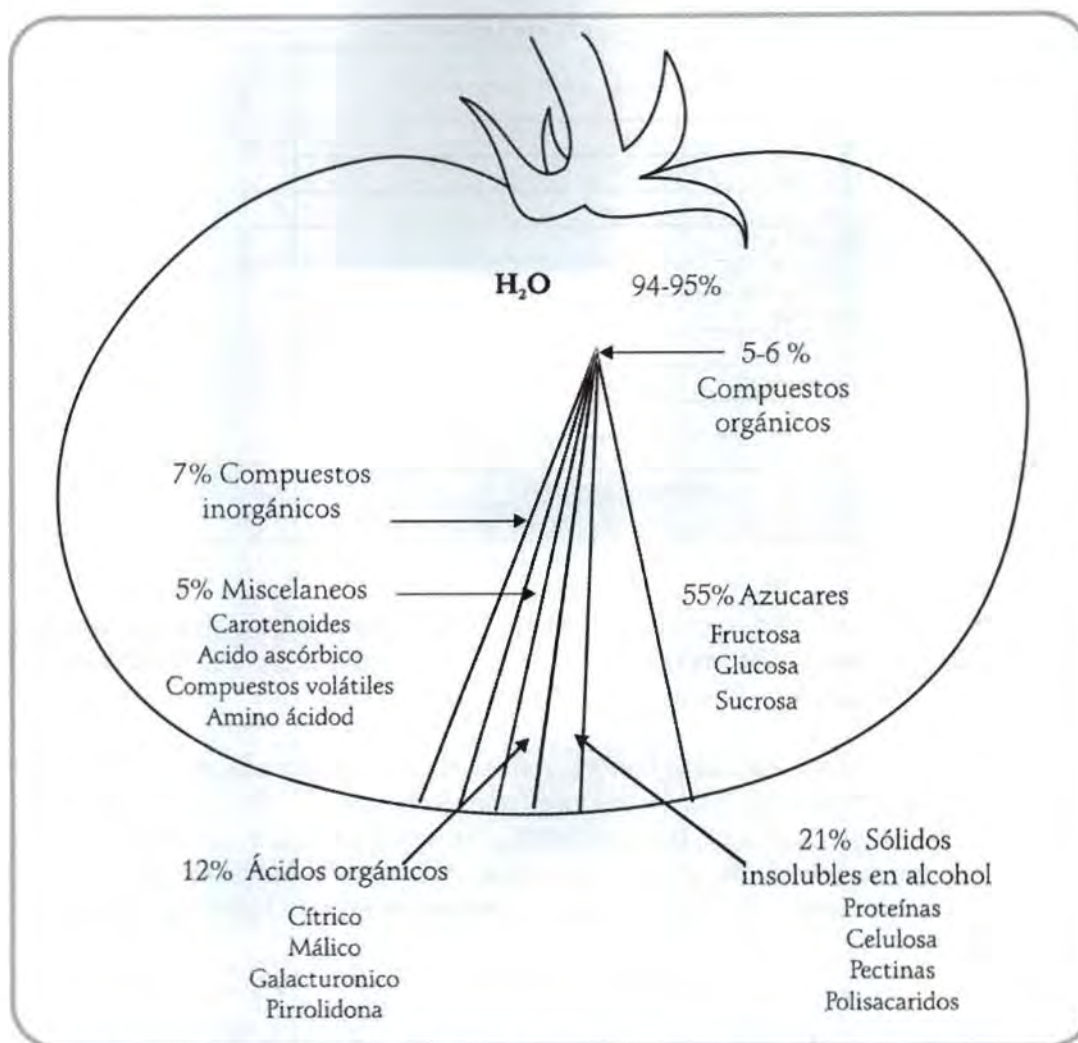


Figura 1. Constituyentes principales de fruto de tomate maduro.

Fuente: Basset, 1986

La producción de tomate en Colombia es una actividad agrícola riesgosa, caracterizada por los siguientes aspectos: cultivos generalmente de tamaño pequeño y atomizados, uso intensivo de capital y mano de obra que repercute en altos costos de producción (15 - 25 millones de pesos por hectárea), poca disponibilidad de crédito, mercado caótico, altas pérdidas en postcosecha., grandes problemas sanitarios, escasa tecnificación en la producción, bajos rendimientos y carencia total de cultivares nacionales.

Cuadro 3. Valor nutritivo medio del tomate, por cien gramos de producto comestible.

Desperdicio	%	6.0
Materia seca	g	6.2
Energía	K cal	20.0
Proteína	g	1.2
Fibra	g	0.7
Calcio	mg	7.0
Hierro	mg	0.6
Caroteno	mg	0.5
Tiamina	mg	0.06
Riboflavina	mg	0.04
Niacina	mg	0.6
Vitamina C	mg	2.3.0
Valor Nutritivo Promedio (VNP)		2.39
VN P por 100 gramos de materia seca		38.5

Fuente: Grubben, 1977.

El pequeño y el mediano agricultor realizan las siembras de tomate pensando fundamentalmente en que éste es un cultivo de período vegetativo corto, de alta demanda y de gran expectativa en su rentabilidad.(Estrada, 2003)

La producción de tomate en Colombia, en gran parte, está destinada al consumo fresco. La producción de tomate para la industria tiene poca importancia. Se cultiva generalmente el tomate tipo chonto (80% de la superficie) y en poca cantidad tomate tipo milano (20%). Los departamentos del Valle del Cauca, Atlántico y los Santanderes son los principales productores. El Valle del Cauca ocupa el primer lugar en superficies y rendimiento. (Vallejo, 1999)

2.1.2 Origen, domesticación y evolución del tomate cultivado

El tomate cultivado se originó en el Nuevo Mundo. Su centro de origen está localizado en una pequeña área geográfica de Suramérica, limitada al sur por la latitud 30' (norte de Chile), al norte por el Ecuador y el sur de Colombia, al este por la Cordillera de los Andes y al oeste por el Océano Pacífico, incluyendo el archipiélago de las Islas Galápagos. Esta estrecha faja de tierra tiene cerca de 300 km de longitud. Todas las especies silvestres relacionadas con el tomate son originarias de la región andina de Chile, Bolivia, Perú, Ecuador, Colombia, incluyendo también las Islas Galápagos. (Vallejo, 1999).

La mayoría de las evidencias (históricas, lingüísticas, arqueológicas y etnobotánicas) indican que la región de Veracruz y Puebla, en México, es el centro de domesticación del tomate. Las formas silvestres de "tomate cereza", *Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*, originarias del Perú, migraron a través del Ecuador, Colombia, Panamá y América Central hasta llegar a México, donde fue domesticado por el hombre. No existen evidencias que indiquen que el tomate fuera conocido por los indios de América del Norte.

Otro argumento que refuerza la ubicación del centro de domesticación es que ninguna forma de representación del tomate o parte de la planta, en la cerámica y utensilios primitivos, ha sido encontrada en los restos arqueológicos de la región andina. Además, el tomate no tiene un nombre nativo en las lenguas de los antiguos habitantes de los Andes. Por el contrario, en la lengua Nahuatl de México, era llamado "tomatl" que, sin lugar a dudas, dio origen al actual nombre de tomate. (Vallejo, 1999).

El tomate alcanzó un estado avanzado de domesticación en México, antes de ser conocido en Europa y Asia. Los herbarios europeos muestran descripciones y grabados de tomate solamente a partir de la segunda mitad del siglo XVI; además, esas informaciones revelan que los primeros tipos cultivados en Europa tenían frutos blandos, con amplia variedad de formas y colores, cambios que fueron realizados por los agricultores primitivos de México.

Estudios electroforéticos recientes mostraron que los cultivares europeos tienen mayor similitud genética con los cultivares primitivos y la variedad *cerasiforme* de México y América central que con las plantas primitivas y silvestres de la región andina (Perú y Ecuador). (Vallejo, 1999).

La introducción del tomate al continente europeo ocurrió probablemente, a través de España, entre 1523, año de la conquista de México y 1524, año en que aparecieron las primeras descripciones publicadas por el italiano Pier Andrea Mattioli. Se piensa que ocurrió una migración lenta a través de la región del Mediterráneo y posteriormente, hacia el norte del continente. En la edición de 1554 del herbario de Mattioli, el tomate fue llamado "pomi d'oro" (manzana dorada), término que originó el actual nombre italiano *pomodoro*. La razón de este nombre es que sin duda alguna, los cultivares primitivos italianos producían frutos de color amarillo. Los italianos fueron los primeros en cultivar tomate y probablemente los primeros que lo utilizaron en la alimentación humana, a mediados del siglo XVIII. (Vallejo, 1999).

En el siglo XVI e inicios del siglo XVII, el tomate fue cultivado en los jardines de Europa (Italia, Inglaterra, España y Francia) como ornamental, por la belleza de sus frutos, y como afrodisiaco. Durante un siglo o más fue tenido como venenoso, probablemente por ser miembro de la familia de las solanáceas. El alcaloide predominante en el tomate es la

tomatina que aunque en altas concentraciones en las hojas y en los frutos verdes se transforma en compuesto inerte en los frutos maduros.

El tomate, después de haber llegado a Inglaterra, fue llevado a los Estados Unidos alrededor de 1711; allí fue también cultivado como ornamental. El consumo de tomate como fuente de alimento, ocurrió aproximadamente en 1850 en los Estados Unidos y solo a partir de esa fecha comenzó a tener un poco de interés científico y agronómico. En 1900 surgió la primera variedad mejorada, denominada Ponderosa, la cual fue utilizada para la obtención de la mayoría de las variedades americanas actuales, juntamente con los materiales colectados en la región de origen durante las décadas de 1920 y 1930. (Vallejo, 1999).

El ancestro más próximo a todos los cultivares modernos es el tomate silvestre, conocido como "cereza", *L. esculentum* var. *cerasiforme*, de los frutos pequeños y rojos, que crece espontáneamente en toda la América tropical y subtropical. Actualmente está ampliamente distribuido en otras áreas tropicales del mundo.

La secuencia más lógica en la evolución del tomate parece ser: *L. esculentum* var. *cerasiforme*, del Ecuador y Perú → *var. cerasiforme* de México → domesticación en México → tomate cultivado → Europa → resto del mundo.

Durante todo el proceso de migración, el tomate experimentó restricciones en el tamaño poblacional dando como resultado una reducción considerable en la variabilidad genética, sin contar con la presión de selección que pudo haber existido. La autogamia forzada, por ausencia de insectos polinizadores, propios de la región andina, condujo a una rápida fijación de genes, además del incremento de la uniformidad.

El carácter estigma, situado por fuera del cono formado por las anteras (Figura 2), sufrió un gran cambio en el proceso de introducción del tomate a Europa. El estigma por fuera de las anteras dificulta la autopolinización. En las especies silvestres autoincompatibles, en la *var. cerasiforme* y en los cultivares antiguos, el estigma estaba por fuera del cono de anteras. Con la introducción del tomate a Europa (con poca base genética y falta de insectos polinizadores) hubo selección para estigma más corto, forzando la autopolinización. Actualmente, los cultivares modernos tienen estilos cortos (brevistila) y la planta es funcionalmente autógama (Rick y Fobes, 1975).

Estudios citogenéticos, en híbridos interespecíficos, muestran que la especiación en el género *Lycopersicon* ocurrió, casi en su totalidad, por mutación génica y en poca cantidad por diferenciación cromosómica.

El género *Lycopersicon* se distingue de su género más próximo y emparentado, posiblemente ancestral, el *Solanum*, por la característica de dehiscencia del polen el cual es expulsado de las anteras por hendiduras laterales.

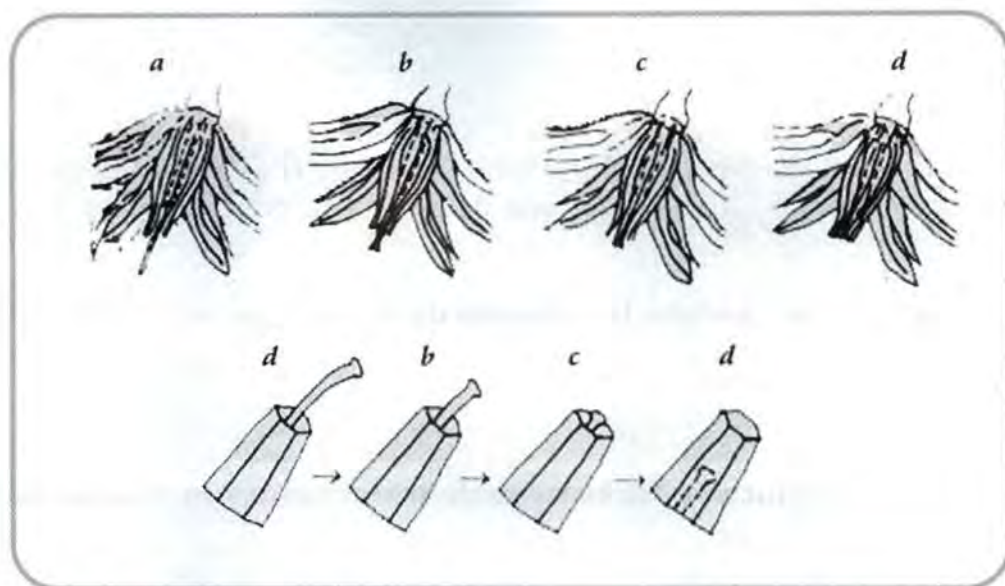


Figura 2. Evolución de la longitud del estilo del tomate (a) especies ancestrales autoincompatibles, (b) *L. esculentum* var. *cerasiforme* y cultivares primitivos, (c) cultivares antiguos de Estados Unidos y Europa y (d) cultivares modernos (Rick, 1978).

2.1.3 Taxonomía del tomate

El tomate es una planta dicotiledónea, perteneciente a la familia Solanaceae y al género *Lycopersicon*. *L. esculentum* es la especie cultivada y posee nueve especies silvestres relacionadas. El nombre genérico y específico del tomate fue dado por Miller en 1788. La mayoría de los investigadores consideran que el género *Lycopersicon* posee las siguientes especies: (Vallejo, 1999)

- L. esculentum* Mill. (especie cultivada)
- L. esculentum* var. *cerasiforme*
- L. pimpinellifolium* (Juss.) Mill.
- L. hirsutum* Humb and Bonpl.
- L. cheesmanii* Riley
- L. parviflorum*
- L. chmielewskii*
- L. peruvianum* (L.) Mill
- L. pennellii* (Syn. de *Solanum pennellii* Corr.)
- L. chilense* Dun.

Algunas de estas especies poseen variedades botánicas, pero solamente se citan

L. esculentum var. *cerasiforme* por la importancia que tiene en la evolución de la especie cultivada. En el cuadro 4 se presenta la clave simplificada para identificar las especies del género *Lycopersicon*.

Muller y Luckwill citados por Vallejo (1999), dividieron el género *Lycopersicon* en dos subgéneros, teniendo en cuenta el color de los frutos, posición del estigma otras características.

A. *Eulycopersicon*: Incluye las especies de frutos rojos, en estado maduro.

L. esculentum

L. esculentum var. *cerasiforme*

L. pimpinellifolium

B. *Eriopersicon*: Incluye las especies de frutos verdes en estado maduro.

L. chilense

L. peruvianum

L. hirsutum

L. parviflorum

L. chmielewskii

En esta clasificación es difícil incluir a *L. cheesmanii*, que posee frutos amarillos anaranjados en estado maduro y a *Solanum pennellii* que es una especie con gran afinidad al género *Lycopersicon*. Se cruza fácilmente con *L. esculentum* y morfológicamente se parece más al tomate que a la papa (Rick y Butler, 1956).

Cuadro 4. Clave simplificada para identificar las especies de *Lycopersicon* (Rick et.al., 1990)

<p>1. Interior del fruto maduro rojo; semillas 1,5 mm o más largas.</p> <p>1.1 Diámetro del fruto mayor de 1,5 cm; margen de la hoja generalmente aserrado</p> <p>1.1.1 Diámetro del fruto 3 cm o más ancho, dos a muchos lóculos. <i>L. esculentum</i> Mill.</p> <p>1.1.2 Diámetro del fruto 1,5 - 2,5 cm; dos lóculos. <i>L. esculentum</i> var. <i>cerasiforme</i> (Dun.) Gray.</p> <p>1.2 Diámetro del fruto menor que 1,5 cm, usualmente alrededor de 1 cm. Margen de la hoja generalmente ondulado o entero. <i>L. pimpinellifolium</i> (just.) Mill.</p>
<p>2. Interior del fruto amarillo o naranja; semillas 1,0 mm o más cortas.</p> <p><i>L. cheesmanii</i> Ri ley.</p>
<p>3. Interior del fruto maduro verde o blanquecino; semillas de varios tamaños.</p> <p>3.1 Simpodio con tres hojas <i>L. hirsutum</i> Humb. & Bonpl.</p> <p>3.2. Simpodio con dos hojas.</p> <p>3.2.1 Inflorescencias con brácteas pequeñas o sin ellas (complejo subgenérico <i>minutum</i>).</p> <p>a. Flores pequeñas (diámetro de la corola 1.5 cm o menos); semillas 1 mm o más cortas.</p> <p>b. Flores más anchas (diámetro de la corola 2 cm o más); semillas 1,5 mm o más largas. <i>L. chmielewskii</i> Rick, Kesicki, Fobes & Holle.</p> <p>3.2.2 Inflorescencias con brácteas anchas.</p> <p>a. Anteras asociadas en un tubo o cono estaminal, dehiscente por aberturas laterales (complejo subgenérico <i>peruvianum</i>)</p> <p>i. Plantas erectas: pedúnculo más largo de 15 cm; flores amontonadas; cono estaminal recto. <i>L. chilense</i> Dun.</p> <p>ii. Plantas rastreras: pedúnculo más corto de 15 cm; flores pobremente agrupadas; cono estaminal generalmente estrangulado distalmente. <i>L. peruvianum</i> (L.) Mill.</p> <p>b. Anteras libres, dehiscencia poral. <i>L. pennellii</i> (Corr.) D'Arcy (anteriormente <i>Solanum pennellii</i> Corr).</p>

De acuerdo con el grado de compatibilidad de los cruzamientos interespecíficos, Rick (1979) dividió al género *Lycopersicon* en dos grupos:

1. Grupo *esculentum*:

L. esculentum
L. esculentum var. *cerasiforme*
L. pimpinellifolium
L. cheesmanii
L. parviflorum
L. chmielewskii
L. hirsutum

2. Grupo *peruvianum*:

L. peruvianum
L. chilense

Algunos investigadores consideran un tercer grupo (*juglandifolia*) perteneciente al género *Solanum*, que tiene muchas semejanzas con el tomate, además de la diploidia y los doce pares de cromosomas; incluye:

S. juglandifolia
S. ochranthum
S. lycopersicoides
S. rickii

Todas las especies de *Lycopersicon*, incluyendo *L. pennellii*, se pueden cruzar entre sí y producir híbridos con apareamiento completo de los cromosomas, variado grado de fertilidad en los híbridos F_1 y en las generaciones sucesivas, dependiendo de las especies involucradas. En los cruzamientos entre especies de grupos diferentes, las especies del grupo *esculentum* deben actuar como progenitores femeninos y se debe usar el cultivo de embriones para romper la fuerte barrera de incompatibilidad existente entre los dos grupos (Rick, 1979).

Las especies del grupo *esculentum* se cruzan fácilmente con la especie cultivada, usando *L. esculentum* como progenitor femenino. Las especies del grupo *peruvianum* se pueden cruzar con *L. esculentum* siempre y cuando se use *L. esculentum* como madre y cultivo de embrión, para obtener la F_1 , la F_2 y el retrocruzamiento hacia *L. esculentum*.

L. pennellii se cruza unilateralmente (usado como macho) con *L. esculentum*, *L. cheesmanii*, *L. pimpinellifolium*, *L. parviflorum*, *L. hirsutum* y *Solanum lycopersicoides*; pero no se cruza directamente con otras especies de los géneros *Lycopersicon* o *Solanum* (Rick, 1979). El híbrido *esculentum* x *pennellii* presenta 25% de fertilidad y un comportamiento cromosómico casi normal (Krush y Rick, 1963).

La especie *S. lycopersicoïdes* se cruza unilateralmente con *L. esculentum*, *L. pimpinellifolium*, *L. cheesmanii* y *L. pennellii*, produciendo semillas pequeñas y viables; pero el híbrido presenta esterilidad génica y cromosómica (Rick, 1979).

Harlan y De Wet, en 1971, propusieron la metodología de los “conjuntos génicos”, basada en el grado de aislamiento reproductivo entre poblaciones, para establecer la relación entre la especie cultivada y los posibles ancestrales. Según esta metodología, la variabilidad de las plantas se puede clasificar en tres niveles:

1. Conjunto génico primario (GP1): Incluye todas las poblaciones o razas que se cruzan con la especie cultivada, produciendo híbridos fértiles, con buen apareamiento de los cromosomas y segregación génica normal. Corresponde al concepto biológico de la especie. En este nivel están las poblaciones o razas silvestres o invasoras que no tienen barreras de aislamiento reproductivo con la especie cultivada.

2. Conjunto génico secundario (GP2): Incluye todas las especies biológicas que pueden cruzarse con la especie cultivada, pero con flujo génico restringido, ocurriendo barreras de esterilidad, pobre apareamiento de cromosomas o segregación génica anormal.

3. Conjunto génico terciario (GP3): Incluye todas las especies que pueden cruzarse con la especie cultivada, pero los híbridos son letales, completamente estériles o anormales. No existe ninguna posibilidad de obtener híbridos F1 fértiles en la naturaleza. Para la transferencia de genes se deben adoptar técnicas especiales como cruzamientos puentes, cultivos de embriones, hibridación somática e ingeniería genética.

De acuerdo con los datos disponibles sobre la habilidad de cruzamiento con la especie cultivada, las especies del género *Lycopersicon* se pueden agrupar en los siguientes conjuntos génicos (Figura 3).

1. Conjunto génico primario (GP1)

L. esculentum

L. esculentum var. *cerasiforme*

L. pimpinellifolium

L. cheesmanii

2. Conjunto génico secundario (GP2)

L. hirsutum

L. parviflorum

L. chmielewskii

L. pennellii

3. Conjunto génico terciario (GP3)

L. peruvianum

L. chilense

S. lycopersicoïdes presenta problemas de flujo génico con *Lycopersicon* debido a las fuertes barreras de incompatibilidad génica y esterilidad cromosómica, difíciles de superar con técnicas especiales. Por lo tanto, existen serias dudas para incluir a *S. lycopersicoïdes* como miembro del grupo GP3 de *L. esculentum*.

L. esculentum var. *cerasiforme*, *L. pimpinellifolium* y *L. cheesmanii* se cruzan fácilmente, en los dos sentidos, con *L. esculentum*. Los híbridos F₁ presentan fertilidad total, apareamiento cromosómico y segregación cromosómica completamente normal (Rick, 1978).

En el cruzamiento con *L. cheesmanii* se pueden presentar barreras posigóticas, dando como resultado híbridos F₁ poco vigorosos con fructificación baja; debido posiblemente al aislamiento geográfico de la especie, confinada únicamente en las Islas Galápagos (Rick, 1978).

Los híbridos entre *L. esculentum* con *L. chmielewiskii* y *L. parviflorum* son fértiles pero la segregación presenta problemas por la baja viabilidad, atribuida posiblemente a interacciones con el gen defoliado (Df) y por la baja fructificación (Chmielewiskii, 1968; citado por Vallejo, 1999), *L. chmielewiskii* y *L. parviflorum* constituyeron lo que antes se llamó el complejo *L. minutum*.

Los híbridos *L. esculentum* x *L. hirsutum* presentan fertilidad variable, de acuerdo con la variedad empleada en el cruzamiento, y puede ser completamente fértil en el cruzamiento con *L. hirsutum* var. *glabratum* (Rick, 1956).

Los híbridos *L. esculentum* x *L. pennellii* presentan fuertes barreras de incompatibilidad (Quirós, 1975; Rick, 1979). El híbrido F₁ presenta apareamiento cromosómico preferencial con cerca del 25% de fertilidad normal (Rick, 1978).

En los híbridos *L. esculentum* x *L. peruvianum*, el fruto se desarrolla normalmente después de la polinización pero el embrión aborta en los primeros estados de desarrollo; se requiere utilizar cultivo de embriones para obtener la generación F₁ (Rick, 1956, 1978, 1979, 1980). A veces el híbrido F₁ no es viable y el retrocruzamiento para *L. esculentum* es poco frecuente (McGuine y Rick, citados por Vallejo, 1999).

En los híbridos *L. esculentum* x *L. chilense* también se presenta aborto de embrión pero en estados más avanzados de desarrollo del fruto, se requiere del cultivo de embrión para obtener híbridos F₁ (Rick, 1956, 1978).

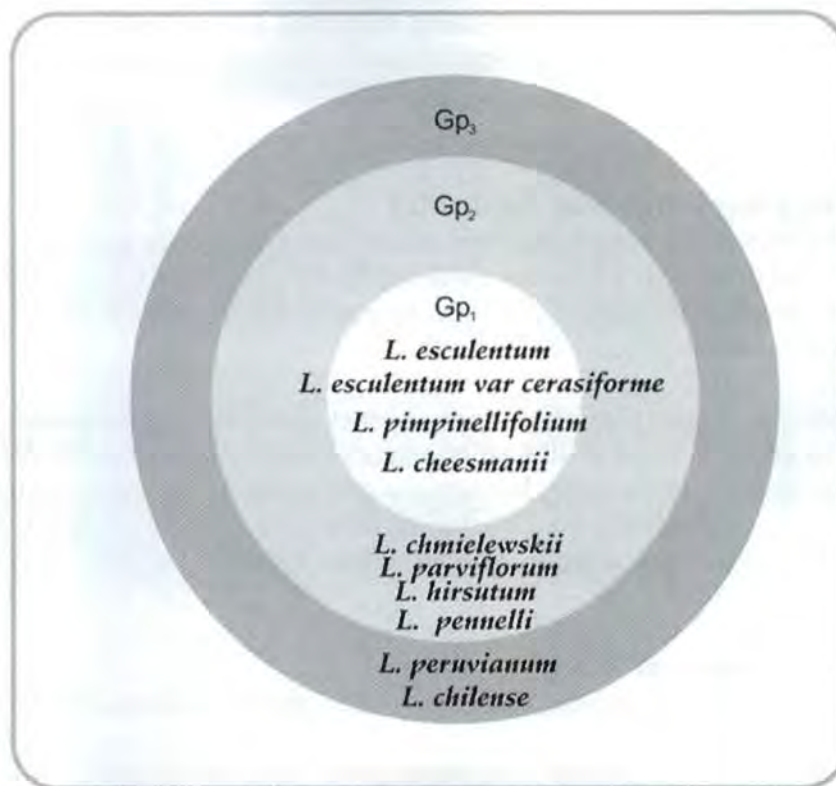


Figura 3. Clasificación biosistemática del tomate según la metodología de conjuntos genéticos propuesta por Harlan y De Wet (1971).

2.1.4 Especies silvestres del género *Lycopersicon*

Lycopersicon esculentum var. *cerasiforme* (Dun) A. Gray

Esta variedad botánica, considerada como la forma ancestral del tomate cultivado, se encuentra diseminada en las regiones tropicales y subtropicales del mundo. Es nativa de la región andina del Ecuador y Perú y es la única especie silvestre que se halla también fuera de su área de origen (Esquinas-Alcázar, 1981; Rick, 1973). Es una especie autógama, con gran variabilidad genética, especialmente en la parte este del Perú, debido posiblemente a la introgresión con *L. pimpinellifolium*. Es una especie monomórfica en otras regiones, al igual que las formas cultivadas de tomate (Rick *et al*, 1974).

Algunas razas crecen en la hoya amazónica, como es el caso de "Chico regional" en Araracuara, el cual se ha utilizado para ampliar la adaptabilidad de las variedades con

frutos de mayor tamaño y calidad . Presenta tolerancia a la humedad, resistencia al tizón tardío o gota, nemátodos y algunos hongos foliares. Se cruza fácilmente con *L. esculentum*. (Lobo, 1986).

***Lycopersicon pimpinellifolium* (Juss.) Mill**

Es la especie silvestre más estrechamente relacionada con el tomate cultivado. Es originaria de la región andina del Perú y Ecuador, costa del Perú y noreste de Ecuador y Perú. Prefiere los hábitats mesofíticos, pero a menudo se encuentra creciendo en localidades con condiciones de extrema sequía (Rick, 1978).

Es una especie autógama, pero en algunas regiones presenta diversos grados de alogamia facultativa, alcanzando hasta el 40% en las regiones norte y central del Perú. Se presenta, además, como especie invasora en los campos cultivados de los valles costeros del Perú. Se cruza fácilmente con *L. esculentum* y ha contribuido a mejorar el color y la calidad de los frutos y la resistencia a diversas enfermedades. (Esquinas -Alcázar, 1981).

***Lycopersicon cheesmanii* Rileg**

Es una especie endémica a las islas Galápagos, única por el color amarillo - naranja de sus frutos. Presenta autogamia completa y muchas poblaciones silvestres son prácticamente líneas puras, pero a pesar de esto, tiene variabilidad entre poblaciones.

La sub-especie **minor** prefiere bajas latitudes y crece muy bien en el litoral salino (playas) de las islas. Su gran tolerancia a la salinidad se debe a alta tolerancia de las células al sodio (Na^+) y no a restricciones para su asimilación o traslocación.

Las semillas de la especie presentan latencia, de las cuales solamente el 1 % germinan sin tratamiento (Rick y Bowman, citados por Vallejo, 1999).

La hibridación con *L. esculentum* es posible. Es fuente de resistencia a la salinidad, posee los genes responsables de la retención del fruto (ausencia de la camada de abscisión), y del grosor del pericarpio del fruto (Esquinas-Alcázar, 1981).

Lycopersicon chmielewskii

Se caracteriza por tener tallos rastreros, hojas e inflorescencias simples y frutos de color blanquizco en estado maduro. Está restringida a la región central del Perú y valles de la región interandina, prefiere hábitat húmedos, bien drenados y lugares rocosos. Es considerada como hermana de *L. parviflorum* y las dos conforman el complejo *L. minutum* (Esquinas - Alcázar, 1981).

El cultivo del tomate, *Lycopersicon esculentum* Mill.

Es autocompatible, pero presenta algún grado de polinización cruzada. Moderadamente variable. Se puede cruzar con *L. esculentum* y es fuente de alto contenido de azúcar en los frutos.

Lycopersicon parviflorum

Se caracteriza por tener flores muy reducidas y frutos verdes. Es originaria de las regiones norte y centro del Perú, sur del Ecuador y regiones interandinas. Es completamente autógena y relativamente uniforme. Se pueden realizar cruzamientos con *L. esculentum*.

Posee el gen defoliador que produce debilidad y letalidad en las progenies del cruzamiento interespecífico *L. esculentum* x *L. parviflorum*. (Esquinas-Alcázar, 1981).

En Colombia se evaluó fenotípicamente la colección de *L. parviflorum* para obtener mayor conocimiento sobre las características útiles para mejoramiento. Se destaca distribución de los racimos florales y la resistencia a *P. infestans* y *Phoma andina* var. *crystalliniformis* (Lobo, 1986).

***Lycopersicon hirsutum* (Humb. y Bonpl)**

Se caracteriza por tener plantas robustas, de gran tamaño, vellosidades muy densas, frutos de color verde en estado maduro y un fuerte olor característico que la distingue de las demás especies. Se encuentra distribuida entre el centro del Perú y el norte del Ecuador, en alturas que varían de 500 a 3.300 m.s.n.m. Prefiere zonas húmedas, bien drenadas y grandes altitudes (Rick, citado por Vallejo, 1999).

Existen dos formas botánicas: *typicum* y *glabratum*, las cuales se pueden diferenciar por la densidad de los tricomas. Es obligatoriamente alógama, debido a la autoincompatibilidad; sin embargo, presenta sub-especies autocompatibles. La variabilidad genética está relacionada con las diferencias regionales.

Se puede cruzar con *L. esculentum* solamente cuando *L. hirsutum* es utilizado como progenitor masculino, presenta resistencia a bajas temperaturas, daño por congelamiento y a insectos fitófagos (Rick, 1973). Se ha encontrado resistencia a catorce especies de insectos plagas diferentes (Rick, 1982).

***Lycopersicon peruvianum* (L.) Mill**

Se halla ampliamente distribuida a lo largo de la costa y valles interandinos del Perú, desde el norte de Chile hasta el valle del río Marañón. Es la especie más variable del

género *Lycopersicon*, distinguiéndose al menos 35 razas. Exhibe alogamia con una estricta autoincompatibilidad.

Esta especie, conjuntamente con *L. chilense* forman un subgénero que se encuentra completamente separado de las demás especies por una severa barrera de incompatibilidad. Lo anterior repercute en dificultades para producir híbridos interespecíficos. Con la raza denominada "Chamaya-cuvita" ha sido posible obtener semillas híbridas maduras, sin necesidad de utilizar cultivo de embriones. Presenta resistencia a nemátodos y a muchas enfermedades y plagas del tomate.

***Lycopersicon chilense* Dun**

Se encuentra distribuida en el sureste del Perú y noreste de Chile. Es completamente alógama, autoincompatible y relativamente variable. Prefiere los sitios muy secos y presenta un sistema radical muy profundo que incrementa la capacidad de absorción de agua; mecanismo responsable de la resistencia a la sequía. La hibridación con *L. esculentum* es relativamente más exitosa que con *L. peruvianum*.

***Lycopersicon pennellii* Corr**

Antes clasificada como *Solanum pennellii*. Se halla distribuida en las elevaciones medias de la región central y bien drenada del Perú. Presenta frutos de color verde y es autoincompatible, con pocas excepciones.

Se adapta a ambientes de extrema sequía, debido a su capacidad para absorber humedad atmosférica y retenerla en los tejidos foliares, a pesar de tener un sistema radical poco desarrollado. Presenta frutos de color verde, especie altamente variable y es posible obtener híbridos con *L. esculentum*.

2.1.5 Anatomía y fisiología del tomate cultivado

El tomate es una planta perenne, de porte arbustivo que se cultiva como anual (Figura 4). Puede desarrollarse de forma rastrera, semierecta o erecta y su crecimiento es limitado en las variedades determinadas e ilimitado en las indeterminadas, y puede llegar en estas últimas a 10 m en un año (Rick, 1978).

La ramificación es generalmente simpodial, los ejes sucesivos se desarrollan a partir de la yema axilar del eje precedente y la yema terminal da lugar a la inflorescencia o a ramas abortivas.



Figura 4. Representación esquemática de una planta de tomate (Rick 1978)

Las hojas son compuestas, imparipinadas con siete a nueve folíolos y una filotaxia de 2/5. La inflorescencia es un dicasio compuesto generalmente por cuatro a doce flores. El fruto es una baya de forma globular, ovoide o aplastada, cuyo peso oscila, según variedades, entre 5 y 500 g. Cuando la planta crece directamente de la semilla sin sufrir trasplantes desarrolla una potente raíz principal que le permite adaptarse a ecosistemas semidesérticos, pero cuando la raíz principal se daña, como por ejemplo a consecuencia del trasplante, se desarrolla un sistema de raíces laterales adventicias (Chamarro, 1994).

El tomate puede crecer, florecer y fructificar en una gran variedad de condiciones ambientales que incluye un amplio rango de latitudes, alturas, temperaturas, suelos, métodos de cultivo, etc.

La temperatura es un factor limitante del cultivo. La ideal es de 25°C; por debajo de 15°C y superiores a 35°C, la germinación se afecta negativamente. Para el buen cuajamiento de frutos se requieren temperaturas diurnas de 24 - 25°C y nocturnas de 18°C. Temperaturas nocturnas excesivamente altas (por ejemplo 25°C) perjudican significativamente el cuajamiento de frutos y en consecuencia la producción. La temperatura ideal

para la formación del licopeno (pigmento rojo del fruto) es de 24°C; en temperaturas elevadas (30°C) se inhibe la formación de licopeno y se favorece la síntesis de caroteno (pigmento amarillo) dando lugar a frutos amarillos de menor valor comercial (Maluf, 1982).

El exceso de lluvias constituye también un factor limitante porque favorece la incidencia de enfermedades en el cultivo. El fotoperiodo no tiene influencia alguna en el crecimiento y desarrollo del tomate.

El tamaño de las flores facilita su manipulación para la hibridación, lo cual, junto al elevado rendimiento de semillas, permite la producción a gran escala de semilla híbrida. Los beneficios de estos cruzamientos incluyen aumento en el vigor, rápido desarrollo de combinaciones de características deseables, especial resistencia a enfermedades regidas

por genes dominantes y, sobre todo, protección de las obtenciones, lo cual ha propiciado que en los últimos años los híbridos alcancen una extraordinaria difusión (Chamarro, 1994).

Características morfológicas

La semilla del tomate tiene forma lenticular con unas dimensiones aproximadas de 5x 4 x 2 mm y está constituida por el embrión, el endospermo y la testa o cubierta seminal la cual está recubierta de tricomas (Figura 5).

El sistema radical de tomate está constituido por la raíz principal, las raíces secundarias y las raíces adventicias.

El tallo principal tiene 2-4 cm de diámetro en la base y está cubierto por tricomas glandulares y no glandulares que salen de la epidermis. Forma de seis a doce hojas que crecen lateralmente, con una filotaxia de 2/5, antes de que la yema principal se transforme en una inflorescencia. El crecimiento subsiguiente se produce a partir de la yema axilar de la última hoja, la cual desarrolla un tallo secundario que crece como una prolongación del tallo primario y desplaza lateralmente la inflorescencia. Los sucesivos segmentos del tallo se desarrollan de forma similar, produciendo una inflorescencia cada dos o tres hojas.

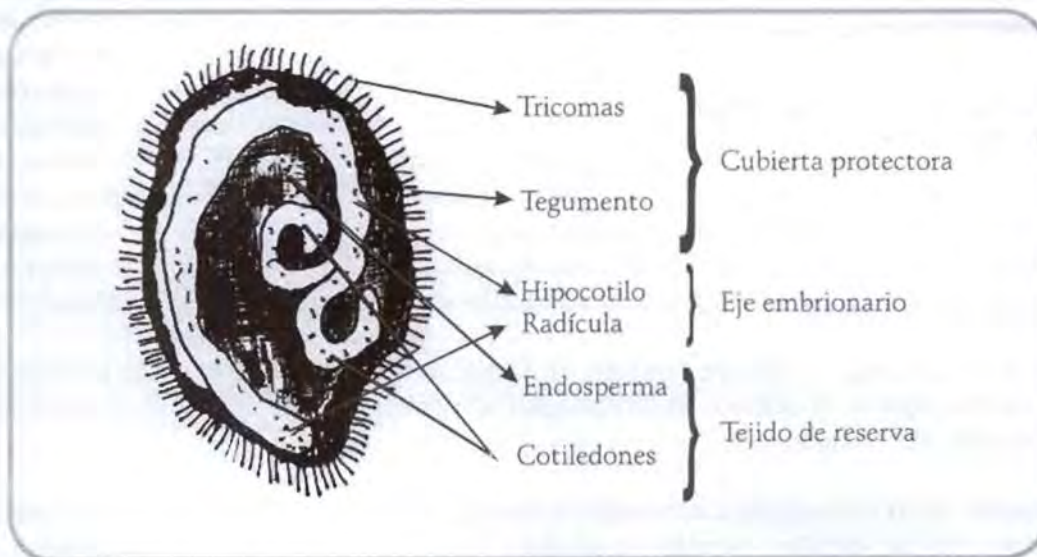


Figura 5. Sección longitudinal de la semilla de tomate (Melo, 1989)

El aspecto es el de un tallo principal, que crece de forma continua, con inflorescencias internodales laterales cada dos o tres hojas. Cuando este proceso se repite indefinidamente los cultivares se denominan indeterminados (Figura 6). El tallo principal puede crecer más de 10 m por año, con un porte rastrero o trepador. Estos cultivares son adecuados para recolección continua ya que florecen y fructifican de forma regular y uniforme. Los brotes laterales, que se desarrollan en las axilas de las hojas, se eliminan y el tallo principal se amarra a una estaca o tutor.

Los cultivares determinados tienen un crecimiento limitado que puede extenderse unos 2 m. Los segmentos sucesivos del eje principal soportan, de forma progresiva, un número inferior de hojas y terminan en una inflorescencia (Figura 6). El sistema de ramificación lateral experimenta un crecimiento limitado dando a la planta un aspecto arbustivo con simetría circular que requiere de menos espacio que los cultivares indeterminados. La floración y la fructificación se producen en un período limitado, lo que provoca la concentración de la producción permitiendo efectuar la cosecha mecánica.



Figura 6. Comparación de una planta con crecimiento indeterminado (izquierda) y otra con crecimiento determinado (derecha). Las indeterminadas presentan dominancia apical, la planta emite una inflorescencia cada tercer nudo del tallo. En las determinadas, la yema apical crece pero a partir del cuarto racimo floral es sustituida por una inflorescencia, paralizando su crecimiento y promoviendo la brotación de yemas laterales (Rick, 1978).

Las hojas del tomate son pinnado compuestas. Una hoja típica de las plantas cultivadas tiene unos 0.5 m de largo, algo menos de anchura, con un gran foliolo terminal y hasta ocho grandes foliolos laterales, que pueden a su vez ser compuestos (Figura 7). Los foliolos son generalmente peciolados y lobulados irregularmente con bordes dentados. Las hojas

están recubiertas de tricomas del mismo tipo que los del tallo. Las hojas del tomate son de tipo dorsiventral o bifacial.

La flor del tomate es perfecta, regular e hipógina (Figura 8). El cáliz posee cinco o más sépalos verdes que se prenden al fruto incluso hasta después de la maduración. La corola está formada por cinco o más pétalos amarillos y encurvados cuando la flor está abierta. El número de estambres es de cinco, los cuales están soldados formando un cono. Las anteras son cortas y anchas. La flor está unida al eje floral por un pedicelo articulado que contiene la zona de abscisión, la cual se distingue por un engrosamiento. Durante la cosecha, la separación del fruto puede producirse por la zona de abscisión o por la inserción del fruto al pedicelo. En los frutos destinados a la industria, la presencia de parte del pedicelo es indeseable y por ello se prefieren las variedades en las que la separación se produce en la zona de unión al fruto.



Figura 7. Hoja adulta de tomate (Chamarro, 1994).

En condiciones ambientales desfavorables, la flor se separa de la planta antes de la apertura de los pétalos (aborto floral), en otros casos después de la apertura de los pétalos (caída de la flor), ocasionando grandes pérdidas de producción.

Las flores están agrupadas en inflorescencias que pueden ser simples, bifurcadas o ramificadas (Figura 9) Las formas simples se presentan con mayor frecuencia en la parte inferior de la planta y las ramificadas en la parte superior. El número de flores por inflorescencia es muy variable, en algunos casos excepcionales con más de 30 flores.

Los frutos se presentan agrupados en racimos; en número, tamaño y estado de maduración diferentes. El fruto es una baya, de forma y tamaño muy variable (Figura 10). Está compuesto por la película (epidermis o piel), pulpa, placenta y semillas (Figura 11). Internamente los frutos están divididos en lóculos, sitios donde se alojan las semillas, inmersas en el tegido placentario. De acuerdo con el número de lóculos, los frutos pueden ser bi, tri, tetra o pluriloculares. Frutos uniloculares son raros. Los frutos maduros pueden ser rojos, rosados o amarillos.

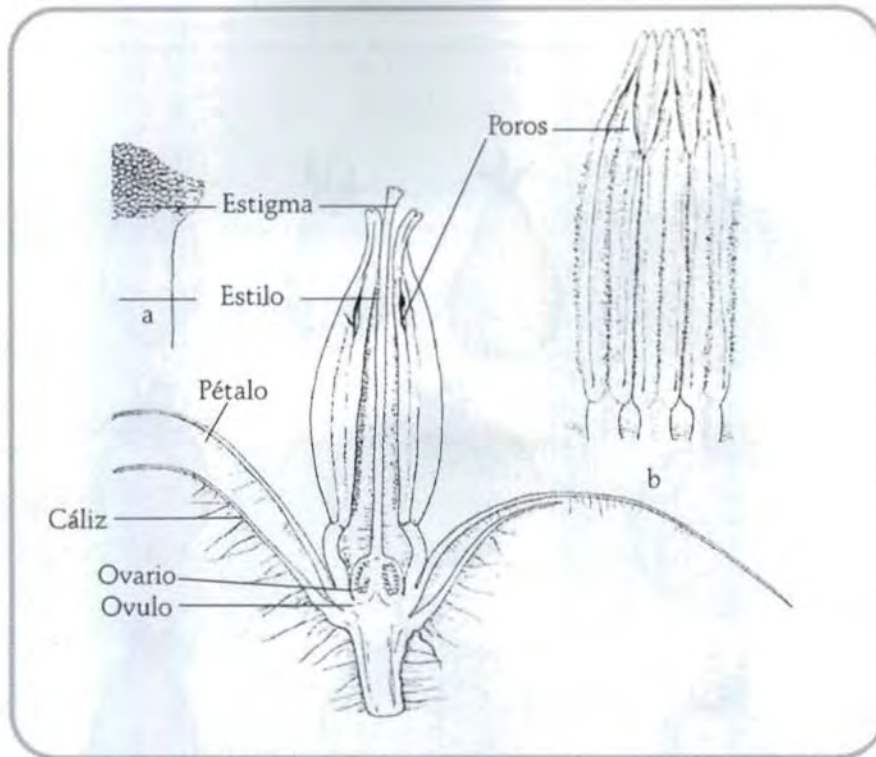


Figura 8. Representación esquemática de la flor del tomate (Rick, 1978).



Figura 9. Inflorescencia del tomate, simple (a), bifurcado (b) y ramificada (c) (Melo, 1989).

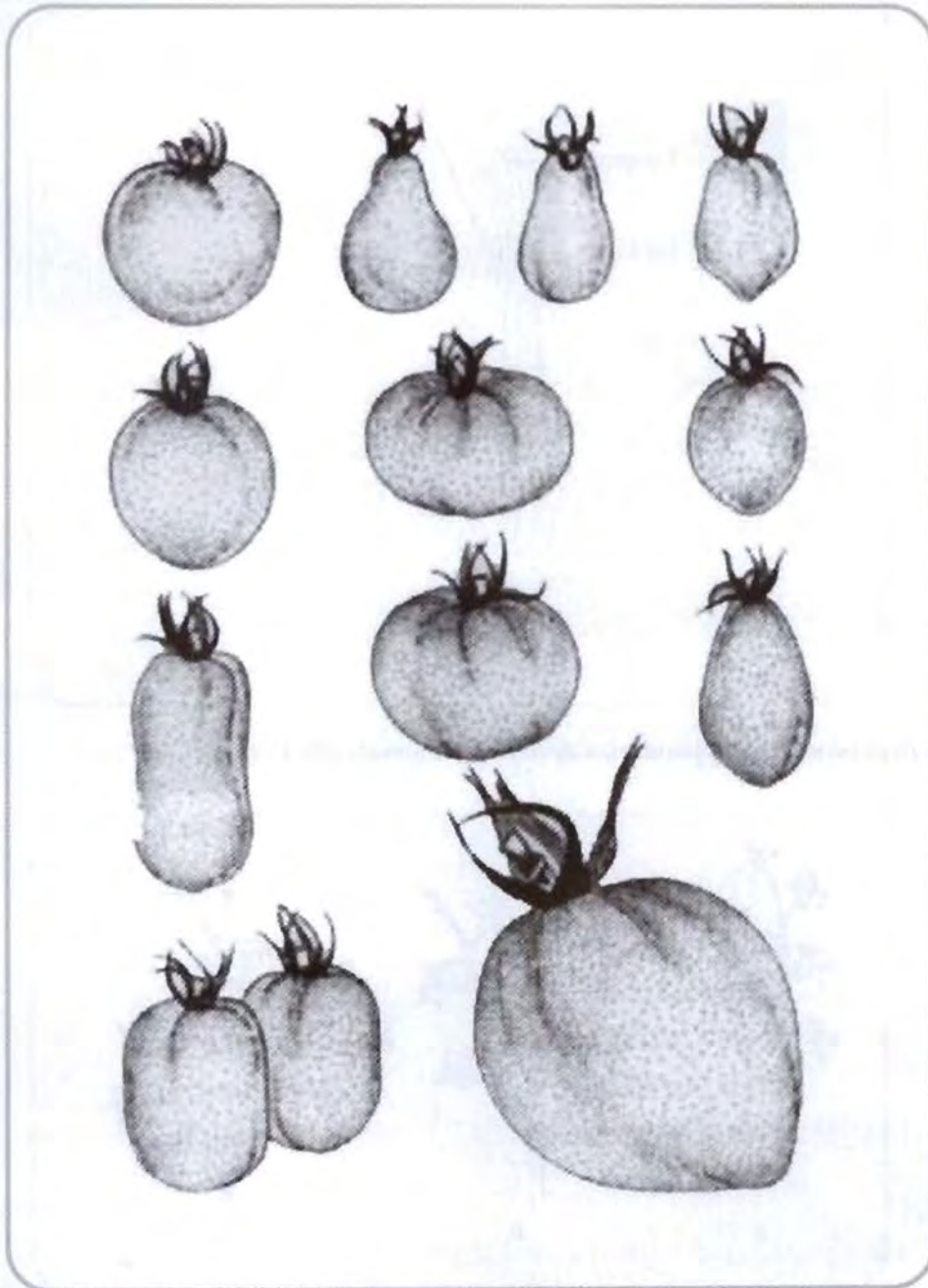


Figura 10. Variabilidad del tamaño y formato de los frutos de tomate

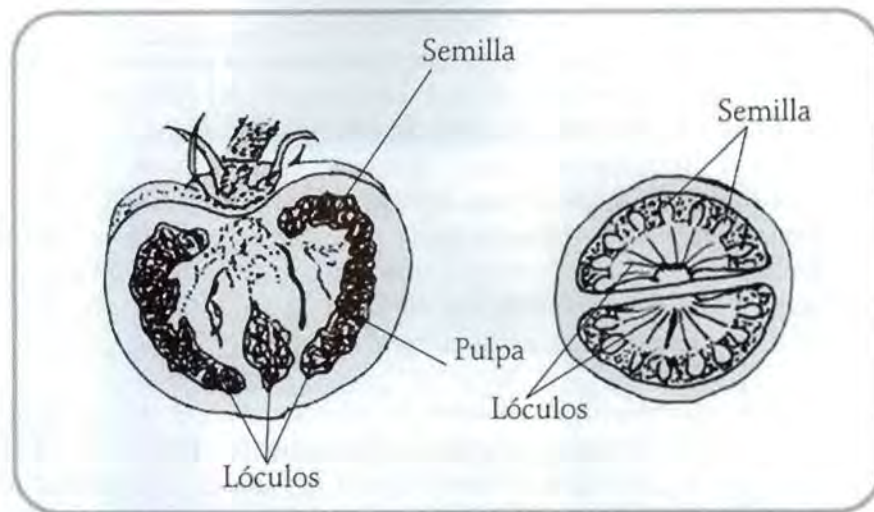


Figura 11. Corte longitudinal (izquierda) y transversal (derecha) de un fruto bilocular de tomate (Melo, 1989).

Biología de la reproducción

La estructura floral del tomate favorece la autofecundación y por lo tanto es una especie autógama. El porcentaje de cruzamiento natural es generalmente inferior al 5%, realizado principalmente por insectos.

El estigma es receptivo al polen uno o dos días antes de la dehiscencia de las anteras y permanece así cuatro a ocho días después de la antesis. La polinización se produce generalmente en el momento de la antesis. El polen es liberado por las hendiduras laterales de las anteras en el interior del cono y, desde que las flores estén pendientes (posición normal), es conducido por gravedad a la boca del tubo formado por las anteras donde se encuentra el estigma, garantizando de esta manera la autofecundación.

La transferencia de los granos de polen al estigma depende también de la longitud del estilo y para que se produzca autofecundación, el estigma debe estar situado a la altura del cono de anteras o por debajo de él. En especies silvestres autoincompatibles o cultivares primitivos, donde el estigma se sitúa por fuera del cono de anteras, el porcentaje de alogamia alcanza valores elevados (Melo, 1989).

Cuando el polen alcanza el estigma, el tubo polínico empieza a crecer durante la primera hora y a 25°C puede alcanzar el micrópilo del óvulo en 18 horas y fecundar la mayoría de los ovarios antes de las 30 horas (Chamarro, 1994).

En el cultivo del tomate se presentan problemas de cuajamiento de los frutos, ocasionados por condiciones internas o externas desfavorables: fracaso de la polinización, temperaturas desfavorables para la germinación del polen y crecimiento del tubo polínico (la óptima es 21 °C), iluminación insuficiente, exceso de fertilización o un cuajamiento previo abundante. Cuando el problema es causado por bajas temperaturas, puede resolverse o atenuarse a veces mediante aspersiones con ácido naftalenacético (ANA) u otros promotores del crecimiento, utilización de técnicas de vibración de flores que favorezcan la polinización, empleo de variedades partenocárpicas o con polen fértil a baja temperatura. Cuando el problema se debe a temperaturas elevadas, la solución puede ser encontrada desarrollando líneas que cuajen bien a esas temperaturas.

Para efectuar cruzamiento entre dos cultivares, se selecciona, en el cultivar que servirá de madre, flores no abiertas cuya antesis ocurrirá al día siguiente. En este estado (de botón) los pétalos todavía poseen color blanco - amarillento, no tienen la tonalidad amarilla; el estigma de la flor ya está receptivo y la dehiscencia de las anteras aún no ha ocurrido. Como la corola está unida por la base al cono de anteras, para efectuar la emasculación basta halar los pétalos con los dedos o una pinza para que la corola salga conjuntamente con el cono de anteras, permaneciendo solamente el estilo y el cáliz. La flor emasculada puede ser polinizada al día siguiente o en el mismo día. No es necesario protegerla, pues con la eliminación de la corola los insectos no son atraídos.

El polen es cosechado de flores recién abiertas cuyos pétalos estén doblados hacia atrás. Cuando se necesitan pequeñas cantidades de polen, éste se recoge en portaobjetos dando pequeños golpes a la flor con una pinza.

Cuando se requieran grandes cantidades de polen, la cosecha se efectúa por medio de un vibrador eléctrico. El mejor período para recolectar polen es en la tarde porque las flores lo sueltan con facilidad. La polinización puede efectuarse poniendo en contacto el polen con la superficie estigmática. Para facilitar esta labor se puede usar una cápsula, una cuchara pequeña, un vidrio plano con fondo negro o palitos de fósforo cuya extremidad esté pintada de negro.

En cruzamientos se debe utilizar solamente tres a cuatro flores por inflorescencia, de preferencia las primeras, que son las de mayor tamaño, eliminándose las restantes. Las que ya iniciaron antesis se deben eliminar con el fin de evitar contaminación con el propio polen.

El polen del tomate puede almacenarse por largo tiempo. Almacenado en cápsulas de gelatina, colocadas en vidrio con sílica gel y a 0°C - 5°C permanece viable por seis meses. Liofilizado y almacenado a 4°C y 50% de humedad relativa conserva su viabilidad por dos años (Rick, 1978).

El fruto del tomate requiere de cuarenta a sesenta días desde la floración hasta la maduración completa. Los tomates maduros son perecederos; en ese momento deben ser cosechados para así obtener una semilla de calidad óptima. Las semillas son extraídas del fruto maduro mediante procesos de fermentación y lavado. Pueden además almacenarse por períodos prolongados (5 -10 años); almacenadas a 5°C y 40% de humedad relativa permanecen viables por más de diez años (Miranda, 1985).

2.1.6 Clima para el cultivo del tomate

El tomate es una hortaliza de gran adaptación climática. Es insensible al fotoperíodo pero muy sensible a las altas y bajas temperaturas. Los factores climáticos que más afectan a las diferentes fases del cultivo son temperatura, luminosidad y humedad relativa.

Todas las plantas tienen una temperatura óptima para cada una de las fases de crecimiento y desarrollo: germinación, crecimiento vegetativo, floración, fructificación y maduración.

Cuando la temperatura está fuera de los límites requeridos por la planta se presentan alteraciones fisiológicas, generalmente irreversibles, que originan anomalías o desórdenes que pueden comprometer significativamente la producción del cultivo. El cuadro 5 presenta la temperatura considerada óptima para cada fase de desarrollo del tomate.

Cuadro 5. Temperatura óptima para los diferentes estados de desarrollo del tomate.

Estado de Desarrollo	Temperatura óptima(°C)	
	Diurna	Nocturna
Germinación	20-25	-
Crecimiento	25-27	17-20
Floración	21-25	13-17
Fructificación	25	18
Maduración	24-28	-

Fuente: Melo, 1993.

Temperaturas superiores o inferiores al rango óptimo (20-25°C) retrasan el proceso de germinación y, cuando están cerca de los extremos más bajos ($\pm 5^\circ\text{C}$) o más altos ($\pm 40^\circ\text{C}$) promueven su inhibición. La velocidad de germinación es afectada también por la temperatura, tal como lo muestra el cuadro 6.

Cuadro 6. Efecto de la temperatura sobre la germinación de las semillas de tomate.

Temperatura (°C)	0	5	10	15	20	25	30	35	40
Germinación (%)	0	0	82	98	98	97	83	46	0
Días para germinar	-	-	43	14	8	6	6	9	-

Fuente: Melo, 1993.

El crecimiento vegetativo es igualmente afectado por la relación entre temperatura diurna y nocturna. Plántas sometidas a temperaturas bajas constantes (14°C) exhiben un aumento significativo en el número de flores en relación con aquellas sometidas a 26°C (Cuadro 7).

Cuadro 7. Respuesta de plántas de tomate, cultivadas en temperaturas variables durante siete semanas.

	Temperatura (°C)		
	14	20	26
Número de hojas	10.6	11.3	15.2
Altura de planta (cm)	45.0	60.0	83.0
Número de flores	9.60	6.40	4.40

Fuente: Melo, 1993.

Otros disturbios fisiológicos inducidos por bajas temperaturas pueden ser bifurcación o ramificación de las inflorescencias, exhibiendo un número de frutos por encima del normal y deformación de los frutos. Cuando las plántas, en fase embrionario de diferenciación de flores, son expuestas a temperaturas diurna/nocturna de 15°C/1 0°C, por un período de una semana, se presentan tajaduras (lóculos abiertos) que demeritan enormemente su calidad.

Uno de los componentes clave de la productividad en tomate es el porcentaje de cuajamiento de frutos. El término cuajamiento de frutos indica la proporción de flores que alcanzan la antesis, formación y normal desarrollo del fruto hasta su cosecha. Se trata de un proceso fisiológico complejo, muy dependiente de la temperatura y de otros factores ambientales como la luz, dióxido de carbono y la humedad.

La temperatura limitante del cuajamiento de frutos es la nocturna, siendo el rango óptimo el comprendido entre 15-20°C. En general, el aumento de la temperatura nocturna induce caída de botones y flores en plantas de tomate como resultado de la producción deficiente del polen, falta de polinización y de fertilización. Los cultivares de tomate exhiben una amplia variación en cuanto a su habilidad para cuajamiento de frutos, en condiciones de

baja y alta temperatura. En el cuadro 8 se presentan los resultados encontrados por Monedero y Abadía (1975) sobre cuajamiento de frutos de tomate, de diferentes cultivares, en condiciones ambientales del Valle del Cauca. Se observó una gran variación en cuanto a la habilidad de cuajamiento de frutos: 71.88% para el cultivar Roma VF y 54.46% para Roma. Se percibe, en general, que las pérdidas de frutos son altas debido a las condiciones climáticas del Valle o a la baja habilidad de los cultivares para cuajar los frutos.

Cuadro 8. Cuajamiento de frutos de tomate en condiciones del Valle del Cauca.

Variedad	Flores por racimo	Frutos por racimo	Cuajamiento de frutos %
1. Roma	5.59	3.04	54.46
2. Roma V.F.	4.71	3.38	71.88
3. Red top	5.83	3.50	60.00
4. Chonto	6.54	4.46	68.15
5. C. Pak 8	4.42	2.83	64.15
6. VF-145-AR-80	5.17	3.08	59.67
7. I.A. Improved	4.50	2.92	64.81
8. C. Mech 9	4.50	3.21	71.28
9. San Marzano	4.46	2.83	63.54

Fuente: Monedero, Abadía y Vallejo, 1975.

En el cuadro 9 se presentan los resultados promedio de un estudio realizado por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (1993), sobre cuajamiento de frutos, con cuatro variedades de tomate tipo chonto y en veinte racimos florales de cada variedad. En promedio se pierde más del 50% de flores y en algunos casos llega al 60%. Las primeras inflorescencias cuajaron más frutos, las intermedias presentaron más flores pero el más bajo porcentaje de cuajamiento. Luego se observó un incremento en el cuajamiento de las inflorescencias terminales, seguido de un cuajamiento nulo.

La partenocarpia natural (formación de frutos sin fecundación), condicionada por el gen **pat-2**, se presenta como una alternativa promisoriosa para optimizar el cuajamiento de frutos en condiciones extremas de temperatura. Otra alternativa aconsejable es la selección de genotipos por su alta habilidad para cuajar frutos en condiciones de altas temperaturas.

La biosíntesis de los pigmentos, relacionados con el proceso de maduración de los frutos de tomate, también es afectada por la temperatura y la luminosidad. La síntesis de licopeno, responsable del color rojo intenso de los frutos, está favorecida por una temperatura comprendida entre 24 y 28°C; temperaturas superiores a 30°C inhiben la producción de

licopeno, favoreciendo la síntesis de carotenoides, los cuales confieren coloración amarillo-anaranjada a los frutos. Temperaturas elevadas también favorecen la aparición de frutos con paredes blanquecinas debido a la formación de una masa sólida de fibras blancas.

Cuadro 9. Cuajamiento de frutos de tomate en condiciones del Valle del Cauca, 1990-B y 1991 -A.

Variedad	1990 -B			1991 -A		
	Flores por racimo	Frutos por racimo	Cuajamiento de frutos %	Flores por racimo	Frutos por racimo	Cuajamiento de frutos %
Licapal	4.92	2.38	49.17	4.41	1.61	36.40
Santa Clara	3.17	1.48	41.79	3.99	1.46	36.50
LIS-6	3.53	1.99	46.88	3.48	1.32	38.00
LP-1 0	4.04	1.71	37.37	4.05	1.26	31.00

Fuente: Corporación Colombiana de Investigación@Corpoica, 1993.

La alta humedad relativa y la alta humedad del suelo son factores perjudiciales en la producción de tomate por cuanto favorecen el desarrollo de enfermedades limitantes del cultivo, como las causadas por *Phytophthora infestans*, *Alternaria sp*, *Fuivia fulvum* y *Pseudomonas solanacearum*, entre otras.

Teniendo en cuenta las anteriores consideraciones, el tomate se puede adaptar a las condiciones de la mayoría de las regiones colombianas que no presenten excesos de temperatura, de humedad relativa, de lluvias o falta de luminosidad u horas sol. El exceso o falta de uno sólo de estos factores puede limitar severamente la producción.

2. 2 Agronomía del cultivo

2.2.1 Adaptación

El tomate es un cultivo de amplia adaptación de suelos y climas. Su comportamiento es neutro a la duración del día. Resiste muy poco a las heladas aunque tolera mejor las altas temperaturas. El desarrollo de variedades modernas a través de mejoramiento genético ha permitido extender los cultivos en ambientes climáticos no tradicionales en sistemas abiertos (aire libre) o bajo clima controlado (invernadero). No obstante lo anterior se ha podido establecer la alta expresión del potencial genético productivo bajo condiciones de ambientes climáticos cálidos y medios (500- 2000 m.s.n.m.) con temperaturas que varían entre 18 – 27 ° C y humedades relativas por encima del 60%.

En Colombia los cultivos de libre exposición tienen su mejor desarrollo productivo entre 900 – 1800 m.s.n.m. con temperaturas entre 20°C y 25° C. Bajo condiciones de invernadero o cubierta se ha logrado mantener los cultivos con variaciones de temperaturas que no exceden los 10°C, entre los máximos y mínimos en el día y la noche alrededor de los 18 - 25°C favoreciendo su comportamiento agronómico y permitiendo la independencia de los factores climáticos externos como la temperatura las lluvias, los vientos las atmósferas cargadas de humedad. (Escobar *et al*, 2001)

Estos sistemas también han permitido ejercer un mayor control de los procesos fisiológicos de la planta relacionadas con la demanda de agua y los intercambios gaseosos por transpiración y evaporación, así como la absorción de nutrientes minerales a través de soluciones acuosas en el suelo promovidas en la fertilización y el riego o en los suministros aéreos a través del follaje. Estos nuevos sistemas productivos controlados bajo cubierta, amplían la frontera de siembra para el cultivo del tomate, permiten mejorar la respuesta agronómica, hacer una adecuada programación de las siembras en el tiempo y el espacio, y obtener mejoras sustanciales en los rendimientos, calidad y productividad tanto a nivel de cada planta como en la relación con la población y el espacio dedicado al cultivo. (m, m², o ha). (Estrada, 2002); (Van-haeff, 1998).

La planta de tomate crece muy bien en suelos sueltos bien drenados que permita una buena penetración y desarrollo de raíces en un volumen de suelo superficial (30-60 cm de profundidad). Las condiciones físicas del suelo deben proporcionar un volumen de poros que favorezca la adecuada retención de humedad para un cultivo con alta demanda de agua (0.5 a 3.5 l/planta /día), pero que requiere de muy buena aireación pues no tolera el encharcamiento por varias horas. Los suelos o sustratos de siembra, deben ser además ricos y fértiles naturalmente o permitir su enriquecimiento a través de los aportes externos mediante, enmiendas, abonamientos y fertilización edáfica o de fertiriego.

La figura 12 describe la dinámica de crecimiento tanto de la parte aérea como del sistema de raíces en un cultivar determinado e Indeterminado bajo condiciones de cultivo al aire libre en un ambiente cálido (1100 m.s.n.m.), con temperatura promedio de 24°C y en suelos franco - arcillosos de la estación experimental de la Universidad Nacional sede Palmira (CEUNP). A partir de dicha tendencia en el crecimiento se puede establecer el fenograma de desarrollo con el fin de proyectar el manejo agronómico del cultivo. (Estrada, 2002).

Las zonas de cultivo deben presentar alta luminosidad (mayor de 6 horas con radiación superior a 5000 lux), factor que es muy importante tanto para la producción, como para el normal desarrollo de la maduración de los frutos, la concentración de sólidos azúcares la viscosidad de los jugos y pulpa, la resistencia de los tejidos externos del fruto (exocarpo, piel o cáscara), para evitar el rajamiento (cracking) y garantizar la firmeza durante la poscosecha. (Estrada, 2002); (Heuvelink, 1996).

2.2.2 Épocas de siembra

En Colombia el tomate puede sembrarse en cualquier temporada del año, siempre que se disponga con un suelo con buen drenaje y un adecuado sistema de riego. La siembra al final de la temporada de lluvias garantiza la cosecha en temporada seca. Debe tenerse en cuenta que la planta no tolera condiciones extremas de sequía por periodos mayores de 4 - 5 días, ni condiciones de excesiva humedad en el suelo que se produzca encharcamiento y por consiguiente en sequía fisiológica, o presencia de pudriciones radiculares. Ha existido una gran aspiración por parte de los agricultores Colombianos para establecer sistemas de cultivo sin tutor (cultivo postrado), que simplifique el manejo del mismo y reduzca los costos de inversión. Este manejo puede ser exitoso si se combinan factores climáticos favorables de temperatura, precipitación, humedad relativa del aire durante el ciclo del cultivo, escogiendo las zonas y las épocas del año que propicien dichas condiciones. El uso de variedades precoces de crecimiento determinado y uniforme favorece este tipo de cultivo, obteniendo experiencias exitosas en la Costa Atlántica de algunas zonas del Valle el Cauca con variedades de tomate de tipo industrial.

2.2.3 Tipos de cultivares (variedades)

Las variedades comerciales, se pueden clasificar por el hábito o el tipo de crecimiento, por el calibre o el tamaño de los frutos, por su propósito comercial y duración del ciclo. En razón del tipo de crecimiento, las variedades pueden ser de crecimiento determinado, cuando una vez ha alcanzado el desarrollo vegetativo total, cada uno de los tallos o

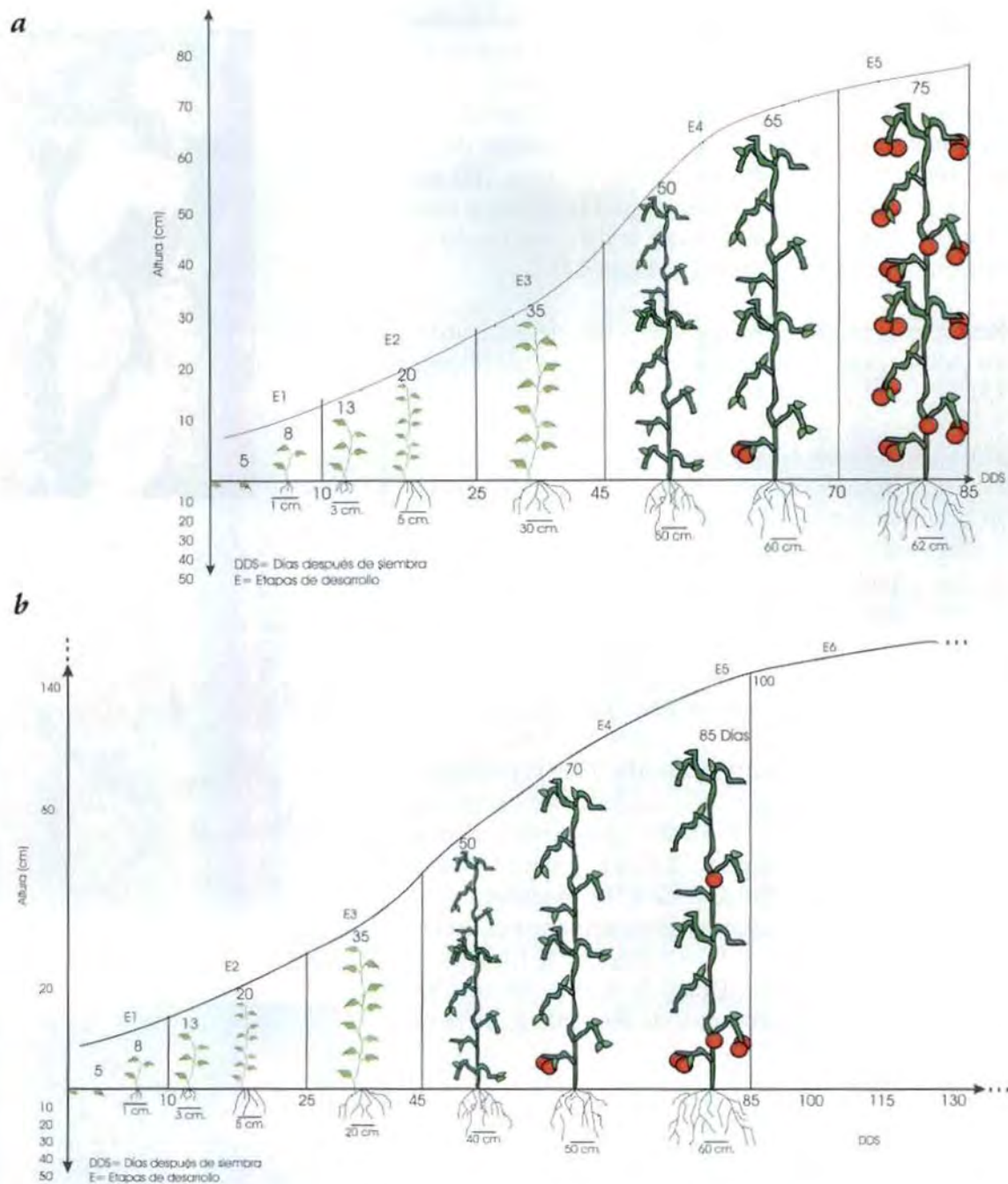


Figura 12. (a) Fenograma de un cultivar determinado de tomate. (b) Fenograma de un cultivar indeterminado.

ramas termina en una inflorescencia o racimo y cesa la emisión de brotes y tallos axiales en la base de la hojas. Las variedades son de crecimiento indeterminado cuando los tallos o ramas continúan su crecimiento a pesar de la diferenciación de la inflorescencia y la formación de los racimos. En un momento del ciclo la planta simultáneamente esta desarrollando nuevas ramas y diferenciando y madurando nuevos racimos. (Figura 12).

Respecto al propósito comercial y uso de los frutos, los cultivares se clasifican en cuatro grupos así:(Figura 13).

a) *Cultivares para la industria.*

Plantas determinadas, rastreras o arbustivas crecimiento uniforme y compacto. Frutos redondos o alargados (pera), paredes gruesas, alta firmeza, altos sólidos solubles, alta viscosidad y acidez. Frutos de tamaño pequeños, calibres menores de 20 m.m. de diámetro y 80 gramos de peso promedio de fruto.

b) *Cultivares para consumo en fresco en condimentación.*

En Colombia se les conoce como "tipo Chonto o Brasileiros". Son de crecimiento indeterminado aunque el mercado esta ofreciendo nuevas semillas determinadas. Las plantas de crecimiento exhuberante y follaje abierto. Los frutos son redondos o ligeramente alargados (ovoides). La maduración es regular, pulpa firme, jugosa dulce o ligeramente ácida. Frutos bi o trilobulares con alto numero de frutos por planta, (30 – 50 frutos/planta) de calibre intermedio (60 – 80 m.m.) de diámetro y de 90 a 200 g. de peso por fruto.

Figura 13. Tipos de cultivares. (a) Cultivares de industria. (b) Cultivares para condimentación tipo "chonto". (c) Cultivares de mesa.



a



b



c

c) Cultivares para consumo fresco en la mesa (tipos salad)

En Colombia y otros países de América del sur se les conoce como tomates tipo "Milano". Las plantas pueden ser de crecimiento indeterminado o determinado, sin embargo estas últimas dominan los mercados. Los frutos son redondos o achatados, pluriloculares, pulpa abundante, jugos dulces y alto número de semillas, alto calibre de los frutos (diámetro mayor a 90 m.m. y 250 g de peso por fruto. Las plantas desarrollan un número bajo o intermedio de frutos (15 - 30 frutos/planta).

d) Cultivares para consumo fresco y comercialización en racimo (TOV).

Corresponde a variedades producidas bajo condiciones de invernadero y conocidas en el comercio como tipos "Speciality". Pueden ser de crecimiento determinado o indeterminado con frutos de maduración uniforme o desagregada. Los tamaños y calibres son diversos desde 100 g/fruto hasta 300 g/fruto. Estos cultivares han entrado recientemente al mercado colombiano para exportación especialmente para el Norte de los Estados Unidos y el Canadá.

e) Cultivares para consumo fresco de alto calibre "Beefsteak", "Big Tomato"

Son otro tipo de cultivares dentro del mercado "Speciality" que están en evaluación en sistemas de cultivo a campo abierto y bajo cubierta e invernaderos. Se caracterizan por tener plantas que desarrollan frutos de mesa muy grandes con calibres por encima de 130 mm de diámetro y 350 g/fruto de peso.

f) Cultivares para consumo fresco tipo delikatessen (tomates tipo cereza o cherrys)

Comprende un conjunto de cultivares criollos o nativos, así como mejorados y ofertados por las compañías importadoras de semillas. Son plantas indeterminadas muy prolíficas en la producción de racimos y de alto número de frutos/racimo (20-30 frutos/racimo). Frutos de bajo calibre (10 - 20 mm de diámetro y 20 gramos/ fruto de peso. Se están introduciendo al mercado Colombiano. Para los mercados frescos tipo gourmet.

El cuadro 10, resume la lista de los principales cultivares que se encuentran en el mercado colombiano de semillas. (Vallejo, 1999); (CCI, 2001); (Estrada, 2003).

Cada año se incorporan nuevos cultivares al portafolio comercial de semillas con características diferenciales en cuanto al tipo de planta, tipo de maduración transferencia de genes de resistencia o tolerancia a microorganismos patógenos comunes.

Cuadro 10. Portafolio de oferta de semillas de tomate en el mercado colombiano. Año 2003.

Nombre del cultivar tipo milano mesa	Genotipo	Características diferenciales y de mercado
Tropic	Variedad	Frutos redondos; achatados de alto calibre, mayor de 80 mm de diámetro y 250 gramos de peso promedio.
Empire	Híbrido	
Luxor	Híbrido	
Magnate	Híbrido	
Parador	Híbrido	
Coloso	Híbrido	
Supermagnate	Híbrido	
Supermax	Híbrido	
Rocío	Híbrido - larga vida	
Daniela	Híbrido - larga vida	
Zuley	Híbrido - larga vida	
Lucía	Híbrido - larga vida	
Gloria	Híbrido - larga vida	
Máximo F ₁	Híbrido - larga vida	
Astona F ₁	Híbrido - larga vida	
Vickar F ₁	Híbrido - larga vida	
Aurora F ₁	Híbrido - larga vida	
Alambra F ₁	Híbrido - larga vida	
Granitio	Híbrido - larga vida	
Miramar	Híbrido - larga vida	
Milenio	Híbrido - larga vida	
Débora	Híbrido - larga vida	
Santa cruz - kada	Variedad	Consumo fresco en condimentación. Frutos de calibre medio (50 - 70 mm de diámetro) y 90 - 200 gramos por fruto de peso.
Angela Gigante	Variedad	
Santa Clara	Variedad	
UNAPAL-Arreboles	Variedad	
UNAPAL-Maravilla	Variedad	
Riogrande	Variedad	
Santa Clara Híbrido	Híbrido	
Híbrido Quindío	Híbrido	
Híbrido Santafé	Híbrido	
Híbrido Riogrande	Híbrido	
Calima F ₁	Híbrido	
Río Julia F ₁	Híbrido	
Cortez F ₁	Híbrido	
Macumba F ₁	Híbrido	
Conquistador F ₁	Híbrido	
Quimbaya F ₁	Híbrido	
Torrano F ₁	Híbrido	

Continuación cuadro 10

Tipo Lycopenos		Alto contenido de Lycopeno
Lucia	Híbrido	
Roncardo	Híbrido	
Thomas	Híbrido	
Gabriela	Híbrido	
Magnun 44	Híbrido	
Tipo Delikatessen		Frutos tipo cereza para consumo fresco
Sweet cherry	Híbrido	
Small fray	Híbrido	
Cereza regional	Variedad	
Tipo Beefsteak		Frutos supercalibre: mayor a 150 mm de diámetro y 350 gramos de peso por fruto.
Jamaica	Híbrido	
Alboran	Híbrido	
Mississippi	Híbrido	
Tipos Racimo(en prueba)		Floración y maduración uniforme de los frutos. Alta adherencia de los pedúnculos florales al raquiz del racimo.
Durinta	Híbrido	
Camaro	Híbrido	
Bandita	Híbrido	
Sarena	Híbrido	
Lasso	Híbrido	
Alura	Híbrido	
Dakota	Híbrido	
Boreal	Híbrido	
Clarance	Híbrido	
Tradiro	Híbrido	
Novell	Híbrido	
Amblance	Híbrido	
Lemance	Híbrido	
Combat	Híbrido	
Combi	Híbrido	
Serrat	Híbrido	
Provita	Híbrido	
Cronos	Híbrido	
Pex 1832	Híbrido	
Katar	Híbrido	
Costa	Híbrido	
Mercedes	Híbrido	
Taverna	Híbrido	
Brisa	Híbrido	

2.2.4 Sistemas de producción

En Colombia existe una amplia diversidad de sistemas productivos que van desde las unidades artesanales en materos y contenedores de diverso tamaño, jardines y patios caseros, pequeños invernaderos en hidroponía muy comunes en agricultura urbana y periurbana, hasta las pequeñas y medianas producciones en campo abierto en sistemas de economía campesina con superficies que no superan los 3000 m² con poblaciones menores a 5000 plantas por unidad producción. (Figura 14).

En agricultura empresarial, predominan los cultivos entre (1-3 hectáreas) en campo abierto y los (1000-6000 m²) en cultivos bajo cubierta (invernadero). Las diversas formas productivas incorporan distintos niveles de innovación tecnológica en cuanto a los tipos de cultivares (variedades e híbridos), acompañamiento agronómico respecto a densidades de siembra, manejo del agua y la nutrición en función de los estados de crecimiento y las necesidades del cultivo, manejo del clima (temperatura, luz CO₂, O₂) y manejo preventivo del complejo sanitario de plagas, enfermedades, así como de plantas arvenses. (Fedecafé, 1985); (Hulle, *et al.*, 1982)

Este amplio panorama productivo, genera a su vez variados comportamientos agronómicos que afectan sustancialmente los rendimientos y las productividades de los cultivos, aún con una misma variedad que se le somete a diferentes manejos de campo. Como consecuencia de lo anterior

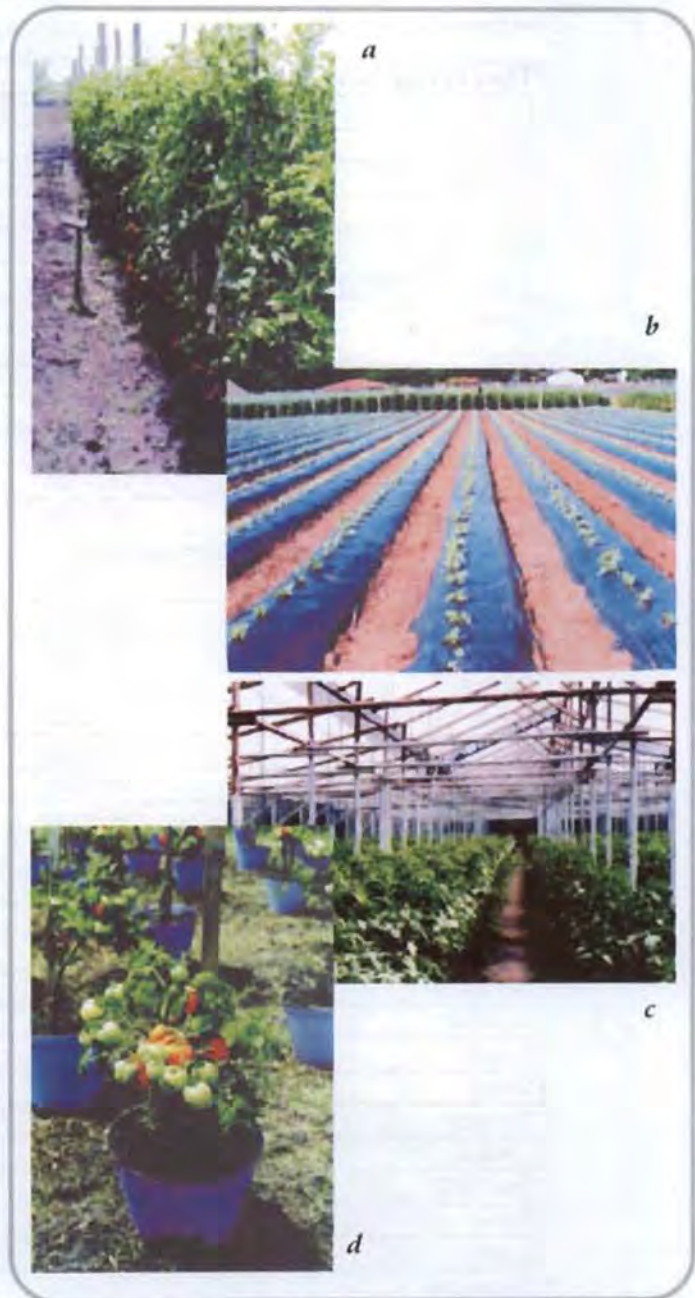


Figura 14. Sistemas de Producción. (a) campo abierto, tradicional. (b) Campo abierto con acolchado plástico. (c) Invernadero o bajo cubierta. (d) Agricultura urbana: matero, cajoneras., otros.

no se conoce ni, aprovecha suficientemente el potencial genético de los cultivares modernos. Se hace necesario innovar probar y ajustar nuevos procedimientos en el manejo individual y poblacional de la planta con el fin de encontrar las mejores interacciones genético - ambientales que se traduzcan en rendimientos superiores y calidad los cultivos, uso eficiente de los recursos, racionalidad y menores riesgos en las inversiones económicas, sostenibilidad y competitividad de los sistemas en el tiempo, espacio y lugar para hacer del cultivo del tomate una buena opción productiva que genere crecimiento y progreso a los agricultores.

2.2.5 Preparación del suelo o sustrato de crecimiento

El tomate puede sembrarse bajo condiciones de suelo natural en las condiciones propias del sitio de cultivo o en suelos que son modificados a través de la incorporación de enmiendas orgánicas o minerales, que pretenden modificar algunas de sus propiedades físicas o químicas, para facilitar el establecimiento de la planta y promover un crecimiento vigoroso, sano y de alta producción.

Los suelos de textura franca o franco - arcillosa, con pH entre 6.5-7.9 y alta capacidad de intercambio catiónico, han mostrado los mejores resultados en la promoción del crecimiento y desarrollo del cultivo. No se recomienda la siembra en suelos pesados, con alto nivel freático y tendencia al encharcamiento o zonas de ambiente húmedo con temperaturas altas en el día y bajas en la noche.

Suelos sueltos ,con buena capacidad de drenaje pero a su vez adecuada retención de humedad son ideales para el cultivo del tomate. Hay muy buena respuesta a la aplicación de materia orgánica bien compostada cuando se suplementa con fertilizantes minerales en forma sólida o líquida, mediante fertirrigación.

Las áreas de cultivo pueden prepararse completamente o sólo en las franjas de trasplante o en los sitios de siembra (en sistemas conocidos como de mateado). La preparación debe ser profunda (40-50 cm) cuando el drenaje es lento y el agua y los nutrientes minerales se incorporan mediante riegos de gravedad. Si al cultivo se le incorpora un sistema de riego por goteo, la preparación puede ser superficial (20-30 cm) o mediante zanjas o trincheras o en surcos tubulares con sustrato de soporte para crecimiento hidropónico.

La preparación en franjas, ha mostrado ventajas por la reducción en el área de roturación del suelo, uniformidad en la preparación a nivel de la cama de siembra o el sitio específico de localización de la planta. El picado o roturado del suelo puede hacerse manualmente. Con el uso de implementos como la pica o azadón y mecánicamente con el uso de

implementos como el arado de cincel, el arado rotativo, los arados de vertedera, los escardadores rotativos tipo "diablito" y los rastrillos de discos.

En condiciones de cultivos en ladera y teniendo en cuenta la pendiente, se debe realizar una labranza mínima a nivel de franjas o terrazas a través de la pendiente en los sitios localizados para el trasplante, donde se pica o rotura sólo el área de siembra y se incorporan las enmiendas en forma localizada. (Escobar, *et al*, 2001 y 2002)

Construcción de camas en cultivos en invernadero.

Se construyen camas que garanticen una profundidad de 0.25 a 0.30 m y un ancho de 0.40 m, separados a una distancia entre centro y centro de cama de 1.20 m. Estas condiciones en el proceso de siembra permitirán un buen anclaje a la planta.

Aplicación de enmiendas correctoras de pH.

De acuerdo a un análisis físico y químico de suelos que se realiza con anterioridad, se deben agregar la cantidad y la clase de enmiendas necesaria (según el tipo de suelo), con el fin de alcanzar las condiciones de pH que favorezcan el establecimiento, desarrollo, crecimiento del cultivo y la obtención de una cosecha con calidad. No existe una recomendación generalizada y precisa de aplicación de enmiendas necesarias para elevar o bajar el pH de los suelos a los niveles óptimos para el cultivo de tomate, que debe estar entre 6.5 y 7.5. A manera de ejemplo, los cultivadores departamento del Cauca, utilizan 1 a 2 t/ha de óxido de Calcio. Esta se aplica al voleo sobre las camas y se pueden incorporar con el abonamiento del fondo.

En cultivos hidropónicos o en invernaderos, se pueden usar sustratos preparados artificialmente como nichos de crecimiento. Estos medios de cultivo pueden incorporar residuos orgánicos frescos o compostados parcialmente quemados o en cenizas resultantes de la combustión total. Algunos de los residuos de mayor uso son: cascarilla de arroz, cascarilla de café, borla de café, tusa de maíz entera o picada, bagazo, bagazillo y cachaza de la caña, los tallos y hojas secas de cereales cosechados (tamo), el aserrín viruta de la madera y el carbón vegetal. Los componentes inorgánicos más comunes son: la carbonilla, escorias del carbón mineral quemado, las escorias de la piedra caliza, la arena, los limos de los ríos y canales, la lana de roca (Rock woll), las micas, perlitas y vermiculitas.

Estos componentes orgánicos y minerales pueden usarse de manera simple o en mezclas que generan sustrato de alta porosidad que favorecen la aireación y retención de humedad así como un adecuado suministro de agua con los iones minerales necesarios para la nutrición de las plantas. (Bruzón, 1998) (Lara, 1999).

2.2.6 Siembra

Producción de plántulas en camas o eras

Debido al alto costo de las semillas y a las características morfológicas por su tamaño, textura superficial, fragilidad de los embriones, dificultades para tener una emergencia rápida y uniforme, hoy en día, no es práctico realizar la siembra directa de la semilla en el campo de producción. La anterior situación plantea la necesidad de desarrollar procedimientos para la producción de plántulas y posterior trasplante al sitio definitivo. Tradicionalmente se usaron los semilleros o viveros obtenidos en camas o eras de siembra en suelo que se complementaba con la incorporación de materiales orgánicos frescos o compostados o materiales inorgánicos que proporcionan características físicas adecuadas al sustrato de germinación. Una vez preparada la cama de siembra se somete a un proceso de desinfección de microorganismos y plagas que pueden ser potencialmente perjudiciales para la semilla en sus etapas de germinación y emergencia. Estos tratamientos combinan efectos físicos o químicos o combinación de ellos según las circunstancias y posibilidades del agricultor.

Una vez sembradas las semillas, se les proporciona una cobertura temporal (3 – 5 días) para estimular la germinación y luego son descubiertas para promover la emergencia y desarrollo de las estructuras esenciales de la plántula y posteriormente, al cabo de 15-20 días, se obtiene un material de propagación con 3-4 hojas y una altura promedio de 15 cm óptimo para su trasplante. Posteriormente el semillero se riega en forma abundante para iniciar el arranque de las plántulas y posterior trasplante al sitio definitivo en el sistema conocida a raíz desnuda. Este sistema aún se sigue usando en algunas zonas tradicionales, o con dificultades para la obtención de plántulas procedentes de viveros especializados. A pesar de obtener un material de propagación de “costo bajo”, el sistema ha venido siendo reemplazado por el uso de contenedores y sustratos preparados para este fin que promueven la obtención de una plántula sana, vigorosa, uniforme y oportuna para la siembra y que facilita el trasplante ocasionándole un daño mínimo y garantizando un rápido establecimiento y continuación del crecimiento en el sitio definitivo. (Escobar, *et al.*, 2001)

Producción de plántulas en viveros en bandejas y contenedores

Se utiliza o se construye pequeñas y sencillas casetas en guadua o madera, techadas con un plástico blanco calibre 6 ó 7 que permite proteger las plántulas de condiciones adversas del clima, y obtener material de propagación de excelente calidad. También pueden ser estructuras especializadas con cubiertas en vidrio o plástico, con sistemas de riego por microaspersión o nebulización, ventiladores y extractores de aire, cortinas, cubiertas de

sombra para reducción de la intensidad luminica, estructuras de ubicación de las bandejas y contenedores que facilitan su manipulación seguimiento y control de las plántulas en su crecimiento. Todo el conjunto puede estar monitoreado y controlado por sistemas automatizados, computarizados con sensores que envíen señales a un servidor central y mediante un software específico se dan las alarmas y respectivas señales para la ejecución de operaciones específicas manuales o automatizadas dentro del vivero.

Los contenedores

Se utilizan una gran variedad de ellos, que van desde simples panales de huevos y vasos desechables (100-300 cc), hasta bandejas germinadoras con diferentes números de alvéolos, pellets y espumas especializadas. Lo importante es procurar que cualquiera de ellos que se utilice, proporcione el espacio necesario para un buen desarrollo radical y apical de las plántulas hasta alcanzar el crecimiento óptimo para el trasplante.

El sustrato

Teniendo en cuenta que existe una gran gama de sustratos en el mercado, especialmente la base de turba o estopa de coco, se recomienda utilizar aquellos que se puede producir dentro de la misma finca, como los compost de pulpa de café, lombricompost o aquellos que se consiguen relativamente fácil como la cascarilla de arroz, aserrines o virutas, la cachaza, mezclas de cachaza – carbonilla, suelo o combinaciones con cada uno de ellos. Se recomienda la mezcla de compost de pulpa de café o lombricompost y suelo de relación de 3:1, o la mezcla en la misma proporción entre cachaza y carbonilla. Se debe garantizar además una adecuada desinfección del sustrato utilizando agua caliente (vapor húmedo), o sometiendo el mismo a solarización. (Bruzon, 1988).

Una vez se tienen los germinadores con los sustratos listos en el vivero, se procede a la siembra de la semilla, procurando cubrir los germinadores utilizando materiales como costales de cabuya o llevarlos a un cuarto o dispositivo de germinación, por un tiempo de 3 a 4 días, con el fin de generar una cámara o panel de humedad, que facilite la rápida germinación. Las plántulas están listas para el trasplante a su sitio definitivo entre los 18 y 20 días después de la siembra. figuras 15 y 16.

Trasplante

La distribución de las plantas en el campo se puede hacer por surcos sencillos o dobles. Este último se restringe hoy en día solo para cultivos bajo cubierta. Las distancias escogidas entre plantas y entre surcos están relacionadas directamente con la arquitectura de la planta en cuanto al número de tallos o brotes que se dejen desarrollar a fructificación. Las

plantas de crecimiento indeterminado, pueden manejarse a un solo tallo, quitando todos los brotes o chupones laterales (salen de las axilas de las hojas) o a dos, tres o cuatro chupones o ramas laterales. En algunos casos muy particulares se dejan a libre crecimiento, el cual permite una proliferación de brotes con un alto número de racimos pero con fruto de tamaño mediano o pequeño.

Cuando las plantas se dejan crecer a un solo tallo, pueden transplantarse a menor distancia entre ellas (25 – 30 cm). Con ramificaciones de dos o cuatro tallos deben distanciarse a 40 – 60 cm. Las separaciones entre surcos sencillos varían entre 1.2 m a 1.7 m. En regiones húmedas es preferible usar las distancias mayores entre surcos y plantas. Las densidades de siembra en los cultivares de tipo "Chonto", varían de 11.000 a 16.000 plantas por hectárea en campo abierto y hasta 25.000 en invernadero. (Cuadro 11).

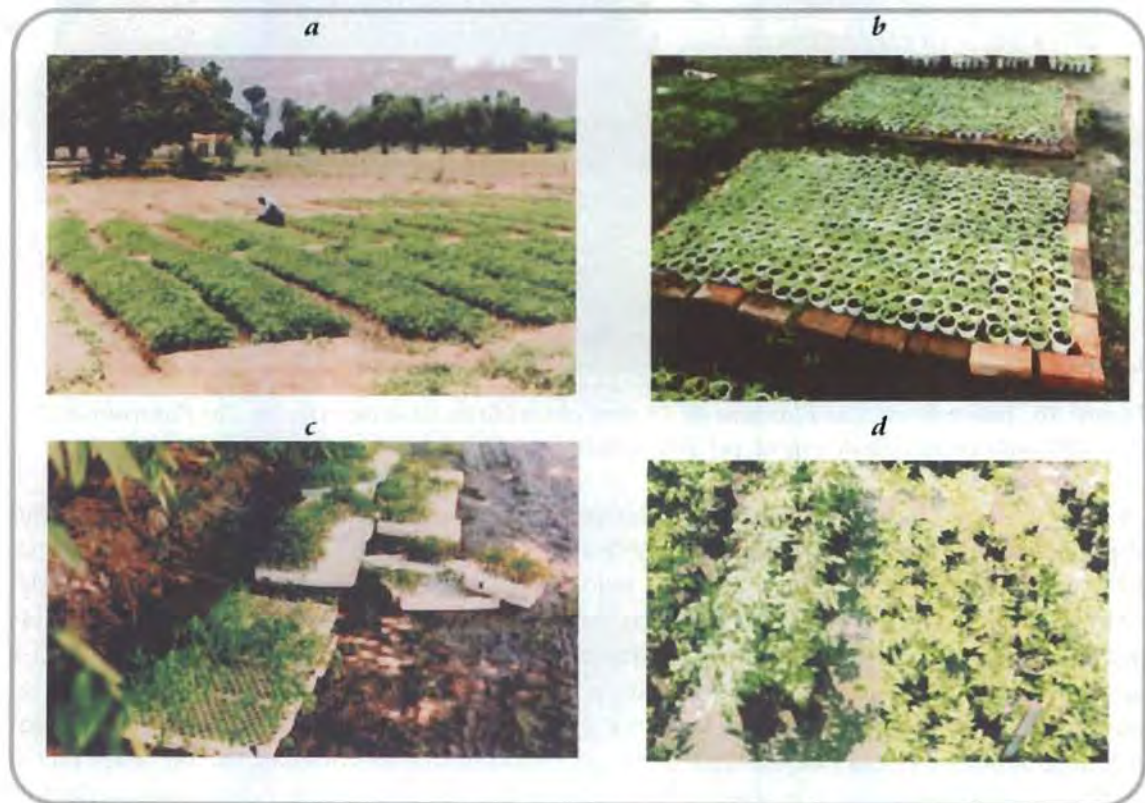


Figura 15. Obtención de plántulas. (a) en camas o eras, sistema tradicional. (b,c,d) En contenedores diversos, bolsas, vaso, copios de papel. (c) Bandejas alveolares de icopor y plástico.

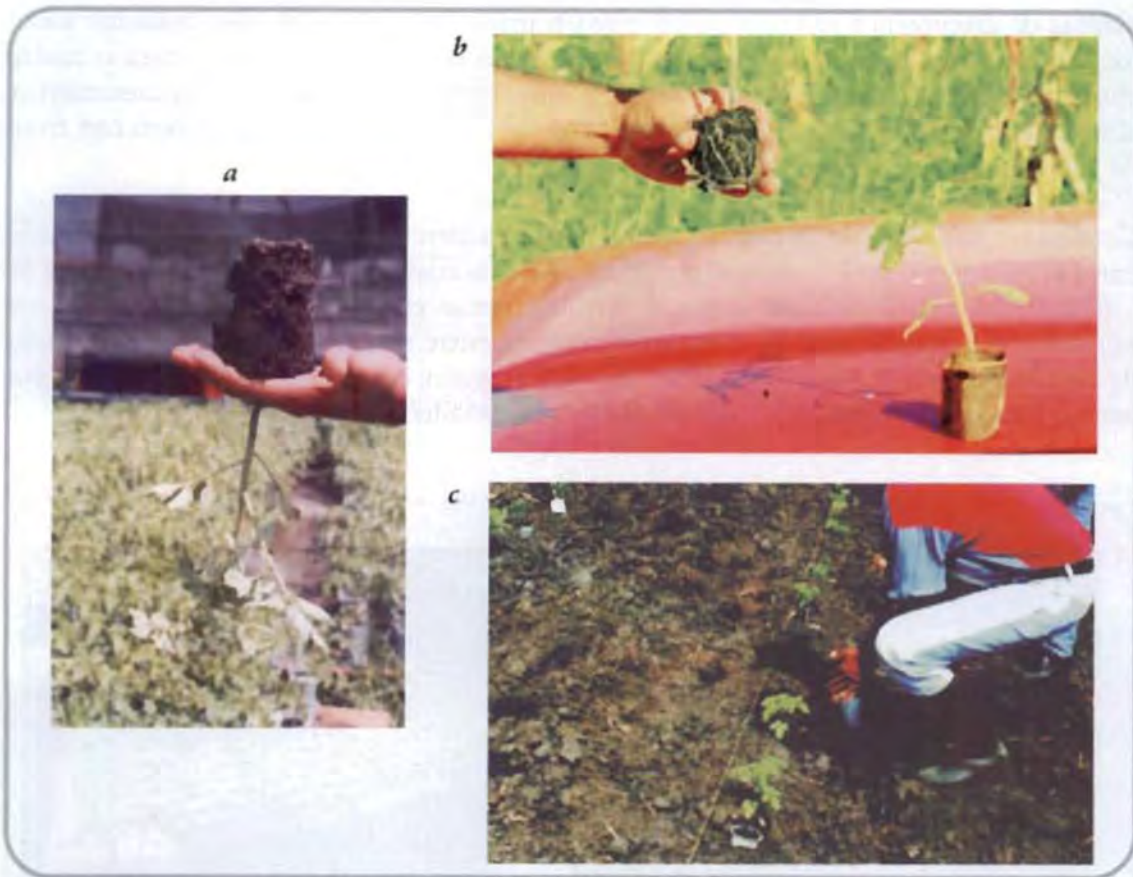


Figura 16. Transplante. (a) Plántula de 25 días obtenida en vaso desechable. (b) Plántula de 20 días obtenida en copioño de papel. (c) Transplante en suelo seco.

La planificación y programación de los cultivos modernos, pretenden aprovechar al máximo el potencial genético de los cultivares implica el conocimiento de su morfología y fisiología, así como de la capacidad de expresión bajo condiciones y circunstancias específicas del sitio del cultivo. Este conocimiento facilita tomar decisiones en la escogencia de las distancias y densidades de siembra, la arquitectura y el tipo de crecimiento que se dará a la planta en cuanto al número de tallos o ramas, la altura máxima de crecimiento, el número de hojas, nudos, racimos y frutos a desarrollar. A manera de ejemplo orientador se puede analizar el caso de un agricultor que conociendo su variedad decide tener en un metro lineal, tres plantas con dos tallos cada una (6 tallos/m), a tener dos plantas con tres tallos cada una, o sea los mismos 6 tallos/m, teniendo en cuenta que, posiblemente bajo sus propias condiciones, puede obtener mejoras en el rendimiento individual de cada planta que le genera ventajas productivas en el manejo del cultivo y en la producción final. (Estrada, 2002)

Cuadro 11. Densidades y distancias de siembra más comunes para siembra en campo abierto o en invernadero.

Tipo de ramificación o sistema de población	Distancia Entre plantas (m)	Distancia Entre Surcos (m)	Población de plantas por hectárea	Plantas Por m ²
A un solo tallo	0.3	1.2	27776	2.7
	0.3	1.3	25640	2.5
	0.3	1.4	23806	2.4
	0.3	1.5	22219	2.2
	0.4	1.2	20832	2.1
	0.4	1.3	19230	1.9
	0.4	1.5	16666	1.6
A dos tallos	0.4	1.2	20832	2.0
	0.4	1.3	19230	1.9
	0.4	1.4	17857	1.7
	0.5	1.2	16666	1.6
	0.5	1.3	15384	1.5
	0.5	1.4	14285	1.4
	0.5	1.5	13333	1.3
A cuatro tallos o libre crecimiento	0.5	1.4	14285	1.4
	0.5	1.5	13333	1.3
	0.6	1.4	11903	1.1
	0.6	1.5	11110	1.1

Las plántulas en el momento del transplante deben tener una altura de 12 a 15 cm y con 4 a 5 hojas ya formadas. Se debe tener marcado el lugar que va a ocupar cada plántula, debiéndose abrir un hoyo del tamaño adecuado para que quepa el cepellón, dejando el cuello de la plántula a nivel con el suelo y se aprisiona levemente aplicándole un poco de suelo. (Escobar, 2001).

Densidades y poblaciones de siembra

Se establece de acuerdo al tipo de cultivar, al sistema de siembra, a la disponibilidad de y características del terreno, y a la cultura productiva de la zona. La siembra en surcos sencillos ha permitido los mejores resultados ya que facilita el manejo individual de cada planta con respecto al riego, fertilización, aporque, podas, amarres, monitoreo y control sanitario. Las distancias de siembra están muy relacionadas con el tamaño y arquitectura de la planta de la variedad o el híbrido que se vaya a cultivar. En lo posible debe establecerse una población real (definitiva en la producción) que se use eficientemente el área disponible y que permita realizar adecuadamente las labores antes mencionadas. (Palacios, 1997).

2.2.7 Sistemas de poda y tutorado

Poda de formación

Tiene como propósito darle a la planta un crecimiento equilibrado y balanceado entre tallos, hojas, ramas y la formación de racimos y frutos. Esta práctica debe realizarse a partir de los 10 – 15 días después del trasplante con la aparición de los primeros tallos laterales que serán eliminados al igual que las hojas más viejas, mejorando la aireación de la parte baja de la planta facilitando el aporque. La poda debe hacerse por lo menos dos veces por semana hasta darle a la planta la formación deseada. Dependiendo si la planta es de crecimiento determinado o indeterminado y del sistema de tutorado y densidad de siembra, se realizan las podas respectivas. La poda de formación tiene diferentes alternativas, tal como se describe en la figura 17.

Poda sanitaria

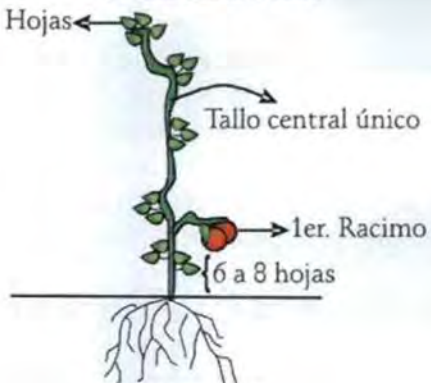
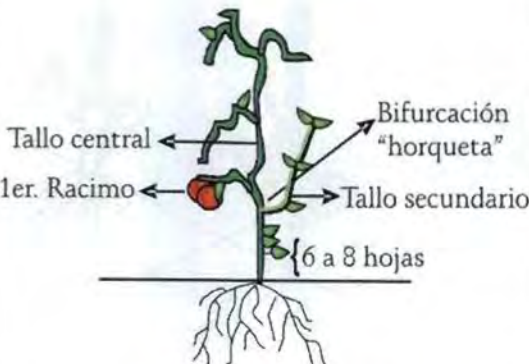
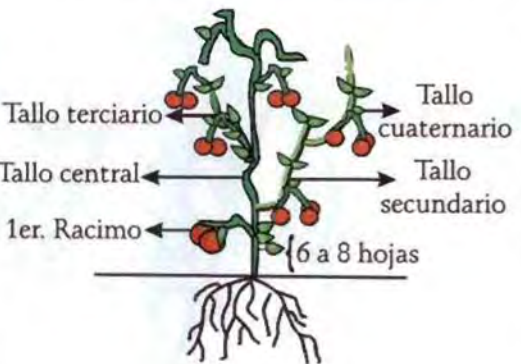
Consiste en eliminar hojas, tallos o ramas viejas, enfermas o dañadas que aparezcan durante el crecimiento. Se hace con el fin de eliminar o reducir la fuente de enfermedades y plagas.

Poda de los frutos

Se hace en variedades con racimos ramificados o con alto número de frutos, eliminando los pequeños o mal formados que aparecen generalmente en las puntas (ápice) de los racimos. Pretende estimular el desarrollo de los frutos que quedan en la base del racimo.

Poda terminal

Se conoce como poda de despunte y se realiza cuando se desea suspender el crecimiento de la planta para que desarrolle adecuadamente los racimos y frutos que se encuentren en formación y terminar el periodo reproductivo. Es una poda crucial puesto que implica la terminación del ciclo productivo en cultivares indeterminados, y debe hacerse con base en la valoración de la cosecha obtenida hasta el momento, el estado sanitario y nutricional de las plantas y su capacidad para desarrollar el potencial productivo que se pretende eliminar, el mercado y los precios del producto frente a la inversión en el mantenimiento del cultivo para obtener dicha producción potencial. En algunos casos, prolongar las cosechas, significa hacer mayores inversiones en el cultivo que las producciones obtenidas, presentándose como consecuencia disminución en la productividad y rentabilidad de los cultivos. (Toledo, 1999); (Estrada, López y Chávez, 2004).

Sistema de poda	Característica
<p>A una rama o tallo</p> 	<p>Se eliminan todos los brotes o ramas axilares, "chupones". Y solo se deja el tallo central.</p>
<p>A dos ramas o tallos</p> 	<p>A partir de la primera inflorescencia o racimo se deja el tallo central y la rama o brote ubicado por debajo de dicha inflorescencia formando una sola ramificación conocida como "horqueta". Los demás tallos se eliminan.</p>
<p>Poda para tres, cuatro o más ramas</p> 	<p>A partir de la primera ramificación que se forma por debajo del primer racimo, van dejando tallos secundarios, por debajo de los racimos superiores, hasta obtener la planta deseada.</p>

Figra 17. Poda de formación en tomate

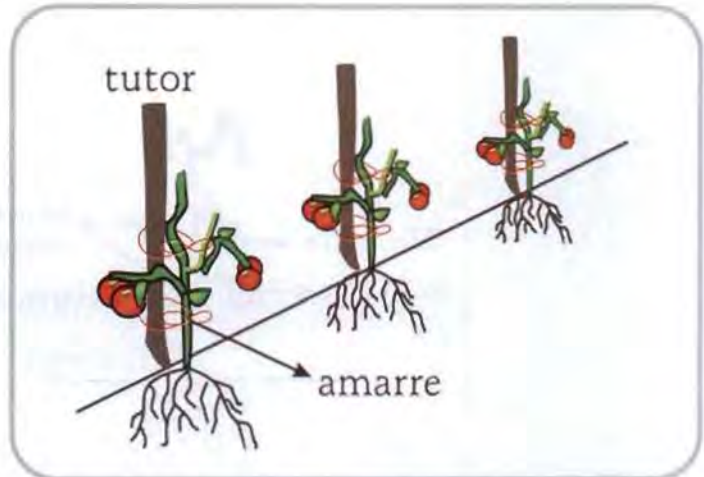
Tutorado

El tomate por ser una planta herbácea, requiere un sistema de sostén que proteja el follaje y los frutos del deterioro ocasionado por la humedad del suelo y la acción de los microorganismos e insectos plagas. En cultivares industriales determinados de ciclos cortos (menores a 70 días), con crecimiento de follaje y maduración reproductiva uniforme, es posible levantar cultivos con plantas de crecimiento arbustivo o postrado que desarrollan sus ramas y frutos directamente sobre el suelo o en "camas" con residuos orgánicos secos, previamente localizados, con el fin de proteger los frutos de los excesos de humedad. Este tipo de siembra, prospera en regiones secas con baja precipitación y humedad ambiental.

Las principales alternativas desarrolladas por los agricultores en sistemas de tutorado son las siguientes:

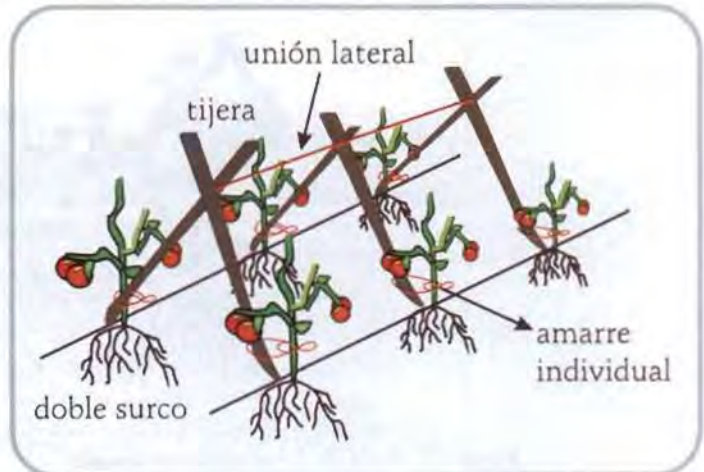
Tutor individual

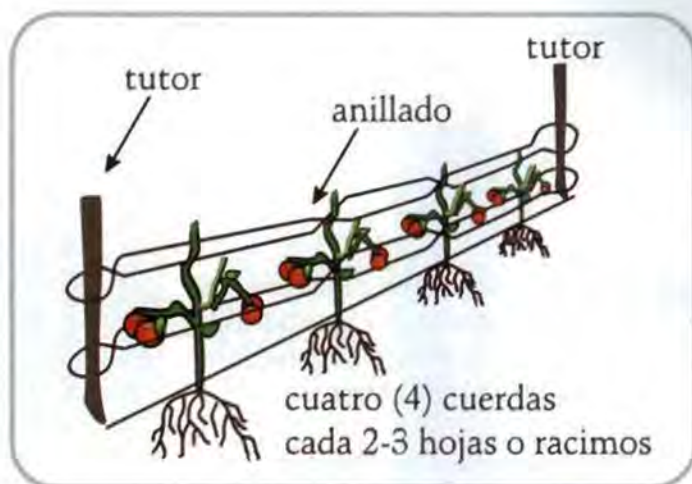
Cada planta recibe un tutor localizado a 10 – 20 cm de la base de la planta. El tutor puede tener entre 2.0 y 2.5 m de longitud. Las plantas se sostienen por "amarres" individuales cada cuatro hojas o cada dos racimos



Tutor individual en espaldera o tijera

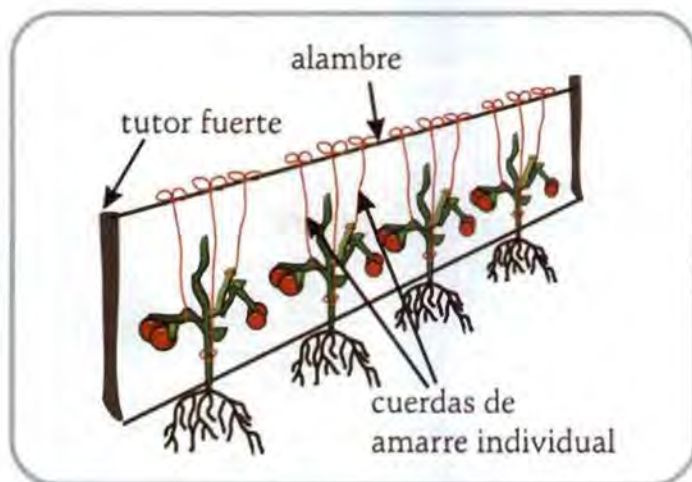
Se usa en cultivos establecidos en surcos dobles. A cada planta del doble surco se le coloca un tutor que se inclina para unirse al centro en el extremo superior. Los amarres se hacen individualmente en cada tutor. Las espalderas pueden unirse entre ellas lateralmente.





Encajonado

Muy común en surcos sencillos. Cada cuatro o seis plantas se coloca un tutor fuerte y en los extremos del surco se refuerza el sostén con un estacón inclinado. Entre cada tutor se corre una cuerda cruzada que va formando la cajonera de sostenimiento. Las cuerdas se ubican cada 2 – 3 hojas o racimos. Para darle mayor firmeza y sostenimiento, se hacen amarres transversales a la cuerda en forma de anillo.



Colgado

Se colocan estacones fuertes individuales o en tijera y en la parte superior se cruza una cuerda de alambre de calibre (8 –12), el cual sostiene lateralmente las cuerdas que cuelgan dando amarre a las plantas. Los amarres o colgados se hacen una o dos veces por semana a medida que la planta desarrolla sus tallos. Esta labor debe realizarse cuidadosamente evitando causar daños severos a las plantas especialmente a las inflorescencias y racimos en formación. Una planta durante su ciclo puede tener 6- 8 amarres.

2.2.8 Aporques

Es una práctica que se realiza en la misma época de la poda y los amarres. Tiene como propósito estimular la formación de raíces laterales adventicias para y mejorar el anclaje de la plantas, proteger los cuellos de tallos y retirar un poco el agua de la base de la planta en los riegos por gravedad. En las siembras en camas con riego localizado esta práctica no se realiza. La remoción de suelo o sustrato y su traslado hacia los cuellos de las plantas debe hacerse en forma cuidadosa y delicada para evitar el daño de raíces o de los tallos y hojas bajas. (Rodríguez *et al*, 1984)

Esta labor puede realizarse simultáneamente con los abonamientos y fertilizaciones aplicadas al suelo en forma granulada permitiendo su incorporación y reduciendo las pérdidas de los minerales nitrogenados por volatilización.

2.2.9 Manejo del riego

Las necesidades del agua de una planta de tomate varían con el clima de la zona de cultivo (evaporación), el ciclo del cultivo y el tipo de crecimiento. Las cantidades del agua también varían con la eficiencia del sistema de suministro en relación con la cantidad de agua “efectiva” o disponible para la planta, y las pérdidas durante la entrega.

La planta de tomate toma grandes cantidades de agua con minerales en solución y una buena parte de ella, es eliminada por proceso de transpiración por las hojas vía estomática. La fase de máxima necesidad de agua, se conoce como periodo crítico, que en tomate coincide con la formación de inflorescencias y crecimiento rápido de los frutos. El agua debe colocarse en un volumen de suelos cuya profundidad está definida por el crecimiento y desarrollo de las raíces. Una guía de esta profundidad ha sido propuesta por Van Haeff (1998) y Estrada. (2002)

Etapa	Días	Profundidad de raíces (cm)	
		Van Haeff	Estrada
1	Plántula	2 - 5	3-5
2	5 - 8 hojas	7 - 15	10-20
3	Floración	16 - 20	25-40
4	Frutificación	22 - 40	45-60
5	Maduración	45 - 60	Mayor 61

Bajo condiciones del Valle del Cauca y cultivo a campo abierto, se estima que un cultivo de tomate tipo chonto requiere una lámina efectiva o aprovechable que varía entre 350 – 450 mm en un ciclo de 150 días. Las cantidades totales a suministrar están directamente relacionadas con los requerimientos del cultivo y la eficiencia en el sistema de suministro de agua.

El cuadro 12 sugiere una distribución de la lámina real necesaria en un cultivo para un tomate tipo chonto y un ciclo promedio de 150 días.

Cuadro 12. Distribución de la lámina real necesaria de agua para una hectárea de tomate tipo "chonto" en campo abierto.

Etapa	Tiempo (días)	Lámina total (m.m)	Lámina diaria (m.m)	Cantidad de agua diaria (l/ha)
1	20	16-20	0.8-1.0	8000-10000
2	40	60-100	1.5-2.5	15000-25000
3	70	189-217	2.7-3.1	27000-31000
4	20	70-90	3.5-4.5	35000-45000
Totales	150	335-427		

La distribución de los riegos durante cada periodo debe hacerse teniendo en cuenta la localización de los campos (clima), el tipo de suelos (livianos, pesados) y el sistema de suministro (gravedad, aspersión, goteo). En sistemas de producción en campo abierto con suelos livianos y riego por gravedad, se recomienda distribuir el agua en intervalo de 1 a 3 días usando surcos cortos no mayores a 50 m de longitud. En suelos un poco pesados, los intervalos de cada riego pueden ser cada 2 ó 3 días, dependiendo de las lluvias. En cultivos protegidos con plástico (acolchado ó invernadero) la distribución de agua puede hacerse diariamente en periodos cortos en una o dos aplicaciones, de acuerdo con la capacidad instalada y la operatividad del sistema de riego. (Figura 18)



Figura 18. Sistemas de riego. (a) Riego por gravedad o corrido. (b) Riego por goteo.

Para tomates en invernadero en la sabana de Bogotá. Escobar, H y Lee, R (2001), plantean las siguientes necesidades de agua de riego.

Cuadro 13. Necesidades de agua de riego en cultivos bajo invernadero en la sabana de Bogotá.

Época a partir del trasplante (semanas)	Estado del desarrollo	Necesidades diarias (l/m ² -día)		2 plantas/m ² riego por planta. (l/planta)	
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
1	Enraizamiento	0.6	1.25	0.3	0.63
2-5	1-4 Racimo Floral	1.5	3.0	0.75	1.50
6	5 Racimo Floral	3.5	3.5	1.25	1.75
7-9	6 Racimo Floral	3.5	4.0	1.25	2.00
10-11	7-8 Racimo Floral	4.0	4.5	2.00	2.25
12-15	Inicio cosecha	4.5	5.5	2.25	2.75
16-17	Cosecha	5.0	5.0	2.50	2.50
18-20	Cosecha	5.0	5.0	2.50	2.50
21-23	Cosecha	5.0	5.0	2.50	2.50
24-25	Cosecha	5.0	5.0	2.50	2.50
26	Cosecha	5.0	5.0		

Fuente: Escobar, H; Lee, R. (2001).

Generalmente, para el cultivo del tomate bajo cubierta en suelos del Cauca, se utiliza como criterio para un ciclo de cultivo de cinco meses, aplicar entre 0.5 y 0.8 litros/planta/día en los inicios del cultivo; de 1.3 a 1.8 litros/planta/día entre la floración y llenado de los frutos; y 2.3 a 3.2 litros/planta/día entre el inicio de la cosecha hasta la terminación de la misma, tal como se muestra en el cuadro 14.

Cuadro 14. Programación de riegos en tomate UNAPAL – Maravilla bajo cubierta.

Etapa	Días	Acum. (días)	Semanas	Acum. (semanas)	Suministro de agua (l/planta/día)	Estado de desarrollo
1	7(0-7)	7	1	1	0.8	Enraizamiento
2	20(8-28)	28	3	4	1.3	Desarrollo vegetativo y prefloración
3	21(29-49)	49	3	7	1.8	Floración y desarrollo del fruto
4	28(50-77)	77	4	11	2.3	
5	35(78-112)	112	5	16	2.8	Inicio de la cosecha.
6	35(113-147)	147	5	21	3.2	Cosecha

Fuente: Ulichur, A; Estrada, E, I; Mejía, S. (2004).

Se debe asegurar que el agua penetre en el suelo hasta una profundidad de 20 cm. Se recomienda además realizar un humedecimiento profundo del suelo antes de la siembra, con el fin de garantizar la eficiencia de los próximos riegos, y la eficacia de la fertilización que se haga tanto edáfica como en el fertiriego.

Generalmente para cultivos de tomate bajo cubierta y con un sistema de riego. Localizado (por goteo) en un ciclo de cultivo de cinco meses en las necesidades de agua del Valle del Cauca son las siguientes. (Estrada, 2002).

Cuadro 15. Necesidades de agua para un cultivo de tomate bajo cubierta en la zona plana del Valle del Cauca.

Etapa	Etapa del cultivo	Lámina diaria (m.m.)	Cantidad agua (litros/ha/día)	Cantidad agua (litros/planta-día)*
1	Inicio y establecimiento (1-4 semanas)	1.0-1.75	10.000 - 17.500	0.6 - 1.0
2	Floración – inicio del llenado de frutos (5-10 Semana)	2.0-3.5	20.000 - 35.000	1.2 - 2.1
3	Formación de nuevos frutos inicio de cosecha (11-16 semana)	4.0-6.5	40.000 - 65.000	2.4 - 3.8
4	Mantenimiento de la planta en cosecha (17-24 semana)	3.5-4.0	35.000 - 40.000	2.1 - 2.4

*para una población estándar de 17.000 plantas/ha

Las necesidades de agua, también pueden calcularse con base en los indicadores de evotranspiración de los cultivos cuando se tiene información experimentalmente confiable para las regiones o zonas de producción.

Las estimaciones y cálculos se desarrollan a partir de los siguientes modelos y funciones.

$$Et \text{ cultivo} = Eto \times Kc$$

Et = Evapotranspiración del cultivo en (mm/día)

•Eto = Evapotranspiración de un cultivo de referencia,(mm/día)

•Kc = coeficiente de cultivo que varía con la etapa de crecimiento y desarrollo.

Eto, es un valor que depende de la zona climática, de la temperatura, velocidad del viento, y humedad relativa de la zona de referencia. Cuanto más calor haga, las precipitaciones sean más bajas y la humedad ambiental del aire sea más baja, mayor será el valor de Eto. Tomando los valores propuestos por Frag, citado por Arjona, 2002, los valores de ETO en los distintos ambientes es la siguiente.

Cuadro 16. Valores de Eto de referencia según las características del clima.

Zona Climática	Precipitación Anual (mm)	Temperatura Media Diaria		
		Menor	Entre	Mayor
		15°C	16-25°C	25°C
Arida	100-400	4-6	7-8	9-10
Semiárida	400-600	4-5	6-7	8-9
Subhúmeda	600-1200	3-4	5-6	7-8
Húmeda	Mayor 1200	1-2	3-4	5-6

Fuente: Guía técnica de Frag, (2002).G

Usando los valores de Kc propuestos por el mismo autor de acuerdo a la etapa del cultivo, la evapotranspiración de un cultivo de tomate bajo condiciones del Valle del Cauca (zona subhúmeda), sería la siguiente:

Cuadro 17. Valores de Eto, Kc y Et para un cultivo de tomate en el Valle del Cauca.

Etapa	Eto (mm/día)	Kc	Evaporación diaria. Et (m.m/día)
Inicio del cultivo	3-4	0.45	1.35 - 1.8
Alto crecimiento	3-4	0.75	2.25 - 3.0
Cultivo de floración	3-4	1.15	3.45 - 4.6
Cultivo en llenado de frutos y cosecha.	3-4	0.85	2.55 - 3.4

Fuente: Guía técnica de Frag, (2002).

Los aportes de agua pueden hacerse a partir de estos valores esperados con los ajustes necesarios dependiendo de la época, las precipitaciones y los sistemas de riego de que se dispone en el cultivo, así como las exigencias del cultivar.

2.2.10 Abonamiento y fertilización mineral

El tomate es una planta que demanda altas cantidades de nutrientes y su comportamiento, reproductivo en la floración y producción de frutos de buen calibre y alto peso, esta relacionado con la disponibilidad de nutrientes en cada una de las épocas del ciclo del cultivo.

Los requerimientos mínimos de una planta de tomate están en función de la variedad, la época de crecimiento, las condiciones del clima (temperatura, radiación, humedad relativa), y disponibilidad de agua, CO₂ y O₂. Los requerimientos de la planta y las cantidades de

nutrientes disponibles en el suelo o sustrato de siembra, determinan las necesidades de aporte externo de nutrientes, el cual debe suministrarse a través de la fertilización o abonamiento al suelo o mediante el riego (fertirrigación) o en sistemas combinados. Las extracciones de los elementos minerales también depende de la época o momento del ciclo del cultivo, del sistema de producción (campo abierto o en invernadero) y de los rendimientos esperados del cultivo. (Franco, *et al*, 2003)

No hay una recomendación universal ni estandarizada sobre las cantidades a incorporar de cada elemento nutritivo. Como se dijo anteriormente, son varios los factores a tener en cuenta para dicha recomendación en función del cultivar, el sitio o localización del cultivo, las épocas de crecimiento y desarrollo y la disponibilidad de los elementos en sus fórmulas comerciales. Si se conocen las tendencias del crecimiento del cultivar (curva de crecimiento específico), y las extracciones de los elementos a través del ciclo, se puede hacer una mejor planificación del abonamiento con el fin de conseguir los mejores efectos fisiológicos en el crecimiento y desarrollo de la planta, y en la expresión del potencial genético vegetativo y reproductivo y su impacto en los rendimientos y productividad. Diversas investigaciones han evaluado y caracterizado la dinámica extractiva de los elementos nutricionales en el cultivo del tomate. A manera de ejemplo se presentan algunos de los resultados publicados.

El efecto particular de algunos elementos en la floración, fructificación y maduración de los frutos es discutido por algunos autores como: Nuez *et al* (1994), quienes plantean que las deficiencias nutricionales de nitrógeno, fósforo y potasio pueden retrasar la floración. También indican los mismos investigadores que estos tres elementos mayores conforma el 90 % del contenido mineral durante el desarrollo de los frutos. El nitrógeno y el fósforo disminuyen el 3% al 0.6% y del 2% al 0.4% de la materia seca en el fruto maduro. Sin embargo el potasio permanece estable alrededor del 3% durante la formación y maduración del fruto. El potasio representa el 85% de los cationes en el fruto y su acumulación es proporcional a la materia seca. El aumento en el suministro de potasio durante el llenado de los frutos incrementa la acidez la intensidad del color en la madures. La deficiencia de potasio, produce un acortamiento en el periodo de crecimiento del fruto y aumenta al máximo la respiración climatérica (después de la cosecha).

El calcio desempeña un papel muy importante en el proceso de consolidación de las paredes y membranas celulares de la cubierta del fruto, al estabilizar las cadenas de ácido poligalacturónico que inciden directamente en la firmeza y ablandamiento del fruto. El calcio debe estar en un contenido mayor al 0.12% en los frutos, para evitar la podredumbre apical. El 70% del calcio es retenido por las hojas, mientras que los frutos solo contienen un 5% y a diferencia del potasio, una vez asimilado por las hojas, la traslocación al fruto es muy escasa.

Cuadro 18. Extracción de nutrientes y rendimientos obtenidos en diferentes sistemas de producción de tomate.

Características	Extracción (kg/ha)											Autores
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SO ₄	Mn	Fe	B	Cu	Zn	
Caso 1: Tomate tipo "Chonto". Campo abierto. Población 13.000 plantas/ha. Rendimiento 3.5 kg/planta y 4.5 t/ha.	150-300	55-96	250-680	50-80	40-60	-	-	-	-	-	-	Manual de horticultura (2000)
Caso 2: Tomate "Chonto" CV Santa Clara En campo abierto. Población de 12.000 plantas/ha. Rendimiento promedio de 4.5 kg/planta y 30 t/ha.	72	23	122	11	59	-	-	-	-	-	-	Fedecafé (2001)
Caso 3: Tomate "Chonto", campo abierto. Población de 12.000 plantas/ha. Rendimiento promedio de 3.5 kg/planta y 42 t/ha.	140	45	200	31	40	28	12	15	5	4	8	Arjona, C. G. (2002)
Caso 4: Tomate tipo Milano. Invernadero. Población de 18.000 plantas/ha. Rendimiento promedio de 6.5 kg/planta y 120 t/ha.	400	75	700	150	70	-	-	-	-	-	-	Nuez <i>et al.</i> (2000)

El potasio es el mineral de mayor abundancia y el que tiene mayor influencia en la calidad de los frutos y junto con los nitratos y fosfatos constituyen cerca del 93% de las sustancias minerales del tomate. A medida que comienza el desarrollo de las frutas se incrementan las necesidades de potasio y magnesio.

Tipos de fertilización

a) Fertilización a nivel de plántulas

Un programa completo de fertilización debe comenzar desde el vivero o semillero con el fin de estimular el crecimiento vigoroso sano y uniforme indispensable para obtener una población de plántulas que puedan adaptarse rápidamente al sitio definitivo y continúen su crecimiento con mínimos contratiempos y limitaciones.

La nutrición de las plántulas puede hacerse a través del enriquecimiento del sustrato de crecimiento en su preparación o a través de aportes que se hacen en forma granulada, líquida en “drench” o fertirriego. Las soluciones nutritivas se aplican con frecuencia y deben ser ricas en nitrógeno, fósforo y potasio.

Escobar y Lee (2001), plantean que los niveles de nitrógeno (N) deben estar entre 75 – 120 ppm, cuando la solución se aplica diariamente. El fósforo puede tener una concentración entre 20 – 50 ppm y el potasio puede estar entre 100 – 200 ppm. Alarcón, (1999), recomiendan una solución nutritiva estándar para aplicar a los viveros de tomate con las siguientes características.

Elemento	NO ₃	P	K	Ca	Mg	SO ₄
Concentración						
ppm	112	46	195	160	48	64

Estrada y Zapata (2000), han obtenido resultado positivos con la aplicación de una solución nutritiva la follaje y a la base de la planta compuesta de cosmocel, desarrollo, (grado 20-30-10 + menores) y nitrato de potasio (KNO₃) en concentraciones de 1 gramo por litro para la primer semana de cada compuesto, hasta terminar en 3 gramos por litro en la tercera semana con una frecuencia de dos aplicaciones por semana.

b) Aplicación de enmiendas orgánicas

Tiene como propósito mejorar las propiedades físicas del suelo, incrementar la actividad biológica del mismo y prepararlo para recibir la planta y con ella el agua de riego y los

nutrientes. También se espera recibir un aporte lento de nutrientes que se mineralizan y liberan durante el ciclo del cultivo o para aprovechamiento de cultivos futuros.

La materia orgánica preferiblemente debe estar compostada y madura, para que el cultivo no reciba efectos negativos por elevadas temperaturas y acidez. Dependiendo del origen, de la riqueza nutricional, de la disponibilidad y costo; las cantidades varían desde 0.5 – 2.0 kilogramos por sitio de transplante que equivale a 8 - 30 t/ h. Este material debe colocarse e incorporarse de una a tres semanas antes del transplante en los sitios de siembras por franjas o localizada en los sitios de transplante.

c) Fertilización de presembrado o de fondo

Se hace durante el acondicionamiento o preparación de los suelos para la siembra. Pretende elevar los niveles nutricionales del suelo y equilibrar o balancear las relaciones y concentraciones en la fase intercambiable del complejo micelar. Por lo general se aplican elementos mayores con énfasis en el fósforo y calcio que son los de menos solubilidad y más difíciles de corregir. Una vez se encuentra establecido el cultivo, se puede complementar este abonamiento de fondo con elementos menores si se requieren con base en el análisis de suelo. (Arjona, 2002)

d) Fertilización de mantenimiento

Pretende incorporar al suelo los nutrientes que han sido absorbidos por la planta o que pueden ser tomados durante el avance del ciclo de crecimiento y desarrollo. Los nutrientes deben ser aportados siguiendo los patrones de crecimiento del cultivar y los requerimientos específicos de cada elemento. En la fase de establecimiento y crecimiento rápido el nitrógeno y el fósforo son requeridos en mayor proporción. Durante la fase reproductiva estos elementos siguen siendo importantes pero aumentan los requerimientos de potasio, magnesio, azufre y calcio. (Lara, 1999)

Los aportes de los nutrientes pueden hacerse de manera sólida aplicada al suelo, o en forma líquida a través del riego (fertiriego) o como complemento en aplicaciones foliares. Aunque las recomendaciones específicas sobre las necesidades de incorporación externa de nutrientes a través de la fertilización están determinadas por las condiciones propias de cada cultivo. A continuación se presentan algunas propuestas o experiencias que pueden servir de guía orientadora sobre el manejo de esta práctica agronómica en el cultivo del tomate en Colombia.

Caso No 1. Tomado y adaptado de Estrada, (2002).

Un cultivo de tomate requiere por lo menos de la incorporación de un fertilizante completo en dosis de 800 kilogramos por hectárea. Con una proporción de N:P:K de 2:1:3. Esto equivale a las siguientes cantidades.

Nitrógeno (N) = 267 kg/ha.

Fósforo (P_2O_5) = 133 kg/ha.

Potasio (K_2O) = 400 kg/ha.

Los aportes pueden hacerse, en tres o cuatro frecuencias de aplicación, dándole prioridad al inicio del ciclo del nitrógeno y al fósforo y aumentando el potasio en la época de floración y fructificación.

Caso No 2. Tomado y adaptado de Estrada y Zapata, (2001).

Cultivar de tomate "Chonto" UNAPAL- Maravilla en campo abierto.

Población 13.300 plantas por hectárea.

Rendimiento esperado, 4.5 kg/planta y 60 t/ ha.

Campo Experimental CEUNP con un suelo tipo

Cantidad de nutrientes a incorporar.

Nitrógeno (N) = 250 kg/ha

Fósforo (P_2O_5) = 150 kg/ha

Potasio (K_2O) = 400kg/ha

Calcio (CaO) = 60 kg/ha

Magnesio (MgO) = 40 kg/ha

Azufre (S) = 60 kg/ha

Elementos menores = 40 kg/ha

Con el fin de suministrar los nutrientes en la cantidad y momento oportuno, de acuerdo al ciclo de crecimiento y las exigencias particulares de cada planta, se presenta a manera de guía la siguiente distribución de nutrientes (Cuadro 19), la cual esta sujeta a los ajustes necesarios para cada finca según sus condiciones de suelo.

Cuadro 19. Cantidad relativa y frecuencia de aplicación de nutrientes externos en el cultivo de tomate "chonto", UNAPAL - Maravilla.

Etapa/Ciclo	1°	2°	3°	4°	5°	6°	Total
Elemento	10 (DDT) ¹	25 (DDT)	45 (DDT)	70 (DDT)	85 (DDT)	100 (DDT)	
Nitrógeno (N)							
Porcentaje (%)	10	25	30	20	10	5	100%
Cantidades (kg/ha)	25.0	62.5	75.0	50.0	25.0	12.5	250
Fósforo (P₂O₅)							
Porcentaje (%)	30	25	20	15	10	-	100%
Cantidades (kg/ha)	45.0	37.5	30.0	22.5	15.0	-	150
Potasio (K₂O)							
Porcentaje (%)	10	15	20	20	20	15	100%
Cantidades (kg/ha)	40.0	60.0	80.0	80.0	80.0	60.0	400
Calcio (CaO)							
Porcentaje (%)	10	10	20	20	20	20	100%
Cantidades (kg/ha)	6.0	6.0	12.0	12.0	12.0	12.0	60
Magnesio (MgO)							
Porcentaje (%)	5	10	15	30	30	10	100%
Cantidades (kg/ha)	2.0	4.0	6.0	12.0	12.0	4.0	40
Elementos menores							
Porcentaje (%)	20	30	35	10	5	-	100%
Cantidades (kg/ha)	8.0	12.0	14.0	4.0	2.0	-	40

¹DDT = Días Después del Transplante.

Fuente. Estrada et al, (2002).

El cultivo del tomate, *Lycopersicon esculentum* Mill.

Caso No 3. Tomado y adaptado de Arjona, (2002).

Tomate al aire libre en el Valle del Cauca.

Poblaciones entre 13.500 – 15.000, plantas por hectárea.

Plan de fertilización propuesto para una hectárea.

Frecuencia	Época (DDT)	Dosis por planta (Gramos/planta)	Formulación
1º	12-15	25-30	<u>10:30:10 + Urea + Menores</u> 3 : 2 : 0.5 200 kg. 130 kg. 33 kg.
2º	30-40	40	15:15:15 + Urea 10:30:10 + Urea DAP + Urea 290 kg. Triple 15 + 200 kg. Urea Equivalente en 10:30:10 ó en DAP
3º	60-70	40	<u>15:15:15+ Urea + Kcl</u> 1 : 1 : 1 193 kg. 193 kg. 193 kg.

DDT Días después de transplante

Caso No 4. Tomado y adaptado de Calderón. (2002).

- Producción de tomate bajo cubierta en la sabana de Bogotá.
- Población de 24.000 plantas por hectárea.
- Rendimientos esperados de 6.3 kg/planta , 152 t/ha.
- Para distribuir en fertirriegos diarios cantidades de cada elemento nutritivo.

Los requerimientos nutricionales se presentan en la siguiente tabla:

Nutriente	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Cu	Zn	B	Na
	kg/ha						mg/planta					
Cantidad	336	36	571.2	168.24	68.64	53.28	85	99	4	55	30	274

Fuente: Calderón, 2002.

Caso No 5. Tomado y adaptado de Ulchur, A; Estrada, E.I; Mejía, S. (2004)

- Producción de tomate bajo cubierta en Morales Cauca.
- Tomate tipo "Chonto", UNAPAL – Maravilla.
- Población 18.000 plantas/ha.

Cuadro 20. Plan de fertilización edáfica para tomate UNAPAL- Maravilla, bajo cubierta. En condiciones del Municipio de Morales Cauca.

Nutriente	Distribución del fertilizante durante el ciclo del cultivo						Total
	Etapa						
	1	2	3	4	5	6	
	10 DDT	25 DDT	45 DDT	70 DDT	85 DDT	100 DDT	
kg/ha							
Nitrógeno	34	67	100	67	33.5	33.5	335
Fósforo	11	9	7	5.5	3.5	--	36
Potasio	57	86	114	114	114	86	571
Calcio	17	17	34	34	34	34	170
Magnesio	7	7	14	14	14	14	70
Azufre	5	11	16	11	5	5	53
E. menores	16	12	12	--	--	--	40
Total (kg)	147	209	297	245.5	204	172.5	1275

DDT. Días Después del Transplante.

Fuente Ulchur, Estrada y Mejía, (2004).

Caso No 6. Tomado de Morales y Salazar, (1997)

- Tomate a libre exposición.
- Cultivar tipo "Chonto", "variedad Santa clara".
- Población 16.000 plantas/ha.

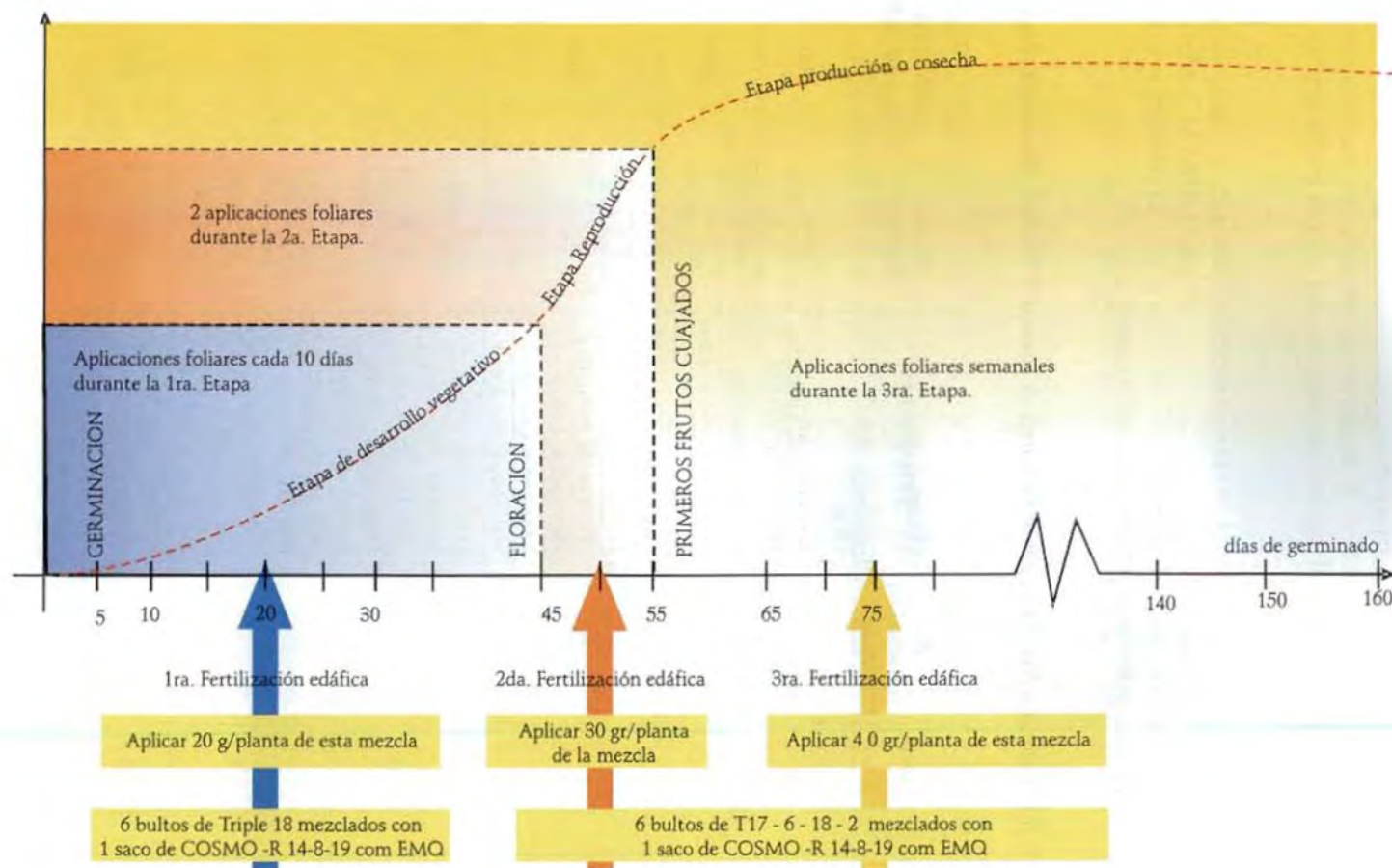
Uno de los innovadores de esta propuesta, es la de planificar la fertilización con base en la dinámica del crecimiento del cultivar, intentando suministrar los elementos minerales de acuerdo con la exigencia en cada etapa. (Figura 19).

Caso No 7. Tomado y adaptado de Ulchur, Estrada y Mejía, (2004)

- Tomate bajo cubierta.
- Fertiriego.
- Cultivar tipo "Chonto", UNAPAL – Maravilla.
- Población de 18.000 plantas/ha.
- Rendimiento de 6.5 kg/planta.

El fertiriego consiste básicamente en el suministro de los fertilizantes y nutrientes que requiere el cultivo en el agua de riego. Para ello, se utilizan fertilizantes con alta solubilidad que contienen uno o más elementos nutritivos, estos generalmente son formulaciones en polvo fino, sales o en soluciones acuosas. Esta práctica mejora la eficiencia de los fertilizantes aplicados, permitiendo suministrarlos en las cantidades apropiadas y

Figura 19. Plan de nutrición balanceada en tomate.



Fuente: Morales, J. y Salazar, J. (1997)

balanceadas en el momento que el cultivo lo requiere, además de mostrar ventajas económicas, agronómicas y operacionales. A manera de ejemplo se recomiendan los siguientes planes de fertirrigación para el cultivo de tomate, los cuales están sujetos a los ajustes necesarios para cada finca.

Los cuadros 21 y 22 resumen los dos planes propuestos de fertilización a través del riego y que han sido probados en el cultivo de tomate Chonto, cultivar UNAPAL - Maravilla, bajo condiciones de invernadero en el departamento del Cauca, con excelentes resultados en rendimientos por planta y en la productividad del cultivo.

Cuadro 21. Plan de fertirrigación No. 1 para una hectárea de tomate UNAPAL-Maravilla bajo cubierta.

Etapa	DDT*	Semanas	Frecuencia de aplicación días	Fertilizante	Dosis (kg/ha)	Dilución (l de agua)/ha.
1	0-7	1	3	Urea	4.5	200
				Fosfato diamónico	27.5	
				Nitrato de Potasio	74.5	
				Calcio quelatado	94.5	200
				Magnesio quelatado	39	
				Sulfato de zinc	21	
2	8-28	2-4	3	Urea	5	200
				Fosfato diamónico	6.5	
				Nitrato de potasio	32	
				Nitrato de calcio	13	
				Magnesio quelatado	11	
				Sulfato de magnesio	14	
3	29-49	5-7	3	Nitrato de amonio	19	200
				Nitrato de potasio	42.5	
				Nitrato de calcio	25.5	
				Fosfato diamónico	5	
				Sulfato de magnesio	21	
4	50-77	8-11	3	Nitrato de amonio	10	200
				Nitrato de calcio	20	
				Nitrato de magnesio	16	
				Fosfato diamónico	3	
				Sulfato de potasio	30.5	
5	78-112	12-16	3	Nitrato de potasio	13	200
				Nitrato de calcio	6.5	
				Calcio quelatado	17.5	

*DDT : Días Después de Transplante.

Fuente : Ulchur, Estrada y Mejía (2004).

El cultivo del tomate, *Lycopersicon esculentum* Mill.

Se recomienda de manera general, no mezclar fertilizantes que aporten Calcio (Ca) con aquellos que porten sulfatos o fosfatos.

Cuadro 22. Plan de fertirrigación No 2. para tomate "Chonto" UNAPAL- Maravilla, bajo cubierta.

Etapa	Días después de trasplante	Frecuencia de aplicación (días)	Producto	Dosis (g)	Modo de aplicación
Desarrollo a Floración	40	8	Fosfato Diamoniaco (21-53-0)	1000	Diluir en 500 litros de agua
			Magnesio (Quelutado)	250	
Formación y maduración de frutos a cosecha	60	8	Boro	200	
			NPK (20-20-20)	1000	
			Magnesio (Quelutado)	250	
			Calcio (Quelutado)	200	
Formación y maduración de frutos a cosecha	70	8	Hierro (Quelutado)	100	
			NPK (20-20-20)	1000	
			zinc (Quelutado)	200	
			Calcio (Quelutado)	200	
Formación y maduración de frutos a cosecha	90	8	Fosfato Dipotasico (0-40-53)	500	
			Magnesio (Quelutado)	250	
			Calcio (Quelutado)	250	
Formación y maduración de frutos a cosecha	120*	8	Nitrato de potasio (13-0-46)	2000	

Fuente: Ulchur, Estrada y Mejía, S (2004)

Se realiza, si la planta lo amerita.

e) Fertilización foliar complementaria

De acuerdo al nivel de desarrollo del cultivo y a la manifestación de posibles deficiencias, se recomienda hacer aplicaciones nutricionales foliares complementarias prestando especial atención a elementos como Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Boro (B), Manganeseo (Mn), y Hierro (Fe).

2.2.11 Manejo de arvenses

Desarrollo vigoroso de las plántulas y lotes de siembra preparados adecuadamente con transplante cuidadoso, son condiciones que favorecen el crecimiento rápido de la planta y una mayor defensa contra la acción de las plantas acompañantes.

Los primeros treinta días después del transplante, se consideran un periodo crítico para el manejo de las *arvenses*. Las coberturas vegetales con residuos orgánicos (“mulch”) y los acolchados plásticos son una buena alternativa para el control de arvenses. No es conveniente el control mecánico con azadón u otras herramientas en la zona de raíces ya que ocasiona daños que pueden generar infecciones tempranas de microorganismos del suelo como *Fusarium* sp, *Rhizoctonia* sp, *Pythium* sp, *Sclerotium* sp, y otros. En esta zona debe procurarse el “plateo” manual o el uso de guadaña. En los espacios entre surcos puede realizarse el corte mecánico o el uso de cultivadores pequeños (motocultores).

El manejo químico con herbicidas es una practica común que debe ser evaluada y valorada en cada sistema de producción con base en la clase de arvense presente y la intensidad de la infestación del campo. El cuadro 23 resume los productos que reporta la literatura actualmente en el control preventivo y erradicante de arvenses en el cultivo de tomate en el Valle del Cauca.

Cuadro 23. Productos que reporta la literatura actualmente en el control preventivo y erradicante de arvenses en el cultivo de tomate en el Valle del Cauca.

Nombre del producto	Tipo/aplicación	Dosis	Época	Propósito
Trifluralina	Presiembra Incorporado	0.5-1.0 l/ha	antes del transplante	gramíneas
Metalaclor	Preemergencia	1.5-2.0 l/ha	antes del transplante	gramíneas y cyperaceas
Metribuzin	Preemergente	2.0-3.0 l/ha	antes del transplante	gramíneas hoja ancha
Glufosinato de amonio	Postemergencia	1.5 l/ha	dirigidos a las arvenses antes y después del transplante	amplio espectro
Fluazinop Butil	Postemergencia	1.5 l/ha	después del transplante	gramíneas
Paraquat Propaquizafop	Postemergencia	2.0 lt/ha	Dirigido solo a las arvenses	amplio espectro

Fuente: Sanchez, et al (2002)

2.2.12 Manejo de plagas y enfermedades

Son múltiples los insectos plagas y los microorganismos patógenos que afectan el cultivo del tomate. La intensidad de los daños esta muy ligado a los factores ambientales (clima, suelo, vegetación acompañante) así como al normal crecimiento y desarrollo del cultivo y a la nutrición oportuna.

Una adecuada planificación del cultivo para buscar épocas mas benignas que poco favorezcan la presencia de plagas y enfermedades, así como la elección de prácticas agronómicas oportunas, son la base de un manejo sanitario exitoso y productivo.

El manejo plagas y enfermedades comienza desde el mismo momento en que se hace la planificación del cultivo y se proyectan todas las labores agronómicas que realizadas en forma oportuna promueven un crecimiento y desarrollo normal y vigoroso del mismo. Un plan de manejo que incluya alternativas de monitoreo y valoración para el reconocimiento temprano de los problemas, uso de medidas preventivas, uso de control cultural, climático, mecánico, físico, biológico, y control químico, conforman la estrategia conocida como manejo integrado de plagas(MIP). Algunos investigadores proponen la ampliación de la estrategia, a todas las actividades de la producción y le denominan Manejo Integrado del Cultivo, (MIC). (Escobar, *et al*, 2001)

El control cultural incluye actividades diversas como uso de variedades resistentes y adaptadas, métodos de siembra con desarrollo y arreglos poblacionales adecuados al terreno y al manejo de todas las labores agronómicas que se le vayan a practicar el cultivo uso de las podas sanitaria, eliminación oportuna de plantas enfermas y focos de arvenses que constituyan focos de diseminación de plagas y enfermedades, rotación de cultivos, uso de agua limpia , evacuación de residuos vegetales, eliminación de socas y uso de materiales y herramientas de trabajos libres de contaminación.

El control físico mecánico, incluye el uso de mallas y barreras que impidan o eliminen al migración de insectos plagas y de fuentes de inculo de enfermedades, el uso de fuentes de calor para desinfestación y desinfección de suelos y sustratos, inundación y solarización de los suelos.

El control químico debe hacerse con mucho criterio técnico, económico y de impacto ambiental. Su uso debe estar sustentado en un acertado monitoreo y valoración de los niveles de infestación, infección, severidad y daño potencial o real del cultivo, así como de los efectos esperados en el control del problema. La selección de los productos a aplicar deben estar en concordancia con los niveles de daño económico en el cultivo y la efectividad en el control. (López, *et al*, 1994)

Controles oportunos preferiblemente preventivos, permite el uso de categorías de baja toxicidad (IV-V) que generan menor contaminación, costo y pueden ser compatibles con el uso de otras alternativas limpias. En situaciones coyunturales de alto riesgo para el cultivo y para la inversión económica se podrán usar alternativas drásticas con uso de productos de alta toxicidad que tendrán una acción momentánea, rápida y estabilizadora, pero que permite posteriormente, reiniciar de nuevo un manejo integrado menos severo y contaminante.

Los cuadros 24 y 25 integran la información de las plagas y enfermedades más frecuentes en el cultivo de tomate en el valle del Cauca. Las recomendaciones de manejo planteadas deben ser tomadas como guía básica para probar y ajustar en cada sistema de producción bajo específicas de cada cultivo. (Bland card, 1996), (Asgrow, 1992).

Cuadro 24 Insectos plagas comunes en el cultivo del tomate en el Valle del Cauca. Guía de manejo agronómico.

Problema	Agente causal	Experiencias en el manejo
Trozadores de plántulas (tierreros)	<i>Agrotis ipsilon</i> <i>Spodoptera spp</i> <i>Gryllus assimilis</i>	Afectan las plántulas en los semilleros o viveros y en los primeros días del transplante. Retiro oportuno de residuos de cosecha o la incorporación profunda suele ser una buena opción. Solarización de los campos antes y después del transplante. En caso extremo aplicar: Carbaryl, Cloropirifos; Triclorfon
Cogollero y comedores de forraje	<i>Tuta absoluta</i> <i>Epitrix sp</i> <i>Diabrotica sp</i> <i>Systema sp</i>	Monitoreo periódico de huevos, larvas y adultos sobre follaje. Liberación permanente de <i>Trichogramma Pretiossum</i> . Aplicación continua de <i>Bacillus Thuringiensis</i> . Uso de trampas con feromona sexual. Uso de trampas con miel de purga en la periferia En altas infestaciones y con niveles de daño económico se pueden usar los siguientes productos: Spinosad, Betaciflutrina, Deltrametina, Diflubenzuron, Etofenprox, Flufenoxuron, Permetrina.
Comedores de brotes tiernos y botones florales. Capador del tomate	<i>Prodiplosis longifila</i> <i>Melanogromyza sp</i>	Monitoreo periódico de larvas y daño sobre follaje joven y botones. Liberación permanente de <i>Chysoperla spp</i> . Aplicación continua de aceites y extractos vegetales; Biomel, Bionim. En altas infestaciones y daños económicos. aplicar: Abamectina, Ciromazyna, Diazinon, Imidacloprid

Continúa...

...Continuación cuadro 24

Problema	Agente causal	Experiencias en el manejo
Chupadores de follaje. Moscas blanca	<i>Trialeurodes vaporariorum</i>	Monitoreo periódico de población sobre follaje. Apicación de extractos y aceites vegetales (Biomel, Bionin) Aplicación del entomopatógeno <i>Verticillium lecani</i> . Tableros amarillos con aceite o cualquier sustancia adhesiva. Liberación de paracitoides como: <i>Enacarsia sp</i> , <i>Amitus sp</i> . Bajo altas infestaciones usar: Alfacipermetrina, Buprofezin, Fipermetrina, Diafentiurom, Permetrina, Thyociclam-hidrogenoxalato, Imidacloprid.
	<i>Myzus persicae</i> <i>Aphis gossypii</i>	Monitoreo periódico sobre la planta. Liberar <i>Chysoperla spp</i> . Aplicación de aceites y extractos vegetales (Biomel, Bionim) En altas densidades poblacionales aplicar Pirimicarb, Etofenoprox, Fluvalinato, Imidacloprid, lamda.
Ácaros	<i>Tetranychus sp</i> <i>Aculops sp</i>	Monitoreo periódico sobre la planta Liberar <i>Chysoperla spp</i> . Y ácaros <i>Phytoseiidae</i> , <i>Phytoseiulus persimilis</i> . Aplicación de aceites y extractos vegetales (Biomel, Bionim) En altas densidades de población aplicar Avermectina, Abacmectina, Bromopropilato, Clofentezin, Diafentiurom, Dienocloro, Fenbutatin oxido, tetradifon,, Propargita.
Trips Minadores y barrenadores de tallo	<i>Frankinella sp</i> <i>Thrips palmi</i> <i>Lyriomiza sp</i> <i>Melanogramyza sp</i>	Uso de plántulas sanas y limpias. Liberación permanente de <i>Chysoperla spp</i> . Con infestaciones altas usar productos como: Acrinatrín, Abamectina, Cartap, Formetoato, Spinosac.. Podas de hojas Bajeras con peciósos largos. Con alta infestación usar productos como: Abamectina, Cyromazina, Thiocyclan, Diazinon, Thyociclam-hidrogenoxalato.

Cuadro 25. Enfermedades comunes en el cultivo del tomate en el Valle del Cauca.

Enfermedad	Agente Causal	Alternativas de Manejo
Pudriciones de las plántulas, en semillero damping off, escaldado.	Hongos del suelo <i>Rhizoctonias</i> . <i>Fusarium sp</i> <i>Pythium sp.</i> <i>Esclerotium sp.</i>	Buen drenaje del suelo Solarización de los surcos Encalamiento previo Rotación de lotes Aplicación de microorganismos antagónicos (<i>verticillum sp, trichoderma sp</i>) Semilla sana Fungicidas localizados antes o después del transplante o en drench. Metalaxil en espolvoreo, Propamocarb Carboxin.
Tizón temprano	<i>Alternaria dauci</i> <i>Alternaria alternata</i>	Prácticas agronómicas Buena nutrición Excelente drenaje del suelo Podas sanitarias y de formulación oportunas Distanciamientos entre plantas y surcos adecuados Manejo cuidadoso del riego evitando el encharcamientos y excesos de humedad ambiente Rotación de fungicidas aplicados según necesidades por incidencia y severidad de cada enfermedad. La rotación de fungicidas puede hacerse con los siguientes productos: Captan clorotalonil, cobre metálico, Diclofluanid, Difeconaxol, Metalaxil, Propineb, Triadimefon, Trifenil hidróxido, Azufre, Captan, Clorotalonil, Fosetil, Hidroxido cúprico, Oxadixylt Mancoleb, Metalaxil, Triadimefon, Trifenil Hidroxido, Captan, Carbedazin, Clorotalonil, Tolifluanid, Iprodione, Dicloran, Metil tiofanato, Procimidona, Vinclozolin, Benomil, Carbedazin, Clorotalonil, Improdione, Triforina, Vinclozolin. Otros : Kasugamicina, Oxicloruro de cobre, Yodo.
Tizón tardío	<i>Phytophthora infestans</i>	
Mancha o moho gris	<i>Botrytis cinerea</i>	
Moho foliar ó Mancha amarilla	<i>Fulvia fulva</i>	
Mildeo polvoso	<i>Leveillula taurica</i>	
Antracnosis	<i>Colletotrichum sp</i>	
Marchitez de hojas	<i>Oidium sp.</i>	
Mancha parda	<i>Erysiphe polygoni</i>	
Amarillamiento y defoliación	<i>Septoria sp,</i> <i>Stemphyllun sp</i> <i>Vertitulum sp.</i>	
Mancha bacteriana	<i>Xanthomonas campestris</i>	
Peca bacteriana	<i>Clavibacter michiganensis</i>	
Cáncer bacteriano	<i>Pseudomonas syringae</i>	

Continúa...

...Continuación cuadro 25

Enfermedad	Agente Causal	Alternativas de Manejo
Marchitamientos Marchitez sorpresa	<i>Fusarium oxysporum</i> <i>Pseudomonas</i>	Culturales Humedad controlada en los riegos Buenos drenajes Alta ventilación bajera Evitar daños a cuellos y raíces en las limpiezas y aporques. Cultivares resistentes Control químico Carbendazim., Kasuganmicina , Iodo
Tristeza- huequera	<i>Ralfstonia solonacearum</i>	
Pudrición de tallos y frutos	<i>Erwinia Carotovora</i>	Plantas bien nutridas Adecuada poda Buen control de humedad y alta ventilación
Nudosidades de raíz	Meloidogyne sp	Rotación de campos Uso de variedades resistentes Siembra de plantas repelentes
Virus	<i>Mosaicos, amarillamiento y moteados</i> <i>Mosaico del tabaco, TMV</i> <i>Mosaico del pepino, CMV</i> <i>Mosaico de la alfafa, AMV</i> <i>Virus de hoja de cuchara, TYLCV</i> <i>Mosaico dorado TGMV.</i> <i>Moteado del tomate. T.M.V</i> <i>Bronceado del tomate TSWV</i> <i>o mancha negra</i>	Culturales Semilla sana, libre de virus Cultivares con resistencia genética Control de insectos vectores y transmisores como moscas blancas, trips, pulgones. Rotación de campos de producción.

2.2.13 Manejo de la cosecha y postcosecha

El inicio de la madurez fisiológica de los frutos bajos ocurre alrededor de los 55-70 días después del transplante. Dependiendo del cultivar y las condiciones climáticas, la madurez de frutos se da de la base del racimo hacia el ápice. La cosecha se puede desagregar de cuatro a diez semanas con una o dos recolecciones (pases de cosecha) por semana.

Existe un conjunto de características externas e internas asociadas al proceso de maduración de los frutos que pueden ser usadas como indicadores de madurez para

En Colombia se usan las cajas de madera conocidas como "tomateras", que dan cabida a un volumen que puede pesar entre 14 – 17 kilos dependiendo del tipo de tomate (chonto ó milano) y del calibre de los mismos.

En mercados mas diferenciados y los tipos milanos larga vida, la comercialización puede hacerse en canastillas plásticas con capacidad entre 20-30 kilos. La presentación para el mercado al consumidor final es diversa. Los frutos pueden presentarse a granel en arrumes o en las mismas cajas de comercialización.

Las unidades de venta pueden ser por docenas o por peso libra o kilogramo. En mercados selectos, el tomate se puede presentar en sacos de malla, bandejas de icopor, cajillas de PVC con pesos que varían de 1– 5 kilos por unidad de venta. Estos empaques se acompañan de vistosa información gráfica y adhesivos que destacan las características diferenciales del producto. Con esto se consigue darle una valoración cosmética e incorporarle valor agregado al producto final en la venta. (Estrada, 2002)

...Continuación cuadro 25

Enfermedad	Agente Causal	Alternativas de Manejo
Marchitamientos Marchitez sorpresiva	<i>Fusarium oxysporum</i> <i>Pseudomonas</i>	Culturales Humedad controlada en los riegos Buenos drenajes
Tristeza- huequera	<i>Ralfstonia solonacearum</i>	Alta ventilación bajera Evitar daños a cuellos y raíces en las limpiezas y aporques. Cultivares resistentes Control químico Carbendazim., Kasuganmicina , Iodo
Pudrición de tallos y frutos	<i>Erwinia Carotovora</i>	Plantas bien nutridas Adecuada poda Buen control de humedad y alta ventilación
Nudosidades de raíz	<i>Meloidogyne</i> sp	Rotación de campos Uso de variedades resistentes Siembra de plantas repelentes
Virus	<i>Mosaicos, amarillamiento y moteados</i> <i>Mosaico del tabaco, TMV</i> <i>Mosaico del pepino, CMV</i> <i>Mosaico de la alfafa, AMV</i> <i>Virus de hoja de cuchara, TYLCV</i> <i>Mosaico dorado TGMV.</i> <i>Moteado del tomate. T.M.V</i> <i>Bronceado del tomate TSWV</i> <i>o mancha negra</i>	Culturales Semilla sana, libre de virus Cultivares con resistencia genética Control de insectos vectores y transmisores como moscas blancas, trips, pulgones. Rotación de campos de producción.

2.2.13 Manejo de la cosecha y postcosecha

El inicio de la madurez fisiológica de los frutos bajeros ocurre alrededor de los 55-70 días después del transplante. Dependiendo del cultivar y las condiciones climáticas, la madurez de frutos se da de la base del racimo hacia el ápice. La cosecha se puede desagregar de cuatro a diez semanas con una o dos recolecciones (pases de cosecha) por semana.

Existe un conjunto de características externas e internas asociadas al proceso de maduración de los frutos que pueden ser usadas como indicadores de madurez para

determinar la cosecha. Los cambios en el color y la madurez o firmeza de los frutos son los índices externos más usados. El llenado de las celdas (loculos), el crecimiento abundante de tejido placentario y recubrimiento de las semillas con la masa mucilaginosa dos de los rasgos internos asociados a la madurez.

El fruto del tomate es climatérico, por lo tanto continua su proceso de maduración durante la postcosecha. Este comportamiento fisiológico permite definir la cosecha en estado temprano, una vez se ha conseguido la madurez fisiológica, dependiendo de los requerimientos del mercado. Sin embargo, no hay que olvidar que los frutos consiguen una mejor terminación de la madurez, ganando color, brillo, jugosidad, y aroma si permanece adherida la planta, no obstante por razones prácticas en la cosecha y conservación, esta se efectúa tempranamente. (Estrada, 2002)

La cosecha debe programarse teniendo en cuenta la distribución de sublotos y surcos con el fin de hacer un mejor registro y control de la producción. Los frutos deben cosecharse preferiblemente cuando han iniciado el cambio de color verde hacia amarillo y con algunas bandas rojas (1/4 ó 1/3 de madurez). (Figura 20).

Deben ser cortados del racimo o desprendidos mediante un giro sobre el pedúnculo floral para que este se desprenda dejando totalmente limpio el fruto desprovisto del cáliz y sépalos. Los frutos se recolectan en canastillas o cajas de madera y se llevan a la unidad de acondicionamiento (limpieza, clasificación, empaque). En tomates de mesa tipo larga vida, la cosecha puede hacerse conservando el cáliz de los frutos con el fin de mejorar su presentación. (Escobar, *et al*, 2002)

En los tipos de racimo, al cosecha debe decidirse cuando los frutos de la base han iniciado cambios color y los del ápice ya se encuentran en madurez fisiológica y hayan conseguido el calibre y peso mínimo requerido. En el acondicionamiento se deben retirar los frutos que presentes deterioros tales como: malformaciones, rajaduras, perforaciones, pudriciones, aspectos físicos y/o cosméticos (tamaño, forma, grado de



Figura 20. Tomate tipo chonto, cultivar UNAPAL Maravilla próximo a cosecha. (a) Distribución uniforme de racimos desde la base de la planta. (b) Racimos prolíficos con alto número de frutos.

El cultivo del tomate, *Lycopersicon esculentum* Mill.

madurez). Dependiendo de los mercados el tomate se clasifica y empaqueta en unidades de comercialización que pueden ser cajas "tomateras" de madera, canastillas plásticas, cajas de cartón, bandejas de icopor con cubrimiento vinipel.

El calibrado de frutos por tamaño, se da en función de peso, volumen y diámetro del fruto. Para tipo "chonto" el calibrado se puede realizar por peso de fruto así:

Clasificación	Calibre (mm) diámetro transversal	Peso fruto (gramos)
Extra	mayores a 50	mayores a 150
Primera	40 - 49	120 - 149
Segunda	30 - 39	100 - 119
Pequeño	20 - 29	75 - 99
Desecho (Pichurria)	menores a 20	<75

Para tomates tipo mesa (milanos), la clasificación es la siguiente:

Clasificación	Calibre (mm) diámetro transversal	Peso fruto (gramos)
Calibre N° 1 (SG) Super grande	mayores a 82	mayores a 350
Calibre N°2 (G) Grande	67 - 82	300 - 349
Calibre N°3 (M) Medio	57 - 67	250 - 299
Calibre N°4 (MM) Medio Medio	47 - 57	200 - 249
Calibre N°5 (P) Pequeño	40 - 47	menores a 200

En algunos mercados se usa la clasificación por color expresada en fracción o porcentaje del cambio de verde hacia rojo así:

Clasificación	Característica
Madurez fisiológica	Verde totalmente ó ligeramente amarillo
Madurez ¼	25% de cambio hacia amarillo ó rojo
Madurez 2/4 ó ½	el 50% del fruto se encuentra amarillo y rojo
Madurez ¾	el 75% del fruto presenta color rojo
Madurez 4/4 ó 1	100% del fruto ha adquirido el color rojo- brillante

En los diferentes países existe una normalización particular que precisa, las características para la comercialización. En dicha norma se especifican no solamente las características propias del fruto, sino también del empaque y las unidades de comercialización. (Estrada, 2002)

En Colombia se usan las cajas de madera conocidas como “tomateras”, que dan cabida a un volumen que puede pesar entre 14 – 17 kilos dependiendo del tipo de tomate (chonto ó milano) y del calibre de los mismos.

En mercados mas diferenciados y los tipos milanos larga vida, la comercialización puede hacerse en canastillas plásticas con capacidad entre 20-30 kilos. La presentación para el mercado al consumidor final es diversa. Los frutos pueden presentarse a granel en arrumes o en las mismas cajas de comercialización.

Las unidades de venta pueden ser por docenas o por peso libra o kilogramo. En mercados selectos, el tomate se puede presentar en sacos de malla, bandejas de icopor, cajillas de PVC con pesos que varían de 1– 5 kilos por unidad de venta. Estos empaques se acompañan de vistosa información gráfica y adhesivos que destacan las características diferenciales del producto. Con esto se consigue darle una valoración cosmética e incorporarle valor agregado al producto final en la venta. (Estrada, 2002)

2.3 Bibliografía

- ARJONA, C. 2002. Taller sobre tomate. Comité hortofrutícola del Valle del Cauca Asofrucol. p. 74.
- ASGROW. 1992. Enfermedades bacterianas en tomate. Reporte Agronómico, segunda edición. p. 8.
- ASIAVA. 1988. Guía para la producción de hortalizas. curso sobre cultivos hortícolas. Palmira. p. 123,
- BASSETT, M.J. 1986. Breeding vegetable crop. Gainesville, AVI. p. 584
- BLANCARD, D. 1996. Enfermedades del tomate. Ediciones Mundiprensa, Madrid. p. 210
- BRUZON, S. 1998. Producción de plántulas de hortalizas para trasplante. En: Guía para la producción de hortalizas. Curso sobre cultivos hortícolas. p. 4-7.
- CADAHIA, C. 1998. Fertilización de cultivos hortícolas y ornamentales, Ediciones Mundi-Prensa. Barcelona. p. 82.
- CALDERON, S.F. 2002. Requerimientos nutricionales de un cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero en la Sabana de Bogota. ([www.drcalderonlabs.com/cultivostomate/Requerimientos Nutricionales](http://www.drcalderonlabs.com/cultivostomate/Requerimientos%20Nutricionales)). Calderón Laboratorios Ltda. Bogota, DC. Colombia.
- CORPORACION COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA - CORPOICA. 1993. Informe anual de progreso, Programa de hortalizas. Palmira. p. 122-15.
- CORPORACIÓN COLOMBIA INTERNACIONAL (CCI). 1998. Tomate, perfil del producto. Boletín SIM. p. 14.
- CORPORACIÓN COLOMBIA INTERNACIONAL (CCI). 2001. El Cultivo de tomate. Bogota. p. 23.
- CHAMARRO, J. 1994. Anatomía y fisiología de la Planta. In: NUEZ, F. (Ed.). El Cultivo del tomate. Barcelona, Mundi-Prensa, p. 43-91.
- ESCOBAR, H; LEE, R (Editores). 2001. Producción de tomate bajo invernadero. Fundación Universidad de Bogota, Jorge Tadeo Lozano. p. 136.

ESCOBAR, H.; UBAQUE, H.; FUENTE, L.E. y LEE, R. 2002. Manual del tomate bajo invernadero. Serie cuadernos del campo del CIAA, Guía de producción. Fundación Universidad de Bogota, Jorge Tadeo Lozano. p. 52.

ESQUINAS - ALCAZAR, J. 1981. Genetic resources of tomatoes and wild relatives. Rome, IBPGR Secretariat. p. 65.

ESTRADA, E.I. 2002. El Cultivo del tomate. Perfil técnico para su producción. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. Impreso Universitario.

ESTRADA, E.I. 2003. Mejoramiento genético y producción de semillas de hortalizas. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. Impreso Universitario.

ESTRADA, E.I.; ZAPATA, A. 2002. Pruebas experimentales en el manejo agronómico del tomate, zapallo, pimentón y cilantro en el centro experimental CEUNP-Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, programa de hortalizas, informe anual año 2001. Impreso Universitario. p. 58.

FEDECAFE 1985. El Cultivo del tomate. Bogota. p. 23.

FRANCO, M.; ESTRADA, E.I.; MEJIA, S. 2003. Respuesta fisiológica del tomate, L. Esculentum, Cultivar UNAPAL- Maravilla a diferentes soluciones nutritivas en condiciones de cultivo bajo cubierta. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. Tesis Ingeniero Agrónomo. p.87.

GRUBBEN, G.J.H. 1997. Tropical vegetable and their genetic resources. AGPE: IPGRI. 77/23.

HARLAN, JR. and DE WET, J.M.J. 1971. Toward a rational classification of cultivated plants. *Taxon*, 20:509-517.

HEUVELINK, E. 1996. Tomato growth and yields: Quantitative analysis and synthesis. dissertation, Wageningen Agricultural University, The Netherlands. p. 326.

HOLLE, M.; MONTES, A. 1982. Manual de enseñanza practica de producción de hortalizas. San José, Costa Rica. IICA. p. 230.

JARAMILLO, J.; LOBO, M. 1985. Hortalizas, manual de asistencia técnica. Instituto Colombiano Agropecuario , ICA. Bogota. p. 406.

El cultivo del tomate, *Lycopersicon esculentum* Mill.

LARA, A. 1999. Manejo de la Solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. Terra, volumen 17, Numero 3. p.12.

LOBO, M. 1986. Principios de mejoramiento genético evolutivo. Semillas 12 (4): 11-18.

LOPEZ, C.; DOS SANTOS, J.R. 1994. Doenças do tomateiro. EMBRAPA, CNPH. Brasília. p.40.

LOPEZ, C.; QUEZADO, A. 1997. Doenças bacterianas das hortícolas, diagnose e controle. Brasília, CNPH. p 70.

LOPEZ, L.O.; CHAVEZ, C.M.; ESTRADA, E.I. 2004 Evaluación de la productividad de tomate tipo chonto, Cultivar UNAPAL Maravilla en distintos arreglos de poda y distancias de siembra. Universidad Nacional Sede Palmira. Tesis Ingeniero Agrónomo.

MALUF, W,R, 1982. Melhoramento genético do tomate, *Lycopersicon esculentum* Mill. Embrapa / CNPHortícolas, Brasília. p. 15.

MELO, P.C.T. de.1989. Melhoramento genético do tomateiro. Campinas, Asrgow do Brasil Sementes. p.55.

MEÑACA, J.H.; MUÑOS, C.A.; ESTRADA, E.I. 2004. Respuesta Agronómica; productiva del tomate tipo Chonto, Cultivar UNAPAL- Maravilla, a la fertilización edáfica y foliar. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. Tesis Ingeniero Agrónomo. 78p.

MIRANDA, H.E.C. 1985. Origem e evolucao do tomate. Uso de especies selvagens em programas de melhoramento genetico. Piracicaba, Universidd de Sao Paulo. p. 57.

MONDRAGÓN, J.; ESTRADA, E.I. 2002. Evaluación de líneas avanzadas de tomate tipo chonto. Universidad Nacional Sede Palmira. Tesis Ingeniero Agrónomo. p. 65.

MONEDERO, H y ABADIA, D. 1975. Evaluación de nueve variedades industriales de tomate *Lycopersicon esculentum* Mill. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. p. 101.

NUEZ, F. y otros. 1994. El cultivo del tomate. Madrid. Ediciones Mundiprensa. p.796.

PALACIOS, Y. 1997. Densidades de siembra y arreglos poblacionales en el cultivo de hortalizas. Instituto Colombiano Agropecuario, ICA, Palmira. p. 42.

RICK, C.M.; ZOBEL, R.W. and FOBES, J.F. 1974. Four peroxidase loci in seed - fruited tomato species: genetics an geographic distribution. Proc. Natl. Adac. Sci.71;835-939.

- RICK, C.M.; ZOBEL, R.W. and FOBES, J.F. 1975 b. Allozyme variation in the cultivated tomato and closely related species. Bulletin of the Torrey Botanical Club. 102 (6): 376-384.
- RICK, C.M. 1978. The tomato. Sci. Americ. 239 (2): 76-87.
- RICK, C.M. and BUTLER, L. 1956. Cytogenetics of the tomato. Adv. Genetics, 8:267-382.
- RICK, C.M. 1982. The potential of exotic germplasm for tomato improvement. In: Plant improvement and somatic cell genetics. New York, Academic press. p. 1-28.
- RICK, C.M., LATERROT, H. and PHILONZA, J. 1990. A revised key for the *Lycopersicon* species. ATGC Report 40:31.
- RICK, C.M. 1979. Biosystematic studies in *Lycopersicon* and closely related species of *Solanum*. In: Hawkes, J.C. et al (Eds). The biology and taxonomy of the *Solanaceae*. Lennean Society Symposium (Series No.7). p. 667 - 668.
- RODRÍGUEZ, R.; TABARES, J.; MEDINA, J.A. 1984. El cultivo moderno de tomate. Madrid, Ediciones Mundi- Prensa. p. 206.
- SÁNCHEZ, M.; ESTRADA, E.I.; CARDOZO, D.I.; GARCIA, M.A. 2002. El control integrado de arvenses en la producción de cultivos hortícolas. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. p. 25. (Impreso universitario).
- SERRANO, Z. 1982. Tomate, pimiento, y berenjena en invernadero. Segunda edición, Madrid, España. p. 257.
- TOLEDO, P. 1999. Evaluación de sistemas de poda y dos densidades de siembra en cultivos de tomate de crecimiento determinado e indeterminado, bajo cubierta plástica. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. Tesis Ingeniero Agrónomo. p.94.
- ULCHUR, A.; ESTRADA, E.I.; MEJIA, S. 2004. El cultivo del tomate chonto UNAPAL-Maravillas bajo condiciones de cubierta plástica. Programa de Hortalizas, Cartilla Divulgativa. p.14.
- VALLEJO, F.A. 1999. Mejoramiento genético y producción de tomate en Colombia. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. Editorial Feriva p. 216.
- VAN-HAEFF, J.N. 1998. Tomates. Manuales para educación agropecuaria. Producción vegetal. Trillas, México. p.54.

El cultivo del pimentón

Capsicum annuum L.

3. El cultivo del pimentón

Capsicum annuum L.

3.1 Generalidades del cultivo

3.1.1 Importancia nutricional y económica

El pimentón al igual que el ají pertenecen al género *Capsicum*. Los pimentones se caracterizan por presentar frutos bien desarrollados, formatos cuadrados, cónicos o alargados, sin pungencia, y son consumidos en estado verde o maduro (rojo o amarillo) en forma de ensalada o cocidos. En la industria de alimentos se utiliza, en estado de polvo, como saborizante y colorante en la preparación de salsas, sopas y embutidos de carne. En contraste, los ajíes se caracterizan por presentar frutos pequeños, formatos bien variables, sabor picante y son utilizados como condimento.

Los frutos de *Capsicum sp* son ricos en Vitaminas A, C, B, B₂ y P. El contenido de vitamina A es elevado, encontrándose en forma de provitaminas (a y b caroteno y criptoxantina), también se destaca el contenido de vitamina C (70-300 mg /100 g de peso fresco). (Cuadro 1)

Cuadro 1. Composición química y valor nutricional del ají, *Capsicum sp*, medida en 100 g de diferentes variedades.

Componente	Unidad	Valor
Agua	g	85.5 - 89.0
Valor energético	Cal	40.0 - 60.0
Proteínas	g	0.9 - 2.0
Grasas	g	0.7 - 0.8
Carbohidratos	g	8.8 - 12.4
Fibra	g	8.8 - 12.4
Calcio	mg	21.5 - 58.0
Hierro	mg	0.9 - 1.3
Caroteno	g	2.5 - 2.9
Riboflavina	mg	0.1- 0.6
Niacina	mg	48.0 - 60.0
Ácido ascórbico	mg	48.0 - 60.0

Fuente: Villachilla, 1996

La capsaicina es el principio picante del *Capsicum* sp, y tiene muy baja concentración en los pimentones. Es un protoalcaloide, cuya fórmula empírica es $C_{18}H_{27}O_3N$, siendo un producto de condensación del ácido decilénico y de la 3- hidroxí- 4 metoxibenzilamida. El contenido en capsaicina es mayor en la placenta y en el septo, en donde representa un 2,5% de la materia seca, mientras que el contenido medio del fruto es del 0,6%, el de las semillas del 0,7% y el del pericarpio del 0,03%. El contenido en capsaicina depende de la variedad y de los cambios en los factores ambientales. La formación de la capsaicina es mayor a temperaturas elevadas (30 °C) que a temperaturas suaves (21-24 °C).

Los pigmentos (carotenoides) presentes en los frutos de *Capsicum* sp presentan coloración amarilla, rojo-anaranjada o roja. Pueden agruparse de la siguiente manera:

Pigmentos principales: capsantina ($C_{40}H_{58}O_3$) y capsorubina ($C_{40}H_{60}O_4$) que son las que dan el color rojo.

Pigmentos con efecto de provitamina: criptoxantina ($C_{40}H_{56}O$) y b-caroteno ($C_{40}H_{56}$).

Otros pigmentos carotenoides: zeaxantina ($C_{40}H_{56}O$) y luteína ($C_{40}H_{56}O$).

Los frutos de *Capsicum* sp contienen azúcares representados en glucosa (90 -98 %) y sacarosa. Un alto porcentaje (20 - 24%) de la materia seca corresponde a fibra. Además se encuentran ácidos volátiles, lípidos, aminoácidos, proteínas, ácidos orgánicos y sustancias minerales. El 82 - 92% de los frutos de pimentones corresponde al contenido de agua.

El continente con mayor superficie cultivada en el mundo es Asia, donde se encuentra más de la mitad de la superficie destinada a este cultivo, destacándose Indonesia, China, Corea, Pakistán y Turquía. El segundo continente en importancia en cuanto a superficie cultivada es África, seguida muy de cerca por Europa. En África se destacan Nigeria, Ghana, Argelia, Túnez y Egipto. En Europa sobresalen Yugoslavia, España, Italia, Rumania, Hungría y Bulgaria. En América los países con mayor superficie, en este cultivo, son México y Estados Unidos.

Al comparar los rendimientos obtenidos en distintos países se observan grandes contrastes. Mientras en Holanda se obtienen 204 t/ha, en Benín o en Pakistán no llegan a las 2.0 t/ha, estando la media mundial en 8.2 t/ha y la Europea en 14.8 t/ha. Esto explica como Asia, que representa el 57% de la superficie mundial destinada a este cultivo, produce tan sólo un 45% de la producción mundial, mientras que Europa que no llega al 16% de dicha superficie es responsable del 31% de la producción.

En cuanto al comercio del pimentón deshidratado, Asia y Europa son los continentes con un mayor volumen, tanto de importaciones como de exportaciones. América del sur es

el continente con menores tasas comerciales, debido a que la producción se destina principalmente al autoconsumo.

Los principales exportadores de pimentón deshidratado son China, India, España, Hong Kong y Singapur y los importadores más importantes son Estados Unidos, Singapur, Bangladesh, España, Alemania y Hong Kong.

En América los principales productores de pimentón son México y Estados Unidos. México cultiva 39.000 ha, con una producción de 416.000 t, y un rendimiento de 10.6 t/ha. En Estados Unidos se cultivan 22.000 ha., con una producción de 260.000 t, y un rendimiento de 11.8 t/ha. Dentro de América central, Cuba, República Dominicana y Puerto Rico cultivan 4.000 ha., 3.000 ha. y 3.000 ha. respectivamente, con unos rendimientos correspondientes a 12.0 t/ha, 4.0 t/ha y 1.5 t/ha. En Sur América se destacan por su producción Argentina (88.000 t), Chile (35.000 t) y Venezuela (32.000 t), con rendimiento en torno a 11.0 - 13.0 t/ha. Paraguay y Perú cultivan alrededor de 3.000 ha, con un rendimiento de 5.0 t/ha. (FAO, 2003)

En Colombia se cultivan apenas 2000 ha de pimentón, con una producción de 14.000 t y un rendimiento de 7.0 t/ha. Sobresalen en área sembrada la Costa Atlántica y el Valle del Cauca. Entre 1.990 y 1.994 se importaron 10.222 kg. de semillas de variedades y 14 kg. de semilla híbrida por un valor de US \$300.358 y US \$24.197 respectivamente. (Lema, 1995).

3.1.2 Biología de la reproducción

Las flores de las plantas del género *Capsicum* son hermafroditas, con cinco estambres y un solo estigma. Algunos cultivares de pimentón pueden presentar seis estambres, el estilo puede variar en su longitud de acuerdo a la especie y cultivar. (Figura 1)

La apertura de la flor ocurre con mayor frecuencia en las tres primeras horas del día y permanece abierta por un periodo variable, en promedio 24 horas. Las anteras se abren después de la apertura de las flores, variando de 1-8 horas en *C. annuum* y máximo 10-12 horas en *C. frutescens*. El estigma puede ser receptivo en la etapa de botón, en la víspera de la antesis, ó 2 - 3 horas después de la apertura de la flor (protoginia). Esta receptividad está asociada a la formación de néctar en el estigma.

El porcentaje de PCN en *Capsicum* varía entre 0.5 % y 36 %. Entre los factores que influyen en la PCN están la longitud del estilo, que en especies y cultivares de fruto pequeño es bastante largo, y la población de abejas que es el principal polinizador en *Capsicum*. El porcentaje de PCN es menor en las primeras flores de la planta.

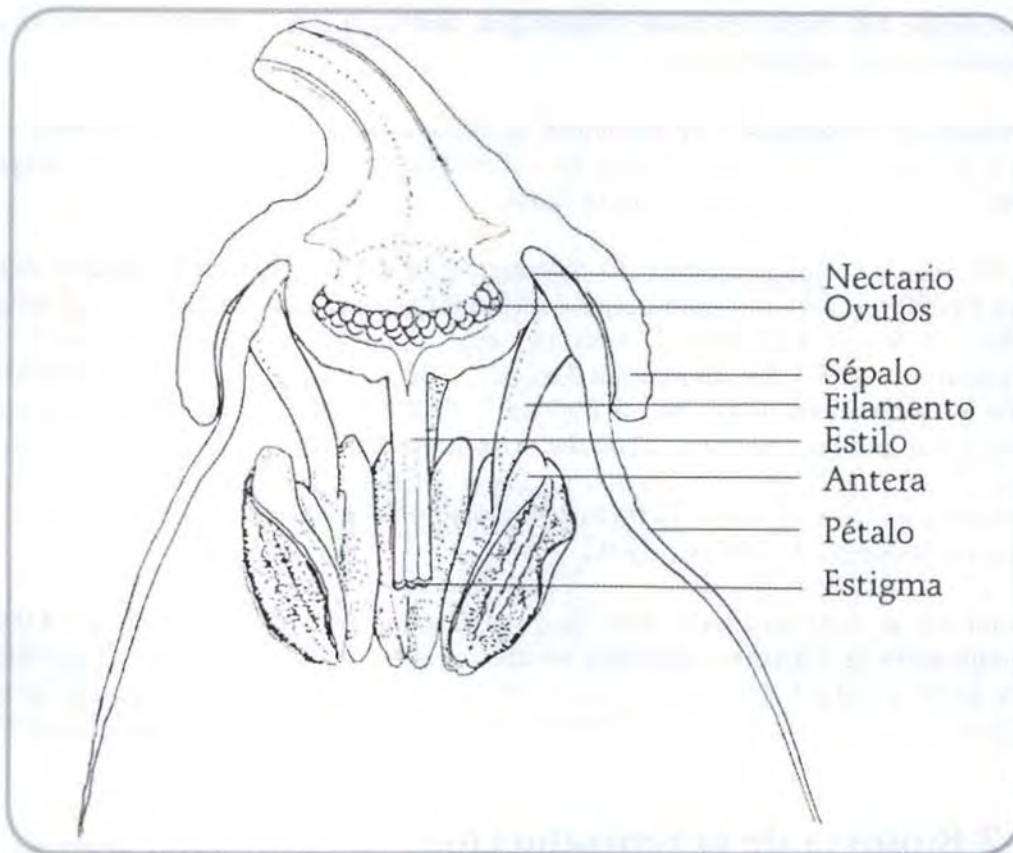


Figura 1. Sección longitudinal de una flor de pimentón.

Fuente: Bassett, 1996

La autofecundación y la ausencia de contaminación de polen en cruzamientos dirigidos puede ser asegurada por el uso de una bolsa de papel cerrada en la base de la flor o conjunto de flores.

El polen de *Capsicum* permanece viable por dos días en cajas de Petri. En refrigeración a 2 - 6° C y 40 - 50 % de humedad relativa permanece viable por 10 días. En ambiente de 2 - 6° C y en frasco con CaCl₂ puede ser viable por 50 días.

Las semillas son ortodoxas, es decir, se secan a un porcentaje de 7-8% de humedad y se conservan sin perder el poder germinativo, durante tres o cuatro años, según las condiciones de humedad y temperatura de almacenamiento. Las semillas contienen 19% de aceite y un contenido de capsaicina del 0.024%.

3.1.3 Origen geográfico y variabilidad genética

La mayoría de las especies cultivadas del género *Capsicum* son originarias de América tropical. Se han encontrado formas silvestres a lo largo del macizo andino, desde México hasta el norte de Chile y noreste de la Argentina. Su centro de diversificación estaría ubicado en México y Brasil.

El número total de especies que componen el género no está bien definido, probablemente esté entre 25 y 27. Sin embargo, existe consenso sobre la existencia de cinco especies domesticadas: *C. annum*, *C. baccatum*, *C. chinense*, *C. frutescens* y *C. pubescens*.

La distribución de las especies domesticadas se restringe en América a las regiones de centro América, zona Andina y la Amazonía. Todas las especies domesticadas poseen especies silvestres relacionadas con las cuales pueden intercambiar genes. Se reconocen 22 especies silvestres, pero es posible que existan mucho más.

Las especies del género *Capsicum* poseen gran variabilidad para la mayoría de los caracteres agronómicos de importancia, especialmente para formato, tamaño, posición y color del fruto. (Figura 2)

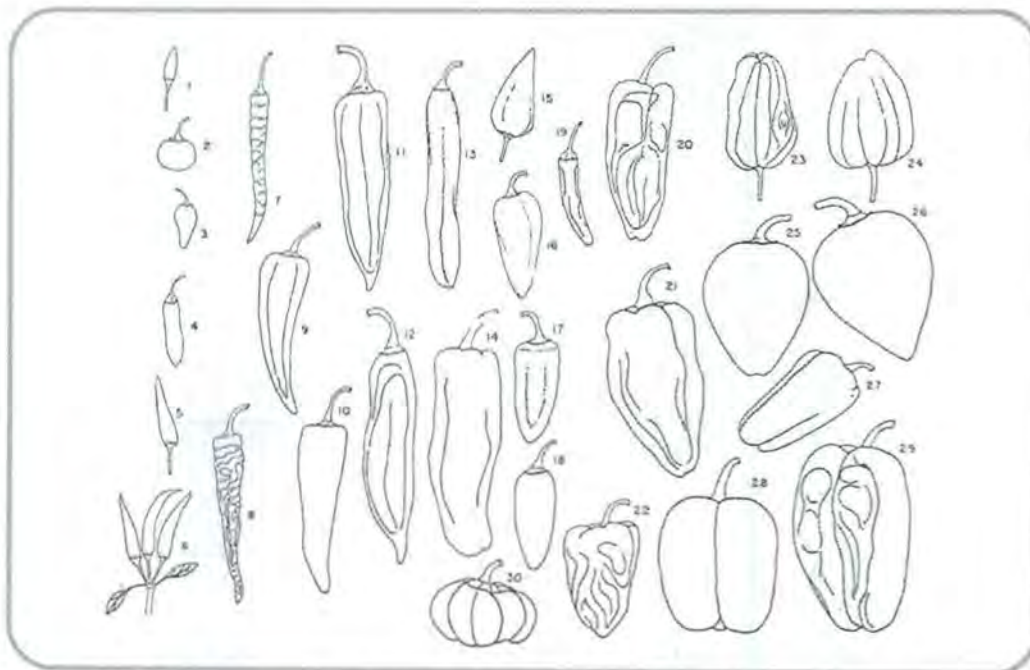


Figura 2. Variabilidad de tamaño y forma de los frutos del género *Capsicum*.

Fuente: Bassett, 1986.

3.1.4 Cruzamientos interespecíficos

Las especies del género *Capsicum* son diploides y poseen un número básico de 12 cromosomas, con excepción de la especie *C.ciliatum* que posee 13 cromosomas.

Los trabajos sobre cruzamientos interespecíficos en *Capsicum* han sido realizados con el objetivo de esclarecer las relaciones que existen entre las cinco especies domesticadas y entre éstas y las especies silvestres relacionadas y la posibilidad de transferencia de genes importantes de una especie para otra.

Los resultados de los cruzamientos interespecíficos son muy variables, dependiendo de la población utilizada, de la dirección del cruzamiento, de las condiciones climáticas y de la metodología del cruzamiento utilizada. A continuación se presenta el polígono de compatibilidad entre especies de *Capsicum* (Figura 3), el cual resume los principales resultados de la hibridación interespecífica.

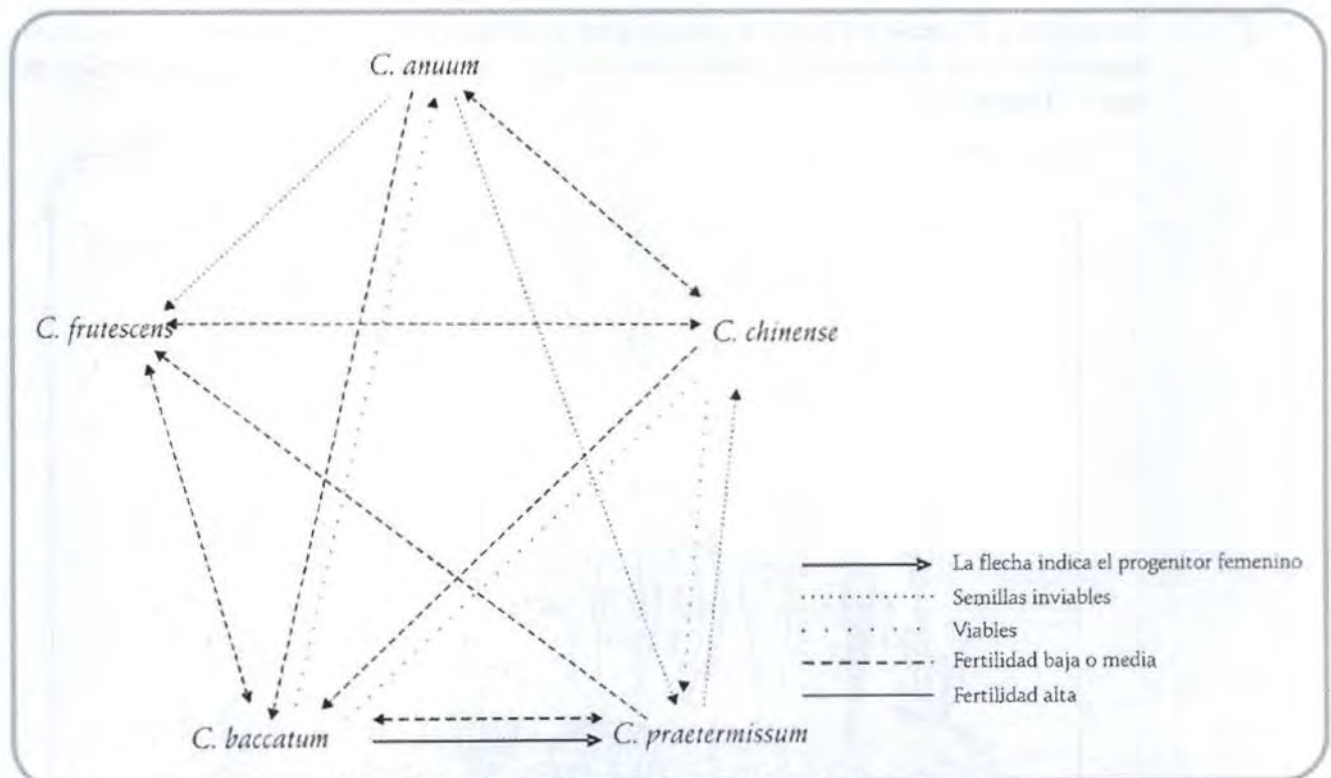


Figura 3. Polígono de compatibilidad entre especies del género *Capsicum* sp.

Fuente: Bassett, 1986

3.1.5 Producción de semilla

La semilla es el principal vehículo en la propagación de las plantas de pimentones y ajíes. La producción de la semilla de pimentón y ají consta de dos etapas: la de campo hasta la producción y cosecha de los frutos y la de poscosecha.

1. Fase de campo: La producción de semilla debe hacerse en regiones con climas favorable y suelos libres de patógenos. Se debe seleccionar el cultivar adecuado para la región y la semilla debe reflejar las características propias del cultivar (tamaño, formato, color, precocidad, etc). Se debe utilizar el manejo más adecuado en cuanto a densidad de siembra, fertilización, riego y control de plagas y enfermedades, se debe eliminar las planta atípicas, fuera del patrón del cultivar.

La cosecha de frutos debe realizarse en estado totalmente rojos o amarillos, o del color característico para cada cultivar. Se recomienda un pequeño tiempo de reposo de los frutos con el fin de facilitar la trituration y la uniformidad de maduración de las semillas. La cosecha se realiza manualmente, eliminando el pedúnculo del fruto.

2. Fase poscosecha: La extracción de la semilla se realiza manualmente o con la ayuda de equipos o máquinas adaptadas para este fin. Cuando la cantidad de frutos es pequeña, estos se abren con la ayuda de un implemento cortante y las semillas se extraen manualmente. Este método ocasiona menores daños a la semilla y permite el aprovechamiento de la pulpa.

Cuando la cantidad de frutos es grande, se debe utilizar máquinas adaptadas para triturar mecánicamente los frutos; posteriormente los restos de pulpa y tejidos placentarios se colocan en tanques, donde, con el auxilio del agua se completa la separación de la semilla. La semilla se lava y se seca a la sombra o directamente al sol, sobre estrados o zarandas de madera, angeo o malla metálica o de fibra plástica, hasta alcanzar la humedad adecuada.

Con el fin de eliminar impurezas se debe utilizar la máquina de aire zanda (MAZ), las fraccionadoras o la mesa de ventilación o mesa de gravedad. Se debe desinfectar la semilla con el fin de eliminar la bacteria *Xanthomonas vesicatoria*, utilizando hipoclorito de sodio al 1.5% durante 15 minutos, seguido del lavado de las semillas. Para el control del hongo *Phytophthora capsici*, se usa Captan (4 gramos del producto/ kilogramo de semilla). Para el control de *Colletotrichum capsici*, *Alternaria tenuis* y *Fusarium* sp, se usa Carbendazin en dosis de 8 gramos /kilogramo de semilla.

Las semillas de pimentón y ají normalmente son almacenadas en recipientes como tarros o sobres de aluminio o contenedores de PVC. El contenido de humedad debe ser del 6%. Vallejo y García (1999) evaluaron el efecto de diferentes cultivares de pimentón y la posición del fruto en la planta, sobre la producción y calidad de la semilla bajo las condiciones ambientales del municipio de Candelaria, Valle del Cauca, Colombia.

Los cultivares evaluados presentaron diferencias altamente significativas para el número y peso de semilla por fruto, germinación y vigor de semillas. El cultivar Morviones presentó el mayor número y peso de semilla por fruto (285.9 y 2.2 g. respectivamente). El cultivar Roque 8 presentó los menores valores (160.0 y 1.2 g. respectivamente). Por su alta producción de semilla, además de Morviones, se destacaron Pimentao Verde Agronómico y línea promisorio UNAL - 1. (Cuadro 2). Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Jaramillo, 1988, quien obtuvo variaciones en la producción de semilla dependiendo del cultivar utilizado.

El cultivar línea promisorio UNAL-1 presentó la mayor germinación y vigor de semilla (96.6% y 4.7, respectivamente). El cultivar California Wonder presentó los menores valores (77.7% y 3.7, respectivamente). Por su alta germinación y vigor de semillas, además de la línea promisorio UNAL-1, se destacaron los cultivares Pimentao Verde Agronómico y Morviones, (Cuadro 2).

Cuadro 2. Producción y calidad de semilla de pimentón, *Capsicum annuum* L., en función de diferentes cultivares

Cultivar	Producción		Calidad	
	Número de semillas por fruto	Peso de semilla por fruto (g)	Germinación de semilla (%)	Vigor de semillas (IVG) ₂
Keyston	216.6 ed	1.7 cb	82.5 dc	3.6 e
California Wonder	218.0 ced	1.5 c	77.7 d	3.7 de
Pimentao Verde Agronómico	254.0 b	1.8 b	87.9 ba	4.4 b
Roque 8	160.0 f	1.2 d	82.3 dc	3.9 de
Pimentao Amarelo	198.0 e	1.7 cb	81.9 dc	3.9dc
Línea promisorio UNAL-1	243.7 cb	1.8 b	90.6 a	4.7 a
Morviones	285.9 a	2.2 a	85.0 bc	4.1 c
Red Pepper	229.9 cbd	1.7 cb	79.8 d	3.9 dc
Promedio	225.9	1.7	83.5	4.0
C.V.(%)	36.9	36.5	8.7	9.3

Letras iguales no difieren estadísticamente.

IVG: Índice de velocidad de germinación

Fuente: Vallejo y García (1999)

Para las condiciones bajo las cuales se realizó la investigación se obtuvieron, en promedio, los siguientes resultados: 225.9 semillas por fruto, 1.7 gramos de semillas por fruto, 83.5% de germinación y 4.0 de vigor de germinación, (Cuadro 2). Estos resultados comparados con los obtenidos en otras regiones similares o incluso con los obtenidos en zonas templadas, muestran las grandes posibilidades técnicas de producir competitivamente semilla comercial de pimentón en el municipio de Candelaria, Valle del Cauca.

Las posiciones del fruto en la planta y la interacción cultivar x posición, presentaron diferencias estadísticas altamente significativas para número y peso de semillas por fruto; sin embargo, no mostraron diferencias para germinación y vigor de la semilla. La posición 3 del fruto fue la que presentó el mayor número y peso de semilla por fruto (244.4 y 1.8 g. por fruto) y la posición 2 del fruto presentó los menores valores (210,6 y 1.6 g. por fruto) (Cuadro 3). Sin embargo, desde el punto de vista práctico y teniendo en cuenta que las diferencias para producción de semillas son muy pequeñas y que no hubo diferencias para calidad, no se justifica hacer diferenciación entre posiciones del fruto en la planta, dentro del proceso de producción de semilla de pimentón. Se recomienda cosechar todos los frutos de la planta para la extracción de la semilla.

Para las condiciones de la investigación se obtuvo que un kilogramo de frutos contiene 2792 semillas en promedio con un peso de 20.4 gramos; un gramo de semilla contiene 135 unidades y 100 semillas pesan 0.7 gramos.

Estos indicadores muestran nuevamente las posibilidades técnicas para la producción de semilla de pimentón en el municipio de Candelaria, valle del Cauca, Colombia.

Cuadro 3. Producción y calidad de semilla de pimentón *Capsicum annuum* L. en función de la posición del fruto en la planta.

Posición	Producción		Calidad	
	Número de semillas por fruto	Peso de semilla por fruto (g)	Germinación de semillas (%)	Vigor de semillas (IVG)
1*	221.4 b ¹	1.7 ab	83.8 a	4.0 a
2	210.6 b	1.6 b	85.0 a	4.0 a
3	244.4 a	1.8 ab	83.2 a	4.0 a
4	230.8 ab	1.7 ab	84.1 a	4.0 a
5	222.4 b	1.7 ab	82.9 a	4.0 a

¹Letras iguales no difieren estadísticamente

* Es el primer fruto formado en la planta

IVG: Índice de velocidad de germinación

Fuente: Vallejo y García (1999)

3.2 Agronomía del cultivo

3.2.1 Adaptación

La planta de pimentón tiene una mayor adaptación que la del tomate, hacia ambientes frescos, manteniendo una excelente producción hasta los 2000 msnm; sin embargo, las mejores expresiones de su potencial genético se consiguen entre 900- 1800 msnm, con temperaturas promedias del día de 24°C y en la noche de 20°C. No es muy exigente en altas intensidades lumínicas, por ello, se puede sembrar en regiones montañosas donde persiste alta nubosidad. Con temperaturas mayores a 30°C y baja humedad relativa (menores a 60%), se presenta aborto y caída de flores. Es una planta muy susceptible a las heladas, deteniendo el crecimiento en los puntos terminales de las ramas y suspendiendo la formación de flores en los nudos de las ramificaciones laterales.

Los suelos ideales para el cultivo del pimentón, deben presentar un excelente drenaje, ya que esta planta no tolera condiciones mínimas de encharcamiento y excesos de humedad externa e interna. Para el cultivo de pimentón se deben descartar los suelos con niveles freáticos oscilantes y superficiales. Las texturas francas y estructuras sueltas, promueven un vigoroso crecimiento de raíces, mejorando la capacidad de anclaje, absorción de agua y nutrientes. La planta se desarrolla muy bien en suelos fértiles con pH entre 5.8-7.0, aunque tolera un poco la acidez.

Los sistemas de cultivo bajo cubierta e invernaderos, donde se modifican algunas de las variables climáticas, especialmente la temperatura, la humedad relativa, y la precipitación, han ampliado las fronteras de siembra de este cultivo. Igualmente el uso de sustratos de crecimiento preparados a partir de mezclas con materiales orgánicos y minerales, así como la incorporación de sistemas de riego y nutrición líquida localizada, han permitido el desarrollo de cultivos en zonas que antes no eran consideradas aptas para una producción exitosa y competitiva. (Andrews, 1985)

3.2.2 Épocas de siembra

En condiciones tropicales, cuando la producción se desarrolla en sistemas de cultivo al aire libre, el factor ambiental más importante para determinar la mejor época de siembra, es la precipitación. Este factor interactúa severamente en la expresión del potencial genético, favoreciendo o modificando el normal crecimiento y desarrollo de la planta. Cuando se dispone de suficiente agua, es conveniente escoger las épocas secas, disminuyendo el riesgo con los excesos de agua, ya que esta puede ser manejada a través de un adecuado sistema de riego y drenaje.

Cuando el cultivo se establece en épocas con excesos de agua, es necesario tomar las previsiones del caso para evitar los encharcamientos y las saturaciones prolongadas del espacio radical mediante la siembra en "camas" levantadas, el uso de acolchados plásticos y la construcción de sistemas de drenaje efectivos y rápidos.

Otro de los factores importantes y decisivos en el éxito económico del cultivo, es la dinámica del mercado frente a la demanda y los precios de la época. En lo posible los cultivos deben responder a una planificación de siembra que intenta responder a unas necesidades del mercado, con un producto acorde con las exigencias de los consumidores, en las cantidades y momentos de tiempo en que son requeridos.

3.2.3 Tipos de cultivares

En Colombia, los cultivares se clasifican en tres tipos, dependiendo del formado de fruto:

a) Tipo blocoso o cuadrados (blocky)

Los frutos tienen paredes rectangulares o cuadradas, ligeramente redondeadas o en forma de barril, con una taza de inserción peduncular profunda. Son de alto peso y calibre (mayor a 100g/fruto) alto número de semillas (100-180 semillas/fruto). Este es el tipo que predomina en el mercado por su presentación y firmeza de los frutos.

b) Tipo agronómico o cónico

Los frutos son largos con terminación apical cónica o en punta. Tienen inserción peduncular superficial. El peso es intermedio, menor a 100g/fruto.

c) Tipos lamuyos o tres puntas

Corresponde a frutos con tendencia cónica, pero que el extremo distal termina en tres puntas. Los hay de alto y medio peso promedio.

d) Otros tipos

Eventualmente aparecen algunos híbridos modernos con formatos redondos o compactos cuya utilización básica, es para la producción de pulpa deshidratada y molida con la obtención final de una harina natural o con mezcla de especias conocida como "páprika".

El cuadro 4, integra el portafolio de cultivares ofertados en Colombia en el año 2001. Como se puede apreciar, predominan los cultivares híbridos frente a las variedades de libre polinización.

En los últimos años, han aparecido en el mercado cultivares modernos que combinan formatos y colores vistosos (amarillos, crema, naranjas, púrpura, etc) que son utilizados con doble propósito, para el consumo y para la decoración y presentación como hortaliza fresca en platos y ensaladas, en la expresión del arte "gourmet" conocido como "garnish". (Figura 4). (Nuez, 1998; Casseres, 1981)

Cuadro 4. Portafolio de oferta de cultivares de pimentón en Colombia. Año 2001

Nombre del cultivar	Tipo	Unidad	Precio %	Casa productora
BLOCOSOS O CUADRADOS				
Yolo Wonder	Variedad	Sobre 100g	25.000	Ferry Morse, Asgrow Peto seed
California Wonder	Variedad	Sobre 100g	25.000	Ferry Morse, Asgrow Peto seed
Keystone Resistan	Variedad	Sobre 100g	30.000	Asgrow, Royal Slois
Word Beater	Variedad	Sobre 100g	45.000	Peto seed
All-Big	Variedad	Sobre 100g	74.000	Peto seed
Florida Giant	Híbrido	Sobre 1000 semillas	127.000	Peto seed
Ruby King	Híbrido	Sobre 1000 semillas	98.000	Peto seed
Perfection	Híbrido	Sobre 2000 semillas	176.000	Peto seed
Invasor	Híbrido	Sobre 1000 semillas	87.000	Peto seed
X3R Camelot	Híbrido	Sobre 5000 semillas	237.000	Peto seed
Tirano	Híbrido	Sobre 2000 semillas	196.000	Peto seed
Melody	Híbrido	Sobre 2000 semillas	155.000	Peto seed
Comandant	Híbrido	Sobre 2000 semillas	185.000	Rogers, Peto seed
Bell-Boy	Híbrido	Sobre 1000 semillas	143.000	Rogers
Nathalie	Híbrido	Sobre 2000 semillas	145.000	Rogers
Gator-Belle	Híbrido	Sobre 2000 semillas	167.000	Peto seed
Marte SXP-1031	Híbrido	Sobre 2000 semillas	205.000	Hazera
Dorado SXP-0990	Híbrido	Sobre 2000 semillas	196.000	Hazera
Híbrido PEP-1216	Híbrido	Sobre 2000 semillas	197.000	Rogers
Híbrido Amanda	Híbrido	Sobre 10 g	146.000	Sakata
Híbrido Magali	Híbrido	Sobre 1000 semillas	67.000	Rogers
Híbrido Lilae	Híbrido	Sobre 2000 semillas	220.000	Rogers
Híbrido Admiral	Híbrido	Sobre 2000 semillas	220.000	Rogers
Híbrido Valencia	Híbrido	Sobre 2000 semillas	220.000	Rogers
Híbrido Ivory	Híbrido	Sobre 2000 semillas	220.000	Rogers
Híbrido Reigner	Híbrido	Sobre 2000 semillas	220.000	Rogers
CONICOS O AGRONÓMICOS				
Agronómico	Variedad	Sobre 100g	59.000	Peto Seed
Ruby Kyng	Híbrido	Sobre 1000 semillas	87.000	Asgrow
Cubanelle	Híbrido	Sobre 1000 semillas	64.000	Bonanza
Hungrian Sweetwax	Híbrido	Sobre 2000 semillas	176.000	Bonanza
Long Reg Marcon	Híbrido	Sobre 2000 semillas	205.000	Bonanza
UNAPAL Serrano	Variedad	Burbuja 25 g	25.000	UNAL Palmira

Fuente: Estrada, 2003



Figura 4. Tipos de cultivares según formato de fruto y color externo. (a) Cuadrados, (Blocky). (b) Lamuyos (trespuntas). (c) Diferentes tamaños de placenta y volumen de semilla. (d) Variabilidad de formatos.

Cuadro 5. Sistemas de siembra y arreglo de población en el cultivo de pimentón.

Sistema	Distancias (m)		Plantas /m ²	Plantas/ha.
	Surcos	Plantas		
Surcos sencillos	0.8	0.30	4.2	42.000
	1.0	0.30	3.3	33.000
	1.2	0.25	3.3	33.000
Surcos múltiples	1 centro de la unidad de siembra			
Dobles	1.2	0.40	4.1	41.500
	1.3	0.30	5.1	51.281
	1.5	0.25	5.3	53.333
Triples	1.4	0.40	5.3	53.571
	1.5	0.30	6.3	66.666
Cuatro plantas	1.8	0.40	5.5	55.500
	2.0	0.30	6.6	66.660

¹la unidad de siembra se conoce también como "pachas".

3.2.7 Sistemas de poda y tutorado

Los tallos inician su ramificación cuando forman el primer botón floral, una vez desarrolladas 8-12 hojas y la planta tiene de 25-35 cm de altura. Posteriormente, continúa bifurcándose cada 2 ó 3 hojas y desarrollando un botón floral en dicho nudo. Cuando hay un crecimiento vigoroso de ramas y hojas y una formación prolífica de frutos hacia los costados laterales, la planta tiende a volcarse y los tallos a partirse debido al peso de los frutos. A pesar de la constitución más leñosa del pimentón, los tallos son más frágiles que los del tomate y por ello los amarres deben ser oportunos cuidadosos y con mayor intensidad.

Las podas permiten limitar el excesivo crecimiento vegetativo, estimular el equilibrio entre el desarrollo de la planta y la formación de flores y frutos, con una distribución más intensa hacia la parte central de la planta, con el fin de proteger los frutos del daño durante el llenado por rotura de ramas y el escaldado por golpe de sol. Todos los brotes o chupones formados por debajo de la primera ramificación se eliminan con el fin de darle un mayor aireación a la parte baja de la planta. Posteriormente, se pueden ir eliminando ramas superiores con excesivo crecimiento lateral o con muy poca formación de flores. Estas ramas son poco productivas y se les conoce como vegetativas o "machorras". También se puede realizar una poda sanitaria de ramas, hojas y frutos, cuando se han presentado ataques tempranos o muy intensos de plagas y enfermedades, especialmente por ácaro blanco, *Poliphagotarsonemus latus*, araña roja, *Tetranychus sp.*, mosca de los terminales y de los botones florales, *Prodiplosis sp.*, mosca blanca, *Bemisia tabaci*, *Trialeurodes vaporariorum*.



Figura 4. Tipos de cultivares según formato de fruto y color externo. (a) Cuadrados, (Blocky). (b) Lamuyos (trespuntas). (c) Diferentes tamaños de placenta y volúmen de semilla. (d) Variabilidad de formatos.

3.2.4 Sistemas de producción

El cultivo de pimentón en Colombia se realiza principalmente bajo tres agroecosistemas de producción. **El primero** de ellos, corresponde a los pequeños huertos y campos de agricultura campesina, con áreas que no superan los 2000 metros cuadrados y donde el nivel, de innovación tecnológica es mínima en términos de uso de nuevos cultivares híbridos (se trabaja con las variedades tradicionales), los sistemas de riego y fertilización se realizan bajo los esquemas tradicionales por gravedad, con abonamientos granulados colocados al suelo en una o dos aplicaciones durante la preparación del suelo y dos o tres semanas después del trasplante la participación en la producción nacional de este sector puede corresponder a un 50% del abastecimiento de la hortaliza fresca. (Jaramillo y Lobo, 1983)

El segundo sistema de producción, corresponde a cultivos de campo abierto, con cultivares modernos, uso de acolchados plásticos, como cobertura de suelo, e incorporación del riego localizado, con uso del sistema de goteo o métodos más modernos, como el de infiltración y exudado a través de membranas permeables. Los fertilizantes minerales, se incorporan mediante el fertiriego, igual que algunos pesticidas para la prevención y control de enfermedades radicales originadas por microorganismos del suelo. En este grupo las

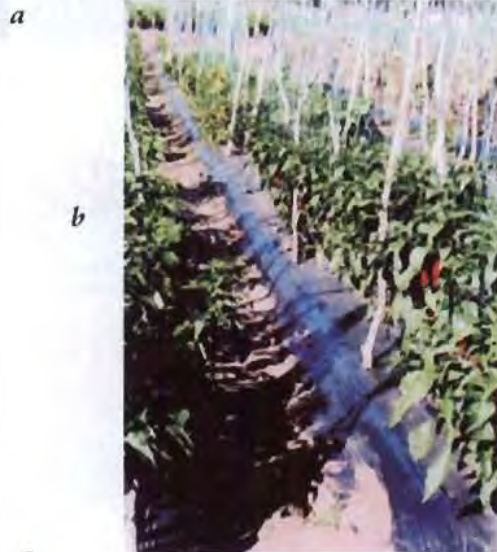


Figura 5. Sistemas de Producción. (a) Tradicional en campo abierto. (b) Acolchado plástico en campo abierto. (c) Bajo cubierta.

áreas de siembra son mayores y en algunos casos pueden superar las dos o tres hectáreas por unidad de producción. Se estima que este grupo de cultivos, aporta la producción correspondiente a un 30% de la demanda nacional en producto fresco (Estrada, 2001; Jaramillo, 1998).

El tercer sistema, corresponde a las producciones obtenidas bajo cubierta o invernadero con cultivares híbridos, uso del suelo natural o sustratos preparados artificialmente para el establecimiento y soporte de la planta. Incluye además, los cultivos hidropónicos. En este sistema se incorpora tecnología ajustada para el manejo del clima (temperatura, precipitación, humedad relativa, luz y en algunos casos el manejo de los niveles de CO₂). El agua y los fertilizantes son manejados a través del fertiriego. En general son siembras planificadas para un mercado programado y diferenciado, con productos élites de alto precio. La contribución al mercado global nacional esta creciendo y en la actualidad puede corresponder a cerca del 20% de producto fresco comercializado en Colombia (Estrada, 2002; Hidroponia, 2000) (Figura 5).

3.2.5 Preparación del suelo o sustratos de crecimiento

La planta de pimentón es extremadamente sensible a los excesos de humedad en el suelo o en el sustrato de crecimiento, expresando una alta susceptibilidad a microorganismos causantes de pudriciones radicales y de tallos a nivel del cuello. Por este motivo, se requiere una preparación del medio de crecimiento que mejore las condiciones físicas favorezca el rápido drenaje de los excesos de agua pero que a su vez permita la retención adecuada para suplir las necesidades hídricas de la planta de acuerdo a sus momentos o etapas de crecimiento.

La planta se desarrolla bien en suelos con textura franca, ricos en materia orgánica, pH 5.5-7.0, necesariamente se deben buscar suelos profundos (60cm) y bien drenados. La preparación debe estar encaminada a suministrar condiciones adecuadas para el normal desarrollo del sistema radical y un vigoroso crecimiento aéreo. Normalmente se necesita un subsolado para romper capas endurecidas en los primeros sustratos, luego arado convencional de acuerdo a las condiciones del suelo y equipos disponibles; por último, una pulida y posterior conformación de surcos o camas altas que eviten encharcamientos y protejan el sistema de raíces de los excesos de humedad.

En suelos de ladera con pendientes pronunciadas (>20%), la preparación debe realizarse preferiblemente en forma localizada en franjas o terrazas donde se establecen los surcos de siembra o sitios de trasplante. Esta preparación puede hacerse manualmente o con el uso de implementos de tracción animal (vertederas, surcadores, desbrozadores, roturadores).

3.2.6 Siembra

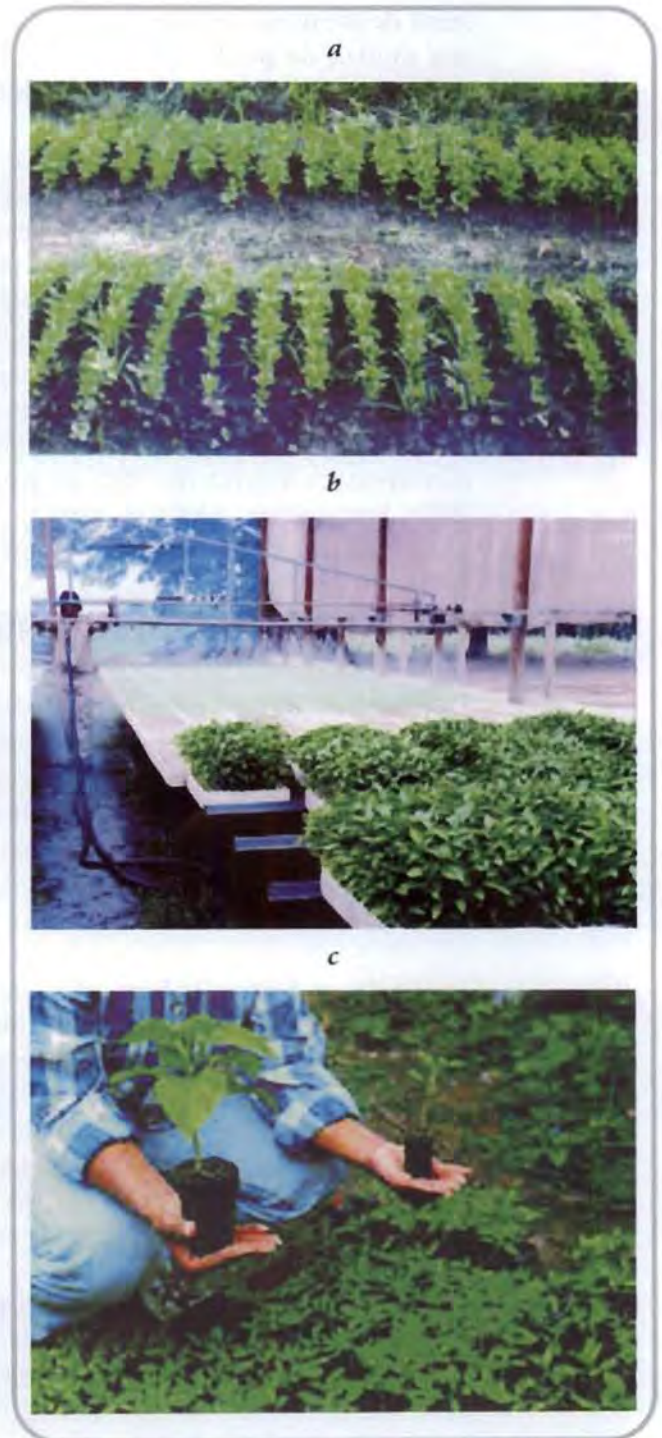
Producción de plántulas:

Es el sistema que permite uso eficiente de semillas, promueve la obtención de material de propagación uniforme, vigoroso, sano y que favorece el establecimiento de un cultivo con la población y distribución de las plantas de acuerdo a los planes de siembra.

La semilla de pimentón requiere un mayor periodo de tiempo que el tomate para la germinación y emergencia de la nueva plántula. En condiciones normales de agua, luz, oxígeno y temperatura, una semilla germina en un periodo de tiempo entre 8-10 días. El crecimiento de la plántula es lento y puede durar entre 35-45 días para lograr un desarrollo óptimo para su trasplante. Este mayor periodo de tiempo, determina una mayor exigencia en la preparación del sustrato y el volumen del contenedor ó de la (cama) o semillero en el caso del sistema tradicional para trasplante a raíz desnuda.

La semilla de pimentón es más pesada que la tomate y otras hortalizas de su tipo. El peso por unidad varía entre 150-180 semillas/g. Dependiendo de la densidad de siembra del arreglo poblacional y de la calidad de la semilla, se requiere entre 200 - 250g de semilla para una hectárea.

Figura 6. Plántulas en estado óptimo para trasplante. (a) Sistema tradicional en campo o eras. (b) En bandejas y otros contenedores. (c) Tamaños de plántula según el contenedor.



La plántula está en condiciones óptimas para el trasplante cuando ha alcanzado un crecimiento de 8-10 cm en el tallo principal y ha formado 4-6 hojas que se consigue en un periodo de 30 a 40 días. (Palacios, 1998; Bruzón, 1998)

Trasplante

Los sitios de siembra deben estar acondicionados para el trasplante. En el caso de cultivos con acolchado, plástico, las líneas de riego por goteo deben ser probadas previamente a la cobertura y el plástico roturado para definir los sitios del trasplante.

Algunos agricultores usan soluciones “iniciadoras” o protectantes para tratamiento previo de las plántulas o de los sitios de trasplante. Las soluciones “iniciadoras” pueden contener una mezcla de fungicidas protectantes (Carboxin, propamocarb, yodo, clorotalonil y un fertilizante rico en fósforo). También las hay con una mezcla líquida de ácidos húmicos, fulvicos con el complemento de soluciones micorrizadas. Se dispone además en el mercado, de productos comerciales que involucran microorganismos activadores de la biota del suelo, y antagonistas de microorganismos patogénicos que pueden afectar la plántula en su proceso de establecimiento en el nuevo sitio de trasplante.

En cualquiera de los casos, debe procurarse un proceso de trasplante que ocasione mínimo daño a la plántula para que ésta continúe con el crecimiento promovido durante la etapa de vivero y rápidamente se establezca en el sitio definitivo con mínimas pérdidas de producción.

Densidades de siembra y arreglo de poblaciones

El cultivo de pimentón tolera altas densidades de siembra, mejorando la cobertura de protección de los frutos contra el escaldado o golpe de sol.

La siembra en surcos múltiples denominados “camas” ó “pachas” de dos, tres y cuatro líneas de siembra, permiten una adecuada densidad y distribución de plantas en el sitio definitivo. La siembra más frecuente, se desarrolla en surcos dobles que facilitan el tutorado y un eficiente uso de el espacio y del sistema de riego. Sin embargo en algunos sistemas de cultivo se sigue usando la siembra en surcos sencillos. Las poblaciones más comunes varían de 3-5 plantas/m² que corresponde a 30.000 - 50.000 plantas/ha.

El cuadro 5 resume los sistemas de siembra más frecuentes y las poblaciones obtenidas por unidad de superficie.

Cuadro 5. Sistemas de siembra y arreglo de población en el cultivo de pimentón.

Sistema	Distancias (m)		Plantas /m ²	Plantas/ha.
	Surcos	Plantas		
Surcos sencillos	0.8	0.30	4.2	42.000
	1.0	0.30	3.3	33.000
	1.2	0.25	3.3	33.000
Surcos múltiples	1/centro de la unidad de siembra			
Dobles	1.2	0.40	4.1	41.500
	1.3	0.30	5.1	51.281
	1.5	0.25	5.3	53.333
Triples	1.4	0.40	5.3	53.571
	1.5	0.30	6.3	66.666
Cuatro plantas	1.8	0.40	5.5	55.500
	2.0	0.30	6.6	66.660

¹la unidad de siembra se conoce también como "pachas".

3.2.7 Sistemas de poda y tutorado

Los tallos inician su ramificación cuando forman el primer botón floral, una vez desarrolladas 8-12 hojas y la planta tiene de 25-35 cm de altura. Posteriormente, continúa bifurcándose cada 2 ó 3 hojas y desarrollando un botón floral en dicho nudo. Cuando hay un crecimiento vigoroso de ramas y hojas y una formación prolífica de frutos hacia los costados laterales, la planta tiende a volcarse y los tallos a partirse debido al peso de los frutos. A pesar de la constitución más leñosa del pimentón, los tallos son más frágiles que los del tomate y por ello los amarres deben ser oportunos cuidadosos y con mayor intensidad.

Las podas permiten limitar el excesivo crecimiento vegetativo, estimular el equilibrio entre el desarrollo de la planta y la formación de flores y frutos, con una distribución más intensa hacia la parte central de la planta, con el fin de proteger los frutos del daño durante el llenado por rotura de ramas y el escaldado por golpe de sol. Todos los brotes o chupones formados por debajo de la primera ramificación se eliminan con el fin de darle un mayor aireación a la parte baja de la planta. Posteriormente, se pueden ir eliminando ramas superiores con excesivo crecimiento lateral o con muy poca formación de flores. Estas ramas son poco productivas y se les conoce como vegetativas o "machorras". También se puede realizar una poda sanitaria de ramas, hojas y frutos, cuando se han presentado ataques tempranos o muy intensos de plagas y enfermedades, especialmente por ácaro blanco, *Poliphagotarsonemus latus*, araña roja, *Tetranychus sp.*, mosca de los terminales y de los botones florales, *Prodiplosis sp.*, mosca blanca, *Bemisia tabaci*, *Trialeurodes vaporariorum*.

También cuando se presenta alta incidencia de añublo bacterial, *Xanthomonas campestris* y mancha foliar o pudrición de frutos causados por *Phytophthora sp.*

En el Valle del Cauca predominan dos sistemas de torturado. El sistema de **encajonamiento** que consiste en la ubicación de tutores cortos (1m) cada 8-10 plantas y posterior amarre a través de cuerdas de polipropileno que se atraviesan lateralmente por cada lado del surco formando un “cajón” de soporte. Estas cuerdas o hilos laterales se van colocando cada 20-25 cm de altura o cada nueva ramificación de la planta. Un cultivo en campo abierto puede tener 8-10 amarres laterales. Bajo condiciones de invernadero donde el cultivo alcanza mayor altura y duración en el periodo de cosecha, se pueden tener de 12 a 15 amarres.

El segundo sistema de torturado, es el **colgado** que consiste en establecer soportes fijos de madera cruzados en forma de tijeras cada cinco metros de distancia dentro del surco, por encima de la tijera se soporta un alambre galvanizado calibre #10; en este alambre se suspenden las cuerdas, hilos o cintas de polipropileno que van a dar el amarre y soporte a cada planta. Una planta puede torturarse con cuatro o cinco hilos o cintas que se van colocando una medida que los tallos se van bifurcando para dar origen a nuevas ramas y frutos. (Estrada, 2002)

3.2.8 Aporques

No son muy convenientes los aporques porque pueden ocasionar daño a las raíces superficiales y favorecer la entrada de microorganismos patogénicos que son diseminados por el suelo o el agua de riego. La construcción previa al transplante de surcos o “camas” de siembra levantadas a 25-35 cm por encima del nivel del fondo del terreno, garantizan un vigoroso crecimiento de raíces con menos riesgo de encharcamiento o excesos de humedad en las zonas cercanas a la raíz, haciendo innecesario los aporques. Si el sistema de siembra incluye una cobertura con acolchado, esta labor no se practica en el cultivo.

3.2.9 Manejo del agua

Como se ha venido mencionando, el cultivo de pimentón es muy exigente en el manejo del agua, por su alta susceptibilidad al deterioro de la planta cuando se presentan encharcamientos por excesos de humedad debido a periodos intensos de lluvia, problemas de drenaje o falta de control en los riegos.

Las necesidades hídricas del pimentón son tratadas por varios investigadores, quienes

plantean una serie de valores que varían según el cultivar, el clima y ambiente de producción y la etapa de cultivo. Jaramillo (1988), plantea que el cultivo de pimentón requiere una lamina total de 1000 mm, en un ciclo de 200 días. Las necesidades máximas se presentan en floración y fructificación a los 25-35 días después del trasplante.

La Corporación Colombiana Internacional, CCI (1999), indica que los requerimientos hídricos totales varían entre 700 -1200 mm/ciclo de 200 días, con una demanda neta efectiva de 400 – 500 mm/ciclo. La distribución de la demanda de agua según el estado de crecimiento es la siguiente:

Cuadro 6. Distribución de agua para un cultivo de Pimentón

Estado de crecimiento	Tiempo (Días)	Cantidad de agua (m ³ /periodo-ha)	Cantidad de agua (m ³ /día)	Lamina (mm/día)
Crecimiento vegetativo	35	700-800	20-23	2.0-2.3
Floración	27	900-1000	33-41	3.3-4.1
Cuajado del fruto	45	2000-2200	44-49	4.4-4.9
Desarrollo de los frutos	35	1600-1700	46-49	4.6-4.9
Maduración	40	1600-1700	40-43	4.0-4.3
Recolección	50	900-1100	18-28	1.8-2.8
Totales				770-860 mm/ciclo

Fuente: CCI, 1999

Estrada (2003), plantea una distribución del agua de riego para el cultivar UNAPAL-Serrano, teniendo en cuenta la dinámica de crecimiento y desarrollo tal como se describe en la figura 7 y los cuadros 7 y 8.

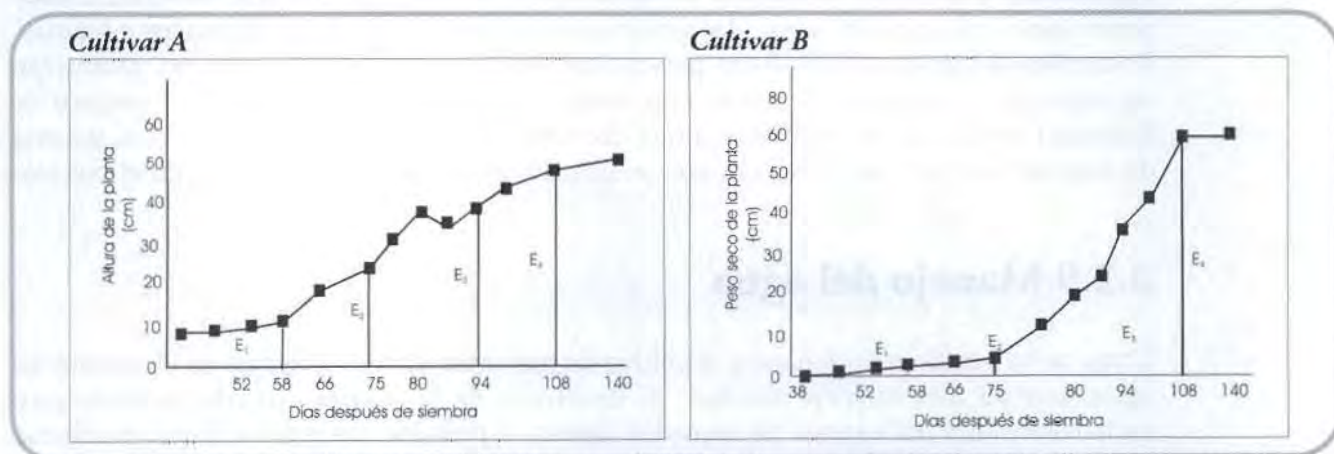


Figura 7. Dinámica de crecimiento de dos cultivares de pimentón en el Valle del Cauca, evaluados bajo las condiciones de Candelaria (CEUNP)

Fuente: Capote, et al (1995).

El cultivar UNAPAL- Serrano requiere de 400 mm de lámina real o efectiva de agua por ha, en un ciclo de 120 días. La frecuencia de riego depende de las condiciones climáticas. Sin embargo, un programa orientado a suministrar el agua necesaria, de acuerdo a su estado de crecimiento y desarrollo, permite proponer una distribución de la siguiente forma.

Cuadro 7. Dinámica de crecimiento para la altura de la planta en el cultivare de pimentón UNAPAL - Serrano, evaluado en CEUNP. (Capote et al, 1995)

Etapa	No de Días (DDT) ¹	Crecimiento absoluto (cm)	Incremento del crecimiento (cm)	Incremento relativo (%)
Transplante	38*	10	-	-
E ₁	20	18	8	15.3
E ₂	27	30	12	23.1
E ₃	33	58	28	53.8
E ₄	32	62	4	7.8
Totales	112	-	52	100.0

¹DDT: días después del trasplante.

*Trasplante a los 38 días después de la siembra.

Cuadro 8. Distribución de la lámina de agua diaria según la dinámica de crecimiento. Con una población de 35.000 plantas/ha.

Etapa	Crecimiento relativo %	Tiempo de crecimiento (DDT)*	Lámina total (m.m/etapa)	Lámina diaria (m.m/día)	Cantidad de agua/ha (lt/ha/día)	Cant. de agua por planta (lt/planta/día)
1	15.3	25	61.2	2.45	24.500	0.70
2	23.1	35	92.4	2.64	26.400	0.75
3	53.8	60	215.2	3.58	35.800	1.02
4	7.8	30	31.2	1.04	10.400	0.30
Totales	100	150	400			

¹E_{to}= Evapotranspiración de referencia.

²K_c= Constante del cultivo según el estado de crecimiento.

Otra manera de planear la distribución de agua, es mediante el uso de los indicadores de evapotranspiración, con valores de E_{to} y K_c aplicables a la zona de cultivo, tal como se presenta en el cuadro 9.

Cuadro 9. Estimación de requerimiento de agua para un cultivo de una hectárea de pimentón UNAPAL-Serrano en campo abierto.

Etapa	No. de Días	Et/diaria (mm)	Lámina total etapa (mm)	Cantidad de agua/diaria (l/ha)	Cantidad de agua/diaria Planta (l)
E ₁	20	¹ Eto= 6 ² Kc =0.46	55.2	27600	0.79
		2.76			
E ₂	27	Eto= 6 Kc =0.77	124.7	46200	1.32
		4.62			
E ₃	33	Eto= 6 Kc =1.15	227.7	69000	1.97
		6.9			
E ₄	32	Eto= 6 Kc =0.86	166.4	52000	1.48
		5.2			
Totales	112	-	574.0		

*DDT= Días después del trasplante.

En la medida en que se presenten pérdidas en el suministro de agua por insuficiencias del sistema deben hacerse ajustes adecuados para que las plantas reciban el agua requerida de acuerdo con su ciclo de crecimiento.

3.2.10 Abonamiento y fertilización mineral

El pimentón es un cultivo exigente en nitrógeno y fósforo durante las etapas iniciales de establecimiento e inicio de la floración, durante la época del cuajamiento y llenado de los frutos aumentan las extracciones de elementos minerales con énfasis en Potasio, Calcio y Boro.

Un adecuado plan de nutrición debe ajustarse a los requerimientos del cultivar, condiciones de fertilidad y disponibilidad de los elementos en el suelo, sustrato de crecimiento, intensidad en el manejo del cultivo en términos de densidad de siembra, control de variables climáticas especialmente luz, temperatura y precipitación y expectativas del rendimiento por planta o por unidad productiva.

Las recomendaciones estandarizadas son poco funcionales a no ser que se le hagan los ajustes necesarios de acuerdo al cultivar y ambiente o sistema de producción. A manera

de orientación, a continuación se plantean algunas propuestas de manejo de la fertilización en pimentón, con énfasis en experiencias locales en Colombia y el Valle del Cauca). (Estrada, 2002)

Jaramillo (1988), plantea que la mayor taza de extracción de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio y Magnesio, se produce entre los 28 y 42 días después del transplante. La mayor acumulación total se logra entre los 56-70 días después de l transplante.

Arjona (2002), indica que un rendimiento de 20 t/ha extrae del suelo 120 kg/ha de nitrógeno, 100 kg/ha de fósforo como P_2O_5 , 80 kg/ha de potasio como K_2O y 15-20 kg/ha de boro. El mismo investigador plantea que para igual rendimiento promedio (20 t/ha), se puede esperar un extracción de nutrientes así: 160 kg/ha de Nitrógeno; 30 kg/ha de P_2O_5 ; 160 kg/ha de K_2O ; 80 kg/ha de CaO y 35 kg/ha de MgO .

Madero y Olaya (1995), utilizando tres cultivares comerciales de pimentón con el cultivar mejorado UNAPAL - Serrano, bajo condiciones del Centro Experimental CEUNP y el Lote de Cultivos de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, encontraron que para una producción promedio de 400 g/planta y 20 t/ha, se extrajeron las siguientes cantidades:

Elemento	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Cu	Zn	B
	(kg/ha)						(g/ha)				
Extracción	73	12	57	27	12	4	495	181	36	181	5

Los mismos autores también determinaron que hubo respuesta diferencial entre los cultivares a la aplicación de Nitrógeno en las variables: altura de la planta, número de frutos/planta y peso promedio de fruto.

Nuez *et al* (1998), compila la información presentada por diferentes investigadores sobre la dinámica extractiva de nutrientes en el cultivo de pimentón en España. A manera de ilustración se resumen algunas de estas referencias, cuadros 10,11 y 12.

Cuadro 10. Niveles foliares de referencia para cultivo del pimentón.

	Alto	Normal	Medio
Nitrógeno (%)	5.1 - 6.0	4 - 5	3.3 - 3.9
Fósforo (%)	0.7 - 0.8	0.3 - 0.7	0.2 - 0.3
Potasio (%)	5.6 - 6.0	4.5 - 5.5	3.5 - 4.5
Calcio (%)	4.1 - 5.0	2.0 - 4.0	0.5 - 1.9
Magnesio (%)	1.8 - 2.5	1.0 - 1.7	0.5 - 0.9
Manganeso (ppm)	201 - 500	90 - 200	41 - 89
Hierro (ppm)	201 - 500	80 - 200	61 - 80
Cobre (ppm)	21 - 50	10 - 20	5 - 10
Boro (ppm)	61 - 80	20 - 60	13 - 19
zinc (ppm)	61 - 100	25 - 60	15 - 24

Fuente: Nuez et al (1998)

Cuadro 11. Extracción de nutrientes por cada tonelada de fruto fresco de pimentón producido (kg)

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
AIRE LIBRE Var: Doux des landes	3.72	1.03	4.98	2.96	0.60
AIRE LIBRE Var: Bola y Negral	3.30	0.93	5.75	-	-
Var: Belrubi y Datler	2.30	0.74	4.50	-	-
AIRE LIBRE Var: Marrón de Conserva	2.33	0.77	3.56	-	-
INVERNADERO Var: Yolo Wonder	4.10	0.52	5.12	3.78	0.46
Var: Helder F ₁	5.25	0.67	6.69	4.81	0.64
INVERNADERO Var: Lamuyo F ₁	2.93	0.76	4.60	1.69	1.07

Fuente Nuez, (1998)

Cuadro 12. Extracción periódica acumulativa de N, P₂O₅, K₂O, Ca, y Mg del pimentón grueso de invernadero para una producción de 10 kg/m² (Rincón et al., 1993).

Tiempo medio(*) después del trasplante (días)	kg/ha				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
35	1.80	0.30	3.00	1.20	0.50
55	8.80	1.60	18.50	5.70	2.30
70	26.25	5.20	52.00	16.00	6.50
85	46.00	8.50	91.00	26.00	10.00
100	85.50	20.00	163.00	55.00	22.50
120	140.00	32.00	273.00	71.00	32.50
140	215.00	54.00	370.00	91.00	45.00
165	293.00	76.00	460.00	121.00	63.00

Fuente; Nuez (1998)

(*) la duración del periodo de cultivo puede variar en función de las condiciones climáticas

En cultivos de invernadero, las producciones son mayores pero también aumentan sensiblemente las extracciones. Maroto, citado por Nuez (1998), plantea la siguiente referencia de extracción de pimentones “dulces” bajo invernadero para un rendimiento de 54 t/ha.

Nitrógeno (N)201 kg/ha; Fósforo (P₂O₅)56 kg/ha, Potasio (K₂O) 269 kg/ha; Calcio (CaO) 160 kg/ha); Magnesio (MgO) 41 kg/ha.

Jaramillo (1988), encontró las mejores respuestas en rendimiento con el cultivar Keyston Resistan bajo condiciones de la Costa Atlántica colombiana con la aplicación de 8 t/ha de gallinaza, 60 kg/ha de N, 40 kg/ha de P₂O₅ y 100 kg/ha de K₂O.

La Federación Nacional e Cafeteros (1994) , sugiere el siguiente plan de fertilización para cultivar al aire libre en zona cafetera:

Abonamiento con gallinaza 4-6 t/ha previo al trasplante durante la preparación del lote o una semana antes en el hoyado. Junto con la gallinaza aplicar 1t/ha de calfos ó cal dolomítica, quince días después del trasplante y en forma localizada por sitio o en bandas, aplicar una mezcla de 400 kg de triple 15 + 400kg de un compuesto de grado 17 - 6 - 18 - 2. Pasado 30 a 35 días después del trasplante, se pueden hacer fertilizaciones foliares complementarias con elementos mayores y menores.

Una segunda opción puede ser: 4-6 t/ha de gallinaza y una t/ha de calfos ó cal dolomítica 350 kg/ha de 10-30-10 ó 500 kg/ha de triple 15 dos semanas después del trasplante al

momento del llenado del fruto (45-60 días), se puede hacer una segunda fertilización con Nitrato de amonio y Potasio.

En el Valle del Cauca es frecuente desarrollar el siguiente plan de fertilización (Arjona,2002).

Época (Días después de transplante)	Formula (kg/ha)
5-10	100-150 Urea + 200-250 de 10-30-10
45	100-150 Urea + 200-250 de 15-15-15
90	300 de 15-15-15

Para cultivos bajo invernadero en España, Cadahia citado por Nuez (1998), plantea el siguiente manejo de la nutrición.

Momento fisiológico	Plan de nutrición (kg/ha)
Crecimiento inicial	100 de MAP+100 (NH ₄) NO ₃
Floración	120 de MAP+ 150 KNO ₃
Inicio del llenado de fruto	100 (NH ₄) NO ₃ +380 KNO ₃ + 40 de Mg(NO ₃) ₂
Desarrollo del fruto	150 (NH ₄) NO ₃ +380 KNO ₃ + 40 de Mg(NO ₃) ₂
Maduración del fruto	150(NH ₄) NO ₃ +180 KNO ₃ + 40 de Mg(NO ₃) ₂
En recolección	100(NH ₄) NO ₃ +100 KNO ₃

Fuente: Nuez, (1998)

Estrada (2002), ha encontrado una excelente respuesta en el rendimiento por planta y mejoramiento de la prolificidad y el peso promedio del fruto en el cultivar UNAPAL-Serrano, sembrado bajo las condiciones de cultivo al aire libre en el Centro Experimental de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, CEUNP en Candelaria Valle del Cauca,(1000msnm, 25°C), utilizando los siguientes elementos: para un rendimiento por planta de 1.5 kg, (46 t/ha), con una población de 33.000 plantas/ha, se ha venido manejando una fertilización de 500 Kg/ha de una fuente de N, P, K, Ca, Mg, S y elementos menores, en la siguiente proporción:

Elemento	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SO ₄	Menores
Proporción	3	2	4	1.0	0.5	0.5	1.0
Cantidad (kg/ha)	126	83	167	42	21	21	42

La distribución de cada nutriente se hace de acuerdo a las cuatro etapas de crecimiento determinadas para el cultivar UNAPAL-Serrano de la siguiente manera:

Cuadro 13. Distribución de nutrientes minerales para el cultivar UNAPAL - Serrano

Etapa	Nutriente %						
	Nitrógeno	fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Azufre	Menores
Establecimiento (10 Ddt) ¹	40	50	10	5	5	40	60
Inicio de la floración (25 Ddt)	30	30	20	25	30	30	40
Llenado del fruto (45 Ddt)	20	10	50	50	40	20	-
Inicio de cosecha (65 Ddt)	10	10	20	20	25	10	-
Totales (%)	100	100	100	100	100	100	100

Fuente: Estrada (2002)

3.2.11 Manejo de arvenses

El manejo de arvenses incluye la reducción de la infestación temprana del campo de siembra sobre todo durante los primeros sesenta días que es el periodo crítico de competencia para el cultivo. Se deben tener en cuenta prácticas integradas como la selección del lote, buena preparación y trasplante uniforme de plántulas.

La planta de pimentón es muy sensible a los daños en raíces causados por las herramientas en las labores de limpieza, ya que permite la entrada rápida de microorganismos patógenos que se encuentran en el suelo, ocasionando la muerte súbita de las mismas. Por ello, es necesario un manejo preventivo, evitando las infestaciones tempranas de arvenses. Los cultivos protegidos con acolchado plástico son una excelente opción para el manejo preventivo de este problema. El cuadro 14, resume algunas de las opciones para el control químico con herbicidas.

Cuadro 14. Algunas opciones de herbicidas para el control de arvenses en pimentón.

Producto	Tipo de aplicación	Dosis	Propósito
Clomazone	psi	0.25 - 1.0 l/ha	gramíneas
Napropamida	psi	1.0 - 2.0 l/ha	gramíneas
Trifluralina	psi	3.0 l/ha	gramíneas
Fluazinop-p	Post emergente (2-6 hojas las malezas)	1.5 l/ha	gramíneas
Paraquat	Post - emergente	2.0 l/ha	Dirigido a todo tipo de arvense.

Fuente: Sánchez et al. (2002)

BIBLIOTECA AGRICOLA

3.2.12 Manejo de plagas y enfermedades

Como en todo cultivo hortícola, desde la planificación de las siembras se deben tomar medidas preventivas para evitar o reducir la incidencia y severidad de los problemas sanitarios. Una población de plantas bien establecida, uniforme, con buena nutrición y vigor, es el mejor respaldo para un manejo adecuado de las plagas y enfermedades. (Castaño, 1987; Macnab *et al*, 1983; López y Quezado, 1997)

Se debe realizar un monitoreo permanente del cultivo, con el fin de evaluar el estado sanitario de las plantas, determinar la presencia de insectos; plagas especialmente en estados tempranos (huevos, ninfas, larvas, en las primeras instar). Las evaluaciones deben incluir la ubicación de focos localizados o la presencia generalizada en todo el cultivo.

Las enfermedades deben manejarse preferiblemente con acciones preventivas, tratando de evitar o reducir la incidencia y severidad del daño. En momentos críticos de alta pluviosidad y con humedades relativas en el aire cerca al punto de saturación y temperaturas cálidas en el día y muy bajas en la noche, pueden presentarse añublos, manchas o quemazones foliares que deben tratarse tempranamente y localmente antes de su diseminación generalizada.

En el caso de las manifestaciones de marchitamiento, tristeza y muerte súbita de plantas en áreas localizadas, se hace necesario erradicar dichas plantas, suspender o desviar el riego en esa zona, para evitar la propagación de microorganismos del suelo como *Fusarium sp*, *Phytophthora sp*, *Ralfstonia sp*. En lo posible aplicar cal viva o un «drench» de fungicidas tipo Captan, Carboxin, Propamocarb.

Los cuadros 15 y 16, resumen los principales problemas, de plagas y enfermedades del pimentón en el Valle del Cauca y algunas de las acciones a realizar para su prevención y tratamiento.

Cuadro 15. Insectos plagas comunes en el Valle del Cauca presentes en el cultivo de pimentón.

Problemas	Causa	Experiencia en el manejo
Trozadores de plántulas	<i>Agrotis sp</i> <i>Prodenia sp</i> <i>Spodoptera sp</i>	Afectan las plántulas en los semilleros o viveros y en los primeros días del trasplante. Retiro oportuno de residuos de cosecha o incorporación profunda. Solarización de los campos antes y después del trasplante. En casos extremos aplicar Clorpirifos, Triclorfon.
Comedores de brotes tiernos y botones florales.	<i>Prodiplosis longifila</i>	Monitoreo periódico de larvas y daño sobre follaje joven y brotes. Liberación permanente de <i>Chysoperla sp.</i> Aplicación continua de aceites y extractos vegetales (Bionim, Biomel y otros). En altas densidades de población aplicar Imidacloprid, Abamectina
Chupadores de follaje, pulgones. Daño en hojas y frutos, roña en frutos.	<i>Thrips</i> <i>Thrips palmi</i> Acaro blanco <i>Polyphagotarsonemus latus</i> Mosca blanca <i>Trialeurodes vaporariorum</i> Arañita roja <i>Tetranychus sp</i> Mosca blanca <i>Bemisia sp</i>	Monitoreo periódico de población sobre follaje. Aplicación de aceites y extractos vegetales (Biomer, Bionim). Aplicación de entomopatógeno <i>Vercillium lecani</i> Tableros amarillos con aceite o cualquier sustancia adhesiva. Aplicaciones de Imidacloprid, Tiametoxanil, Abamectina, Metilprimifos
Perforadores de frutos.	<i>Neoleucinodes elegantalis</i>	Colocar trampas de feromona desde la floración. Liberar permanentemente <i>Trichograma sp.</i> Recolectar frutos picados y enterrar Aplicar productos químicos de categoría toxicológica III o IV
	<i>Heliotis sp.</i>	Liberación permanente de <i>Trichogramma sp.</i> Aplicación continua de <i>Bacillus thurigiensis.</i>
Comedores de follaje	<i>Diabrotica balteata</i>	Uso de cultivos trampa en surcos internos o áreas periféricas y soya.

Cuadro 16 . Enfermedades comunes en el cultivo de pimentón en el Valle del Cauca.

Problema	Causa	Manejo
Pudrición de plántulas	Complejos de hongos del suelo <i>Fusarium sp</i> <i>Rhizoctonia sp.</i> <i>Phyitium sp.</i>	Lotes nuevos, rotación, drenaje adecuado. Aplicación de microorganismos antagonicos (Trichoderma). Uso de aplicaciones líquidas (Drench) de fungicidas como: Propamocarb, Carboxin, Metalaxil, Focetil.
Secadera o tristeza	<i>Phytophthora capsici.</i>	Eliminación de restos de cosecha, anteriores distancias de siembra que permita buena aireación. Manejo adecuado del riego. Aplicaciones de Metalaxil, Propineb-Cymoxanil, Clorotalonil, Benomil.
Chancro bacteriano	<i>Clavibacter michiganensis</i>	Rotación de cultivos Control de excesos de agua. Evitar daños mecánicos Evitar riegos por aspersión.
Roña o sarna bacteriana.	<i>Xanthomonas campestris</i>	Aplicación de productos cúpricos, alternados con Mancozeb, Yodo carbendazim, kasugamicina.
Podredumbre blanca	<i>Erwinia corotovor.</i>	Evitar heridas por poda, buena aireación y eliminación de malas hierbas.
Virus	CMV Mosaico del pepino YMV Mosaico del tomate	Control de pulgones y otros vectores Eliminación de malas hierbas Eliminación de plantas infectadas
Nematodos	<i>Meloidogyne sp</i>	Variedades resistentes, esterilización del suelo Aplicación de nematicidas
Rajado del fruto	Alta humedad relativa en frutos maduros	
Necrosis apical	Deficiencia de calcio, estrés hídrico o térmico.	Aplicaciones de calcio al suelo y foliar Manejo adecuado de agua
Golpe de sol	Manchas por desecación por exposición directa al sol	Manejo de distancias de siembra, cultivares con buena cobertura
Cercosporiosis	<i>Cercospora capsicii.</i>	Desinfección de semillas. Rotación de cultivos Variedades resistentes Aplicación de Maneb, Mancozeb, Carbendazim, Benomil, Clorotalonil

3.2.13 Cosecha y postcosecha

Los frutos están listos para cosecha cuando han iniciado un cambio de color verde o del color primario a color de madurez, (rojo, crema, amarillo, naranja) en un 20-30% (1/3 de madurez). Para su desprendimiento de la planta se debe hacer un corte en el pedúnculo con alguna herramienta de mano dejando un centímetro por encima de la taza. En algunas ocasiones con giros suaves o fuertes presión de los dedos sobre el pedúnculo puede lograrse un buen desprendimiento. Sin embargo, se recomienda el corte para evitar el daño de la planta.

Una vez cortados los frutos se colocan en recipientes firmes (canastillas plásticas o cajas de madera) en cantidades no superiores a 5 ó 6 kg para evitar los daños en el manejo postcosecha. En el sitio de acopio se limpian y clasifican según la uniformidad en tamaño, madurez, sanidad, ausencia de daños y deterioros externos. Tradicionalmente se clasifican en tres categorías: calidad extra, primera llamada también corriente y segundas.

Los calibres y los tamaños más frecuentes en el mercado nacional son:

Tipo	Calibre		Peso del fruto (g)
	Diámetro (cm)	Longitud (cm)	
Extra - Suprema	Mayor de 10	Mayor de 12	Mayor de 200
Primera (corriente)	7-10	8-11	80-200
Segundas	5-6	6-7	60-75
Pichurria	Menor de 5	Menor de 6	Menor de 60

3.3 Bibliografía

- ANDREWS, J. 1985. Peppers. The domesticated *Capsicum* spp. 2da edition. University of Texas Press. Austin. p. 204.
- ARJONA, C .2002. El cultivo del pimentón. Comité hortofrutícola del Valle, Cali. p.68.
- BASSETT, M.J. 1986. Breeding vegetable crop. Gainsville, AVI. p. 584.
- BRUZON, S. 1988. Producción de plántulas de hortalizas para transplante. En: Guía para la producción de hortalizas. Asiava, Cali. p. 47-49.
- CAPOTE, L., GÓMEZ, M.P. 1995. Análisis de crecimiento de dos cultivadores de pimentón, *Capsicum annuum*. (Línea promisorio y testigo comercial) en condiciones del Valle del Cauca. Tesis de grado, Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. p. 43-45.
- CASSERES, D. 1981. Producción de hortalizas. San José de Costa Rica . p. 387.
- CASTAÑO, O. 1987. Control integrado de plagas de tomate, pimentón, habichuela, Horticultura Moderna No 6, Bogotá. p. 32.
- CORPORACIÓN COLOMBIANA INTERNACIONAL (CCI).1999. Información tecnológica, cultivo del pimentón. p. 13.
- CHILE PEPPER INSTITUTE. 2003. www.chilepeppersintitute.org. Disease disorders and pests.
- ESTRADA, E.I. 2002. Perfil técnico para la producción de pimentón. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. Palmira. p.10.
- ESTRADA, E.I. 2003. Mejoramiento genético y producción de semillas de hortalizas para Colombia. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. Impreso Universitario. p. 204.
- FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS. 1994. El cultivo del pimentón. Linotipia Bolívar y CIA. 7ª Edición. p.28.
- GARCIA, M.A. *et al.* 2004. Cultivo de pimentón variedad UNAPAL Serrano. Universidad Nacional Palmira, Programa de Investigación en Hortalizas. Impreso Universitario. p. 18

JARAMILLO J. y LOBO, M. 1983. Pimentón. En: Manual de hortalizas, ICA. p. 121-144. Manual de asistencia técnica No 28. p. 585.

JARAMILLO J. 1988. Recomendaciones para el cultivo del pimentón en el Valle del Cauca. En: Guía para la producción de hortalizas. Asiava. Cali p. 56-102.

LEMA, R. 1995. Comercialización de semillas importadas de cilantro, zapallo y pimentón en Colombia y plántulas de pimentón en el departamento del Valle. Universidad Nacional de Colombia. Tesis de maestría en tecnología de producción agrícola. Bogotá. p. 184.

LÓPEZ, C.A. y QUEZADO, A.M. 1997. Doencas Bacterianas das hortalizas. Diagnose e controle. Brasília, Embrapa, CNPH. p. 70.

MACNAB, A.A.; SHERE, A.F.; SPRINGER, J.K.,1983. Identifying diseases of vegetables. The Pennsylvania State, University Park, Pensilvania. p. 61.

MADERO, E. y OLAYA, R.E. 1995. Respuesta de tres cultivares de pimentón a la fertilización nitrogenada y completa. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. Programa de investigación en hortalizas. Impreso Universitario. p. 18 .

NUEZ F 1998. Producción de chiles y pimentones. Madrid, Mundiprensa. p. 406.

PALACIOS, Y. 1988. Plántulas de hortalizas en condiciones controladas. En: Guía para la producción de hortalizas. Asiava. p. 30-32

PALACIOS, Y. 1988 .Manejo de poblaciones y densidades de siembra en hortalizas. ICA, Palmira. p. 29

SÁNCHEZ, M. *et al* .2002. El control integrado de arvenses en la producción de hortalizas. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. Impreso Universitario.

VALLEJO, EA. y GARCÍA, M. 1999. Nuevo cultivar de pimentón *Capsicum annuum* L., adaptado al Valle del Cauca: UNAPAL – Serrano. Acta Agronómica, Vol. 49, No. 3/4. p. 11-15.

VILLACHILLA, H. 1996. Frutas y hortalizas promisorias de la amazonía. Tratado de cooperación agronómica. Perú.

Paginas WEB

http://www.ent.lastate.edu/ipm/hortnews/1996_5-3

www.pvc.ci/sw-edu/hortalizas/html.

[Cc1/http/www.cc1.org.co/Exotica\(2001\)](http://www.cc1.org.co/Exotica(2001))

El cultivo de la cebolla de bulbo

Allium cepa L.

4. El cultivo de la cebolla de bulbo

Allium cepa L.

4.1 Generalidades del cultivo

4.1.1 Importancia económica

La cebolla es la hortaliza económicamente más importante después del tomate. La cebolla es cultivada mundialmente en una extensión aproximada de 1.500.000 hectáreas y su producción es de 180.243.000 toneladas, para un rendimiento promedio mundial de 11.7 t/ha. (FAO, 2002)

Los principales países exportadores son Holanda, España, Estados Unidos, India e Italia. Los principales países compradores son Alemania occidental, Reino Unido, Francia y Canadá.

4.1.2 Valor nutritivo

Teniendo en cuenta el contenido de proteína, vitaminas y minerales, la cebolla no es una buena fuente nutritiva. La cebolla es utilizada para condimentación en estado fresco, deshidratada como materia prima para la industria alimenticia y farmacéutica.

Las principales características que determinan la calidad industrial de la cebolla son: bulbos pequeños, alta pungencia, alta cantidad de sólidos totales (materia seca) y que no formen pigmentos amargos al ser procesados.

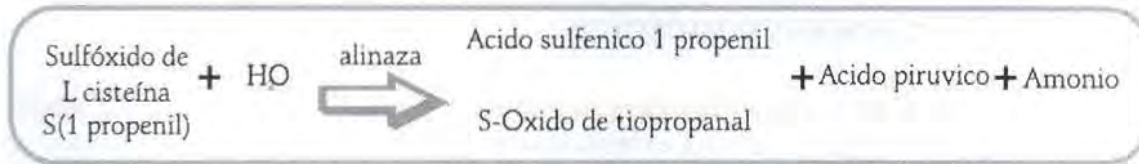
a. Contenido de sólidos totales

Un buen contenido industrial (peso de materia prima/ producto deshidratado), depende de la cantidad de sólidos totales de las variedades. La cantidad de sólidos totales de las cebollas varía entre 5 y 20%. La alta cantidad de sólidos solubles está ligada a alta pungencia y a la buena calidad de almacenamiento. Los factores que influyen en el contenido de sólidos totales son: estado de desarrollo de la planta, precipitación, periodo de almacenamiento, variedad y condiciones climáticas.

b. Alta Pungencia

Pungencia es la combinación del aroma y el sabor de la cebolla. Esta pungencia ocasiona una irritación en la mucosa de la nariz, la boca y en los ojos.

Las plantas del genero *Allium* posee un número grande de compuestos orgánicos ligados al azufre. El principal compuesto responsable de la pungencia es el compuesto sulfurado sulfóxido de L cisteína S-(1 propenil) el cual en el momento de la ruptura de los tejidos sufre el ataque de la enzima *Alinasa* dando lugar a la formación de los ácidos sulfénico pirúvico y al amonio.



El S-óxido de tiopropanal es el responsable del efecto lacrimógeno y el ácido pirúvico esta relacionado con la intensidad del sabor y aroma. El contenido del ácido pirúvico ha sido usado para medir la pungencia, de la siguiente manera:

Pungencia fuerte: 15-20 μ moles de ácido pirúvico /g de cebolla
 Pungencia media: 8-10 μ moles de ácido pirúvico /g de cebolla
 Pungencia baja: 2-4 μ moles de ácido pirúvico /g de cebolla

La cebolla es utilizada como agente aromatizante, y al ser deshidratada incrementa la cantidad de pungencia. Los factores que influyen en la pungencia son: contenido de azufre y agua en el suelo, almacenamiento y métodos de procesamiento.

c. Forma del bulbo

Se prefieren los bulbos ovalados. No son bien aceptados los bulbos achatados.

d. Coloración de la cebolla

Se prefieren las cebollas blancas, para la deshidratación, por su apariencia y por que no presentan principios amargos.

e. Resistencia al almacenamiento

Los bulbos deben soportar almacenamiento ambiental por dos o tres meses, con un mínimo de pudrición, marchitez y brotamiento.

La cebolla tambien presenta algunos principios terapéuticos:

Acción inhibidora de algunos microorganismos

En la cebolla se observa la presencia de sustancias con actividad antibiótica sobre

Staphylococcus aureus. También se ha observado que el jugo de la cebolla o ajo inhiben el crecimiento de *Pseudomonas aeruginosa* y *Escherichia coli*. Como consecuencia de esto, se afirma que el uso de la cebolla protege el aparato digestivo contra algunas infecciones.

Acción hipoglicémica

Se ha observado que el aceite de la cebolla posee un compuesto sulfurado con capacidad de disminuir el nivel de glucosa en la sangre de ratones. El mecanismo de esta acción hipoglicémica es desconocido y se lanza la hipótesis de que este compuesto sulfurado tenga la capacidad de desprender la insulina ligada a la sangre, tornándola capaz de actuar sobre el azúcar sanguíneo, bajando su nivel.

Acción protectora contra la arteriosclerosis

Se afirma que el consumo regular de cebolla y ajo tiene un efecto reductor de la arteriosclerosis.

4.1.3 Origen de la cebolla

Existen dudas en cuanto al centro de origen de la cebolla. Hasta la fecha no han sido encontradas especies silvestres de *A. cepa*. La mayoría de los botánicos están de acuerdo con Vavilov que designó a Asia Central (Pakistán) como su posible centro de origen, debido a la gran diversidad de plantas invasoras del género *Allium* encontradas en esa región. Por otro lado, el Oriente próximo y la región del Mediterráneo son considerados como posibles centros de domesticación (centros de origen secundarios).

El cultivo de la cebolla es muy antiguo. Evidencias arqueológicas del año 3.200 a.C. muestran que los egipcios lo usaron como alimento, en rituales religiosos y en medicina. La domesticación de la cebolla estuvo basada probablemente en selección de caracteres de planta y bulbo, a través de la selección masal, efectuada antes del florecimiento.

4.1.4 Botánica

La cebolla pertenece a la familia *Liliaceae* que posee más de 600 especies en la zona templada. Existe solamente la forma cultivada y su número cromosómico es $2n = 16$. Posee la siguiente clasificación botánica:

Grupo: Angiosperma

Orden: Liliales

Género: *Allium*

Clase: Monocotiledoneas

Familia: Liliaceae

Especie: *Allium cepa* L.

Las formas hortícolas de *Allium cepa* L. se ubican en tres grupos de variedades botánicas:

a. Grupo typicum: *Allium cepa* var. cepa:

Grupo de cebollas comunes, bulbos simples, grandes, inflorescencias típicamente sin bulbitos, plantas casi siempre originarias de semilla botánica. En este grupo están todas las cebollas comercialmente importantes. Muestra una extrema variación en el color y forma los bulbos y responde a la temperatura y fotoperiodo. El número cromosómico de los tipos cultivados es de $2n=16$ cromosomas.

b. Grupo aggregatum: *Allium cepa* var. aggregatum:

Grupo de las cebollas con bulbos compuestos, inflorescencia típicamente sin bulbitos, puede producir semillas o ser estéril. Multiplicación casi exclusivamente vegetativa. Este grupo se caracteriza por la presencia de muchos bulbos laterales y que son usados por la propagación. Posee tres formas distintas: cebolla papa, cebolla siempre lista y cebolla chalote.

c. Grupo proliferum: *Allium cepa* var. proliferum:

Los bulbos son pobremente desarrollados. La inflorescencia está cargada de bulbitos y usualmente sin semillas botánicas, reproduciéndose vegetativamente por bulbitos que se originan en la inflorescencia.

Existen otras especies cultivadas, relacionadas a la especie *A. cepa*:

a. *Allium sativum* (ajo):

Las flores abortan y se forman bulbitos en la inflorescencia; casi no se produce polen. Se reproduce vegetativamente y el mejoramiento es basado en selección clonal y mutaciones. Posee $2n=16$ cromosomas.

b. *Allium fistulosum* (cebolla de rama):

Especie muy variable clonalmente, a veces produce bulbitos en la inflorescencia, no produce bulbos. Es una especie muy importante en Colombia. Posee $2n=16$ cromosomas.

c. *Allium ampeloprasum* (puerro, ajo de cabeza grande):

Posee $2n=16,24,32,40,48$ cromosomas y dos formas cultivadas: *A. porrum* y *A. kurrat*.

d. *Allium schoenoprasum* (cebollino):

Posee $2n=16,24,32$ cromosomas.

e. *Allium chinense* (Rakkyo):

Posee $2n=16,24,32$ cromosomas.

f. *Allium tuberosum* (cebollino chino)

Es posible efectuar algunos cruzamientos interespecíficos, procurando crear nuevos tipos fértiles. Por un proceso de duplicación cromosómica, un híbrido estéril puede, algunas veces, tornarse fértil.

En el cruzamiento de *Allium cepa* x *Allium fistulosum*, el híbrido F₁ anfidiplóide posee alguna fertilidad y presenta mayor vigor vegetativo que los progenitores. El apareamiento de cromosomas en el anfidiplóide es el *A. fistulosum* con *A. fistulosum* y *A. cepa* con *A. cepa*, pero ocasionalmente puede ocurrir apareamiento de *fistulosum* con *cepa*.

4.1.5 Morfología de las cebollas comunes

La cebolla de bulbo es una planta herbácea, de hojas grandes, subcilíndricas, cerosas y huecas. Las hojas nuevas son cubiertas por las más viejas. La parte comercial es un bulbo tunicado, grande, comúnmente simple, concéntrico formado por el ensanchamiento de las vainas de las hojas, sobreponiéndose unas a otras, constituyendo un órgano de reserva donde son acumulados hidratos de carbono. La película externa es seca, brillante y de coloración variable (amarilla, roja, morada o blanca) dependiendo de la variedad denominada túnica. (Figura 1)

El tallo es un disco comprimido en la parte inferior del bulbo, de donde salen las raíces fasciculadas, poco ramificadas que pueden explorar un volumen de suelo equivalente a 25 cm. de diámetro y 30 cm. de profundidad, pero normalmente en los 20 cm. superiores del suelo se encuentra la mayor concentración de raíces.

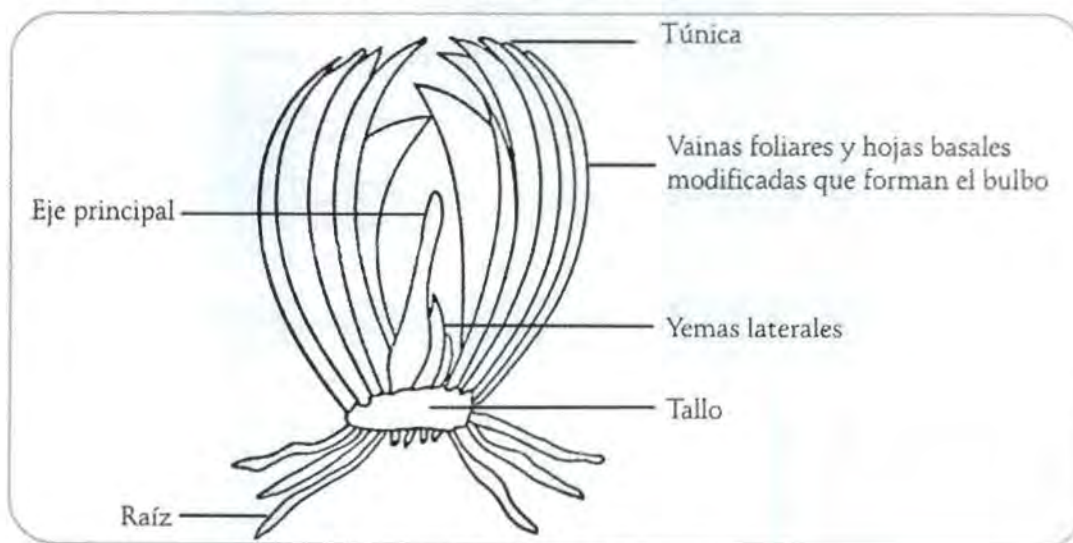


Figura 1. Esquema de una planta de cebolla de bulbo, *A. cepa* L.

En el momento de la floración la cebolla emite un escapo floral de 60-150 cm. de altura. Cuando la siembra se efectúa utilizando bulbos, se pueden formar de 1 a 20 escapos florales, dependiendo del tamaño del bulbo y condiciones ambientales.

Las flores son numerosas variando entre 50 y 2.000, hermafroditas, con pétalos violetas o blancos, con 2 ó 3 brácteas, dispuestas en una umbela grande. Estambres interiores salientes y con un diente de cada lado, ovario sésil, trilocular (Figura 2). El fruto es una cápsula globular, con dos semillas en cada lóculo (Figura 3).

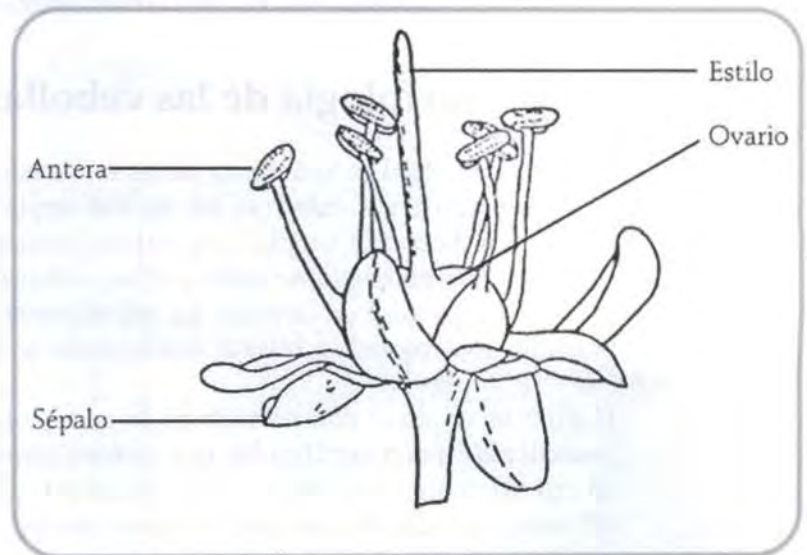


Figura 2. Esquema de una flor individual de cebolla de bulbo, *A. cepa* L.

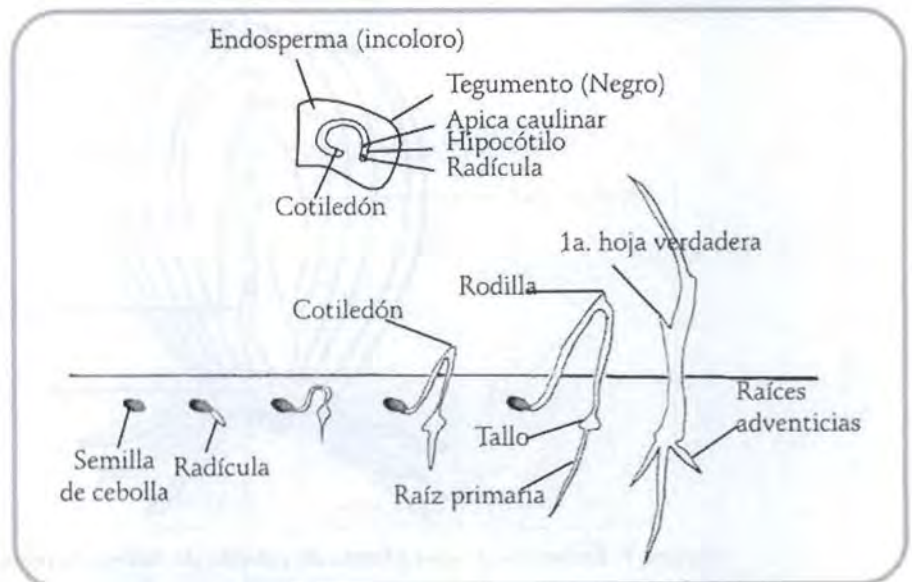


Figura 3. Diagrama de sección longitudinal de la semilla de cebolla mostrando sus estructuras. (a) Proceso de germinación. (b) Fases iniciales de crecimiento.

4.1.6 Fisiología del desarrollo y reproducción

La cebolla de bulbo es una planta anual para la producción del bulbo y bianual para la producción de semillas. Persiste vegetativamente por medio de bulbos o sexualmente a través de semilla.

Factores que afectan la producción de bulbos

Fotoperiodo

La cebolla, fisiológicamente, es una planta de días largos para la formación de bulbos. La bulbificación ocurre cuanto la duración del día es igual o superior a un mínimo crítico. De acuerdo al fotoperiodo mínimo crítico, los cultivares de cebolla pueden ser clasificados en:

- Cultivares de días cortos: exigen 11-12 horas de luz,
- Cultivares de días intermedios: exigen 13-14 horas de luz,
- Cultivares de días largos: exigen más de 14 horas de luz.

Cuando un cultivar de días intermedios es sembrado en una región con fotoperiodo menor que el nivel crítico del cultivar, no se forman bulbos en su totalidad y se presenta desuniformidad en la maduración. Cuando un cultivar de días cortos es sembrado en regiones con fotoperiodo mayor que el nivel crítico, la bulbificación es prematura y el tamaño de los bulbos es reducido. Así, en Colombia, solo se utilizan cultivares de días cortos.

Temperatura

La formación de bulbos es acelerada en condiciones de altas temperaturas. La bulbificación es retardada en condiciones de bajas temperaturas. Temperaturas excesivamente altas (superiores a 32°C), en la etapa inicial de desarrollo de las plantas, pueden provocar bulbificación prematura indeseable. Por el contrario, exposición de las plantas a bajas temperaturas (<10°C) y por periodos prolongados puede inducir el florecimiento prematuro (bolting), lo cual es indeseable por cuanto el objetivo básico es la producción comercial de bulbos y no la producción comercial de semillas.

Nutrición mineral

Altos niveles de nitrógeno retardan la formación del bulbo. Deficiencias de este elemento pueden acelerar la maduración de bulbos y reducir su tamaño.

Suministro de agua

Exceso de irrigación puede ocasionar retraso en la formación del bulbo, hasta en 20 días o más, en relación al ciclo normal del cultivo.

Daños a la planta

Defoliaciones severas retardan o inhiben la formación del bulbo o reducen su tamaño.

Factores que afectan la fase reproductiva

El factor responsable del florecimiento del bulbo o de la planta de la cebolla es la temperatura. Para pasar de la fase vegetativa a la reproductiva se necesita de la diferenciación de las meristemas en yemas florales. Este paso, generalmente, es inducido por temperaturas entre 4 y 15°C por periodos variables, 20-60 días, dependiendo de la variedad.

A pesar de existir poca información sobre los cambios bioquímicos asociados con el paso de la fase vegetativa a la reproductiva, se ha observado un incremento en la actividad hormonal (giberelina) justamente antes del inicio de la formación de la inflorescencia, en bulbos almacenados, sugiriendo una asociación con el frío (vernalización).

Los efectos de la temperatura sobre bulbos almacenados en la iniciación de la floración son complejos porque la temperatura afecta a muchos procesos simultáneamente. La dormancia y la baja actividad fisiológica dentro del bulbo son mantenidas por temperaturas muy bajas (0°C) ó altas (25-30°C); por lo tanto, es de esperarse que esas temperaturas puedan retrasar o inhibir la iniciación de la floración. La tasa máxima de desarrollo en el interior del bulbo ocurre a 15°C y la iniciación de la floración, generalmente requiere temperaturas bajas que no excedan de 17°C. La emergencia de las inflorescencias también es favorecida por temperaturas cercanas a 17°C. puede presentarse la reversión de las yemas florales a la condición vegetativa (desvernalización) cuando los bulbos vernalizados son sometidos a temperaturas elevadas de almacenamiento(28-30°C).

La cantidad de frío necesario para inducir floración depende de:

- Cultivar: existen cultivares que requieren menor cantidad de frío para iniciar la floración, como ejemplo el cultivar Barreiro; en cambio, las variedades Texas Grano 502, Excel, son de difícil florecimiento en condiciones tropicales.
- Tamaño del bulbo-madre: bulbos grandes favorecen la iniciación del florecimiento. Bulbos grandes, almacenados a 9-13°C inician el florecimiento más rápido que bulbos pequeños.

4.1.7 Biología floral

La cebolla presenta *dicogamia* (protandria). Las anteras emiten casi todo el polen durante un periodo de 9-17 horas, 26 a 36 horas antes de que el estigma sea receptivo. Además del fenómeno de la protandria, el polen de la planta extraña se desarrolla más rápidamente que el polen de la propia planta. Estos factores asociados hacen que la cebolla sea una planta alógama.

Una umbela puede estar en florecimiento durante una semana, pero toda la planta puede florecer durante 30 días. Con frecuencia la fecundación se hace entre flores de la misma umbela y es hecha principalmente a través de insectos polinizadores que van en busca de néctar. Los vientos y la caída del polen por gravedad poco influyen en la polinización que es cruzada y entomófila debido a abejas y avispas. Las flores jóvenes y adultas pueden encontrarse en posiciones adyacentes y no las adultas abajo y las jóvenes en el ápice como acontece comúnmente en este tipo de inflorescencias.

Tasa de cruzamiento natural

La tasa de cruzamiento natural en la cebolla está en torno del 70%, sin embargo, en condiciones de cultivo, el 30% de plantas autofecundadas son eliminadas debido a su menor capacidad de sobrevivencia porque la autofecundación reduce grandemente el vigor de la planta por efecto de endocria.

FloreCIMIENTO

El florecimiento depende de la variedad pero es inducido exclusivamente por temperaturas frías. El fotoperiodo casi no afecta la iniciación de la floración. Temperaturas de campo entre 10.8-16.8°C inducen 100% floración en las variedades "Ebenezer" y "Red wethersfield", a 16.8-22.8°C, no se presenta florecimiento. Sin embargo, existe variación genética entre los cultivares de cebolla en cuanto a las susceptibilidad de floración.

El florecimiento también es afectado grandemente por las temperaturas de almacenamiento de los bulbos. Temperaturas entre 4.5 a 14°C durante 20-60 días, inducen florecimiento de la cebolla. Existe, entre las variedades de cebolla, una respuesta diferencial en cuanto a la exigencia de bajas temperaturas de almacenamiento para la inducción de la floración. Por lo tanto existen variedades muy exigentes en bajas temperaturas para florecer, y variedades que pueden producir semilla en ausencia de refrigeración o "vernalización".

La rápida formación del bulbo, tal como ocurre en regiones de temperaturas altas, puede suprimir la emergencia de la inflorescencia. Temperaturas altas en el inicio del desarrollo

puede reducir el florecimiento de dos maneras: por la disminución de la iniciación de la floración o por el favorecimiento de una rápida bulbificación.

4.1.8 Técnicas de polinización asistida

Autofecundación

Cuando se necesiten pequeñas cantidades de semilla autofecundada por planta, se efectúa el siguiente procedimiento:

Las umbelas deben ser cubiertas con bolsas de papel a prueba de agua, tan pronto las primeras flores comiencen la apertura. Una vez por día, las bolsas de papel deben ser sacudidas vigorosamente, generalmente en las horas de la tarde cuando el polen está seco, para facilitar la circulación del polen. Si las umbelas son pequeñas se pueden colocar 2 o más umbelas de la misma planta dentro de la bolsa de papel.

Cuando se requieren grandes cantidades de semilla autofecundada, se puede ejecutar el siguiente procedimiento:

- Las umbelas son colocadas en una pequeña jaula de polinización de 25cm. de diámetro por 30cm. de longitud hecha de tela apropiada en un armazón de alambre. Esta jaula tiene generalmente una abertura en la parte superior del armazón.
- La jaula es colocada sobre las umbelas que serán autofecundadas.
- Se colocan moscas caseras, *Musca domestica* dentro de la jaula por la abertura superior y se amarra finamente la tela de la jaula en torno del pendón floral.
- Es aconsejable criar las moscas caseras especialmente para polinizar con el fin de evitar la contaminación con polen extraño. Se puede usar alimento de perros, cabeza de pescado o sangre seca de matadero para producir moscas. Se pueden almacenar pupas a 7- 8°C por 3-4 semanas. Bajo condiciones ideales una misma mosca puede hacer polinización por 2-3 semanas, pero si ocurre alta temperatura durante ese periodo, el índice de mortalidad se eleva y son necesarias las renovaciones cada día o cada dos días.
- Después de que ocurra la polinización se debe retirar las jaulas de las umbelas. La cosecha de las semillas se efectúa cuando 1/4 de las cápsulas están abiertas, luego son secadas y almacenadas.

Cruzamiento

El cruzamiento de cebolla es fácil y puede ser hecho de la siguiente forma:

- Se coloca la mano sobre la umbela (padres) que esté liberando polen, con el fin de coleccionar polen.
- Enseguida se pasa la mano con polen sobre la umbela madre con la cual se quiere efectuar el cruzamiento y que posea los estigmas receptivos.
- Para proceder a un nuevo cruzamiento, se debe hacer la desinfección de la mano con alcohol, éter o cloroformo.
- También se puede utilizar las jaulas de polinización ya mencionadas. Como una planta generalmente tiene varias umbelas, el mejorador puede cruzar una misma planta con varias otras, al mismo tiempo.

4.1.9 Herencia de algunos caracteres de interés hortícola

Coloración del bulbo

La cebolla posee tres colores básicos: rojo, amarillo y blanco. La coloración del bulbo depende de tres genes: C, R e I. Los genes C y R son complementarios y el gen I es inhibidor del color. En el par de alelos inhibidores (I, i) se presenta dominancia incompleta.

Los genotipos y fenotipos posibles para color de bulbo son los siguientes:

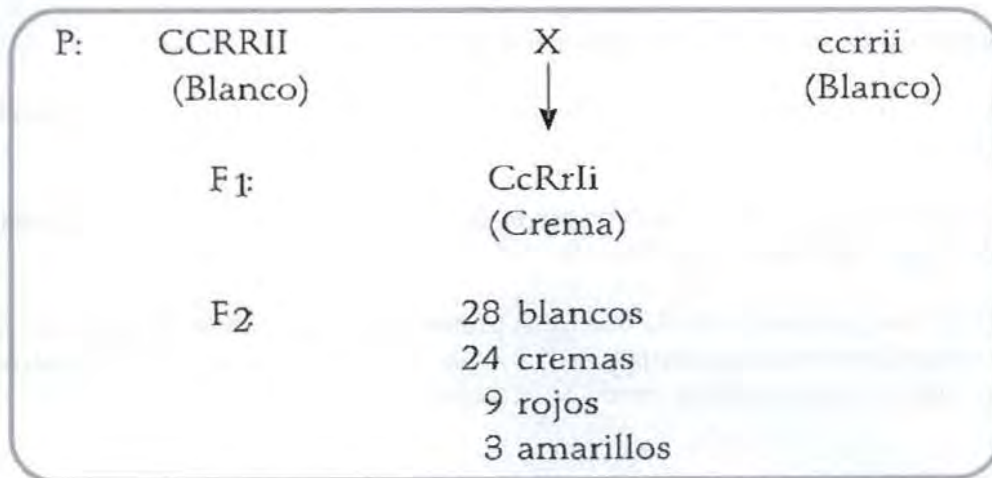
Cuando el gen C está junto al gen R se produce el bulbo rojo, siempre y cuando el gen inhibidor I esté ausente.

Cuando el gen C no es complementado por el gen R se produce el bulbo amarillo, siempre y cuando el gen inhibidor I esté ausente.

Se presentan dos grupos de cebolla blanca: el primer grupo posee los genotipos cc -- ii y el segundo grupo poseen los genotipos ---II ó ---Ii. Cuando se presenta la combinación C---Ii se obtiene una coloración crema en el bulbo.

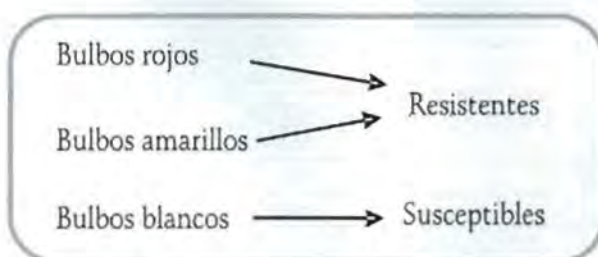
Genotipo	Fenotipo
CC RR ii	Rojo homocigoto
Cc RR ii	Rojo heterocigoto
CC Rr ii	Rojo heterocigoto
Cc Rr ii	Rojo heterocigoto
CC rr ii	Amarillo homocigoto
Cc rr ii	Amarillo heterocigoto
cc RR ii	Blanco homocigoto recesivo
cc Rr ii	Blanco heterocigoto recesivo
Cc rr ii	Blanco heterocigoto recesivo
----- II	Blanco homocigoto dominante
----- Ii	Blanco crema heterocigoto recesivo

El primer grupo de cebolla blanca (ii) se diferencia del segundo grupo (II ó Ii) por la reacción al amoniaco: una hoja modificada del bulbo recién cortada, expuesta a los vapores del amoniaco no cambia su coloración blanca si pertenece al primer grupo; si es el segundo grupo adquiere una coloración amarilla oscura debido a la formación de flavonas. Esto es importante por cuanto la industria requiere bulbos blancos que no cambien su coloración en el proceso de deshidratación. En un estudio de segregación de colores, se han obtenido los siguientes resultados:



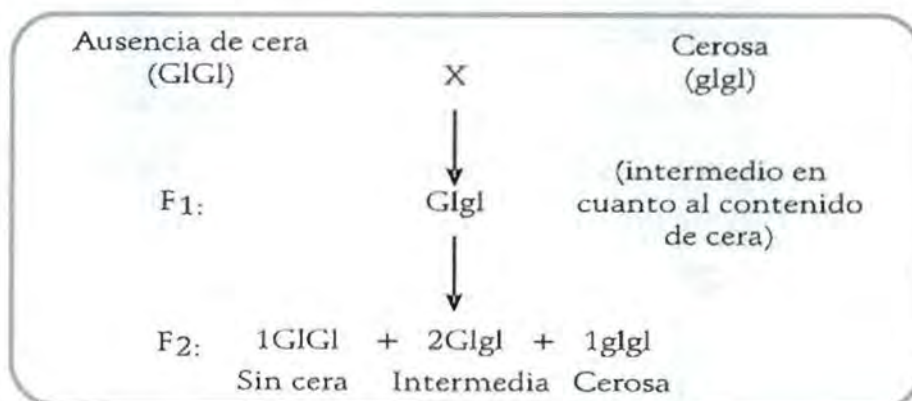
La coloración del bulbo está ligada a la resistencia o susceptibilidad a *Colletotrichum gleosporoides*. Los compuestos fenólicos solubles en agua (ácido protocatecoico y catecol), precursores de los pigmentos, están presentes en las escamas secas exteriores de los bulbos rojos o amarillos y son tóxicos al hongo. Los bulbos blancos no poseen esos compuestos y por lo tanto son susceptibles.

Para el hongo *Aspergillus sp.* se presenta una reacción diferente: las cebollas con bulbos rojos o amarillos son rápidamente atacadas por el hongo y las de bulbos blancos son más resistentes.



Cerosidad de las hojas

Las variedades que presenta este carácter muestran hojas brillantes debido a la excreción de cera en la cara externa de la hoja. La presencia de cera en las hojas es gobernada por un gen recesivo designado como *gl* (glossy) y el alelo dominante *Gl* (non glossy) exhibe dominancia incompleta.



La ventaja de las cebollas con cera en las hojas (tipo glossy) es la gran resistencia a las enfermedades del follaje, porque estas hojas no retienen agua, dificultando el desarrollo de hongos. También está asociada con resistencia a trips.

Androesterilidad

La androesterilidad fue encontrada, por primera vez en el mundo, en 1925, por H.A.Jones, en Davis, en la línea 13-53 de la variedad de cebolla Red Italian .

La androesterilidad es del tipo genético - citoplasmático, con un factor en el citoplasma responsable de la esterilidad(S) y un locus responsable de la restauración de la fertilidad presente en el núcleo(MS/ ms). Los genotipos y fenotipos posibles de la interacción genético - citoplasmática son los siguientes:

Genotipos		Fenotipos
Citoplasma	Núcleo	
N	MsMs	Fértil
N	Msms	Fértil
N	msms	Fértil
S	MsMs	Fértil
S	Msms	Fértil
S	msms	Androestéril

Donde: S es el factor citoplasmático para androesterilidad; N es el factor citoplasmático para fertilidad, Ms es el gen restaurador de fertilidad, dominante sobre el alelo ms. Solamente el genotipo S-ms ms es androestéril.

Las plantas androestériles se pueden reconocer en el campo porque las umbelas presentan un aspecto quemado y las anteras son pequeñas en comparación con las de plantas normales. Utilizando lupa de 10 aumentos se puede observar que las anteras son arrugadas, cerradas o con pequeña abertura. Cuando los granos de polen son tratados con acetocarmin, toman coloración roja cuando son fértiles y son incoloros cuando son estériles.

La importancia de la androesterilidad radica en la posibilidad de producir híbridos comerciales, utilizando la emasculación genética. Cuando una línea androestéril, S-ms ms es cruzada con líneas fértiles de diferente constitución genética se pueden obtener los siguientes resultados:

♀ Androestéril	♂ Fértil	Progenies
S-ms ms	X N-Ms Ms	→ S-Msms (fértiles)
S-ms ms	X N-Ms ms	→ S-Ms ms + S-ms ms (½ fértiles) + (½ estériles)
S-ms ms	X N-ms ms	→ S-ms ms (estériles)
S-ms ms	X S-Ms Ms	→ S-Ms ms (fértiles)
S-ms ms	x S-Ms ms	→ S-Ms ms + S-ms ms (½ fértiles) + (½ estériles)

Analizando las progenies se puede observar que el carácter androestéril solamente puede ser mantenido por el cruzamiento de dos líneas con las siguientes condiciones: la línea hembra debe ser homocigota para S-ms ms y la línea macho debe ser homocigota para N-ms-ms. El factor citoplasmático fértil (N) no se transfiere durante el cruzamiento (herencia materna), solamente suministra la fertilidad al polen en la línea macho. La línea N- ms ms es conocida como línea mantenedora o línea B y la línea S-ms ms como línea A. cualquier otra combinación de factores genéticos - citoplasmáticos en la línea macho dará progenies fértiles o segregantes.

Peso de bulbo

Es un carácter de herencia poligénica. Dependiendo de las poblaciones y del ambiente, se han encontrado coeficientes de heredabilidad comprendidas entre 0.12-0.39.

Formato del bulbo

El formato puede ser descrito como la relación altura/diámetro del bulbo, siendo 1 para bulbos de formato redondo y próxima a 0.5 para bulbos achatados. La herencia es poligénica y la heredabilidad fluctúa entre 0.32 y 0.67.

Contenido de materia seca

Los cultivos varían mucho en cuanto al contenido de materia seca. Se presenta una correlación genética negativa entre producción de bulbo y porcentaje de materia seca (-0.86). Este carácter se relaciona con la capacidad de conservación de los bulbos en poscosecha. Posee herencia poligénica.

Contenido de sólidos solubles

Se relaciona con el contenido de materia seca. Su herencia es poligénica y la heredabilidad varía entre 0.33 y 0.81.

Conservación poscosecha

Las pérdidas poscosecha varían entre 10-20%. Dos factores intervienen en la conservación de bulbos poscosecha: a) enfermedades de almacenamiento tales como las causadas por *Fusarium*, *Aspergillus niger*, *Botrytis allii* y por varias bacterias, y b) dormancia del bulbo; después de la maduración de los bulbos, éstas entran en dormancia, donde no hay emisión de raíces y hojas; es un carácter muy variable.

FloreCIMIENTO prematuro

Carácter indeseable, consistente en la emisión de la inflorescencia en el ciclo de la producción del bulbo.

4.1.10 Producción de híbridos usando androesterilidad

Para la producción de semillas híbridas de cebolla, usando la androesterilidad, se necesitan tres líneas A, B y C.

Línea A: es la línea androestéril (S-ms ms).

Línea B: es la línea usada para mantener la línea A: (N-ms ms).

La línea B es genéticamente semejante a la línea A, excepto en la producción del polen.

Línea C: N-Ms Ms, es genéticamente diferente a la línea A y es usada para hacer el cruzamiento con la línea A, para la producción de semilla híbrida.

Producción de la línea androesteriles (Línea A)

Para producir líneas machoestériles se toma como ejemplo la producción de líneas androestériles en la variedad comercial Red Creole, usando una fuente conocida de androesterilidad (Línea 13-53 Red Italian)

Producción de la línea B en la variedad Red Creole

Se toma la fuente de machoesterilidad, línea A . (13 - 53 de Red Italian) y se cruza con la variedad de interés (Red Creole). Si la progenie de ese cruzamiento fuese toda androestéril, entonces la planta probada de Red Creole sería N ms ms. Semillas provenientes de autofecundación a partir de esa planta probada formará la línea B (N- ms ms).

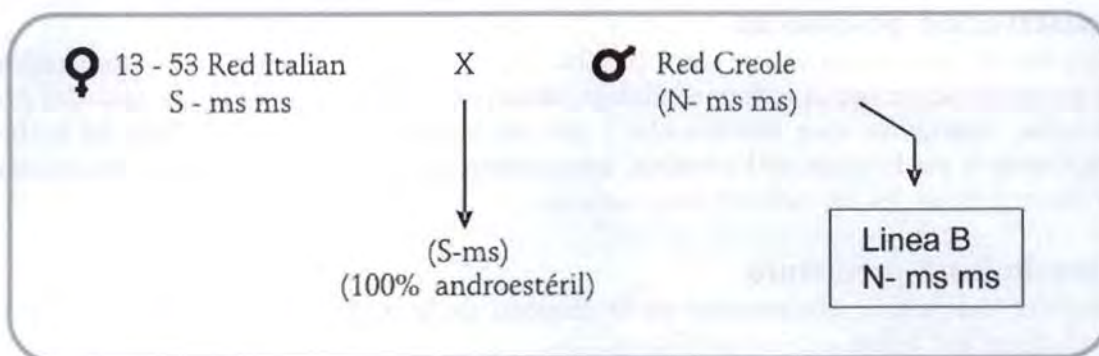


Figura 4. Esquema para producir la línea B (línea mantenedora de la androesterilidad) usando una fuente conocida de androesterilidad.

Producción de la línea A en la variedad Red Creole

Utilizando la progenie F₁ del cruzamiento anterior se procede, por retrocruzamiento, a producir la línea A que será igual a la línea B excepto que será androsteril.

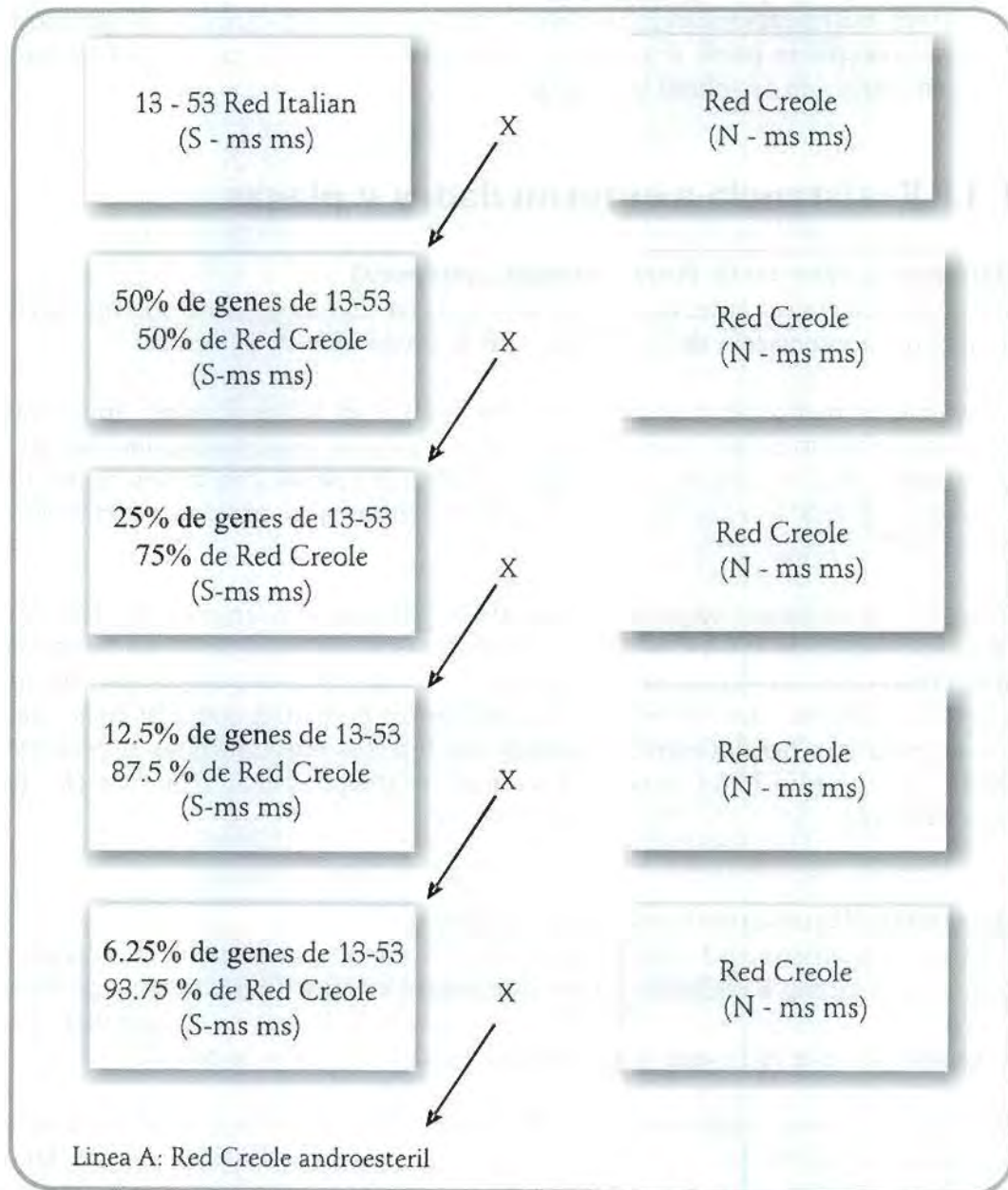


Figura 5. Esquema para producir la línea A en la variedad Red Creole

Mantenimiento de la línea A

Las plantas androestériles pueden ser identificadas fenotípicamente de dos maneras:

- a. Examen en el campo: las plantas androestériles poseen las anteras menores y arrugadas.
- b. Examen microscópico: cuando el polen es tratado con acetocarmín y observado bajo el microscopio se puede tener dos posibilidades: polen fértil es coloreado y lleno; y polen estéril, no se colorea y es vacío.

4.1.11 Resistencia a enfermedades y plagas

Resistencia a *Alternaria Porri*; (mancha púrpura)

Es una de las principales enfermedades de la cebolla en Colombia, causa severos daños en la producción, conservación de los bulbos y en la producción de la semilla.

Los síntomas primarios se manifiestan en las hojas y en tallos florales. Inicialmente aparecen pequeñas manchas blancas, elípticas o irregulares. Bajo condiciones ideales, las manchas aumentan de tamaño, adquiriendo coloración parda, con zonas concéntricas más oscuras. Hojas severamente atacadas se marchitan y se arrugan generalmente a partir del ápice.

Existe poco conocimiento sobre la genética de la resistencia, solamente que las hojas y tallos florales de determinadas variedades son más resistentes que otras. La resistencia a la enfermedad está relacionada con la espesura de la cutícula y el depósito de cera en las hojas y tallos florales. Las variedades más resistentes presentan cutículas más gruesas, pero si se presentan heridas como la causada por insectos puede facilitar la penetración del hongo. La variedad Red Creole presenta más resistencia que la White Creole, Texas grano y Bermuda.

Resistencia a *Peronospora destructor* (mildiu)

El mildiu es una enfermedad cosmopolita, pero con importancia variable de acuerdo con las condiciones locales o regionales. Esta enfermedad es muy limitante en la producción de semilla. Su ocurrencia en la fase de la producción de bulbos es excepcional. Es un parásito obligado que es llevado por los bulbos en la producción de semilla.

Se presenta con lesiones elípticas grandes elongadas a lo largo de las hojas o tallos florales. Presentan zonas concéntricas de tejido clorótico y de varias tonalidades de amarillo, muchas veces cubierta de esporulación blanquecina del hongo. Poco se conoce sobre su resistencia genética y su control se lo efectúa mediante la aplicación oportuna de fungicidas.

Resistencia a *Pyrenochatea terrestris* (raíz rosada)

Es un hongo del suelo que ataca el sistema radicular de la cebolla, ajo y otras especies del género *Allium*. En las raíces aparecen lesiones de color rosado, que ocasionan la muerte de las raíces afectadas. La raíz rosada predispone a los bulbos a la infección de *Fusarium* sp.

Existen variedades con alguna resistencia tales como: Excel, White Granex, Texas Hybrid 28, Early Cristal, Bahia Piriforme.

Resistencia a trips

Existe variación en la resistencia a trips. Las variedades White Persian, Cristal Wax y Yellow Bermuda son conocidas como resistentes. Esta resistencia está determinada por ciertos caracteres morfológicos, anatómicos o fisiológicos que pueden mantener la población de trips en un mínimo o ayudar a soportar el daño. Hojas circulares están asociadas con resistencia, ángulo de inserción de las hojas y presencia de cera en las hojas.

4.1.12 Mejoramiento genético de la cebolla

La cebolla es una especie con alta variabilidad genética, especialmente para los caracteres agronómicos importantes tales como: tamaño, forma, color, firmeza, porcentaje de materia seca, pungencia, color de hojas, reacción a la longitud del día, resistencia a enfermedades y plagas, capacidad de almacenamiento, retención de escamas, etc.

Esta variabilidad es importante para el mejorador porque a partir de ésta pueden ser creadas un sinnúmero de variedades para todas las condiciones y necesidades.

Un **cultivar ideal** de cebolla debe poseer las siguientes características:

- Alta producción
- Resistencia a enfermedades y plagas limitantes
- Bulbo atractivo
- Ausencia de bulbos múltiples
- Resistencia al florecimiento prematuro
- Uniformidad en tamaño, forma, color y tiempo de maduración
- Debe tener alto rendimiento en semilla
- Resistencia al almacenamiento
- Alto porcentaje de materia seca
- Retención de las escamas
- Túnicas firmes y resistentes a la ruptura

Además, para la industria deben poseer un alto porcentaje de materia seca, blanca, firme y pungente. Para consumo fresco el bulbo debe ser dulce y suave.

Es difícil tener todas estas características en una sola variedad, por lo tanto es necesario producir muchas variedades para los diferentes usos y regiones.

Los métodos de mejoramiento usado en cebolla de bulbo son:

Selección Masal

Este método de mejoramiento es el más usado en cebolla porque permite eliminar los tipos indeseables antes del florecimiento y por lo tanto ha dado resultados espectaculares: la selección es hecha antes del florecimiento, ocurriendo recombinación apenas de las plantas seleccionadas, o sea, la ganancia de la selección ocurre en los dos sexos. El procedimiento simplificado es el siguiente:

- a. Generalmente se inicia el trabajo con 1000-2000 bulbos, como población básica y con variación genética para los caracteres deseados.
- b. Se seleccionan 200-500 bulbos, que reúnan los caracteres deseados, y se someten a vernalización para inducir el florecimiento.
- c. Se siembran para promover la recombinación de las plantas seleccionadas (aquí termina el primer ciclo de selección).
- d. Inicio del segundo ciclo.

Este método ha sido utilizado para mejorar rendimiento, sólidos solubles, florecimiento prematuro, resistencia a enfermedades, etc.

Selección - Autofecundación

- a. Sembrar 1000-2000 bulbos como población básica y con variación genética.
- b. Seleccionar 100-200 bulbos para los caracteres deseados.
- c. Vernalización para inducir florecimiento.
- d. Siembra surco por planta de estos bulbos vernalizados para promover recombinación.
- e. Seleccionar las 25 mejores familias y en cada familia 20 mejores bulbos para obtener 500 bulbos.
- f. Refrigeración.
- g. Autofecundación de las 500 mejores plantas (se autofecunda la mitad de las umbelas y la otra mitad a libre polinización). Con la libre polinización se obtendrá una nueva variedad, con la autopolinización se siembra un surco por planta para una nueva autopolinización.

Resistencia a *Pyrenochatea terrestris* (raíz rosada)

Es un hongo del suelo que ataca el sistema radicular de la cebolla, ajo y otras especies del género *Allium*. En las raíces aparecen lesiones de color rosado, que ocasionan la muerte de las raíces afectadas. La raíz rosada predispone a los bulbos a la infección de *Fusarium* sp.

Existen variedades con alguna resistencia tales como: Excel, White Granex, Texas Hybrid 28, Early Cristal, Bahia Piriforme.

Resistencia a trips

Existe variación en la resistencia a trips. Las variedades White Persian, Cristal Wax y Yellow Bermuda son conocidas como resistentes. Esta resistencia está determinada por ciertos caracteres morfológicos, anatómicos o fisiológicos que pueden mantener la población de trips en un mínimo o ayudar a soportar el daño. Hojas circulares están asociadas con resistencia, angulo de inserción de las hojas y presencia de cera en las hojas.

4.1.12 Mejoramiento genético de la cebolla

La cebolla es una especie con alta variabilidad genética, especialmente para los caracteres agronómicos importantes tales como: tamaño, forma, color, firmeza, porcentaje de materia seca, pungencia, color de hojas, reacción a la longitud del día, resistencia a enfermedades y plagas, capacidad de almacenamiento, retención de escamas, etc.

Esta variabilidad es importante para el mejorador porque a partir de ésta pueden ser creadas un sinnúmero de variedades para todas las condiciones y necesidades.

Un **cultivar ideal** de cebolla debe poseer las siguientes características:

- Alta producción
- Resistencia a enfermedades y plagas limitantes
- Bulbo atractivo
- Ausencia de bulbos múltiples
- Resistencia al florecimiento prematuro
- Uniformidad en tamaño, forma, color y tiempo de maduración
- Debe tener alto rendimiento en semilla
- Resistencia al almacenamiento
- Alto porcentaje de materia seca
- Retención de las escamas
- Túnicas firmes y resistentes a la ruptura

Además, para la industria deben poseer un alto porcentaje de materia seca, blanca, firme y pungente. Para consumo fresco el bulbo debe ser dulce y suave.

Es difícil tener todas estas características en una sola variedad, por lo tanto es necesario producir muchas variedades para los diferentes usos y regiones.

Los métodos de mejoramiento usado en cebolla de bulbo son:

Selección Masal

Este método de mejoramiento es el más usado en cebolla porque permite eliminar los tipos indeseables antes del florecimiento y por lo tanto ha dado resultados espectaculares: la selección es hecha antes del florecimiento, ocurriendo recombinación apenas de las plantas seleccionadas, o sea, la ganancia de la selección ocurre en los dos sexos. El procedimiento simplificado es el siguiente:

- a. Generalmente se inicia el trabajo con 1000-2000 bulbos, como población básica y con variación genética para los caracteres deseados.
- b. Se seleccionan 200-500 bulbos, que reúnan los caracteres deseados, y se someten a vernalización para inducir el florecimiento.
- c. Se siembran para promover la recombinación de las plantas seleccionadas (aquí termina el primer ciclo de selección).
- d. Inicio del segundo ciclo.

Este método ha sido utilizado para mejorar rendimiento, sólidos solubles, florecimiento prematuro, resistencia a enfermedades, etc.

Selección - Autofecundación

- a. Sembrar 1000-2000 bulbos como población básica y con variación genética.
- b. Seleccionar 100-200 bulbos para los caracteres deseados.
- c. Vernalización para inducir florecimiento.
- d. Siembra surco por planta de estos bulbos vernalizados para promover recombinación.
- e. Seleccionar las 25 mejores familias y en cada familia 20 mejores bulbos para obtener 500 bulbos.
- f. Refrigeración.
- g. Autofecundación de las 500 mejores plantas (se autofecunda la mitad de las umbelas y la otra mitad a libre polinización). Con la libre polinización se obtendrá una nueva variedad, con la autopolinización se siembra un surco por planta para una nueva autopolinización.

Resistencia a *Pyrenochatea terrestris* (raíz rosada)

Es un hongo del suelo que ataca el sistema radicular de la cebolla, ajo y otras especies del género *Allium*. En las raíces aparecen lesiones de color rosado, que ocasionan la muerte de las raíces afectadas. La raíz rosada predispone a los bulbos a la infección de *Fusarium* sp.

Existen variedades con alguna resistencia tales como: Excel, White Granex, Texas Hybrid 28, Early Cristal, Bahia Piriforme.

Resistencia a trips

Existe variación en la resistencia a trips. Las variedades White Persian, Cristal Wax y Yellow Bermuda son conocidas como resistentes. Esta resistencia está determinada por ciertos caracteres morfológicos, anatómicos o fisiológicos que pueden mantener la población de trips en un mínimo o ayudar a soportar el daño. Hojas circulares están asociadas con resistencia, ángulo de inserción de las hojas y presencia de cera en las hojas.

4.1.12 Mejoramiento genético de la cebolla

La cebolla es una especie con alta variabilidad genética, especialmente para los caracteres agronómicos importantes tales como: tamaño, forma, color, firmeza, porcentaje de materia seca, pungencia, color de hojas, reacción a la longitud del día, resistencia a enfermedades y plagas, capacidad de almacenamiento, retención de escamas, etc.

Esta variabilidad es importante para el mejorador porque a partir de ésta pueden ser creadas un sinnúmero de variedades para todas las condiciones y necesidades.

Un **cultivar ideal** de cebolla debe poseer las siguientes características:

- Alta producción
- Resistencia a enfermedades y plagas limitantes
- Bulbo atractivo
- Ausencia de bulbos múltiples
- Resistencia al florecimiento prematuro
- Uniformidad en tamaño, forma, color y tiempo de maduración
- Debe tener alto rendimiento en semilla
- Resistencia al almacenamiento
- Alto porcentaje de materia seca
- Retención de las escamas
- Túnicas firmes y resistentes a la ruptura

Además, para la industria deben poseer un alto porcentaje de materia seca, blanca, firme y pungente. Para consumo fresco el bulbo debe ser dulce y suave.

Es difícil tener todas estas características en una sola variedad, por lo tanto es necesario producir muchas variedades para los diferentes usos y regiones.

Los métodos de mejoramiento usado en cebolla de bulbo son:

Selección Masal

Este método de mejoramiento es el más usado en cebolla porque permite eliminar los tipos indeseables antes del florecimiento y por lo tanto ha dado resultados espectaculares: la selección es hecha antes del florecimiento, ocurriendo recombinación apenas de las plantas seleccionadas, o sea, la ganancia de la selección ocurre en los dos sexos. El procedimiento simplificado es el siguiente:

- a. Generalmente se inicia el trabajo con 1000-2000 bulbos, como población básica y con variación genética para los caracteres deseados.
- b. Se seleccionan 200-500 bulbos, que reúnan los caracteres deseados, y se someten a vernalización para inducir el florecimiento.
- c. Se siembran para promover la recombinación de las plantas seleccionadas (aquí termina el primer ciclo de selección).
- d. Inicio del segundo ciclo.

Este método ha sido utilizado para mejorar rendimiento, sólidos solubles, florecimiento prematuro, resistencia a enfermedades, etc.

Selección - Autofecundación

- a. Sembrar 1000-2000 bulbos como población básica y con variación genética.
- b. Seleccionar 100-200 bulbos para los caracteres deseados.
- c. Vernalización para inducir florecimiento.
- d. Siembra surco por planta de estos bulbos vernalizados para promover recombinación.
- e. Seleccionar las 25 mejores familias y en cada familia 20 mejores bulbos para obtener 500 bulbos.
- f. Refrigeración.
- g. Autofecundación de las 500 mejores plantas (se autofecunda la mitad de las umbelas y la otra mitad a libre polinización). Con la libre polinización se obtendrá una nueva variedad, con la autopolinización se siembra un surco por planta para una nueva autopolinización.

4.1.13 Producción de semillas

Producción de bulbos madres

Cuidados:

- Usar semilla básica
- Usar aislamiento de 1.5-2.0 km entre cultivos de cebolla.
- Eliminar plantas con florecimiento precoz durante la fase vegetativa.
- Eliminar plantas que no se vuelcan en la maduración.
- Eliminar plantas enfermas.

Cosecha de bulbos:

- Cuando ocurre secamiento de raíces, marchitez parcial de las hojas y volcamiento de las plantas.

Curación de los bulbos:

- Secamiento parcial de los bulbos en el campo y luego en bodega.
- La cebolla está curada cuando pierde 5% de su peso inicial y la escama externa (cutícula), está seca.
- Uso de cámaras con 45-50°C, durante 16-20 horas es recomendable.

Selección de bulbos:

- Formato adecuado
- Coloración adecuada
- Sanidad
- Tamaño: grandes, medios y pequeños

Vernalización de los bulbos:

- La exigencia de temperatura depende de la variedad
- Generalmente 8-10°C por 60 días
- Algunas variedades producen semillas sin necesidad de vernalización.

Tratamiento de bulbos

- PCNB: 1.5 Kg/litro de agua; inmersión por 5 minutos
- Malathion: insectos plagas
- Thiabendazole: fungicida

Producción de Semillas

Siembra de los bulbos

- En regiones frías y secas.

Floración

- Depende de la temperatura, entre 4.5°C - 14°C se induce floración.

Maduración de las semillas

- Cosecha: cuando la umbela presenta 10% de semillas maduras expuestas.

Beneficiamiento:

- Trilla
- Limpieza
- Secado
- Almacenamiento
- Rendimiento: 300-1000 kg/ha de semilla seca. El peso unidad varía entre 250-300 semillas por gramo.

4.2 Agronomía del cultivo

4.2.1 Adaptación

EL cultivo de la cebolla se desarrolló en el Asia Occidental y en los países mediterráneos por lo cual los cultivares antiguos presentan una fuerte influencia del fotoperiodo y las bajas temperaturas para el inicio de la etapa de bulbificación y la posterior expresión de la etapa reproductiva. El origen subtropical y la posterior dispersión hacia áreas tropicales, ha condicionado la formación tres grupos de cultivares en función de la respuesta a la duración de la luminosidad. Cultivares de días largos (con requerimientos de 14 a 16 horas de luz para la bulbificación); cultivares de días intermedios (con necesidades de 13-14 horas de luz); cultivares de días cortos conocidos como tropicalizados (con excelente bulbificación en periodos de 11-12 horas de luminosidad.(Currah *et al*, 1990); (Jones *et al*, 1963)

En Colombia se adaptan muy bien las variedades de días cortos, cultivadas en pisos térmicos calientes y fríos-moderados entre los 800-2500 m.s.n.m. y temperaturas 16 y 27°C. La formación de bulbos se favorece ampliamente cuando en la zona de cultivo se presenta alta luminosidad, altas temperaturas en el día (25-27 °C) y temperaturas frescas en la noche (16-19 °C), con humedades relativas bajas en el día y en la noche (60-70%).

Los suelos de textura suelta, franco-arenosos o franco-arcillosas, permiten un mayor crecimiento de los bulbos con calibres mayores de 6 cm de diámetro y 100 g./bulbo en peso promedio. Suelos fértiles, ricos en materia orgánica (mayores a 4%) con pH por encima de 6.0 y relaciones de Ca /Mg de 2 a 3, favorecen altos rendimientos y mayores productividades. Este cultivo es extremadamente sensible a las altas saturaciones de sodio (Na) y magnesio (Mg), y bajo estas condiciones se deprime el crecimiento de la planta y la formación de los bulbos. (Bruzón, 1988)

La planta desarrolla un sistema prolífico de raíces secundarias superficiales, por ello crece muy bien en suelos poco profundos que no presenten encostramiento o endurecimiento en el horizonte A.

4.2.2 Epocas de siembra

Cuando se dispone de agua suficiente para el riego suplementario y en la zona de cultivo predomina la alta luminosidad y amplia variación de temperatura entre el día y la noche, la cebolla puede sembrarse en cualquier época del año de acuerdo a las necesidades del mercado. Sin embargo los mejores rendimientos se consiguen cuando los cultivos crecen en épocas de lluvias moderadas durante el establecimiento y desarrollo de hojas tubulares, la bulbificación coincide con épocas secas, temperaturas altas en el día (24-27 °C) y frescas en la noche (18-20 °C). La radiación luminosa genera un alto brillo solar mayor de cinco horas al día, lo cual provoca la formación de bulbos sólidos, compactos, con túnicas parejas, gruesas y firmes. (Fedecafe, 1987)

Cuando se dispone de riego artificial, las épocas secas favorecen el manejo del agua, evitando los excesos de humedad y la proliferación de arvenses que en el cultivo de la cebolla se constituye en una práctica agronómica crítica de alta incidencia en los rendimientos y en los costos de producción.

4.2.3 Tipos de cultivares

Los cultivares comercializados en Colombia para consumo fresco o para deshidratación, corresponden a la variedad botánica "Typicum" o grupo "común", que se caracteriza por la formación de un solo bulbo simple central sin el desarrollo de yemas laterales ni bulbillos accesorios. Los bulbos alcanzan su máximo peso y diámetro cuando las condiciones ambientales y de manejo agronómico les han sido favorables para estimular un alto número de hojas tubulares (15-25) que a su vez genera un amplio crecimiento de las vainas (catáfilos) recubiertos por túnicas fuertes, uniformes y firmes. Cultivares de baja adaptación

o mal manejados agronómicamente, durante la cosecha y poscosecha, pueden producir bulbos de bajo calibre, de textura esponjosa y blanda, con túnicas delgadas y sueltas de muy baja calidad para el mercado. (Guzmán, 1983)

Los cultivares pueden clasificarse por el tamaño o calibre de los bulbos en: pequeños (menores a 50 g / bulbo), medianos (51-100 g/bulbo), y grandes (mayores a 100 g / bulbo).

También pueden diferenciarse por la forma de los bulbos: redondos, globosos, achatados, ovoides, oblongos, trompo (Figura 6). En cuanto el color de las túnicas, pueden ser blancas, amarillas, pardas, rojas, púrpuras. (Figura 7). El sabor y pungencia permite clasificarlos en picantes, suaves y dulces. El consumo puede ser en fresco y poseen una acumulación de sólidos solubles no mayor al 10%. Los cultivares de uso industrial para deshidratado pueden tener hasta el 20% de sólidos solubles.

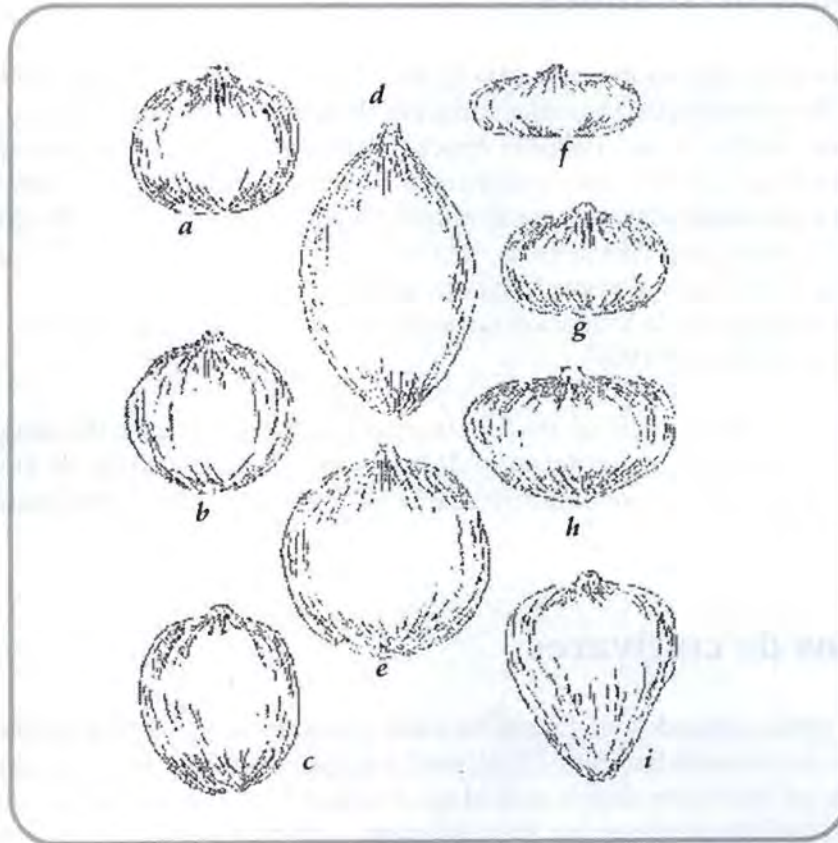


Figura 6. Formato de bulbo. (a) Globoso achatado. (b) Globoso. (c) Achatado. (d) Alargado. (e) Español. (f) Achatado. (g) Redondo achatado. (h) Acorazonado. (i) Trompa.



Figura 7. Diversos tipos de cultivares. Tipos de colores y formatos comunes en el mercado colombiano

Los cultivares que forman bulbos agregados pertenecen a la variedad botánica “agregatum” o “proliferum”. En Colombia es ampliamente conocido el cultivar denominado “ocañero” perteneciente a este grupo.

El cuadro 1, relaciona las variedades más frecuentes y disponibles en el mercado colombiano

Cuadro 1. Portafolio de cultivares de cebolla de bulbo disponibles en el mercado colombiano año 2003.

Nombre del cultivar	Tipo	Características del bulbo
Amarillas – marrón		
Yellow Granex prr	H	Achatado, grande, amarillo, dulce.
Yellow Bermuda	V	Globoso-achatado, mediano, dulce.
Texas Grano 1015 Y	H	Achatado, grande, amarillo, dulce.
IPAZ	V	Globoso- trompo, mediano, dulce.
San Joaquín	V	Achatado, mediano, dulce.
Early Tejas 502	V	Trompo, mediano, dulce.
Granex	V	Globoso, grande, dulce.
Criolla amarilla	V	Globoso, mediano, dulce.
Sweet Success (1514)	H	Achatado, grande (Jumbo), dulce, amarillo.
Sweet Melody	H	Achatado, grande, amarillo, dulce, firme.
Henry's Special	H	Globoso, grande, amarillo, dulce.
Amarillos		
Río bravo	H	Globoso y achatado; amarillo brillante, firme y pungente.
Nikita	H	Globoso, grande, amarillo, firme, dulce.
Don Víctor	H	Globoso, grande, amarillo, suave.
Limeña	H	Redondo, globoso, grande, amarillo-dorado, dulce.
Linda Vista	H	Globoso, mediano, amarillo, dulce.
Mercedes	H	Globoso, grande, amarillo, firme, dulce.
TY6-502 PRR	V	Trompo, alargado, amarillo, mediano, dulce.
Sweet sun	H	Achatado, grande, firme, dulce.
Gold Rush	H	Globoso, achatado, grande, suave.
Sweet Melisa (1519)	H	Achatado, grande (Jumbo), dulce.
Rojas		
Red Burgundy	H	Redondo, grande.
Red Ganex	H	Globoso, achatado, grande, pungente.
Red Cróele	V	Globoso, mediano, picante.
Tropicana	H	Globoso, mediano, picante.
Ocañera	V	Globoso, mediano, picante.
Híbrido Rojo	H	Globoso y achatado, rojo, pungente.
Regal PVP	H	Globoso y achatado, rojo, pungente.
Rosa Linda (1530)	H	Globosos, achatados, medianos, rojos, pungentes.
Blancas		
Early Supreme	H	Globoso, achatado, grande, dulce.
Granex Blanca	V	Globoso, achatado, mediano, dulce.
Rexor	H	Redondo, mediano, alto-sólido.
Cristal White Wax	H	Redondo, ovoide, mediano o pequeño (uso Indust.)
Diamante	H	Globoso-trompo, mediano, brillante.
Deshidratator	H	Globoso, trompo, mediano, altos-sólido.
White creole PRR	H	Globoso, trompo, mediano, alto-sólido.

a



b



c



4.2.4 Sistemas de producción

El cultivo de la cebolla puede hacer parte de un sistema integrado múltiple con diferentes especies hortícolas de disposición intercalada muy común en fincas de economía campesina. Por tener un tipo de crecimiento superficial de baja altura de planta con alta densidad de siembra, no tolera alta competencia por luz y espacio, lo que indica que debe ubicarse preferiblemente en “camas” o surcos separados. En sistemas de producción de pequeña y mediana superficie (0.3 - 0.5 ha). La producción puede hacerse en camas levantadas ricos en sustratos orgánicos y siembras escalonadas.

En monocultivo y sistemas intensivos y extensivos, la cebolla de bulbo se establece en surcos simples o múltiples “pachas”, con siembras uniformes en lotes definidos de 1-3 hectáreas, con el fin de uniformizar el manejo agronómico relacionado con el control de arvenses, los riegos, fertilizaciones y la sanidad del cultivo. (Figura 8)

Cuando los cultivos se establecen a partir de plántulas obtenidos en semilleros, es muy importante definir previamente los tamaños de los lotes y la programación de siembras con el fin disponer del material de propagación óptimo y uniforme para cada lote. (Estrada, 2001)

Figura 8. Sistemas de Producción. (a) Camas o eras en sistemas tradicionales con pendientes moderadas. (b) Camas o eras en franjas en zona plana. (c) Cultivos en surcos extensivos en zona plana.

4.2.5 Preparación de suelos

En general los cultivares tropicalizados disponibles en el mercado de semillas en Colombia presentan una gran adaptación a diferentes clases de suelos en cuanto a las condiciones físicas, químicas y de pH. No obstante por tener un crecimiento superficial, con un sistema de raíces en corona alrededor del bulbo en crecimiento y que a medida que avanza su desarrollo va emergiendo hacia el exterior del suelo, se requiere una preparación que condicione una estructura muy suelta en los primeros 10 - 20 cm de profundidad. Esta capa de suelo debe quedar libre de piedras y agregados endurecidos que puedan generar deformaciones a los bulbos. Un excesivo laboreo con humedades inadecuadas en el suelo, puede ocasionar estructuras polvosas desagregadas que una vez reciban la humedad, formen costras superficiales muy perjudiciales para el crecimiento de los bulbos.

En suelos de ladera es preferible hacer preparaciones en franjas intercaladas con suelo sin preparar en "barbecho" para facilitar la retención de humedad y reducir los efectos de factores erosivos del suelo.

El uso de implementos manuales, mecánicos y mixtos, depende de cada sistema productivo y de las condiciones propias de cada suelo. Preferiblemente deben usarse implementos livianos, con mínima traba para preparaciones superficiales y poco intensivas.

4.2.6 Siembra

Las siembras de cebolla de bulbo se caracterizan por su alta densidad. Para establecer poblaciones uniformes, se debe ejecutar una oportuna planeación de semilleros para siembras con transplantes o realizar una excelente preparación de suelo y distribución de semillas en siembras directas para lograr la emergencia de plántulas vigorosas de tamaño similar que permitan un buen raleo para dejar la población deseada.

Las semillas de cebolla originan plántulas pequeñas muy débiles de crecimiento lento que deben ser protegidas durante los primeros cuarenta días para iniciar la fase de crecimiento vegetativo rápido. Estas características indican que el mejor sistema de siembra es a través del uso de plántulas obtenidas en semilleros y viveros donde se procuran adecuadas condiciones de suelo, humedad, nutrición y manejo sanitario.

Los semilleros pueden hacerse en camas o eras debidamente preparadas y acondicionadas para favorecer la germinación y el rápido crecimiento de las plántulas. La relación entre el tamaño del semillero y el área de siembra definitiva se mantiene en 1 : 40 es decir un m² de semillero alcanza para 40 m² de siembra definitiva. (Figura 9).

a



b



c



Una libra de semilla puede distribuirse en 80 m² de semillero aproximadamente, cuando se hacen surcos a 10 cm y un metro de longitud, se pueden distribuir entre 5.0 - 6.0 gramos de semilla por metro cuadrado de semillero. Las plántulas se encuentran en óptimo crecimiento para el transplante cuando alcanzan un desarrollo de 4 - 7 hojas tubulares, una altura entre 15 - 20 cm, y un diámetro de 5 - 8 mm de grosor en la parte baja.

En razón a que los tamaños de los bulbos a la cosecha van a estar muy condicionadas por el número de hojas desarrolladas por la planta en su ciclo de crecimiento, en lo posible debe procurarse mantener intactas las hojas obtenidas durante la etapa de vivero y hacer un transplante cuidadoso para que el crecimiento logrado se mantenga y continúe con mínimo deterioro en el sitio definitivo. (Estrada, 2001); (Caicedo, 1982)

Las plántulas obtenidas en contenedores son una excelente alternativa de propagación, siempre y cuando se tengan facilidades para su obtención y el costo de cada unidad de siembra justifique la inversión para altas densidades de siembra.

El cuadro 2, integra los distintos sistemas de siembra y las poblaciones teóricas a establecer así como las cantidades de semilla requeridas. Como se puede observar, la disposición de las plantas en unidades de siembra múltiples, permite aumentar la densidad de siembra, un mayor uso del espacio y por consiguiente una mejor eficiencia en la utilización del campo con menores áreas inútiles.

Figura 9. Mantenimiento de semilleros. (a) Vivero en cama en crecimiento. (b) Vivero en cosecha de plántulas. (c) Plántulas acondicionadas para el transplante.

Cuadro 2. Sistemas de siembra, distancias y poblaciones obtenidas para una hectárea de siembra de cebolla de bulbo

Sistemas de siembra	Distancias (cm)		Población (plantas /ha)	Cantidad de semilla (kg.)
	Entre surcos	Entre plantas		
Surcos sencillos	20	15	333.300	2.0
	30	10	333.300	2.0
Surcos dobles	40	10	500.000	3.0
	50	10	400.000	2.5
Surcos múltiples ¹ ("Pachas")	Entre pachas	Entre plantas		
De 4 surcos	105	10	380.000	2.4
De 6 surcos	135	10	444.000	2.8
De 8 surcos	165	10	480.000	3.0
De 10 surcos	195	10	510.000	3.1
De 12 surcos	225	10	528.000	3.3
De 16 surcos	285	10	561.000	3.5

¹Cada surco múltiple o "pacha" corresponde a una unidad de siembra que tiene diferente número de surcos distanciados a 15 cm. La distancia entre pachas corresponde a la longitud entre centros de separación de cada una de ellos. Entre cada unidad de siembra se dejan 60 cm.

La siembra puede hacerse bajo las modalidades de transplante seco o húmedo. El primer sistema consiste en rayar el campo e iniciar la siembra con herramientas manuales haciendo un trazo de 3 - 5 cm de profundidad y colocando la plántula en el sitio y fijando mediante una ligera presión en el suelo que rodea la plántula. En el transplante húmedo se hace un riego por gravedad fuerte a lo largo de cada surco de siembra y posteriormente se van ubicando las plántulas manualmente en la línea de riego o en área humedecida. Este último sistema es el más frecuente y seguro para garantizar un alto prendimiento de las plántulas. (Figura 10)

En algunos sistemas de sistemas de producción pueden utilizarse los bulbos pregerminados como unidades de propagación, pero su alto costo limita frecuentemente su uso generalizado. (Figura 11)



Figura 10. Transplante con suelo húmedo. (a) Tamaño y preparación de las plántulas. (b) Ubicación de plántulas. (c) Riego postransplante.



Figura 11. Siembra por bulbos. (a) Bulbos "semilla" pregerminados. (b) Siembra en surcos con "bulbos semilla"

4.2.7 Manejo del agua

El crecimiento y desarrollo de la planta de cebolla de bulbo para una variedad de clima cálido que crece en el Valle del Cauca se puede representar en la figura 12. Como se puede observar, existen dos “momentos” de crecimiento. La primera, **(p)** correspondiente a la germinación de las semillas y formación de las plántulas; la segunda, **(b)** transplante a formación y maduración de los bulbos dependiendo del manejo y acondicionamiento de la plántula previo al transplante, el crecimiento alcanzado en esta etapa puede verse severamente afectado por una mayor o mas intensa poda de hojas y raíces por lo cual la planta debe reiniciar el crecimiento diferenciando nuevas estructuras, y prácticamente perdiendo las ya formadas. Si la poda es leve o se hace un transplante en contenedores, la planta continúa su crecimiento desarrollando nuevas hojas y raíces adicionales a las ya formadas en la primera etapa y en consecuencia se espera un mayor desarrollo de follaje y mayor tamaño de bulbo. (Brewster, 1977).

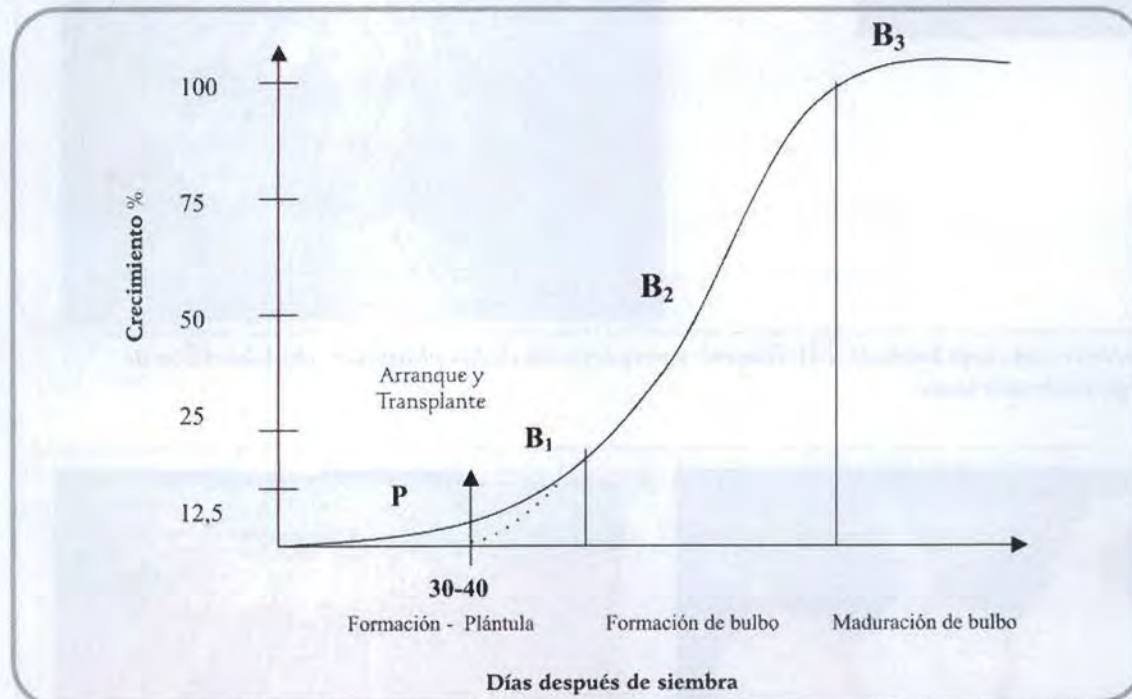


Figura 12 . Curva del crecimiento y desarrollo de la cebolla de bulbo.

Las necesidades de agua se establecen de acuerdo a la intensidad del crecimiento en la etapa p y b y respuesta a las variables climáticas especialmente temperatura, intensidad lumínica, humedad relativa, así como del tipo de cultivar.

Las cebollas han desarrollado hojas tubulares, con capa externa recubierta de cera y bulbos con túnicas firmes que evitan la excesiva pérdida de agua por evaporación, acondicionándola para ambientes secos o semi-áridos. El escaso y superficial crecimiento de raíces, hacen que se requiera un manejo controlado del agua para que las plantas dispongan de los niveles adecuados para satisfacer las demandas hídricas a lo largo del ciclo y evitar el estrés fisiológico por déficit o excesos en los periodos críticos.

Una estrategia de planificación para el suministro de agua en relación a las lluvias y las demandas críticas de acuerdo al cultivar y la zona de producción, puede hacerse con base en la curva de crecimiento. En lo posible debe usarse un modelo específico para el cultivar y la zona o región de producción.

A manera de ejemplo, usando la curva presentada en la figura 12 y estimando unas necesidades totales de agua 400 mm /ciclo de 85 días para el Valle del Cauca, se puede hacer una distribución de las demandas de agua en cada etapa del cultivo, una distribución semanal o diaria que puede confrontarse con las precipitaciones ocurridas y precisar el riego requerido. Esta distribución se presenta en el cuadro 3, y define la cantidad de agua necesaria en cada etapa, de acuerdo al porcentaje de crecimiento y al tiempo de duración de cada una de ellas. La magnitud y duración de los riegos va a depender del agua suministrada naturalmente por la precipitación. La frecuencia de riego se define con base en el tipo de suelo y el sistema instalado (aspersión, gravedad, localizado). (Figura 13)

Cuadro 3. Distribución de una lamina efectiva de 400 mm/ ciclo en un cultivo de cebolla de bulbo de una hectárea en el valle del cauca

Etapa	Tiempo		Crecimiento relativo (%)	Lámina por etapa (mm por etapa)	Lámina semanal (mm)	No. de riesgos semana	Cantidad de agua/riego l/riego -ha
	días DDT	Semanas					
B ₁	35-49	2	8	32	16	4	40.000
B ₂	50-75	4	75	300	75	3	62.500
B ₃	76-85	2	5	20	10	2	50.000
Subtotales			88	352			
Plántula	0-35		12	48	de acuerdo al sistema	2-3 diarios 14-20 semanales	
120			100%	400 mm			

DDT= Días después del transplante

4.2.8 Abonamiento y fertilización

El desarrollo superficial de las raíces de cebolla, implica que los procesos extractivos de nutrientes se dan en los primeros 10 a 15 cm del suelo o del sustrato de crecimiento y que en éste pequeño volumen de suelo se deben encontrar disponibles los minerales en cantidad y en sus formas solubles para atender a las demandas y requerimientos necesarios de acuerdo a la dinámica de crecimiento y desarrollo. Si se tiene en cuenta además, que las siembras se realizan con altas densidades y que el proceso de crecimiento vegetativo y de máxima demanda de nutrientes se da en un periodo muy corto (6-8 semanas), se puede entender porque se hace necesario proponer un plan de fertilización complementario que comienza desde el momento de la preparación del suelo y avanza hasta dos o tres semanas previas a la cosecha de los bulbos. (Brewster *et al*, 1983).

El cuadro 4, resume la información sobre extracciones estimadas de nutrientes en función de los rendimientos y que sirve de referencia para proponer planes de fertilización de acuerdo a la fertilidad natural de los suelos, el tipo de cultivar y las condiciones climáticas de la zona de producción.



Figura 13. Labores mecanizadas. (a) Riego por aspersión. (b) Abonamiento e incorporación con tractor. (c) Riego por goteo.

Cuadro 4. Extracción estimada de nutrientes para una hectárea de cebolla de bulbo.

Rto Ton /ha	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SO ₄	Menores	Fuente
	(Kg. / ha)							
30	80	40	120	30	17	20	---	Marotto, citado por Estrada, 2001
32	116	44	144	31	29	---	---	Marotto, citado por Estrada, 2001
28	70	33	98	19	15	24	---	Marotto, citado por Estrada, 2001
37	133	22	177	16	18	34	5	CORPOICA, 1996
25	43	26	64	---	---	---	---	FEDECAFE, 1997

Al revisar las experiencias productivas en deferentes zonas de Colombia, se encuentra una amplia diversidad de planes de abonamiento orgánico y fertilización mineral complementaria, el cual permite establecer unos niveles de referencia que sirven de orientación práctica; sin embargo, cuando se dispone de la información local en cuanto al análisis del suelo, la capacidad de respuesta de los cultivares, las interacciones de las variables climáticas en la región con los cultivares, los sistemas de cultivo, ayudan a tomar decisiones mas apropiadas, eficientes y productivas para la obtención de mejores rendimientos.

En cuanto al uso de fertilizantes completos y mezclas con otras fuentes simples, la información directa recolectada en las zonas productoras de cebolla en el Valle del Cauca y Colombia, indican una variedad de estrategias de fertilización que se puede resumir en el siguiente esquema. (ICA, 1984)

Nutriente	(kg / ha)					
	Nitrógeno (N)	Fósforo (P ₂ O ₅)	Potasio (K ₂ o)	Calcio (CaO)	Magnesio (MgO)	Azufre SO ₄
Abonos simples o completos	50-250	20-180	90-300	30-70	20-40	30-80

Las variedades que se siembran en Colombia son muy sensibles a suelos ácidos con pH por debajo de 6.0. En estos casos se requieren planes de enclamiento con niveles que varían entre 3 - 7 t/ha aplicada dos a tres semanas previas a la siembra. Cuando se presentan bajos contenidos de materia orgánica, los suelos pueden ser enriquecidos con gallinaza o estiércol bovino compostado en cantidades que varían entre 8-12 toneladas por hectárea, generalmente aplicada al momento de la surcada o en el acabado de las camas de siembra.

El nitrógeno y fósforo debe suministrarse durante la fase de crecimiento foliar e inicio de la bulbificación y se reduce a medida que transcurre el crecimiento del bulbo; en contraste, el potasio, calcio y azufre, se incrementa en función del crecimiento del bulbo. El magnesio y los elementos menores se pueden distribuir al inicio y en la etapa intermedia del ciclo productivo. (Crnko, 1997).

Las cebollas de bulbo responden muy bien a fertilizaciones complementarias o correctivas por vía foliar y en soluciones líquidas dirigidas en bandas a lo largo de los surcos.

4.2.9 Manejo de arvenses

La cebolla de bulbo es muy sensible a la competencia de plantas arvenses acompañantes y por ello su manejo y control se consideran críticos dentro del cultivo. El crecimiento superficial de raíces y el escaso desarrollo de follaje permite que la planta de cebolla sea fácilmente competida. Las altas densidades de siembra y la distribución cercana entre plantas y surcos, dificultan las desyerbas manuales o mecanizadas, aumentan los riesgos de daño a los bulbos en formación. En los primeros estados de cultivo (2-4 semanas) después del transplante y en la fase de lento crecimiento se presenta la mayor competencia por maleza.

Un plan estratégico de manejo de arvenses en cebolla debe integrar aspectos previos a la siembra como es la selección de los lotes y campos de producción con niveles mínimos de infestación de arvenses nocivas y agresivas, acondicionamiento del campo definitivo mediante una adecuada preparación del suelo, obtención del material de propagación (plántulas), vigoroso y uniforme, un sistema de transplante que ocasione el menor daño mecánico a las plántulas para que se establezcan y continúen su crecimiento rápidamente hasta lograr un abundante desarrollo de hojas tubulares e inicien la bulbificación.

El uso complementario de herbicidas como parte del manejo integrado de las arvenses, puede resultar en una práctica apropiada que facilita su manejo y control.

En el cuadro 5, se resume la información referente a algunos de los herbicidas de uso común en el Valle del Cauca.

Cuadro 5. Algunos herbicidas utilizados por los agricultores en el Valle del Cauca

Nombre del producto	Tipo aplicación	Dosis l ó kg/ ha	Época	Propósito
Trifluralina	Presiembra incorporada	3-4	Antes del transplante	Gramíneas
Alaclor	Post-emergencia del cultivo	2-4	Post-transplante temprano	Diversas en estado de emergencia
Linuron	Post-emergencia del cultivo	0,7-1,0	Una o dos semanas después del transplante	Hoja ancha
Oxífluorfen	Pre-emergencia de malezas o emergencia temprana	1,0-1,5	Después del transplante en las primeras dos semanas	
Fluazifop	Post-emergencia	1,5-2,0	Después del transplante	Gramíneas
Setoxydin	Post-emergencia	1,8-1,0	Una semana después del transplante	Gramíneas

4.2.10 Manejo de plagas y enfermedades

La adecuada selección de las zonas y campos de producción, así como la oportuna planificación de las prácticas agronómicas, conforman la estrategia del manejo integrado del cultivo. El aprovechamiento de las interacciones genético ambientales a través de la selección de la variedad de mejor comportamiento agronómico y productivo para la zona así como la época de siembra que mejor favorece la expresión de su potencial genético, constituyen en buena parte medidas que contribuyen al manejo de los problemas sanitarios relacionados con los insectos, plagas los microorganismos causantes de enfermedades.

Una adecuada preparación de los suelos y sustratos de siembra, el manejo y control de la humedad y el riego, así como las labores que promueven la buena nutrición y desarrollo vigoroso del cultivo, preparan el cultivo para una mejor respuesta frente a los agentes bióticos estresantes.

El monitoreo permanente del cultivo para conocer el estado real de las infestaciones ocasionadas por plagas, o del grado de incidencia de una enfermedad, así como los niveles de daño ocasionado, permiten tomar las decisiones oportunas y eficientes para el adecuado manejo de los problemas sanitarios. (Macnab *et al*, 1983)

Los cuadros 6 y 7, integran un listado de las principales plagas y enfermedades que se presentan con frecuencia en los cultivos de cebolla en Colombia. Las pautas de manejo y control de cada problema, se deben decidir con base en la valoración que se haga in-situ en cada situación específica.

Cuadro 6. Insectos y plagas comunes en el cultivo de la cebolla de bulbo en el Valle del Cauca.

Problema	Agente causal	Experiencias de manejo
Chupadores, piojos, Trips	<i>Thrips tabbaci</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Riegos por aspersión cuando hay alta infestación. • Monitoreo permanente en la base de las hojas. • Aplicación de aceites vegetales o minerales (biomel, bionim) • Aplicación de insecticidas en rotación: Piretroides, Abamectina, Spinosad, Dimetoatos, Malathion. • Trampeo con láminas con pegantes de color azul. • Liberación de entomopatógenos.
Culebrilla, Dibujante, Minadores de hojas	<i>Liriomyza huidobrensis</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Trampas amarillas con pegantes. • Aceites vegetales (Biomel), Bionim. Aceites minerales. • Aplicaciones de insecticidas en rotación: Spinosad • Dimetoato, Abamectina, Monocrotofos, Metamidofos.
Gusano cortador, Gusano tierrero, Babosas, Grillos tierreros, Chizas, Gusanos Biringos	<i>Agrotis sp</i> <i>Spodoptera spp</i> <i>Grillus sp</i> <i>Doroserar spp</i> <i>Limax sp</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Adecuada preparación del suelo. • Recolección de residuos de cultivo. • Uso de cebos tóxicos con <i>Bacillus Thuringlensis</i>. • Insecticida incorporado al suelo clorpirifos.
Mosca de la cebolla	<i>Hylemia sp</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Riego por aspersión con alta infestación. • Insecticida Bacillus Thuringlensis, Diazinom.
Acaros, Arañitas	<i>Aceria tulipae</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Riesgo por aspersión. • Azufre elemental, Elosal.

Cuadro 7. Enfermedades comunes en el cultivo de la cebolla en el Valle del Cauca.

Enfermedades	Agente causal	Experiencias en el manejo
Nemátodos	<i>Dytilenchnus dipsaci</i> <i>Paratrichodorus allius</i>	Selección y rotación de campos aplicaciones preventivas de diclopropenp
Raíz rosada	<i>Phoma terrestris</i> (<i>Pyrenochaeta terrestris</i>)	Rotación de cultivos Buena nutrición y desarrollo del cultivo Uso de cultivadores tolerantes o resistentes a PRR
Pudrición blanca del bulbo	<i>Sclerotium cepivorum</i>	Rotación de lotes, tratamiento de camas con metilbromide Aplicaciones de metiltiofanato
Pudrición blanda del bulbo	<i>Erwinia carotovora</i>	Proteger los bulbos del daño mecánico. Cosecha con maduración oportuna. Adecuado curado del bulbo.
Pudrición olorosa del bulbo	<i>Pseudomonas cepacia</i> <i>Pseudomonas alliicola</i>	Evitar los riesgos por aspersión durante la maduración. Procurar un adecuado curado del bulbo.
Tizne del bulbo	<i>Colletotrichum circinans</i>	Adecuado curado del bulbo. Excelentes condiciones de almacenamiento (control de humedad y temperatura)
Pudrición del cuello del bulbo	<i>Botrytis allii</i>	Adecuado curado y almacenamiento. Control con productos como: Propineb, Metalaxi, Carbendazam, Clorotalonil.
Moho negro o cenicilla del bulbo	<i>Aspergillus niger</i>	Adecuado curado de almacenamiento de los bulbos. Eliminación de bulbos enfermos.
Mancha púrpura de la hoja	<i>Alternaria porri</i>	Cultivo uniforme vigoroso. Eliminar plantas enfermas. Uso de funguicidas preventivos: Mancozeb; Benomil; Clorotalonil; Fentin-hidroxido
Roya de la hoja	<i>Puccinia asparagi</i> <i>Urocystis magica</i>	Desinfección de semilleros. Rotación de cultivos. Tratamientos de semillas. Tratamiento preventivo con funguicidas. Mancozeb, o Maneb.
Mildeo veloso	<i>Peronospora destructor</i>	Rotación de cultivos. Aplicaciones preventivas. Mancozeb, Metalaxil, Clorotalonil.

4.2.11 Cosecha y manejo de pos-cosecha

Dependiendo del cultivar y de la zona de producción, las cebollas pueden alcanzar la madurez en un ciclo que puede variar entre 85-150 días después del transplante. Las variedades industriales en zonas de clima cálido pueden tener un ciclo mas corto entre 70 - 75 días. Las manifestaciones mas comunes de la madurez se visualizan a través del doblamiento paulatino de las hojas, se presentan cambios en el color de las mismas que pasan de verde a color pajizo, hasta su completo secamiento. (Estrada, 2001)

Los tejidos medios de las vainas foliares se tornan blandas, e inician el secado para producir el sellamiento superior del bulbo. El cultivo se encuentra listo para la cosecha y arranque, cuando ha alcanzado el secamiento uniforme de las hojas y los bulbos se encuentran inclinados. Para uniformizar el proceso, se puede ocasionar un agobio artificial, mediante el pase de un rodillo, caneca o listón de madera por encima de las plantas. (Figura 14)

La cosecha se realiza mediante la extracción directa o arranque manual de los bulbos con las hojas secas. Las plantas se limpian de raíces y vainas foliares secas y se disponen en el campo para el curado, si las condiciones del clima lo permiten durante 2- 4 días. Cuando las temperaturas y lluvias no son favorables, las plantas o los bulbos libres, se trasladan a patios o bodegas, protegidas para el curado.

El curado permite que los componentes externos de los bulbos, como laminas, túnicas, cuellos y corona logren el secamiento adecuado para darle firmeza y protección. Un buen curado se caracteriza porque el bulbo presenta túnicas finas (delgadas) firmes, transparentes, fuertes. Los cuellos se encuentran secos, sellados y

Figura 14. Maduración y cosecha. (a) Plantas maduras próximas a cosecha. (b) Cosecha y acondicionamiento en campo.



cicatrizados. La corona queda totalmente desprovista de raíces. El bulbo alcanza el color y brillo característico. El proceso de curado puede hacerse en varias etapas. Inicialmente en el campo, en un periodo de 2 - 5 días. Posteriormente en bodega, o en casetas plásticas, distribuidas en el piso en capas muy delgadas o dispuestos en estibas o cajoneras aireadas, se le puede promover el terminado que puede ocurrir en un tiempo de 8 - 12 días, según las condiciones del clima. Se pueden promover condiciones artificiales mediante la ventilación mecánica con aire a temperaturas suaves (22 - 26°C) para lograr un curado más rápido. (Figura 15)

Los bulbos curados pueden comercializarse en grandes unidades (costales o sacos) de fique o fibra sintética. Estas unidades pueden tener entre 50 - 62.5 kg; unidades más pequeñas llamadas costalillos, pueden contener entre 5-10 kg. También se pueden presentar en contenedores plásticos (canastillas) o cajas de madera de 20 - 35 kg. (Sena, citado por Estrada, 2001).

La selección y clasificación de los bulbos puede hacerse con base en el diámetro medio transversal o en el peso promedio. Las condiciones generales de presentación para el mercado Colombiano sugeridas por la Corporación Colombiana Internacional (CCI) es la siguiente: bulbos enteros, sanos, libres de daños y apariencia fresca. La textura debe ser firme o apretada. El formato y color debe ser uniforme y corresponder a la característica típica del cultivar. figura 15. (CCI, 2001)



Figura 15. Curado de poscosecha. (a) Curado de bulbos en cajoneras de madera. (b) Curado en patios de cemento.

Los bulbos además deben estar libres de olores extraños, quemaduras de sol, daño por insectos o por patógenos. Los calibres se dimensionan según los mercados. El mercado americano, determina las siguientes clasificaciones:

Calibre	Diámetro transversal medio del bulbo	
	(Pulgadas)	(cm)
Supercolosal	Mayores a 4.5	Mayor a 11 cm
Colosal	4.0 – 4.5	10 – 11
Jumbo	3.0 – 3.9	7.5 – 9.9
Medio	2.5 – 2.9	6.3 – 7.3
Pequeño	Menor a 2.5	Menor de 6.3

Cuadro 8. Tipos de clasificaciones en cebollas de bulbo.

En el mercado Europeo se clasifican por el diámetro medio en m.m. así:

Tipo	Diámetro (mm)	Peso (g/bulbo)
Extras	Mayores a 100 mm	>100
Corrientes	Entre 80 – 100 mm	80-199
Medios	Entre 60 – 79 mm	60-79
Pequeños	Menores de 60 mm	<60



Figura 11. Bulbos curados con optima presentación.

4.3 Bibliografía

ASOCIACIÓN COLOMBO JAPONESA. 2003. la cebolla cabezona. Programa de asistencia técnica para la agricultura del Valle del Cauca. Palmira. p. 8.

BURGO, R.; FERNÁNDEZ, O.M.S.; TIZIO, R.M. 1992. Estudios preliminares para la determinación de periodos críticos de requerimientos hídricos en la producción de semilla de cebollas en el sistema bulbo-semilla. Informe Final, EEA, La Consulta INTA. Argentina.

BREWSTER, J.L. 1977. The physiology of the onion. Hort. Abstracts. 47(1):17-23

BREWSTER, J.L. 1977. The physiology of the onion. Hort. Abstracts. 47(2):103-112.

BREWSTER, J.L. 1977. The physiology of the onion. Horticultural Abstracts. 47 (1y2); 17-23 y 103-112.

BREWSTER, J.L. 1983. Effects of photoperiod, nitrogen nutrition and temperature on inflorescence initiation and development in onion, *Allium cepa* L. Ann. Bot. 51; 429-440.

BRUZON, S. 1988. el cultivo de la cebolla cabezona, *Allium cepa*, en el Valle del Cauca. En: guía para la producción de hortalizas. Asiava, p. 92-96.

BUSO, J.A. 1987. Estimativas de parámetros genéticos de caracteres de planta e bulbo de cebolla (*Allium cepa* L.) de días cortos para sistema de cultivo. Piracicaba, ESALQ. (Tese de Livre docencia).

CAICEDO, L.A. 1982. Horticultura, Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. p. 247.

CENTRO NACIONAL DE PRODUCCIÓN DE SEMILLAS DE HORTALIZAS (CNPSH). 1998. El cultivo de la cebolla. Cochabamba, Bolivia. p. 10.

CORPORACIÓN COLOMBIA INTERNACIONAL (CCI). 2001. Cultivo de cebolla. Informe tecnológico. Bogota. p. 16.

CRNKO, J. (Editor). 1997. Producción de semilla de cebolla. Estación Experimental de Consulta, Mendoza, Argentina.

CURRAH, L.; PROCTOR, F. 1990. Onion in tropical regions. Natural resources institute. Bull: 35, 144-163.

DAWAR, B.B.; PATIL, A.V. & SONONE, H.N. A trips resistant glossy selection in white onions. Res. J. Mahatma Phule Agric. University, 6(2):152-3,1975.

DÍAS, M.S. e COSTA, C.P. 1967. Eficiência de um ciclo de seleção massal contra florescimento prematuro na variedade de cebola Barreiros. Rel. Cient. Inst. Genet. ESALQ, Piracicaba. p. 81-3.

DÍAS, M.S. e COSTA, C.P. Transferencia de genes de variedades de días longos para variedades de días cortos em cebola (*Allium cepa* L.) Rel. Cient. Inst. Genet. ESALQ, Piracicaba, ESALQ, 1970. p. 46.

DÍAS, M.S. e COSTA, C.P. Programa de melhoramento de cebola (*Allium cepa* L.) em andamento no setor de melhoramento de hortícolas, Instituto de Genética da ESALQ/USP. Piracicaba, ESALQ, Sd. p. 6.

ESTRADA, E.I. 2001. Perfil técnico para la producción de cebolla de bulbo, *Allium cepa* bajo condiciones de Colombia. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. (Impreso Universitario) p. 12.

FAO. 2002. Estadísticas agrícolas mundiales. URL://www.fao.org

FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS. 1987. El cultivo de la cebolla. Programa de desarrollo y diversificación de zonas cafeteras. p. 20.

GUZMÁN, J. 1983. Cultivo de ajo y la cebolla. primera edición. Caracas, Editorial Espasa. p.160.

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO (ICA). 1984. Manual de asistencia técnica. Bogota. p. 555.

JONES, H. A. 1994. Inbreeding and heterosis and their relation to the development of new varieties of onions. Washington, Department of Agriculture. p. 28. (Technical Bulletin, 847).

JONES, H.A. and MANN, L.K. 1963. Onions and their allies. New York, Leonard Hill. p. 286.

MACNAB, A.A.; SHERF, A.F.; SPRINGER, J.K. 1983. Identifying diseases of vegetable. The Pennsylvania State University. p. 63.

El cultivo del zapallo

Cucurbita moschata (Duch ex lam) Duch ex Poir

Cucurbita maxima (Duch ex Lam)

5. El cultivo del zapallo

Cucurbita moschata (Duch ex lam) Duch ex Poir

Cucurbita maxima (Duch ex Lam)

5.1 Generalidades del cultivo

Zapallo es el nombre popular que, desde Argentina hasta Costa Rica, se da a los cultivares derivados de las especies *Cucurbita moschata*, *Cucurbita maxima* y *Cucurbita pepo*. En Venezuela y norte de Colombia estos cultivos reciben el nombre de ahuyama. En Brasil, a los cultivares destinados al consumo de frutos inmaduros y provenientes de *Cucurbita moschata*, y *Cucurbita pepo* reciben el nombre de abobrinha; a los cultivares destinados al consumo de frutos maduros y derivados de *Cucurbita maxima* son llamados morangas y a los cultivares destinados al consumo de frutos maduros y derivados de *Cucurbita moschata*, son llamados abóboras.

El zapallo pertenece a la familia Cucurbitaceae y al género *Cucurbita*. El género *Cucurbita* está compuesto por 12-14 especies, distribuidas desde Norte América hasta Argentina. Al menos cinco de éstas especies fueron domesticadas antes del descubrimiento de América (*Cucurbita moschata*, *Cucurbita maxima*, *Cucurbita pepo*, *Cucurbita ficifolia* y *Cucurbita argyrosperma*) y nueve especies son consideradas como silvestres relacionadas con las formas domesticadas. En el cuadro 1, se presenta el acervo genético de las especies cultivadas de *Cucurbita* y en el cuadro 2, las colecciones del germoplasma de *Cucurbita* en el mundo.

Desde el punto de vista socio-económico, el género *Cucurbita* es importante por formar parte de la alimentación básica en muchas regiones de América, Asia y Europa. A nivel mundial ésta importancia se refleja en el aumento del área sembrada.

Cuadro 1. Acervos genéticos (gene-pools) de las especies cultivadas de Cucurbita .

	*AG1	**AG2	***AG3
<i>C. argyrosperma</i>	<i>Ssp. sororia</i> <i>Ssp. argyrosperma</i>	<i>C. moschata</i>	<i>C. pepo</i> <i>C. maxima</i> <i>C. foetidissima</i>
<i>C. ficifolia</i>	<i>C. ficifolia</i>	<i>C. pedantifolia</i> <i>C. foetidissima</i>	<i>C. lundeliana</i> <i>C. maxima</i> <i>C. pepo</i>
<i>C. maxima</i>	<i>Ssp. Máxima</i> <i>Ssp. Andreana</i>	<i>C. ecuadorensis</i>	<i>C. lundeliana</i> <i>C. argyrosperma</i> <i>C. maxima</i> <i>C. pepo</i>
<i>C. moschata</i>	<i>C. moschata</i>	<i>C. argyrosperma</i>	<i>C. lundeliana</i> <i>C. maxima</i> <i>C. pepo</i>
<i>C. pepo</i>	<i>Ssp. pepo</i> <i>Ssp. fraterna</i> <i>Ssp. texana</i>	<i>C. argyrosperma</i> <i>C. okeechobensis</i> <i>C. moschata</i> <i>C. ecuadorensis</i>	<i>C. lundeliana</i> <i>C. maxima</i> <i>C. ficifolia</i>

Fuente: (Montes, 2003)

En 1981, se cultivaron en el mundo 564.000 hectáreas; en 1994, fueron 668.000 y en 2001, 1.297.000 hectáreas; representando un incremento del 94% entre 1994 y el 2001 (Le Buanec, 2002).

Según la FAO (2002), en Colombia para el año 2000, se sembraron 3000 hectáreas, con un rendimiento promedio de 11 toneladas por hectárea. Por área de siembra, los departamentos más importantes son: Valle del Cauca (45.4%), Tolima (28%), Guajira (17%), Córdoba, Bolívar y Magdalena, con aproximadamente un 10% del área.

En el Valle del Cauca, para el año 2000, se reportaron 598 hectáreas sembradas y una producción de 11.393 toneladas.(URPA, 2001).

La especie domesticada más importante para Colombia es *Cucurbita moschata*. El cultivo se caracteriza por su amplia dispersión, se encuentra en gran parte del país, especialmente a nivel de huertos caseros y se utilizan una gran cantidad de razas locales con gran variabilidad en cuanto a tamaño, forma y color de fruto, grosor y textura de pulpa, color y tamaño de la semilla.

Cuadro 2. Colecciones de germoplasma de *Cucurbita* en el mundo.

País	Institución	Especie	Cantidad
Argentina	Estación experimental Agropecuaria San Pedro. INTA	<i>C. maxima</i>	1 variedad mejorada
		<i>C. pepo</i>	1 variedad mejorada
Bolivia	Centro de Investigación Fitoecogénitas de Pairumani	<i>Cucurbita ssp.</i>	450 var. tradicionales y especies silvestres de Bolivia
	Fundación Amigos de la Naturaleza	<i>Cucurbita ssp.</i>	1 de Bolivia
Brasil	Dpto. de Fitotecnia, Universidad de Vicosa (UFV)	<i>C. maxima</i>	215 var. trad. de Brasil
		<i>C. moschata</i>	215 var. trad. de Brasil
Brasil	EMBRAPA, centro de pesquisa Agropecuaria de trópico semi-arido (CDATSA)	<i>C. maxima</i>	192
		<i>C. moschata</i>	543
	EMBRAPA, centro nacional de pesquisa de hortalizas (CNPH)	<i>C. maxima</i>	2800 var. tradicionales.
	EMBRAPA, centro nacional de pesquisa de Recursos Genéticos e Biotec. (CENARGEN)	<i>Cucurbita ssp.</i>	562 var. mejoradas y tradicionales.
	Laboratorio de Recursos Genéticos (CCTA), Universidade Estadual do norte Fluminense	<i>C. moschata</i> <i>Cucurbita ssp.</i>	40 var. mejoradas 149 var. tradicionales.
Chile	Facultad de Ciencias Agrarias Universidad Austral de Chile.	<i>C. maxima</i>	1 var. tradicional.
Colombia	Centro de investigaciones la selva. CORPOICA Universidad Nacional de Colombia sede Palmira.	<i>Cucurbita ssp.</i>	222 Poblaciones y variedades criollas
		<i>Cucurbita ssp.</i>	140 Accesiones diversas
Costa Rica	CATIE, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.	<i>C. ficifolia</i>	194 var. trad. de Colombia, Costa Rica, Guatemala, Honduras, México y El Salvador.
		<i>C. foetidissima</i>	3. Sp. Silvestres
		<i>C. lundelliana</i>	6. var. trad. de Guatemala y USA.
		<i>C. mixta</i>	129 silvestres
		<i>C. maxima</i>	31 silvestres
		<i>C. moschata</i>	1546 silv/trad/mejoradas
		<i>C. pepo</i>	201 silvestres/trad.
		<i>C. sororia</i> <i>Cucurbita ssp.</i>	16 silvestres / trad 12
	Universidad de Costa Rica (UCR). "Estación experimental Fabio Baudrit Moreno"	<i>Cucurbita ssp.</i>	

continuación cuadro 2.

País	Institución	Especie	Cantidad
Cuba	Instituto de investigaciones fundamentales en Agricultura Tropical. (INIFAT)	<i>C. maxima</i>	1 var. mejorada de España.
		<i>C. moschata</i>	103 var. trad/ mejor. de Cuba y Brasil
		<i>C. pepo</i>	20 var. mejorada de Guatemala.
Guatemala	Facultad de Agronomía Universidad de San Carlos (FA-USAC)	<i>C. ficifolia</i>	3 var. trad. de Guatemala
		<i>C. pepo</i>	474 var. mejorada de Guatemala.
Guatemala	Instituto de Ciencias y tecnología Agrícola ICTA.	<i>C. argyrosperma</i>	24 silv. de Guatemala.
		<i>C. ficifolia</i>	64 silvestres
		<i>C. moschata</i>	175 silvestres
		<i>C. pepo</i>	50 silvestres
Guyana	National Agricultural Research Institute (NARI)	<i>C. maxima</i>	1 var. trad. de Guyana
México	Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)	<i>Cucurbita ssp.</i>	1580
	Universidad Autónoma de Chapingo	<i>C. ficifolia</i>	
		<i>C. maxima</i>	
		<i>C. mixta</i>	
		<i>C. moschata</i>	
	<i>C. pepo</i>		
Nicaragua	Programa de Recursos Genéticos Nicaraguenses (REGEN), Universidad Nacional de Nicaragua.	<i>Cucurbita ssp.</i>	10 var. tradicionales.
Panamá	Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (IDIAP)	<i>C. maxima</i>	5
Perú	Estación Experimental Agropecuaria la Molina, INIA, PRONARGEB.	<i>C. maxima</i>	7 silv./ var. tradicionales
		<i>C. pepo</i> .	13 silv./var.tradicionales

Fuente: (Knudsen, citado por Montes, 2003)

5.1.1 Usos de las Cucurbitas cultivadas

Alimento

Los frutos inmaduros o maduros y las semillas son las partes más utilizadas en la alimentación, mientras que las flores, generalmente, estaminadas o masculinas y los cogollos o yemas de los tallos se usan en menor escala.

La pulpa de los frutos maduros se la utiliza en la preparación de dulces, sopas, jugos y tortas. Las semillas son consumidas asadas o tostadas. Los frutos inmaduros, los tallos tiernos y las flores son consumidos como verdura cocida o frita.

El valor alimenticio de la pulpa del fruto radica en el alto contenido de vitamina A. La semilla se destaca por el alto contenido de aceite (hasta 39 %), proteínas (hasta 44%) y fósforo (hasta 1%).

Medicinal

Muchas de partes de la planta han sido utilizadas ampliamente, en diferentes regiones del mundo, para aliviar o curar enfermedades. Así por ejemplo, la semilla se ha utilizado como diurético, vermífugo, tónico estomacal, antihelmíntico, para curar asma bronquial o algunas enfermedades de la piel.

Industrial

La pulpa del fruto es utilizada en la industria de los alimentos como material de "relleno" o para dar coloración a las compotas, sopas o caldos, en polvo o pasta; en la alimentación animal como producto deshidratado. Las semillas tostadas o asadas son de gran aceptación por el consumidor norteamericano o europeo. La cáscara de algunas *Cucurbitas* es utilizada como recipiente. Algunas especies semiarbusivas con frutos de colores vistosos son utilizadas como especies ornamentales.

5.1.2 Especies cultivadas de Cucurbita

***C. argyrosperma* (*C. mixta*)**

Está constituida por dos subespecies: *sp. argyrosperma* y *sp. sororia*. Restos arqueológicos de *C. argyrosperma* se han encontrado desde el sudeste de los Estados Unidos hasta el centro – sur de México y sugieren que la domesticación de ésta especie debió llevarse a cabo en ésta región, hace más de 7.000 años.

Se han propuesto dos hipótesis para explicar el origen y evolución de la variación existente en las formas cultivadas de *C. argyrosperma*. La primera sugiere que cada una de las variedades cultivadas fue domesticada de manera independiente a partir de poblaciones de la subespecie *sororia*, mientras que la otra propone a la variedad *argyrosperma* como la primera en haberse seleccionado y que de ella se derivaron las dos restantes variedades cultivadas.

La subespecie *argyrosperma* es cultivada desde el nivel del mar hasta los 1900 msnm, generalmente en zonas con climas cálidos y secos. No tolera temperaturas bajas. La subespecie *sororia* es cultivada también en condiciones climáticas muy similares a la anterior.

La diversidad, en comparación con las otras especies cultivadas, es mucho menor; presenta razas o variedades locales y algunas cultivares producidos en los Estados Unidos.

C. ficifolia

El origen de ésta especie aún no está definido. Algunos investigadores han propuesto que su origen es centroamericano o mexicano, mientras que otros sugieren a los Andes de América del Sur. Sin embargo las evidencias arqueológicas inclinan la balanza hacia un origen suramericano.

Se encuentra distribuída en las cordilleras de Latinoamérica, entre 1000 – 3000 msnm. Es la especie menos diversa del género y no se conocen todavía cultivares comerciales. Las variaciones más importantes se presentan en la coloración y dimensiones de sus frutos y semillas (frutos blancos a verdes con diferentes patrones de manchas o franjas blancas y semillas pardo claras a pardo oscuras o negras).

C. maxima

Es una especie que fue domesticada en América del Sur. Hasta la fecha, los únicos restos arqueológicos se han encontrado desde Perú hasta el Norte de Argentina. Las especies silvestres que han mostrado mayor afinidad con éste cultivo son *C. andreana* y *C. ecuadorensis*, siendo la primera el ancestro silvestre más probable.

Se cultiva desde los 100 m hasta los 3000 msnm. Es una de las especies más diversas del género. Su variación incluye razas o variedades locales y abundantes cultivares con hábitos rastreros y arbustivos con frutos y semillas muy variables en su forma, tamaño y coloración y diferentes niveles de resistencia a enfermedades virales. Se cultiva ampliamente en Latinoamérica y Estados Unidos; en México y Centroamérica está ausente.

C. moschata

Es una especie domesticada en América Latina, aunque no existe acuerdo sobre el área precisa de su domesticación. Se ha mencionado que *C. moschata* fue domesticada en Suramérica y más específicamente en Colombia, que posiblemente es su centro de origen. Restos arqueológicos de 4.900 – 3.500 A.C han sido reportados en Centroamérica, América del Sur y Noreste de México.

Sobre el origen de *C. moschata* se han propuesto dos hipótesis, la primera sugiere que éste cultivo se originó a partir de poblaciones de *C. lundeliana* por aislamiento y procesos de selección humana, mientras que la segunda propone que ambas especies proceden de un

ancestro común y que debido a las fuertes presiones humanas, *C. moschata* se separó rápidamente del ancestro común, como de *C. lundeliana*.

Es una especie muy variable y ampliamente distribuida. Se conocen muchas razas locales en el norte de Colombia y últimamente se han reportado poblaciones silvestres en Colombia y Bolivia que pudieron estar relacionadas con *C. moschata*.

Es un cultivo que prospera bien en zonas de baja altitud, clima cálido y con alta humedad; aunque también prospera bien en altitudes de hasta 2300 msnm.

C. pepo

C. pepo fue una de las primeras especies en haber sido domesticada. Sus restos más antiguos han sido encontrados en México (Valle de Oaxaca, 8.750 A.C – 700 D.C). Las especies silvestres más relacionadas a *C. pepo* son: *C. fraterna* y *C. texana*.

Parece que *C. pepo* está constituida por solo tres subespecies: la subespecie *pepo* que incluye a todos los cultivares comestibles y ornamentales y las subespecies *texana* y *fraterna*, correspondientes a los ancestros silvestres del grupo.

Es una especie que crece en condiciones ecológicas bastante amplias, desde el nivel del mar hasta los 2000 msnm.

La diversidad de *C. pepo* es comparable o muy probablemente mayor a la de *C. maxima*.

5.1.3 Taxonomía

El género *Cucurbita* es el que más dificultades ha dado a investigadores y horticultores interesados en la sistemática y mejoramiento de esta hortaliza. La forma de los pedúnculos se ha usado como característica para diferenciar las especies de *Cucurbita*.

Whitaker y Davis, citados por Cásseres (1980), presentaron algunas claves para diferenciar las especies cultivadas de *Cucurbita*. Los siguientes caracteres se utilizan para diferenciarlas:

C. ficifolia: planta perenne con semillas negras o morenas

C. maxima: tallos suaves y redondos; pedúnculo redondo agrandado por tejido corchoso. Hojas redondas sin manchas blancas.

C. pepo: tallos duros y angulares; pedúnculo angular y acanalado (pentaquinado). Hojas con espinas finas

C. moschata: tallos duros y angulares; pedúnculo suavemente acanalado (pentaquinado) ensanchado en el punto de unión con el fruto. Hojas sin espinas pero con vello suave y con manchas blancas en la intersección de las nervaduras .

C. argyrosperma: pedúnculo duro, diámetro muy ensanchado por corcho duro; no ensanchado al unirse al fruto, hojas sin espinas.

5.1.4 Biología floral

Las Cucúrbitas, generalmente, presentan flores solitarias y unisexuales, raramente en grupos axilares, Las plantas son monoicas, es decir, las flores masculinas y femeninas se producen en la misma planta pero separadamente.

Las flores masculinas tienen pedúnculos largos y finos y las femeninas cortos y gruesos. Las flores masculinas aparecen primero, 35 a 50 días después de la emergencia de la plántula; más tarde, en los extremos de las ramas aparecen las flores femeninas en número menor que las estaminadas. Las flores masculinas predominan sobre las femeninas y se forman más temprano a altas temperaturas y gran duración del día.

Sackett, citado por Giraldo y Vallejo (1989) menciona que, la relación entre las flores estaminadas y pistiladas varía entre 4: 1 y 10: 1. La floración se expresa en un período de varias semanas. Otros autores reportan una proporción de flores femeninas y masculinas, abiertas el mismo día, de 1:17.

El perianto en ambos tipos de flores se compone de un cáliz en forma de estrella, de color verde, corola campanulada, comúnmente dividida en cinco lóbulos, amarilla y blanca. Anteras bien desarrolladas formando una sola masa.

En las flores estaminadas hay tres estambres, dos de ellos tienen anteras con dos lóculos, uno con anteras de un solo lóculo. Los filamentos son cortos y gruesos, de 0.5 a 1.5 centímetros de largo. En la base interna de la flor, entre los estambres de *C. moschata*, se presenta un estilo atrofiado con tres prominencias. (Figura 1)

Las flores femeninas tienen el perianto semejante al de las estaminadas, aunque ligeramente más grande. El ovario es esférico elipsoidal de 1 a 3 centímetros de largo, tiene tres carpelos, cada uno con muchos óvulos. En la parte superior del gineceo, arriba

de la inserción de la corola, hay un estilo columnar, de 0.5 a 2.5 centímetros de largo, que se divide en tres, a veces hasta cinco estigmas bilobados cubiertos de papilas. (Figura 1) La polinización es cruzada, efectuándose mejor en las horas de la mañana y es favorecida por un excelente balance de humedad del suelo. Las abejas desempeñan un papel importante en la polinización del zapallo.

La monoecia contribuye a la polinización cruzada., efectuada generalmente por abejas que trabajan intensamente después de las seis de la mañana, con actividad máxima entre las ocho y las diez de la mañana.

Whitaker y Robinson, citados por Giraldo y Vallejo (1989) mencionan que, por ser las Cucurbitas plantas monoicas, con granos de polen pesados y pegajosos, requieren para el transporte del polen de algún agente. La abeja melífera doméstica actúa como polinizadora de este género. Originalmente, las Cucurbitas eran polinizadas por abejas silvestres (*Peponapis* spp. y *Xenoglossa* spp.) las cuales son más eficientes que la abeja doméstica (*Apis mellifera*).

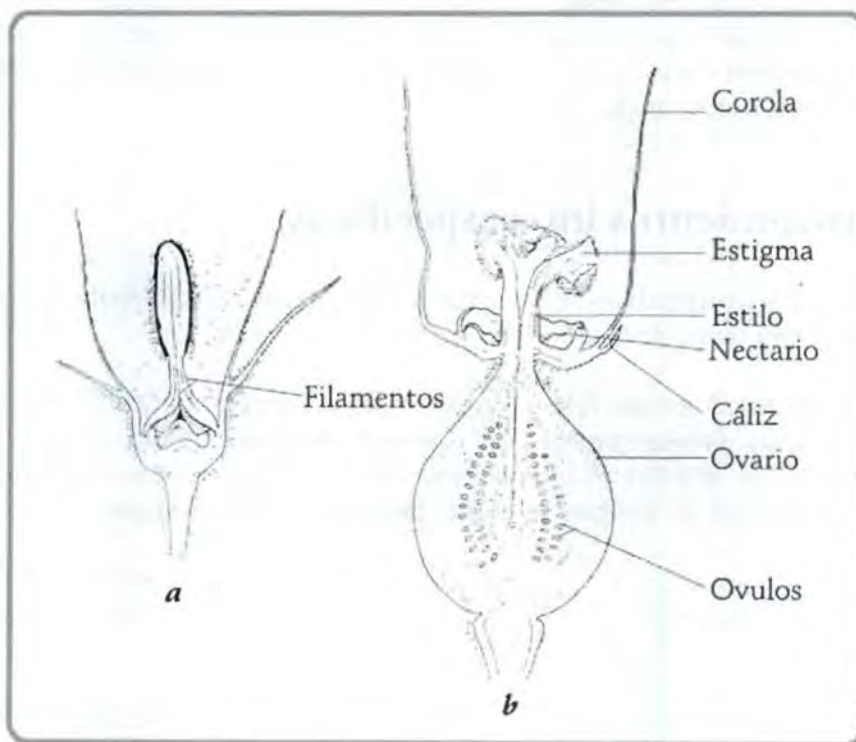


Figura 1. Corte longitudinal de las flores del zapallo. (a) Flor masculina. (b) Flor femenina.

5.1.5 Técnica de polinización manual

La polinización manual es muy fácil porque las flores son muy grandes y no hay necesidad de efectuar emasculación de anteras por ser plantas monoicas.

El día anterior a la antesis de las flores masculinas y femeninas (4 a 5 p.m.) se procede a amarrar los pétalos de éstas, utilizando hilo - lana, con el fin de evitar su apertura al día siguiente y por ende la contaminación con polen extraño. En las primeras horas de la mañana siguiente (7 a 8 a.m.), se cosechan las flores masculinas escogidas y se localizan las flores femeninas seleccionadas como madres, a las cuales se les retira el hilo - lana, para luego proceder a frotar las anteras de la flor masculina (libre de pétalos) sobre el estigma de la flor femenina. Terminada esta labor, se cubre la flor femenina polinizada con una bolsa de papel (de un kilogramo), la cual se cierra y asegura en la parte inferior con un "clip", identificando con una tarjeta el cruzamiento correspondiente. Las flores permanecen cubiertas durante tres días, al término de los cuales se les retira la bolsa. El éxito del cruzamiento se determina por el crecimiento del fruto.

Las polinizaciones se realizan desde el momento de la antesis hasta cerca del medio día. Existen evidencias que muestran que el porcentaje de polinizaciones exitosas es mayor si se practica ésta labor inmediatamente después de la antesis, disminuyendo gradualmente a medida que se acerca el medio día.

5.1.6 Cruzamientos interespecíficos

Los cruzamientos interespecíficos se han utilizado para tratar de transferir ciertos caracteres genéticos de importancia, de una especie a otra.

Generalmente, es difícil obtener híbridos a partir de cruzamientos entre especies cultivadas del género *Cucurbita*. Frecuentemente, las plantas F_1 son autoestériles o muy poco fértiles. Ocasionalmente, las plantas F_1 pueden ser retrocruzadas con cada padre; los frutos obtenidos son carentes de semillas viables o tienen muy poca semilla.

Teniendo en cuenta los resultados de la hibridación interespecífica, en el género *Cucurbita*, se ha logrado obtener información con respecto a las relaciones que existen entre las especies cultivadas:

- La especie perenne *C. ficifolia* presenta una relación distante con las especies anuales. Su mayor afinidad es con *C. maxima* y *C. pepo*

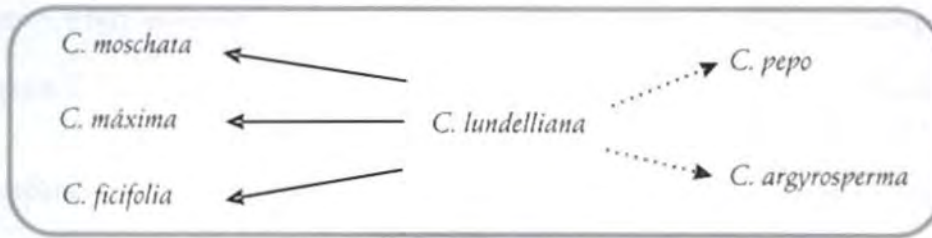
- De las especies anuales, *C. maxima* y *C. pepo* son las más relacionadas con *C. moschata*
- *C. argyrosperma*, parece estar más relacionada con *C. pepo* que con *C. maxima* o *C. moschata*.
- En general, *C. moschata*, ocupa una posición central con respecto a la relación entre especies.
- Usando diferentes cultivares de una misma especie, en cruzamientos interespecíficos, se obtienen resultados variables. Esto sugiere que las especies que reaccionan de esta manera no son homocigotas para los genes que causan la esterilidad interespecífica.
- Se ha observado hibridación interespecífica en campos experimentales o comerciales.

Whitaker, citado por Giraldo y Vallejo (1989), señala que el cruzamiento entre *C. moschata* y *C. maxima* y su recíproco han sido los más estudiados. Además, la mayoría de los investigadores han informado que solamente el 21 al 26% de los cruzamientos produjeron frutos y con pocas semillas fértiles. Los híbridos F₁ que se han desarrollado produjeron una mediana cantidad de flores pistiladas; las flores estaminadas son menos abundantes que lo normal y en su mayoría el polen es estéril.

Kuabara *et al* (1984), indican que uno de los pocos ejemplos de utilización de híbridos interespecíficos como híbridos comerciales es el híbrido Tetsukabuto (*C. maxima* x *C. moschata*). El éxito de este híbrido se debe a su alta prolificidad, alta calidad del fruto y también a su androesterilidad, que confiere total seguridad a la Compañía Japonesa productora. Vallejo (1984), agrega que para la producción de frutos comerciales es necesario sembrar un determinado porcentaje de plantas de *C. maxima* o *C. moschata* (10- 25% como polinizadores). Su factor limitante es el crecimiento rastrero y la susceptibilidad al mosaico WMV

Whitaker y Robinson, citados por Giraldo y Vallejo (1986), señalan que en el Japón se produce semilla de los híbridos interespecíficos de *C. moschata* x *C. maxima*. Agregan además que, usualmente este cruzamiento es difícil de realizar y que la viabilidad de cruzamiento depende de las líneas particulares de las dos especies utilizadas como progenitoras.

Otro de los ejemplos más conocidos de hibridación interespecífica es el cruzamiento de *C. lundelliana* con las cinco especies cultivadas del género *Cucurbita*:



Las líneas sólidas indican que el híbrido F_1 con *C. lundelliana* produce semillas con embrión normal; las líneas punteadas indican que el híbrido F_1 formado produce frutos con muchas semillas, pero los embriones son pequeños. Lo anterior puede indicar que *C. lundelliana* puede ser el ancestro de las especies cultivadas.

En la figura 2 y en el cuadro 3, se presenta un resumen de la hibridación interespecífica en el género *Cucurbita*, incluyendo las especies cultivadas y las silvestres.

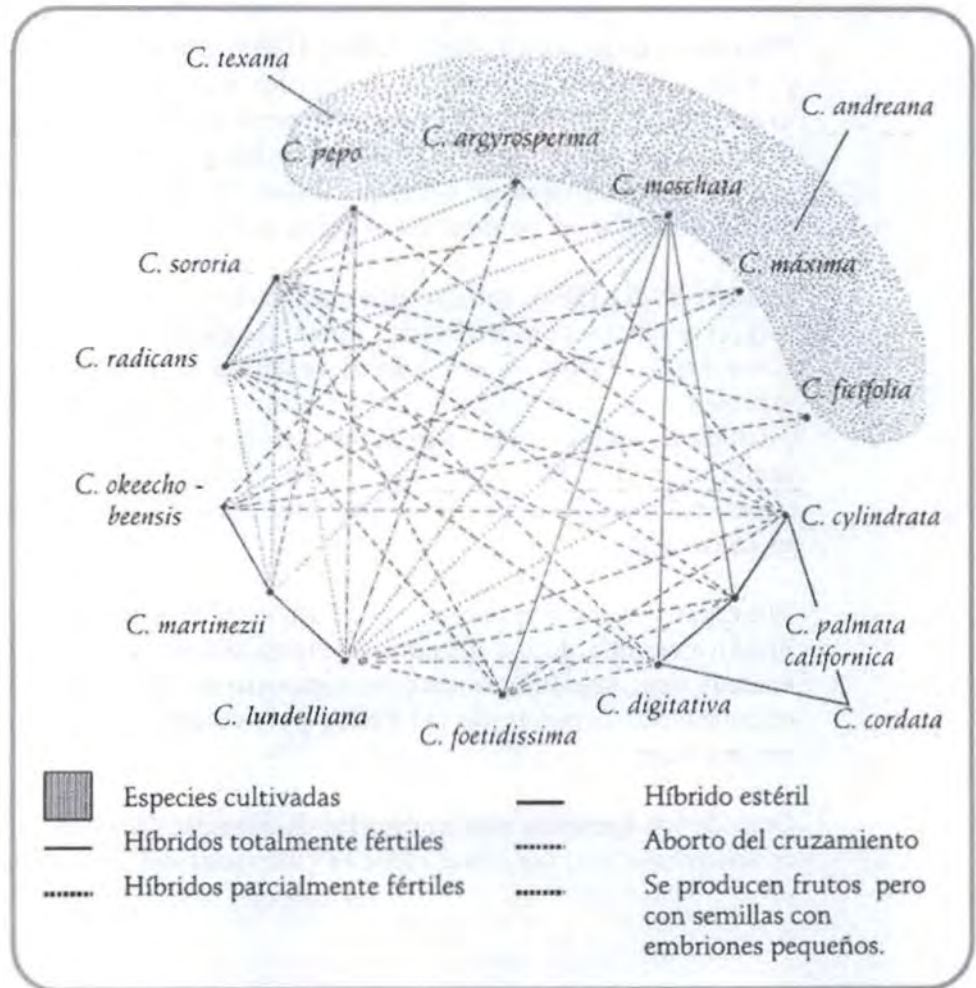


Figura 2. Hibridación interespecífica en el género *Cucurbita* sp.
Fuente: IPGRI, 1986

Cuadro 3. Resumen de los resultados de cruzamientos interespecíficos entre las especies cultivadas del género *Cucurbita*.

	<i>C. pepo</i>	<i>C. moschata</i>	<i>C. argyrosperma</i>	<i>C. maxima</i>	<i>C. ficifolia</i>
<i>C. pepo</i>	---	Fijación fruto 10% F ₁ poco fértil. F ₂ poco fértil.	Fijación fruto 5% F ₁ poco fértil. F ₂ poco fértil.	Fijación fruto 10-30% F ₁ muy poco fértil.	Fijación frutos casi 0% F ₁ autoésteril, variables en retrocruce con <i>C. pepo</i>
<i>C. moschata</i>	Fijación frutos 10-50% F ₁ polen con buena fertilidad F ₂ medianamente fértil	---	Fijación frutos 6% F ₁ estériles	Fijación frutos 10-45% F ₁ estériles	No determinado
<i>C. argyrosperma</i>	Fijación frutos 25% F ₁ poco fértiles	Fijación frutos muy baja F ₁ variable F ₂ no determinada.	----	Fijación frutos 50% F ₁ estériles	No determinado
<i>C. maxima</i>	Fijación frutos 9.40% F ₁ poco fértil.	Fijación fruto 30-40% F ₁ muy estériles. Retrocruce difícil	Fijación frutos 17 % Retrocruza-mientos	---	Fijación frutos 22 % No se consiguió Semilla viable
<i>C. ficifolia</i>	Fijación frutos 2 %	Frutos aparente-mente partenocárpicos	No determinado	Fijación frutos 2 % F ₁ estériles F ₂ estériles	---

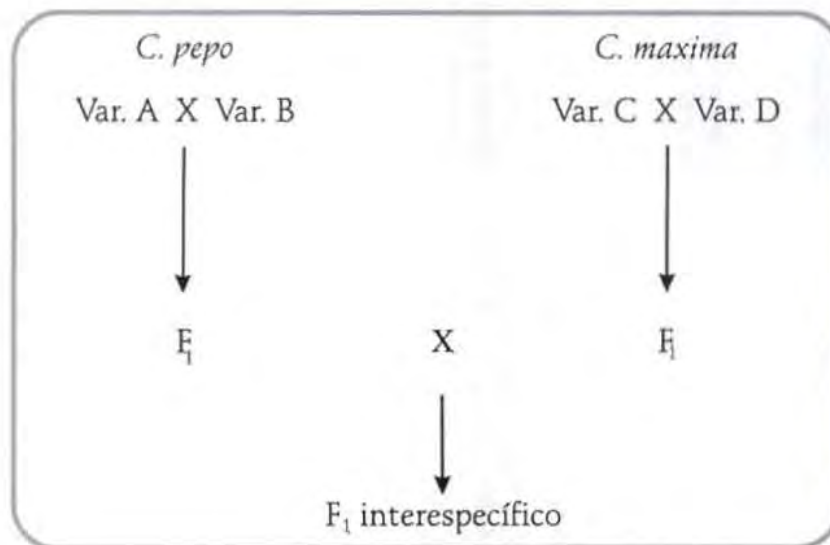
Fuente: Whitaker y Robinson, citados por Vallejo, 1984.

5.1.7 Técnicas para superar la barrera interespecífica

Para aumentar el éxito en la hibridación interespecífica se usan las siguientes técnicas: (Vallejo, 1984; Kuabara *et al*, 1984):

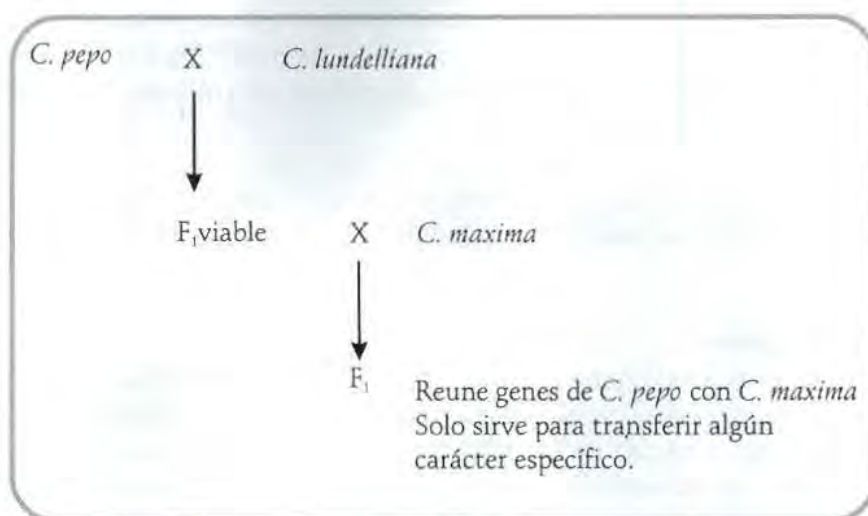
Método de la diversidad genética

Se basa en el uso de materiales altamente heterocigotos para poder efectuar la combinación interespecífica. Una base genética amplia presentará un número máximo de gametos para facilitar la unión de gametos compatibles y la diversidad genética ayudará a romper las barreras interespecíficas, solamente si esas barreras fueron determinadas por desbalanceamiento gamético no tendrá efectos sobre la esterilidad ocasionada por falta de homología entre los cromosomas.



Cruzamientos puentes

El cruzamiento *C. pepo* x *C. maxima* es muy difícil en razón del origen de estas especies. Esto se supera utilizando como especie puente *C. lundelliana* que es compatible con todas las especies cultivadas, produciendo F_1 y F_2 fértiles (se considera que *C. lundelliana* es el ancestro común de las cinco especies cultivadas).



Cultivo de embriones

Las semillas obtenidas en los cruzamientos interespecíficos son frecuentemente débiles, porque contienen embriones pequeños y mal nutridos, muchos de los cuales no llegan a medir la mitad del tamaño de un embrión normal. Los embriones de tales semillas, no emergen del suelo cuando son sembrados. Los embriones en estas semillas pobremente desarrolladas con frecuencia no abortan, pero el tejido nutritivo de la semilla no es suficiente para su normal desarrollo. En estos casos, el cultivo de embriones puede ser muy útil.

Nagai, citado por Pinto (1977), plantea los buenos resultados conseguidos en el cultivo de embriones procedentes de cruzamientos entre *C. pepo* y *C. moschata*. Este medio es el desarrollado por White, al cual se le adicionan las siguientes sustancias:

Sustancias	mg/l
Sacarosa	30.000
Glicina	3.00
Ac. Ascórbico	20.00
Thiamina	0.15
Riboflavina	0.20
Pantotenato	1.00
Nicotinamida	1.00
Vitamina B ₆	0.20
Acido succinico	25.00
Adenina	20.00
ANA	0.05
Kinetín	1.00

El pH fue ajustado a 5.6. El medio fue solidificado con 0.8% de agar.

Cerca de un mes después de la transferencia del embrión, inicia su lento crecimiento las hojas cotiledonares, y más o menos uno o dos meses después, el enraizamiento. Después de dos cambios de medio (4- 5 meses después de extraído el embrión), ocurre finalmente la diferenciación de las hojas de la plúmula.

Yamane, Wall y Weilung citados por Kuabara *et al* (1984) ,utilizan una técnica que es más rápida y mucho más efectiva para obtener plantas adultas a partir del cultivo de embriones.

Híbridos poliploides

Whitaker (1974), indica que generalmente los cruzamientos interespecíficos entre las cinco especies cultivadas, si acaso tienen éxito, son más o menos estériles. Para restaurar un grado aceptable de fertilidad en los híbridos F_1 , que pueden poseer genes valiosos. de resistencia a diversas enfermedades y plagas., la duplicación del número de cromosomas con colchicina ha sido utilizada con cierto éxito.

5.1.8 Endocria y heterosis

Las especies del género *Cucurbita* son plantas alógamas de polinización entomófila. Como regla general, la endocria en alógamas conduce a una pérdida rápida del vigor; sin embargo, esto no parece estar generalizado en las *Cucurbitas*. Existen resultados: diversos sobre el efecto producido por la endocria, en el género *Cucurbita*. Algunos autores reportan disminución del vigor, presencia de plantas anormales y debilitamiento en general. Otros afirman lo contrario, reportando aumento del vigor de la planta en general. Ultimamente Giraldo y Vallejo (1989), reportaron el efecto negativo de la endocria sobre la producción por planta de zapallo.

Varias teorías han sido dadas con el fin de esclarecer la ausencia de pérdida de vigor de las especies de *Cucurbita*. La principal explica la ausencia de pérdida de vigor por endocria mencionando que éstas han sido mantenidas en pequeñas poblaciones, generalmente en huertas; durante sus etapas iniciales de evolución, haciendo que se elimine por selección natural los genes recesivos indeseables o letales (Vallejo, 1984) .

Scott , citado por Whitaker y Davis. (1962), autofecundó *C. pepo* por tres generaciones encontró que las líneas diferían en hábito de crecimiento, tamaño de la planta, forma, tamaño y color del fruto. Se presentó alguna reducción del vigor en la segunda generación, pero no se presentó androesterilidad. Indicó que la endocria, acompañada de selección rigurosa, sería una forma práctica para mejorar cultivares.

Haber, citado por Whitaker y Davis (1962) estudió seis generaciones de endocría en la variedad Table Queen de *C. pepo* y encontró que la endocría no decrece el vigor y capacidad de rendimiento.

Cumming y Jenkins, citados por Whitaker y Davis (1962), endocriaron *C. maxima* por diez generaciones y concluyeron que la endocría no produjo efecto alguno sobre los órganos vegetativos y reproductivos.

Gil y Vallejo (1990), endocriaron *C. moschata* var. *piramoita*, *C. moschata* introducción 034 y el híbrido proveniente del cruzamiento entre *C. moschata* var. *piramoita* x *C. moschata* introducción 034, durante tres generaciones. En la variedad *Piramoita* e introducción 034 no se observó depresión para los caracteres número de frutos por planta, peso promedio de fruto y producción por planta. En el híbrido se observó una disminución significativa para peso promedio de fruto y producción por planta pero no para el carácter número de frutos por planta.

En el género *Cucurbita* hay heterosis considerable y los híbridos están siendo usados en cultivos comerciales. Hay reportes que compañías de semillas japonesas han tenido éxito en la producción de semilla F_1 del híbrido *C. maxima* x *C. moschata* (híbrido *tetsukabuto*).

5.1.9 Expresión del sexo

La expresión del sexo en las Cucurbitáceas es de gran importancia porque está relacionada con la producción de frutos, siendo deseable que ocurra el mayor número de flores femeninas con relación a las masculinas.

En la producción de nuevas variedades o híbridos es necesario conocer la base genética de la expresión del sexo, la influencia de los factores ambientales (fotoperiodo, temperatura, pH, etc.) sobre su manifestación y el efecto de ciertos reguladores de crecimiento que pueden cambiar la expresión de los genes responsables del sexo.

López (1982), menciona que dos genes mayores y genes modificadores interactúan para determinar diferentes tipos de floración:

- Hermafroditas: la planta presenta flores hermafroditas, solamente.
- Monoicas: la planta presenta flores estaminadas separadas de las pistiladas.
- Ginoicas: Plantas con flores pistiladas, solamente.
- Androicas: Plantas con flores estaminadas, solamente.
- Ginomonoicas: plantas con flores pistiladas y hermafroditas.

- Andromonoicas: plantas con flores estaminadas y hermafroditas.
- Trimonoicas: plantas con flores estaminadas, pistiladas y hermafroditas.

La base genética de la expresión del sexo todavía no está clarificada totalmente debido a que no hay mapa de ligamiento de genes en las especies de Curcubitaceas y a la presencia de genes modificadores.

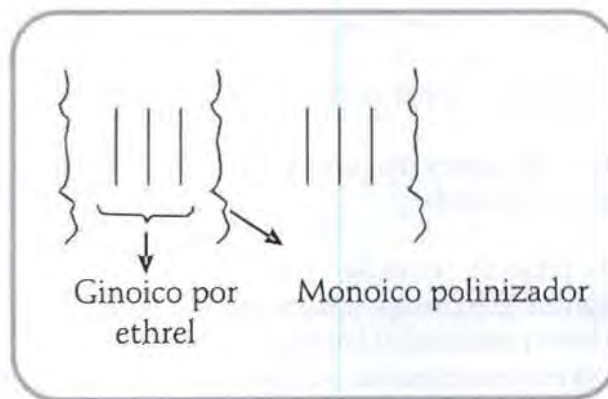
Los factores ambientales afectan grandemente la expresión del sexo. Días largos, alta luminosidad y alta temperatura nocturna favorecen la masculinidad. Días cortos, baja luminosidad y baja temperatura nocturna tienen efecto opuesto. Bajo pH y fertilización nitrogenada aumentan la masculinidad y una combinación de alta fertilización nitrogenada y adecuada humedad aumentan la feminidad de las plantas.

Existen diversas sustancias químicas que afectan el proceso de diferenciación de las plantas, pero solamente a nivel fisiológico. Las auxinas que presentan un movimiento lento en la planta tienen efecto en el incremento de la feminidad. Ethepon, ethrel, ácido naftaleno acético (ANA), ácido indol acético (IAA), etileno o acetileno aumentan la producción de flores femeninas o feminidad, cuando son aplicados en botones no diferenciados.

Las giberelinas que presentan un movimiento rápido en la planta tienen efecto en el incremento de la masculinidad.

Según Risser y Rode (1979) y Owens *et al* (1980), el empleo de iones de plata AgNO_3 y $\text{Ag}_2\text{S}_2\text{O}_8$, aminoethoxyvinylglycine (AVG) inducen flores perfectas en líneas ginoicas de melón (que aparecen tres semanas después a la aplicación de AgNO_3)

En *Cucurbitas*, se debe utilizar la polinización manual o la castración química, generalmente con ethrel, para la producción de híbridos F_1 , así:



5.1.10 Herencia de algunos caracteres de interés hortícola

En el género *Cucurbita* ocurre una gran diversidad genética, tanto para los caracteres morfológicos de la planta como para los caracteres del fruto como color, forma y tamaño. La gran variabilidad existente en estas especies sugiere que se pueden obtener grandes progresos en trabajos de mejoramiento. Sin embargo, poca atención se ha prestado a este género, siendo conocidos pocos genes, donde los principales estudios fueron desarrollados con las especies *C. pepo* y *C. maxima*.

Todas las especies del género *Cucurbita* tienen un número cromosómico $2n=2x=40$ y actualmente solo se conocen 30-40 genes. En el cuadro 4 se presenta los principales genes de las Cucúrbitas.

Hábito de crecimiento

Las plantas de Cucúrbita normalmente son rastreras y extremadamente grandes y para desarrollarse requieren de mucho espacio; sin embargo, existen plantas de crecimiento compacto o arbustivo, las cuales facilitan el manejo y las prácticas culturales, además que permite aumentar la densidad de siembra y posiblemente un incremento de la productividad del cultivo.

Diversas investigaciones han encontrado que los genes mayores responsables para el hábito arbustivo (**Bu**) y rastrero (**bu**) se localizan en el mismo locus.

En *C. pepo*, el gen arbustivo es casi completamente dominante sobre el gen rastrero durante el crecimiento inicial, pero incompletamente dominante durante el crecimiento posterior. En *C. maxima*, el gen arbustivo es completamente dominante durante el crecimiento inicial, pero completamente recesivo durante los estados tardíos. En resumen, el carácter arbustivo vs. rastrero es dominante para arbustivo y el número de genes involucrados es uno, más los modificadores. La acción génica está relacionada con el cambio de dominancia durante el desarrollo (dominancia reversa).

Shiffriss citado por Robinson (1976), registró que las plantas de *C. pepo* heterocigotas para **Bu** tienen un hábito arbustivo en el estado joven de las plantas, pero cambian a rastrero en la madurez. Trabajos posteriores han confirmado la validez de estas conclusiones en el sentido de que la dominancia del gen es cambiada durante su desarrollo, de modo que el hábito arbustivo es un carácter dominante en plantas jóvenes pero recesivo en la madurez.

Cuadro 4. Principales genes identificados en las especies del género *Cucurbita*

1.	Genes relacionados con el sexo:
1.1	<u>a</u> : plantas androicas. Producen flores machos solamente
1.2	<u>G</u> : plantas Ginoicas. Produce flores hembras en <i>C. foetidissima</i> .
2.	Genes relacionados con características del fruto
2.1	<u>B</u> : fruto bicolor. Pigmentación amarilla en el fruto que desarrolla antes de la antesis.
2.2	<u>bl</u> : color azul. Recesivo incompleto a verde.
2.3	<u>C</u> : fruto coloreado. Fruto verde; epistático a <u>r</u> .
2.4	<u>Di</u> : forma de disco. Dominante a esférico.
2.5	<u>l</u> : fruto con color pálido o ligero. Intensidad ligera y uniforme de la pigmentación del fruto.
2.6	<u>r</u> : Blanco recesivo. Fruto de color blanco; hipostático a <u>C</u> .
2.7	<u>Rd</u> : cáscara roja. Color externo del fruto rojo; dominante a verde, blanco, amarillo y gris.
2.8	<u>St</u> : frutos rayados. rayas longitudinales en el fruto.
2.9	<u>W</u> : fruto blanco. Dominante a fruto maduro verde, parcialmente epistático a <u>Y</u> .
2.10	<u>Wf</u> : pulpa blanca. Dominante a crema.
2.11	<u>Wt</u> : superficie rugosa. Dominante a frutos de superficie lisa.
2.12	<u>Y</u> : fruto amarillo. Dominante a verde.
2.13	<u>Ygp</u> : placenta verde - amarilla; dominante a amarilla en <i>C. pepo</i> .
3.0	Genes relacionados con el color de la flor.
3.1	<u>cr</u> : corola crema.
3.2	<u>Gb</u> : bandas verdes en la base de los pétalos; dominante a la no presencia de bandas en <i>C. pepo</i> .
3.3	<u>i</u> : intensificador del gen <u>cr</u> que ocasiona flores cremas.
3.4	<u>lg</u> : corola levemente amarilla. Recesiva a amarilla - anaranjada.
4.0	Genes relacionados con el color del tallo, hojas.
4.1	<u>D</u> : tallo verde oscuro. Dominante a verde suave.
4.2	<u>M</u> : hojas moteadas a manchadas. Áreas grises plateadas en las axilas de las venas de las hojas.
5.0	Gen relacionado con el hábito de crecimiento.
5.1	<u>Bu</u> : hábito arbustivo. Entrenudos cortos; dominante a crecimiento rastroso en plantas jóvenes pero recesivo en la maduración.
6.0	Genes relacionados con el contenido de cucurbitacina.
6.1	<u>Bi</u> : frutos amargos. Alto contenido de cucurbitacina en los frutos.
6.2	<u>cu</u> : contenido de cucurbitacina. Reduce el contenido de cucurbitacina.
7.0	Genes relacionados con machoesterilidad.
7.1	<u>ms-1</u> : Machoesterilidad -1. Flores machos abortan antes de la antesis.
7.2	<u>ms-2</u> : Machoesterilidad -2. Flores machos abortan.
7.3	<u>s</u> : Esterilidad. Flores machos pequeñas, sin polen; flores femeninas estériles.
8.0	Genes relacionados con otros caracteres.
8.1	<u>lo</u> : hojas lobuladas de <i>C. maxima</i> .
8.2	<u>n</u> : Semillas sin cubierta. Pérdida de la cubierta lignificada de la semilla.
8.3	<u>Pm</u> : Resistencia al mildew polvoso. Resistencia a <i>Sphaerotheca fuliginea</i> .
8.4	<u>ro</u> : hoja roseta.
8.5	<u>T</u> : Resistencia a trifluralina en <i>C. moschata</i> .
8.6	<u>Ys</u> : Plántulas amarillas. Pérdida de clorofila. Letal.

Fuente: Robinson, 1976.

Giraldo y Vallejo (1989), realizaron un trabajo para modificar el hábito de crecimiento rastrojero del zapallo *C. moschata* introducción 0.34 mediante la transferencia del gen arbustivo (**Bu**) a partir de *C. moschata* var. *piramoita*. Encontraron, después de dos retrocruzamientos, que el gen **Bu** en forma heterocigota permitió reducir la longitud de la guía principal de la introducción 034 en más del 50%. Además reportaron que el gen **Bu**, en su forma heterocigota, no afecta la producción ni el número de frutos.

Color de la hoja

Es un carácter de gran importancia en trabajos de mejoramiento genético, porque puede servir como gen marcador para la identificación de especies y cultivares, cuando las plantas se encuentran en estados iniciales de desarrollo. La mayoría de las variedades de *C. moschata* poseen hojas manchadas de color plata. Las hojas, de *C. pepo* y *C. maxima* poseen hojas de coloración verde uniforme. Sin embargo, la variación genética para que las hojas sean manchadas, ocurren en todas las especies de *Cucurbita*. La hoja manchada es heredada como un factor único dominante en *C. maxima*, *C. moschata* y *C. pepo*. Ha sido propuesto el símbolo **M** para designar el gen responsable por la hoja manchada en cada especie. Según Pinto (1977), el carácter manchado de las hojas está relacionado con la resistencia a insectos.

Color de la epidermis del fruto

El color externo del fruto es una característica de gran importancia, debido a que el consumidor asocia el aspecto del producto con la calidad del mismo. Es uno de los caracteres más estudiados en el género *Cucurbita*.

En *C. pepo*, Sinnott y Durham citados por Robinson *et al* (1976), verificaron que el color blanco de la epidermis es epistático para el amarillo, y el color amarillo domina al color verde. Ellos presentaron evidencias que dos genes, designados por **W** para el blanco y **Y** para el amarillo, segregan en F_2 en la siguiente relación 12 blancos: 3 amarillos: 1 verde. Whitwood, citado por los mismos autores, verificó que, cuando variedades de frutos blancos fueron cruzadas con líneas de frutos verdes, los frutos inmaduros mostraron dominancia para el blanco; pero, en frutos maduros ocurrió dominancia incompleta, donde los híbridos mostraron una relación de 9 cremas: 3 blancos: 3 amarillos: 1 verde.

En *C. maxima*, Hutchins (1935), encontró que frutos de coloración azul son recesivos para el verde, cuyo carácter es determinado por apenas un solo gene que fue simbolizado por **bl** para el azul. Este mismo autor, verificó en la coloración naranja también domina al azul y es monogénica.

Lotsy citado por Robinson *et al* (1976), encontró que el color rojo fue dominante sobre los colores verde, blanco, amarillo y ceniza (o azul), y que éste color fue dominante sobre el verde y castaño. Para designar este carácter se sugirió el gen simple **Rd**, con dominancia incompleta del color rojo.

Color de la pulpa del fruto

El color de la pulpa del fruto, además de tener gran importancia para la industrialización, refleja también el contenido de beta-caroteno.

Sinnott y Durham citados, por Robinson *et al* (1976), determinaron que la pulpa de color blanca domina a la de color crema, en *C. pepo*, es debido a un gen mayor más modificadores. Este gen fue designado como **Wf** para pulpa blanca.

Superficie del fruto

Drude, citado por Robinson *et al* (1976); encontró que frutos verrugosos son dominantes a frutos lisos, en *C. pepo*. Este gen se lo designa con el símbolo **Wt** (Warty). Otros autores sugieren que más de un gen toma parte en la determinación de esta característica.

Whitwood, citado por Robinson *et al* (1976), sugiere que dos genes controlan el fruto arrugado en *C. pepo*. Mains, citado por Robinson *et al* (1976), reportó que frutos con cáscara dura son dominantes a cáscara blanda, en *C. pepo* y condicionado por el gen simple **Hr**. Whitaker (1951), menciona que la cáscara dura de *C. andreana* es dominante a cáscara blanda de *C. maxima* y condicionado por un gen simple.

Forma del fruto

Se conoce muy poco acerca del control genético de la forma del fruto en Cucúrbita. Sinnott, citado por Robinson *et al* (1976), reportó que un gen dominante simple (**Di**) determina la forma esférica del fruto en *C. pepo*.

Whitaker (1931), reportó que la forma de pera del fruto es recesivo a la forma de disco y debida a un gen simple. Hutchins, (1935) citado por Robinson *et al* (1976), reportó que en *C. pepo* existía herencia monogénica para fruto con pescuezo vs. fruto con poco pescuezo; no liso vs. liso y no puntudo vs. puntudo.

Whitwood, citado por Robinson *et al* (1976), encontró que fruto con pescuezo en *C. pepo* es dominante a fruto con poco pescuezo y es monogénico, en algunos cruzamientos, pero, pueden aparecer genes adicionales en otros cruzamientos.

5.1.11 Mejoramiento genético

De un modo general, se puede decir que uno de los principales objetivos de un programa de mejoramiento genético de *Cucurbita* podrá ser: obtención de plantas con alta producción, compactas (gen braquítico), alta prolificidad y calidad de frutos, resistencia a las principales enfermedades, (Oidio, mildiu y virosis) y plagas (*Diaphania sp.*).

Entre los factores de calidad que se deben tener en cuenta en los programas de mejoramiento se pueden mencionar los siguientes:

1. Peso y forma de los frutos: actualmente existe una tendencia en el consumidor a preferir frutos de 1 a 2 kg. y formatos de frutos redondos.
2. Rendimiento de pulpa: un alto rendimiento de pulpa es un atributo de calidad esencial, tanto para el consumo directo como para la industria. Se han encontrado rendimientos de pulpa hasta del 92%.
3. Consistencia: el consumidor prefiere frutos duros con altos contenidos de sólidos totales y menor cantidad de fibra. Los frutos considerados de buena calidad poseen 17 -24% de sólidos totales. Es importante mencionar que a mayor cantidad de almidón en los frutos, mayor será la firmeza y la viscosidad de la pulpa.
4. Coloración de la pulpa: la coloración amarilla intensa o salmón es la preferida por el consumidor. Su intensidad está relacionada directamente con la cantidad de carotenoides totales, de los cuales cerca del 30% corresponden al beta-caroteno.
5. Sabor: los frutos con mayor cantidad de azúcares son considerados de mejor sabor. El sabor generalmente está relacionado con los niveles de azúcares, almidón, relación azúcar-almidón y de otros compuestos.
6. Nitratos: cuando el objetivo es la industrialización se debe utilizar frutos con niveles bajos de nitrato, porque niveles altos provocan corrosión de las latas del envase.
7. Altos contenidos de materia seca, proteína y beta-caroteno.

Existen resultados que indican que la autopolinización puede ser utilizada para obtener materiales uniformes, a partir de variedades de libre polinización y heterogéneas. Además, los métodos de selección masal estratificada y pedigree han sido utilizados para mejorar poblaciones de libre polinización. El retrocruzamiento ha sido utilizado para transferir genes mayores entre variedades o entre especies.

Existen fuentes de resistencia importantes a las principales enfermedades y plagas, especialmente en las especies silvestres tales como: *C. ecuadoriensis*, *C. andreana*, *C. lundelliana*, *C. martinezii* y *C. foetidissima*, las cuales pueden ser transferidas a las especies cultivadas.

El carácter braquítico y alta prolificidad han sido encontrados en algunas variedades de *C. pepo* y *C. maxima*. Este gen puede ser transferido a las principales variedades con miras a incrementar la productividad.

La exploración del vigor híbrido en la generación F_1 parece ser un método de mejoramiento muy promisorio para el género *Cucurbita*. Ya existe en el mercado un híbrido interespecífico de gran aceptación por parte del agricultor. Se trata del híbrido Tetsukabuto, cuyo éxito se debe a su alta prolificidad, alta calidad de frutos y también su machoesterilidad que le confiere exclusividad a la compañía productora.

5.2 Agronomía del cultivo

5.2.1 Adaptación

El cultivo de zapallo presenta una amplia adaptación en ambientes de producción localizados desde cerca del nivel del mar hasta los 2000 msnm. Los cultivares pertenecientes a la especie *Cucurbita moschata*, presentan en general un mejor desarrollo en zonas cálidas por debajo de los 1500 msnm y temperaturas frescas y suaves. En general la mejor adaptación para todos los cultivares en las dos especies, se presenta entre los 500-1500 msnm con temperaturas que varían entre los 20 - 27°C.

El zapallo como todas las cucurbitáceas expresan todo su potencial genético de manera sobresaliente en ambientes secos con humedades relativas medias o bajas, suelos con texturas francas o ligeramente arenosos o pedregosos muy bien drenados. El crecimiento de raíces primarias y secundarias tanto en el sistema central como en los nudos de los tallos laterales se ven favorecidos cuando existe un alto contenido de materia orgánica en los suelos y un pH entre 5.8-7.0. En suelos arcillosos es conveniente incorporar enmiendas orgánicas por lo menos en los sitios de siembra o transplante.

Por tener un sistema de raíces superficial, no requiere de suelos profundos pero sí de buena fertilidad y retención de humedad. La incorporación de enmiendas orgánicas, de carbonatos de calcio y magnesio o de cenizas, mejoran las propiedades físicas y químicas de los suelos favoreciendo el crecimiento vigoroso de la planta con tallos de entrenudos cortos y menos longitud de tallos secundarios (guías) y por lo tanto se obtiene un crecimiento más compacto y menos invasor. (Lira, 1995); (Vallejo, 1998)

Cuadro 5. Herencia de algunos caracteres en *C.pepo*

Carácter	Dominancia	No. de Genes envueltos	Acción Génica
Resistencia a <i>Anasa tristis</i>	Resistencia parcialmente dominante a susceptibilidad	3 pares	Aditiva
Resistencia a <i>Acalymma vittata</i> .	Resistencia domina parcialmente a susceptibilidad	3 pares	Aditiva
Androesterilidad	Fertilidad domina androesterilidad	1 par (ms₂ms₂)	-
Hojas manchadas vs. verdes uniformes	Manchadas domina a verde uniforme	1 par (MM)	-
Hojas en roseta vs. normales	Normales domina a rosetas	1 par (ro)	-
Tallo verde oscuro vs. verde claro.	Verde oscuro domina a verde claro	1 par (DD)	-
Plántulas amarilla vs. verde.	Verde domina a amarilla	1 par (vs)	Deficiencia total de clorofila
Crecimiento arbustivo vs. trepador	Arbustivo domina a trepador	1 gen principal más modificadores.	Cambios de dominancia durante el desarrollo
Fruto verde vs. blanco.	Verde domina a blanco	2 pares (CCRR)	C dominante con control epistático.
Fruto verde opaco vs. blanco	Verde domina a blanco	2 pares (CCRR)	-
Fruto verde con bandas vs. blanco sólido	Verde con bandas domina a blanco sólido	1 par (StSt)	-
Fruto amarillo vs. verde	Amarillo domina verde	1 par (BB)	Uniformemente amarillo en estado maduro
Amarillo vs. verde (pigmento control)	Amarillo domina a verde (pigmento control)	1 par (YY)	Uniformemente amarillo en estado maduro.
Fruto blanco vs. amarillo	Blanco domina a amarillo	1 par (WW)	Epistático a Y
Fruto con bandas vs. uniforme en color.	Con bandas domina a uniforme en color	1 par (MM)	-

continúa...

continuación cuadro 5

Carácter	Dominancia	No. de Genes Envueltos	Acción Génica
Pigmentación fuerte vs. pigmento suave.	Fuerte uniforme domina a pigmentación suave	1 par (LL)	-
Superficie fruto arrugada vs. Lisa	Arrugada domina lisa	1 par	-
Cáscara dura de fruto vs. blanda	Dura domina blanda	1 par	-
Forma fruto	Disco	2 pares: (AB) – disco, (Ab o aB) esférico, (ab)-elongado	-
Pulpa amarga vs. suave	Amarga domina suave	1 par (Bi)	-
Semilla descubierta vs. con saco lignificado	Lignificado	1 gen principal más modificadores	-
Número de días entre semillas-antesis 1ª. Flor <input type="checkbox"/>	Completa, de pocos días a más días	3 pares	Aditiva
Días entre la apertura 1a. flor <input type="checkbox"/> y 1a. Flor pistilada <input type="checkbox"/>	Completa de poca duración a más duración	2 pares	Parcialmente complementaria
Días desde la semilla a antesis 1ª flor pistilada.	Completa, de pocos días a más días	3 pares	Aditiva
Fruto verde vs. naranja	Parcialmente dominante el verde	2 pares	-
Pigmentación precoz del fruto	Precocidad	1 par	-
Peso del fruto	Parcialmente dominante, para tamaño grande	3 pares	Interacción inter e intra - alelica compleja
Total sólidos	Intermedia	2 pares	Aditiva

Fuente: Whitaker, 1974

Resistencia a enfermedades y plagas

Whitaker citado por Robinson *et al* (1976), verificó que *C. lundelliana* es resistente a oidio y Rhodes citado por los mismos autores encontró que la resistencia es heredada en forma simple y dominante (**Pm**), en cruzamientos con *C. moschata*.

Nath y Hall, citados por Robinson *et al* (1976) reportaron que *C. pepo* es resistente al insecto *Acalymma vitatta*.

Benepal y Hall (1967) reportaron que *C. moschata* es más resistente que *C. maxima* al insecto *Anasa tristis*. Sugirieron que esta resistencia es parcialmente dominante y controlada por tres pares de genes con acción aditiva para la resistencia.

5.1.11 Mejoramiento genético

De un modo general, se puede decir que uno de los principales objetivos de un programa de mejoramiento genético de *Cucurbita* podrá ser: obtención de plantas con alta producción, compactas (gen braquítico), alta prolificidad y calidad de frutos, resistencia a las principales enfermedades, (Oidio, mildiu y virosis) y plagas (*Diaphania sp.*).

Entre los factores de calidad que se deben tener en cuenta en los programas de mejoramiento se pueden mencionar los siguientes:

1. Peso y forma de los frutos: actualmente existe una tendencia en el consumidor a preferir frutos de 1 a 2 kg. y formatos de frutos redondos.
2. Rendimiento de pulpa: un alto rendimiento de pulpa es un atributo de calidad esencial, tanto para el consumo directo como para la industria. Se han encontrado rendimientos de pulpa hasta del 92%.
3. Consistencia: el consumidor prefiere frutos duros con altos contenidos de sólidos totales y menor cantidad de fibra. Los frutos considerados de buena calidad poseen 17 -24% de sólidos totales. Es importante mencionar que a mayor cantidad de almidón en los frutos, mayor será la firmeza y la viscosidad de la pulpa.
4. Coloración de la pulpa: la coloración amarilla intensa o salmón es la preferida por el consumidor. Su intensidad está relacionada directamente con la cantidad de carotenoides totales, de los cuales cerca del 30% corresponden al beta-caroteno.
5. Sabor: los frutos con mayor cantidad de azúcares son considerados de mejor sabor. El sabor generalmente está relacionado con los niveles de azúcares, relación azúcar-almidón y de otros compuestos.
6. Nitratos: cuando el objetivo es la industrialización se debe utilizar frutos con niveles bajos de nitrato, porque niveles altos provocan corrosión de las latas del envase.
7. Altos contenidos de materia seca, proteína y beta-caroteno.

Existen resultados que indican que la autopolinización puede ser utilizada para obtener materiales uniformes, a partir de variedades de libre polinización y heterogéneas. Además, los métodos de selección masal estratificada y pedigree han sido utilizados para mejorar poblaciones de libre polinización. El retrocruzamiento ha sido utilizado para transferir genes mayores entre variedades o entre especies.

Existen fuentes de resistencia importantes a las principales enfermedades y plagas, especialmente en las especies silvestres tales como: *C. ecuadoriensis*, *C. andreana*, *C. lundelliana*, *C. martinezii* y *C. foetidissima*, las cuales pueden ser transferidas a las especies cultivadas.

El carácter braquítico y alta prolificidad han sido encontrados en algunas variedades de *C. pepo* y *C. maxima*. Este gen puede ser transferido a las principales variedades con miras a incrementar la productividad.

La exploración del vigor híbrido en la generación F₁ parece ser un método de mejoramiento muy promisorio para el género *Cucurbita*. Ya existe en el mercado un híbrido interespecífico de gran aceptación por parte del agricultor. Se trata del híbrido Tetsukabuto, cuyo éxito se debe a su alta prolificidad, alta calidad de frutos y también su machoesterilidad que le confiere exclusividad a la compañía productora.

5.2 Agronomía del cultivo

5.2.1 Adaptación

El cultivo de zapallo presenta una amplia adaptación en ambientes de producción localizados desde cerca del nivel del mar hasta los 2000 msnm. Los cultivares pertenecientes a la especie *Cucurbita moschata*, presentan en general un mejor desarrollo en zonas cálidas por debajo de los 1500 msnm y temperaturas frescas y suaves. En general la mejor adaptación para todos los cultivares en las dos especies, se presenta entre los 500-1500 msnm con temperaturas que varían entre los 20 - 27°C.

El zapallo como todas las cucurbitáceas expresan todo su potencial genético de manera sobresaliente en ambientes secos con humedades relativas medias o bajas, suelos con texturas francas o ligeramente arenosos o pedregosos muy bien drenados. El crecimiento de raíces primarias y secundarias tanto en el sistema central como en los nudos de los tallos laterales se ven favorecidos cuando existe un alto contenido de materia orgánica en los suelos y un pH entre 5.8-7.0. En suelos arcillosos es conveniente incorporar enmiendas orgánicas por lo menos en los sitios de siembra o transplante.

Por tener un sistema de raíces superficial, no requiere de suelos profundos pero sí de buena fertilidad y retención de humedad. La incorporación de enmiendas orgánicas, de carbonatos de calcio y magnesio o de cenizas, mejoran las propiedades físicas y químicas de los suelos favoreciendo el crecimiento vigoroso de la planta con tallos de entrenudos cortos y menos longitud de tallos secundarios (guías) y por lo tanto se obtiene un crecimiento mas compacto y menos invasor. (Lira, 1995); (Vallejo, 1998)

5.2.2 Épocas de siembra

Las siembras deben planificarse para que el periodo de formación y desarrollo de los frutos ocurra en la época mas seca siempre y cuando se disponga de agua para el riego suplementario. Tanto las variedades nativas (criollas), como las importadas, presentan una alta susceptibilidad a la pudrición de los frutos en las épocas húmedas y a la quemazón o escaldados de los mismos, cuando existe exposición directa de los frutos a la alta radiación lumínica. Aunque el cultivo se puede sembrar a lo largo de todo el año, es conveniente tener en cuenta las condiciones climáticas para el manejo de las densidades de siembra y arreglos poblacionales, sistemas de riego y drenaje así mismo para la protección de los frutos. (Estrada, 2002); (Jaramillo y Lobo, 1995).

Los factores de mercado pueden condicionar las siembras en ciertas regiones, así como la posibilidad de establecer la siembra como sistema transitorio en cultivos múltiples de relevo, intercalado, en etapa de establecimiento y levante, podas y soqueo en cultivos perennes (frutales, plátano, café, banano, maderables etc.). El zapallo se constituye en una excelente alternativa como cultivo transitorio secundario en áreas donde se establecen cultivos perennes o semiperennes.

5.2.3 Tipos de cultivares

Tanto en Colombia, como en buena parte de los países de América Latina, se diferencian dos grandes grupos varietales. el primer grupo lo componen los cultivares nativos, criollos o regionales que han sido desarrollados a partir de la selección y prueba de campo durante muchos años por los agricultores locales a partir de poblaciones ancestrales de origen indígena. Estas variedades involucran un fuerte componente etnocultural presentando características diferenciales tanto de la planta, como del cultivo y uso, que responden a necesidades típicas o comunes de las regiones de producción. En Colombia, este grupo se conoce en su conjunto como zapallos marraneros o mejicanos.

Un segundo grupo, corresponde a los cultivares mejorados genéticamente que pueden ser de polinización abierta (op) o de constitución híbrida (Hf_1). Estos cultivares suelen ser importados al país por las compañías tradicionales que atienden los mercados de semillas en Colombia. A partir de 1997 aparecen nuevas variedades mejoradas en el país, desarrolladas por el programa de investigación en hortalizas de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, obtenidas a partir de germoplasma latinoamericano que reúne características sobresalientes tanto de la planta y su cultivo, como de los frutos para el mercado fresco e industrial. (Figura 3).

Uno de estos cultivares es el conocido como UNAPAL – Bolo Verde, que viene cubriendo una buena parte de las siembras en el Occidente Colombiano especialmente en el valle del Cauca, los departamentos de la zona cafetera y el departamento del Cauca y Nariño.

Recientemente han aparecido en el país los zapallitos ornamentales y decorativos que se caracterizan por tener frutos pequeños de formas y colores muy llamativos y vistosos. Estos cultivares son de origen híbrido de las especies *Cucurbita moschata*, *Cucurbita maxima*, *Cucurbita mixta*, *Cucurbita pepo*; cuya semilla debe ser importada y se cultivan en sistemas intensivos de alto acompañamiento tecnológico.

El cuadro 5, integra una lista de los principales cultivares que se ofertan en el mercado colombiano.

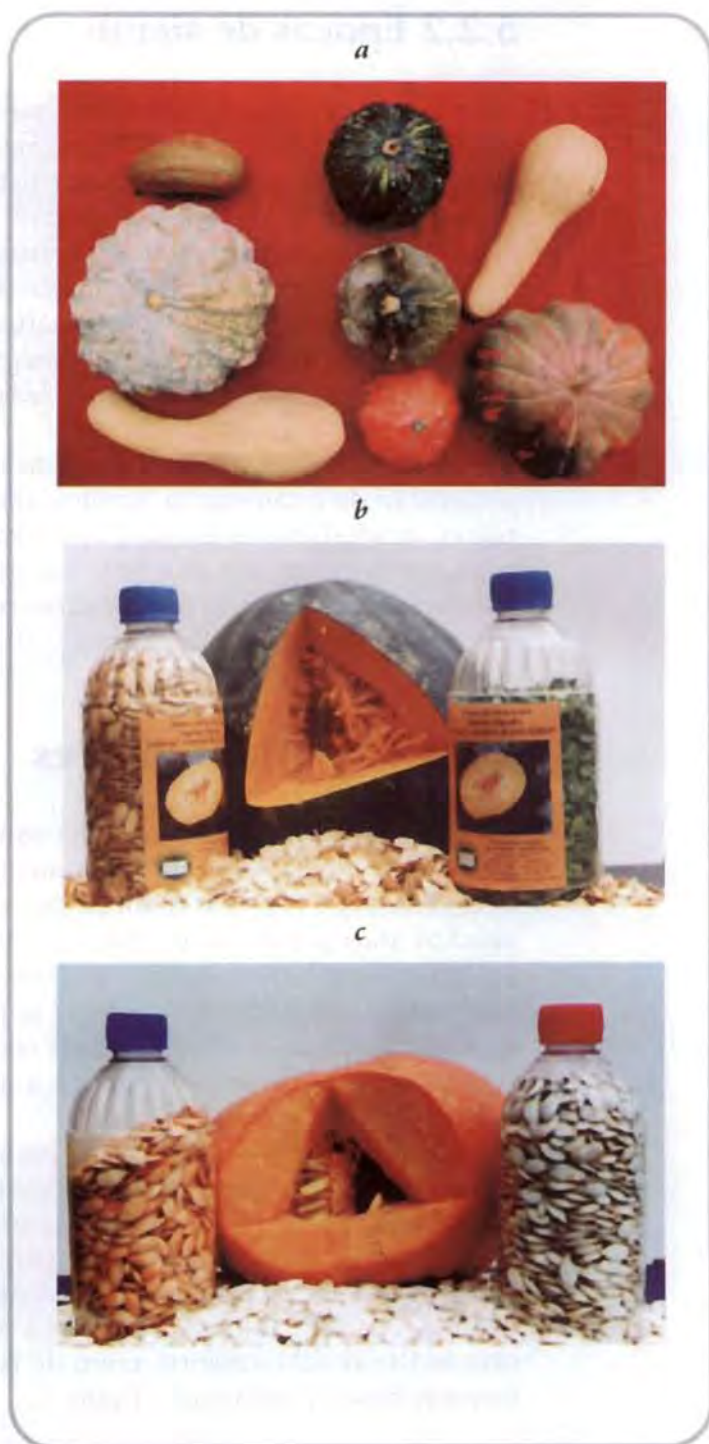


Figura 3. Tipos de cultivares. (a) Variabilidad en formato y tipo de fruto. (b y c) Cultivares mejorados genéticamente por la Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira: UNAPAL Bolo Verde, UNAPAL Mandarin.

Cuadro 5. Portafolio de oferta de semillas de cultivares de zapallo en Colombia. Año 2003.

Nombre del cultivar	Tipo	Casa productora
Importados		
Híbrido Barbara	Híbrido	Sakata Seed
Golden Delicious	Híbrido	Peto Seed
Butternut Supremme	Híbrido	Peto Seed
Cenneticut Field	Híbrido	Peto Seed. Bonanza Seed
Early Butternut	Híbrido	Peto Seed
Nacionales		
Ahuyama Nativa	Variedad	Producción nacional
Zapallica VMP-1	Variedad	ICA Producción nacional
Mejicanos o Marraneros	Variedad	Producción nacional
UNAPAL Mandarino	Variedad	Semillas UNAPAL Palmira
UNAPAL Bolo Verde	Variedad	Semillas UNAPAL Palmira

Fuente: Estrada (2003)

5.2.4 Sistemas de producción

Pueden establecerse como cultivos principales (monocultivo) o en sistemas múltiples transitorios especialmente con frutales, café, cacao o árboles maderables. En huertos o plantaciones perennes puede aprovecharse las épocas de poda, soqueo o renovación del cultivo principal. (Figura 4).

Los cultivares denominados mejicanos o marraneros desarrollan su ciclo vegetativo y reproductivo en un periodo de 120-140 días bajo condiciones de la zona plana del valle del Cauca. Las variedades precoces desarrollan su ciclo vegetativo y reproductivo en un periodo mas corto (70-90 días) bajo las mismas condiciones, y por eso se puede adaptar mejor a sistemas de rotación como cultivo transitorio. (López, 1982)

Debido al crecimiento rastrero, desarrollo raíces adventicias superficiales en los nudos de los tallos (guías). Y abundante área foliar, el zapallo se constituye como una excelente opción productiva y de cobertura vegetal para protección de suelos en zonas pendientes pronunciadas o áreas de mucho viento o lluvias con alta escorrentía superficial. (Casseres, 1980)

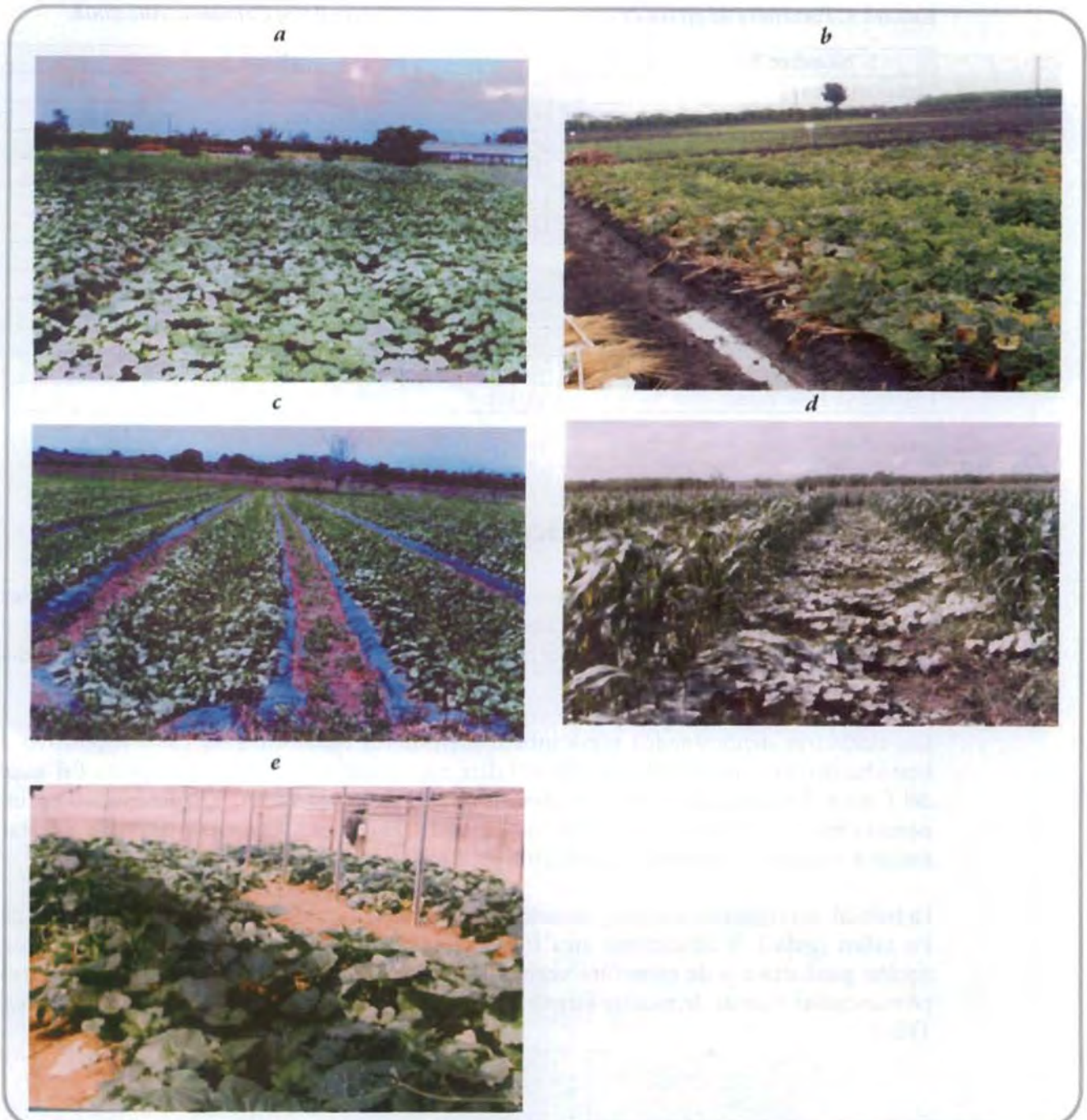


Figura 4. Sistemas de producción. (a) Monocultivo tradicional. (b) Monocultivo con acolchado orgánico. (c) Monocultivo con acolchado plástico. (d) Intercalado con maíz. (e) Monocultivo en invernadero.

5.2.5 Preparación de suelos

El sistema de raíces del zapallo es superficial, tanto en el tallo principal como en los tallos secundarios (guías), por ello se recomienda que la preparación del suelo se haga poco profundo y en algunos casos se limiten solo a las franjas de cultivo, o simplemente en cada sitio de siembra o transplante.

En zonas lluviosas o en suelos con tendencia al encharcamiento, es preferible levantar caballones o camas de siembra de 30 a 40 cm de altura sobre la base lateral del surco de riego y drenaje. Durante la preparación del terreno, puede agregarse e incorporarse materia orgánica compostada o residuos orgánicos que mejoren las condiciones físicas del suelo tales como tamo, cascarilla de arroz, bagazo o cachaza de caña y residuos de cosecha y trilla.

En sistemas de producción en ladera o en cultivos intercalados, se puede realizar una preparación localizada por sitio de siembra. Esta operación se hace manual con ayuda de herramientas que permiten roturar, picar y mezclar el suelo en un volumen definido en cada sitio. El suelo original puede ser removido parcial o totalmente para su remplazo o mezcla con materia orgánica, compost o cualquier enmienda que mejore las condiciones y químicas del suelo en el sitio de preparación.

5.2.6 Siembra

Los cultivares tradicionales presentan un crecimiento exuberante que se caracteriza por un alto número de tallos secundarios (guías) de longitud considerable y fuerte capacidad invasora. También desarrolla hojas con láminas anchas y peciolo largos. Estos cultivares requieren un mayor distanciamiento y por lo tanto un bajo número de plantas por unidad de superficie. En estas condiciones de crecimiento las plantas prolongan su periodo reproductivo, formando frutos muy distanciados entre ellos, a lo largo de los tallos secundarios.

Los cultivares modernos, tienden a ser compactos de bajo número de tallos secundarios, con entrenudos cortos y floraciones femeninas uniformes y cercanas al tallo central. Las hojas también son más pequeñas pero más densas, dando protección a los frutos contra el escaldado por el golpe del sol. Estas variedades pueden sembrarse a distancias más cortas, proporcionando una mayor densidad de siembra, con poblaciones que superan ampliamente el sistema tradicional. (Giraldo y Vallejo, 1989)

Sandoval y Barona, citados por Estrada (2003), probaron el comportamiento del cultivar tipo mejicano de la especie *C. moschata* en un suelo de buena fertilidad, obtuvieron un rendimiento de 34 t/ha con la siguiente fertilización: 100 kg/ha de N, 50 kg/ha de P_2O_5 y 250 kg/ha de K_2O .

Un plan de abonamiento integral que incluya materia orgánica compostada y nutrientes minerales a través de fertilizantes comerciales, es el más recomendado. Puede desarrollarse de la siguiente manera:

Época	Materia orgánica		Fertilizante mineral (gr/sitio)
	t/ha	kg/sitio	
En la preparación del suelo	10 - 12	-	
En la siembra (sitio)	-	1 - 2	70(fertilizante completo, rico en nitrógeno, fósforo, calcio y elementos menores)
En el plateo e inicio de guías (30 días)	-	-	40 (fertilizante rico en nitrógeno y potasio)

En lotes de multiplicación de semillas con el cultivar UNAPAL - Bolo Verde, establecido en el centro experimental CEUNP, Villagorgona Candelaria. Se han logrado rendimientos de 37 t/ha con una fertilización de una mezcla mineral equivalente a 500 kg/ha distribuída de la siguiente manera:

Nutriente	N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	Elementos menores
Proporción	3	2	4	1	0.5	0.5

Los nutrientes se distribuyen de la siguiente forma:

Nutriente	Etapa 1 25 DDE	Etapa 2 30-50 DDE	Etapa 3 55 - 70 DDE	Etapa 4 80 - 92 DDE	Total (%)
Nitrógeno (%)	10	40	30	20	100
Fósforo (%)	20	50	30	0	100
Potasio (%)	10	20	60	10	100
Calcio (%)	10	30	50	10	100
Magnesio (%)	20	30	30	20	100
Menores (%)	30	50	20	0	100

5.2.5 Preparación de suelos

El sistema de raíces del zapallo es superficial, tanto en el tallo principal como en los tallos secundarios (guías), por ello se recomienda que la preparación del suelo se haga poco profundo y en algunos casos se limiten solo a las franjas de cultivo, o simplemente en cada sitio de siembra o transplante.

En zonas lluviosas o en suelos con tendencia al encharcamiento, es preferible levantar caballones o camas de siembra de 30 a 40 cm de altura sobre la base lateral del surco de riego y drenaje. Durante la preparación del terreno, puede agregarse e incorporarse materia orgánica compostada o residuos orgánicos que mejoren las condiciones físicas del suelo tales como tamo, cascarilla de arroz, bagazo o cachaza de caña y residuos de cosecha y trilla.

En sistemas de producción en ladera o en cultivos intercalados, se puede realizar una preparación localizada por sitio de siembra. Esta operación se hace manual con ayuda de herramientas que permiten roturar, picar y mezclar el suelo en un volumen definido en cada sitio. El suelo original puede ser removido parcial o totalmente para su remplazo o mezcla con materia orgánica, compost o cualquier enmienda que mejore las condiciones y químicas del suelo en el sitio de preparación.

5.2.6 Siembra

Los cultivares tradicionales presentan un crecimiento exuberante que se caracteriza por un alto número de tallos secundarios (guías) de longitud considerable y fuerte capacidad invasora. También desarrolla hojas con láminas anchas y peciolo largos. Estos cultivares requieren un mayor distanciamiento y por lo tanto un bajo número de plantas por unidad de superficie. En estas condiciones de crecimiento las plantas prolongan su periodo reproductivo, formando frutos muy distanciados entre ellos, a lo largo de los tallos secundarios.

Los cultivares modernos, tienden a ser compactos de bajo número de tallos secundarios, con entrenudos cortos y floraciones femeninas uniformes y cercanas al tallo central. Las hojas también son más pequeñas pero más densas, dando protección a los frutos contra el escaldado por el golpe del sol. Estas variedades pueden sembrarse a distancias más cortas, proporcionando una mayor densidad de siembra, con poblaciones que superan ampliamente el sistema tradicional. (Giraldo y Vallejo, 1989)

La siembra puede hacerse en forma directa previa preparación, rayado y hoyado del suelo, colocando superficialmente (no mayor a 1 cm de profundidad) una o tres semillas por sitio. Cuando se ha incorporado previamente materia orgánica compostada a los sitios de siembra, debe evitarse que la semilla quede en contacto directo con el abono orgánico, de igual manera si se ha incorporado fertilizante mineral en el sitio de siembra. Posteriormente, en la tercera o cuarta semana después de la emergencia de las plántulas se puede realizar un raleo o aclareo de plantas para dejar una o dos plantas por sitio, según la uniformidad de la población establecida.

El cuadro 6, integra algunas de las distancias y sistemas de siembra de común uso en el país.

Cuadro 6. Distancias de siembra y poblaciones obtenidas para una hectárea de siembra.

Sistema de siembra	Distancia (m)		Población plantas/ha
	Entre surcos	Entre plantas	
Surcos sencillos	1.5	1.0	6.600
	1.5	1.5	4.444
	2.0	0.7	7.142
	2.0	0.8	6.250
	2.5	1.5	2.666
	3.0	1.0	3.333
Surcos dobles	2.5	1.0	8.000
	2.7	1.0	7.406
	3.0	1.0	6.666

Las semillas deben localizarse superficialmente a una profundidad no mayor a un centímetro o ligeramente enterrada en el suelo. La posición de punta con el extremo anguloso dentro del suelo y la parte ancha hacia el exterior, favorece una emergencia de la plántula, rápida y uniforme. En cada sitio de siembra se puede colocar de una o dos semillas y después de la emergencia se puede ralear dejando una sola planta cuando los sitios contiguos están completos, o las dos para compensar las pérdidas en los sitios cercanos. La siembra también puede hacerse con plántulas obtenidas bajo condiciones controladas en viveros con un desarrollo apropiado (3-4 hojas), garantizando mayor uniformidad y rápido establecimiento de las plantas en el sitio definitivo. Las plántulas pueden obtenerse en contenedores de diversos tamaños, preferiblemente con un volumen de 100 cc o más de un buen sustrato.

Los cultivares que presentan crecimiento compacto menos invasivo que las variedades tradicionales, pueden establecerse en poblaciones con mayor número de plantas por unidad de superficie. Dependiendo de las condiciones del suelo, el sistema de producción, las

facilidades para manejo del agua de riego y drenaje, los equipos o herramientas para las labores de manejo de arvenses y controles sanitarios, los agricultores pueden escoger las distancias de siembra entre plantas y surcos para obtener una población óptima. El Programa de Investigación en Hortalizas de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, ha experimentado con el cultivar UNAPAL Bolo Verde poblaciones de 4.450 – 6.500 plantas/ha con excelentes resultados agronómicos. Con UNAPAL - Mandarinino se han experimentado mayores poblaciones, hasta 8.000 plantas/ha, con resultados satisfactorios.

Las siembras deben planificarse para que el periodo de desarrollo del fruto ocurra en la época más seca siempre y cuando se disponga de agua para riego suplementario. El zapallo, como otras cucurbitáceas no tolera excesos de humedad en la zona de raíces y aumenta la susceptibilidad a los añublos foliares (quemazón de las hojas) y la pudrición de frutos en épocas muy lluviosas, cuando no se realiza un adecuado manejo sanitario, especialmente preventivo. (Estrada, 2002)

5.2.7 Manejo del agua

El zapallo requiere cantidades moderadas de agua pero bien distribuída en los periodos críticos, como lo son la germinación, crecimiento y formación de guías, inicio de floración y llenado de los frutos. Los ambientes secos con agua disponible, a capacidad de campo, en la zona de raíces en épocas críticas, son ideales para promover un buen crecimiento y desarrollo de la planta de zapallo y una buena formación de frutos.

Una hectárea de zapallo en condiciones de la zona plana del Valle del Cauca puede consumir de 300-400 mm de agua efectiva en un periodo de 100-120 días. El cultivar UNAPAL - Mandarinino tiene un periodo de cosecha más corto (90días), por ello sus requerimientos de agua son un poco más bajos y concentrados.

La distribución del agua puede hacerse en cuatro riegos cortos semanales, desde la germinación hasta el inicio de la formación de guías. A partir del inicio de floración y formación de los frutos se pueden efectuar tres riegos semanales dependiendo de las lluvias y cuando los frutos alcanzan un desarrollo avanzado, el suministro de agua adicional a las lluvias si se requiere, puede limitarse a uno o dos riegos semanales.

Se recomienda el riego por gravedad por que se limita especialmente a la zona de raíces del tallo central, evitando la germinación de las semillas de arvenses en áreas adyacentes a los surcos de siembra. El suministro de agua puede planificarse con base en la dinámica de crecimiento del cultivar, las necesidades hídricas en cada etapa del cultivo y las condiciones del clima y de los suelos donde se establecen los cultivos.

A manera de ejemplo se propone un plan de riego para el cultivo de la variedad UNAPAL – Bolo Verde, sembrado en la zona plana del Valle del Cauca con base en la dinámica de crecimiento descrita por Criollo y Cardozo, citados por Estrada, (2003).

Cuadro 8. Dinámica de crecimiento del cultivar UNAPAL – Bolo Verde.

Etapa	No DDE ¹ (días)	Expresión fenológica	Crecimiento Relativo (%)	Crecimiento Total (%)
E ₁	1-35	Emergencia- inicio de formación de guías	17	17
E ₂	36-78	Inicio de floración masculina y femenina. Inicio de formación de frutos	52	69
E ₃	79-120	Llenado de frutos e inicio de cosecha	31	100

Fuente: Criollo y Cardozo, citados por Estrada, 2003.

DDE: Días Después de Emergencia de Plántulas.

Cuadro 9. Distribución de una lámina efectiva de 300 mm/ciclo en un cultivo de una hectárea con 6500 plantas; con base en el ciclo

Etapa	Tiempo		Crecimiento relativo (%)	Lámina/etapa (mm/etapa/ha)	Lámina/semana (mm/semana/ha)	Riegos semana	Cantidad Agua/riego (l/riego/ha)
	Días	Semanas					
E ₁	35	5	17	51	10.2	4	25.500
E ₂	42	6	52	156	26.0	3	86.666
E ₃	41	6	31	93	15.5	2	77.500

Si es un riego localizado por sistema de goteo, las cantidades de agua se pueden reducir a un 50 % ya que solo se suministrará riego a cada sitio donde se encuentra establecido el tallo central de cada planta, lo que genera un considerable ahorro de agua. A su vez el agua puede suministrarse diariamente con una o dos frecuencias de riego.

5.2.8 Abonamiento y fertilización mineral

Tradicionalmente se ha considerado que el cultivo del zapallo requiere muy poca fertilización dada su rusticidad para crecer en todo tipo de suelo; sin embargo ensayos experimentales desarrollados por el Programa de Investigación en Hortalizas de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, han determinado que la planta responde

positivamente al suministro de nutrientes adicionales al suelo, incrementando el peso de los frutos y con ello mejorando los rendimientos y la productividad.

El zapallo responde bien a la incorporación de compost aplicado antes o al momento de la siembra en dosis de 1 – 2 kg/planta y de 4 – 9 t/ha. El abono orgánico debe aplicarse en el fondo del hoyo o sitio de siembra, luego se cubre con suelo para aplicar posteriormente el fertilizante mineral que también es cubierto por una capa de suelo de aproximadamente 3 – 5 cm, donde finalmente se deposita la semilla.

El abonamiento de refuerzo se hace entre los 30 – 35 días después de la siembra cuando la planta ha iniciado el desarrollo de los tallos secundarios conocidos como guías. En este momento, si es necesario, se practica una limpieza manual alrededor de la planta conocida como “plateo” y posteriormente se deposita en círculo o media luna alrededor de la planta con 8 – 10 cm de distancia del tallo principal. Finalmente, se tapa con suelo haciendo un ligero aporque, sin ocasionar daño al sistema de raíces. (Sandovaly Barona, citados por Estrada, 2003)

Sackett (1975), plantea que el zapallo a diferencia de otras hortalizas requiere una moderada cantidad de nitrógeno, pero altas cantidades de potasio y fósforo. La relación óptima entre nitrógeno, fósforo y potasio debe mantenerse en una proporción 2:1:3. Cuando existe excesos de nitrógeno, el crecimiento vegetativo se vuelve exuberante pero ante un desbalance por carencia de fósforo, potasio o calcio, los frutos pueden deformarse o no alcanzar el tamaño adecuado.

El fósforo y el potasio son elementos importantes en la expresión de la precocidad, tamaño del fruto, grosor, color y firmeza de la pulpa.(Sandoval y Barona, 1987).Caicedo (1982), comenta que las cantidades de N,P,K para un cultivo de zapallo, dependen de la fertilidad del suelo y propone las siguientes cantidades por hectárea según el tipo de suelo.

Elemento	Suelos fértiles kg/ha	Suelos pobres kg/ha
Nitrógeno (N)	120	240
Fósforo (P ₂ O ₅)	140	270
Potasio (K ₂ O)	180	360

Buxade *et al*, (sf), expresan que para un rendimiento de 26 t/ha se requieren 110 kg/ha de nitrógeno, 58 Kg/ha de P₂O₅ y 156 kg/ha de K₂O, distribuido en tres aplicaciones 25% al momento de la siembra, 50 % a los 30 días y el 25 % restante a los 70 días.

Sandoval y Barona, citados por Estrada (2003), probaron el comportamiento del cultivar tipo mejicano de la especie *C. moschata* en un suelo de buena fertilidad, obtuvieron un rendimiento de 34 t/ha con la siguiente fertilización: 100 kg/ha de N, 50 kg/ha de P_2O_5 y 250 kg/ha de K_2O .

Un plan de abonamiento integral que incluya materia orgánica compostada y nutrientes minerales a través de fertilizantes comerciales, es el más recomendado. Puede desarrollarse de la siguiente manera:

Época	Materia orgánica		Fertilizante mineral (gr/sitio)
	t/ha	kg/sitio	
En la preparación del suelo	10 - 12	-	
En la siembra (sitio)	-	1 - 2	70 (fertilizante completo, rico en nitrógeno, fósforo, calcio y elementos menores)
En el ploteo e inicio de guías (30 días)	-	-	40 (fertilizante rico en nitrógeno y potasio)

En lotes de multiplicación de semillas con el cultivar UNAPAL - Bolo Verde, establecido en el centro experimental CEUNP, Villagorgona Candelaria. Se han logrado rendimientos de 37 t/ha con una fertilización de una mezcla mineral equivalente a 500 kg/ha distribuída de la siguiente manera:

Nutriente	N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	Elementos menores
Proporción	3	2	4	1	0.5	0.5

Los nutrientes se distribuyen de la siguiente forma:

Nutriente	Etapa 1 25 DDE	Etapa 2 30-50 DDE	Etapa 3 55 - 70 DDE	Etapa 4 80 - 92 DDE	Total (%)
Nitrógeno (%)	10	40	30	20	100
Fósforo (%)	20	50	30	0	100
Potasio (%)	10	20	60	10	100
Calcio (%)	10	30	50	10	100
Magnesio (%)	20	30	30	20	100
Menores (%)	30	50	20	0	100

5.2.9 Disposición de guías

A partir de los 30 días, la planta de zapallo inicia el desarrollo abundante de tallos secundarios (guías). Con el fin de favorecer un crecimiento ordenado de las plantas y mantener un área de cobertura vegetal definida así como franjas limpias para la movilización del personal de campo, se requiere hacer una disposición manual de las guías a sitios definidos. Las guías deben trasladarse o disponerse antes de que emitan raíces en los nudos (puntillas) y se fijen en el suelo, debido a que pueden causarse daños en el tallo e incluso deteriorarse y suspender su crecimiento. Esta labor debe realizarse de manera oportuna dos o tres veces por semana, hasta el inicio de la floración.

Un campo con buena disposición de guías, permite su inspección permanente a través de las franjas despejadas sin ocasionar daño a los tallos, flores y frutos que fácilmente se deterioran cuando son pisados y sufren daño mecánico. A través de las franjas de tránsito también se hacen las aplicaciones de control sanitario en el caso que se requiera.

5.2.10 Manejo de arvenses

La planta de zapallo debe ser protegida de la competencia de arvenses durante los primeros 30 días de su establecimiento en el campo. Una vez que inicia el periodo de emisión de los tallos secundarios (guías), rápidamente hace un cubrimiento del área cercana al sitio de siembra, ejerciendo un excelente control sobre arvenses espontáneas. Una vez el cultivo se encuentre en el periodo de llenado del fruto, la competencia de las arvenses es mínima, y en ciertos casos, especialmente en zonas de alta intensidad lumínica, la cobertura del follaje de las arvenses complementa la del cultivo para la protección de los frutos contra el escaldado o “golpe de sol”.

El uso de los acolchados con residuos vegetales secos puede ser una buena alternativa para el manejo y control de arvenses y el escaldado de los frutos, siempre y cuando se cuente con facilidades para la consecución, esta labor se justifica si es práctica y económicamente viable. (Figura 5).

El zapallo como la mayoría de cultivos pertenecientes a la familia de las Cucurbitaceas (melón, sandía y pepino), son extremadamente susceptibles a la fitotoxicidad por herbicidas. En la selección y manejo de estos productos debe contarse con especial cuidado. El cuadro 10, presenta un resumen de los principales productos herbicidas que pueden ser utilizados, siempre y cuando se haga un adecuado uso y manejo de la aplicación.



Figura 5. Cultivos en óptimo crecimiento y excelente control de arvenses. (a) Cultivar UNAPAL - Bolo Verde. (b) Cultivar UNAPAL -Mandarino.

Cuadro 10. Herbicidas para control químico de arvenses en zapallo

Nombre del producto	Tipo de aplicación	Dosis	Época	Propósito
Glifosato	Pre-siembra	2.0 l/ha 10.0 cc/l	Antes de la siembra	Todo tipo de arvenses
Paraquat	Aplicaciones localizadas con pantalla	2.0 l/ha 10.0 cc/l	Pre-siembra Post-emergencia Localizado	Todo tipo de arvenses
Fluazifop	Post-emergencia	1.5 l/ha 7.0 cc/l	Post-emergencia	Para gramíneas

5.2.11 Manejo de plagas y enfermedades

A pesar de la rusticidad y resistencia que se suele asignar a la planta de zapallo, este cultivo presenta algunos problemas sanitarios que se pueden agudizar cuando las condiciones ambientales son favorables para la presencia de plagas, enfermedades o cuando el cultivo no ha recibido el adecuado manejo y ha sufrido estrés por carencias nutricionales, altas densidades con crecimiento desordenado de guías, encharcamiento o niveles freáticos altos en épocas lluviosas.

Es muy importante efectuar un monitoreo permanente del cultivo para tomar acciones oportunas en el manejo de estos problemas sanitarios, especialmente con prácticas agronómicas que prevengan las infecciones e incidencias tempranas de patógenos, así como altas infestaciones de insectos plagas que generen niveles importantes de daño económico.

Los cuadros 11 y 12, resumen las principales plagas y enfermedades presentes en el Valle del Cauca en cultivos de zapallo, así como propone pautas para su manejo. (Estrada *et al*, 2003) (Jaramillo y Lobo, 1995).

Cuadro 11. Insectos plagas más comunes en el cultivo de zapallo en el Valle del Cauca.

Tipo de daño	Agente causal	Experiencias en el manejo
Pulgones, chupadores y raspadores de follaje. Mosca blanca	<i>Thrips palmi</i> <i>Tetranychus urticae</i> <i>Trialeurodes vaporariorum</i> <i>Bemisia tabaci</i>	Eliminar socas y residuos de cosecha Evitar cultivos escalonados Usar aceites y extractos vegetales (Biomel, Bionim). Liberación de chrysoperla. Aplicación de verticilium lecani En altas poblaciones aplica, Pirimicarb, Buprofezin, Imidacloprid, Avermectina y Tiametoxam.
Comedores y perforadores de follaje.	<i>Diabrotica sp</i>	Monitoreo de ninfas e insectos adultos. Aplicaciones periódicas de <i>Bacillus thuringiensis</i> Usar aceites y extractos vegetales (Biomel, Bionim). Deltametrina. Piretroides
Perforadores de tallos y frutos.	<i>Diaphania nitidalis</i> <i>Diaphania hyalinata</i> <i>Melittia cucurbitae</i> <i>Anastrepha sp</i>	Monitorear permanentemente el cultivo. Liberar todas las semanas <i>Trichogramma sp</i> . Aplicar frecuentemente <i>Bacillus thuringiensis</i> En caso de alta infestación y daño usar piretroides o inhibidores de quitina. Piretroides. Carbaril, Metamidofos, Metomil, Dialinon, Cipermetrina

Cuadro 12. Enfermedades comunes en el cultivo de zapallo en el Valle del Cauca.

Enfermedades	Agente causal	Experiencias de manejo
<p>Añublos foliares Quemazón de las hojas Manchas foliares Mildeos</p>	<p><i>Corynespora cassicola</i> <i>Erysiphe cichoracearum</i> <i>Alternaria cucumerina</i> <i>Pseudoperonospora cubensis</i> <i>Cladosporium sp.</i> <i>Botrytis cinerea</i></p>	<p>Lotes nuevos o en descanso Eliminación de residuos de cosecha. Campos bien drenados, y riego controlado por gravedad. Distancias de siembra adecuadas y distribución de guías en una dirección. Aplicaciones preventivas de algunos fungicidas en épocas húmedas. Zineb o Mancozeb. Benomil. Oxicloruro de cobre. Azufre.</p>
<p>Pudriciones de tallos y frutos</p>	<p><i>Mycospharella meloni</i> (Didymella bryoniae) <i>Phytophthora sp.</i> <i>Botrytis cinerea</i> <i>Alternaria sp.</i></p>	<p>Campos bien drenados. Evitar daños mecánicos a los tallos y frutos. Evitar golpe de sol a los frutos. Fungicidas como: Tiabendazol, Captafol, Benomil y Carbendazin.</p>
<p>Pudrición de raíces Nudosidades en la raíz</p>	<p><i>Fusarium oxysporum</i> <i>Phytophthora sp.</i> <i>Meloidogyne sp.</i></p>	<p>Lotes nuevos. Control de riego. Variedades resistentes. Rotación de cultivos.</p>
<p>Virus del moteado de la calabaza. Virus del mosaico del pepino.</p>	<p>(SQMV) (CMV)</p>	<p>Lotes nuevos. Eliminación de residuos de cosecha. Evitar cultivos escalonados. Control de pulgones, afidos y mosca blanca. Cultivares resistentes.</p>

a



b



5.2.12 Cosecha y manejo de postcosecha

El ciclo vegetativo hasta la aparición de los primeros indicadores de madurez de cosecha varía entre los 70 – 90 días después de la siembra, para los cultivares precoces. Las variedades tardías tienen un periodo más largo con madurez de cosecha a partir de los 120 – 140 días después de la siembra, en climas cálidos.

El desarrollo de los frutos, en cultivares precoces es más uniforme en todas las plantas y la cosecha se concentra en un corto periodo de una o dos semanas. En cultivares tardíos la uniformidad es menor y la madurez óptima de los frutos se consigue en un periodo de tres a cuatro semanas, durante las cuales se pueden hacer tres a cuatro pases de cosecha.

Los indicadores visuales de madurez de los frutos principales son : cambio de color en los pedúnculos de verde a café; secamiento de los zarcillos cercanos al fruto, tamaño voluminoso de los frutos; coloración amarillo intenso o naranja en la pulpa, color brillante en los frutos y desaparece la capa grisácea de externa de los frutos.(Figura 5).

Los frutos seleccionados con madurez óptima, se cosechan haciendo un corte de los tallitos del fruto a 1 ó 2 cm de la base. El tallito adherido

Figura 5. Estado óptimo de madurez para la cosecha. (a) Frutos de UNAPAL -Bolo Verde y UNAPAL - Mandarinino en estado óptimo de cosecha. (b) Campo listo para cosecha después de una aplicación de madurante químico.

al fruto permite que este se conserve durante la poscosecha. Cuando se desprende totalmente el pedúnculo, queda una cicatriz abierta que expone la pulpa y favorece su rápido deterioro. Cuando el follaje se deteriora tempranamente y los frutos quedan expuestos al escaldado de los frutos (golpe de sol), algunos agricultores usan la práctica de asperjarlos con una solución concentrada de cal o carburo para su protección.

Los frutos deben ser almacenados y transportados cuidadosamente evitando los golpes, u otros daños mecánicos que aceleran la velocidad, deterioro y reduce le potencial de almacenamiento. Cuando los frutos son manejados bruscamente, pueden sufrir el desprendimiento interno de sus placentas que sostienen las semillas e iniciarse una pudrición interna que no es perceptible externamente pero que demerita la calidad de los frutos.

Los frutos de zapallo se pueden almacenar en bodegas abiertas o patios bien aireados, donde les entre la luz del día pero protegidos de la humedad y el daño por roedores. Los arrumes no deben ser mayores a 60 cm de altura para evitar el aplastamiento o daño mecánico de los frutos de la base. Debe hacerse una selección, separando todos aquellos que presente rajaduras o daños externos los cuales deben ser comercializados o utilizados rápidamente.

Frutos seleccionados, limpios en óptimas condiciones de almacenamiento pueden tener un periodo de conservación de 20 – 30 días. A medida que transcurre un mayor periodo de almacenamiento se va presentando pérdidas en el peso y volumen del fruto, debido a las mermas de agua por transpiración.

Cultivares como UNAPAL – Bolo Verde presentan un mayor potencial de almacenamiento que UNAPAL – Mandarin. Este último debe ser comercializado en un periodo máximo de una o dos semanas después de la cosecha.

5.3 Bibliografía

BENEPAL, P.A. and HALL, C.W.S 1967. The genetic basis of varietal resistance of *Cucurbita pepo* to squash bug, *Anasa tristis*. Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 90: 301 -303.

CASALI, V.W.D. *et al.* 1982. Botánica e origem das *Cucurbitaceas*. Informe Agropecuario (Brasil), 8 (85): 22-23.

CASSERES, E. 1980. Producción de hortalizas. IICA, San José. p. 387.

DE CARVALHO, V. D. 1982. Aspectos qualitativos das abóboras e morangas. Informe agropecuario (Brasil), 8 (85): 68-70.

ESTRADA, E.I.. 2002. Perfil técnico para el manejo agronómico del cultivo de zapallo. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. Impreso universitario. p. 10.

ESTRADA, *et al.*, 2003. El cultivo del zapallo UNAPAL - Bolo Verde y UNAPAL - Mandarin. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. Programa de investigación en hortalizas. p.19.

FAO. 2002. Estadísticas agrícolas mundiales. URL: <http://www.fao.org>

GIL, V. y F.A. VALLEJO. 1990. Efecto de la endocría sobre la producción y algunos caracteres agronómicos de importancia en el zapallo, *Cucurbita moschata*. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de ciencias Agropecuarias, Palmira. Tesis Ingeniero Agrónomo. p. 112

GIRALDO, J. y VALLEJO, F.A. 1989. Modificación del hábito de crecimiento rastrero del zapallo, *Cucurbita sp.*, mediante la transferencia del gen Bu (hábito arbustivo). Acta Agronómica (Colombia 38/ 3-4)

GUENKOV, G. 1974. Fundamentos de la horticultura Cubana. La Habana, Editorial Organismo. p. 169- 177.

HUTCHINS, A. E. .1935. The inheritance of a green flowered variation in *Cucumis sativus*. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 33: 513.

INTERNATIONAL PLANT GENETIC RESOURCES INSTITUTE - IPGRI. 1986. Descriptores para Cucurbitas. Roma.

KOOISTRA, E. 1963. Femaleness in breeding glasshouse cucumbers. Euphytica, 16: 1-17.

- KUABARA, M. ; ZATARIN, M. y MONTRAZI, S. 1984. Aspectos genéticos, citogenéticos e contribuição para o melhoramento do genero *Cucurbita*. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba. p. 66.
- JARAMILLO, J y LOBO, M. 1995. Hortalizas. ICA. Manual de asistencia técnica No. 28. p. 555.
- LE BUANEC, B. 2002. The word trade. In: 18 Seminario panamericano de semillas. Memorias en C.D. Santa Cruz, Bolivia. 1 al 3 de julio de 2002.
- LEON, J. 1968. Fundamentos botánicos de los cultivos tropicales. IICA, San José. p. 422-430.
- LIRA, R. 1995. Estudios taxonómicos y ecografía de las *Cucurbitaceas* latinoamericanas de importancia económica. Instituto de biología. UNAM e IPGRI. p. 281.
- LOPES, J.F. 1982. Melhoramento genético de *Cucurbitaceas* (chuchu, melancia, melao e pepino) En: *Cucurbitaceas*. Informe agropecuario (Brasil). 8 (85): 61-64.
- MONTES, C. 2003. Colección, caracterización morfológica y evaluación agronómica de germoplasma Colombiano de zapallo, *Cucurbita moschata*. Tesis Magister. Universidad Nacional de Colombia. Palmira . p. 94.
- ORLAND, M.L. and GROFF, D.W. 1963. Linkage of vine type and geotropic response with sex forms in cucumbers, *Cucumis sativus*. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 82: 358- 369.
- OWENS, K.W. *et al.* 1980. Induction of perfect flowers on gynoecions muskmelon by silver nitrate and aminoethoxyvinylglycine. Hortscience, 15 (5): 654- 655.
- PEDROSA, F.J. *et al.* 1982. Melhoramento genético do genero *Cucurbita*. Informe agropecuario (Brasil) , 8 (85): 57-60.
- PINTO, C.A. 1977. Melhoramento da abobora. En: Melhoramento de hortaliças. Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz." Piracicaba. P. 179-195.
- RISSER, G. and RODE, J.C.1979. Induction par le nitrate d' argent de fleurs staninées chez des plants gynaiques de melon. Annales de l' Amelioration des plants, 29(3): 349- 352.
- ROBINSON, R.W. *et al.* 1976. Genes of the *Cucurbitaceae*. Hort. Science (USA): 11(6): 554-568.

- SACKETT, C. 1975. Squash. Fruit vegetable facts pointers. Washington. p. 2-9.
- SATURNINO, H.M. *et al.* 1982. *Cucurbitaceas*: Aspectos estadísticos. Informe agropecuario (Brasil), 8 (85): 3-20.
- SHIFRISS, O. 1961. Sex control. in Cucumber. J. Hered. 51 (1): 5-12.
- UNIDAD REGIONAL DE PLANEACIÓN AGROPECUARIA - URPA- 2001. Informe anual agropecuario del Valle del Cauca. Documento impreso. Cali. p. 25.
- VALLEJO, F.A. 1984. Genética del género *Cucurbita*. Universidad de Sao Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba. p. 47.
- WHITAKER, T.W. 1931. Sex ratio and expression in the cultivated cucurbits. Amer. J. Bot. 18: 359- 365.
- WHITAKER, T.W. 1951. A species cross in *Cucurbita*. J. Hered. 42(2): 65- 69.
- WHITAKER, T. W. and DAVIS, G.N. 1962. Cucurbits, botany cultivation and utilization. New York, Interscience Publishers. p. 250.
- WHITAKER, T.W. 1974. *Cucurbita*. In: Handbook of genetics. New York, Plenum Press. vol. 2, p. 135 -142.

El cultivo del melón

Cucumis melo L.

6. El cultivo del melón

Cucumis melo L.

6.1 Generalidades del cultivo

6.1.1 Origen

El melón parece ser originario de África Occidental y posiblemente se encuentren formas silvestres de *C. melo* en el Este de África tropical, al Sur del Sahara. Las formas silvestres fueron transportadas a la India y Pakistán, en donde ocurrió la domesticación hacia frutos dulces.

Es una especie muy polimórfica, con tallo herbáceo que puede ser rastrero o trepador. Las hojas exhiben tamaños y formas muy variables, y pueden ser enteras, reniformes, pentagonales o provistas de tres a siete lóbulos.

6.1.2 Variedades botánicas

El melón es una especie muy variable, destacándose las siguientes formas botánicas:

C. melo var. cantaloupeensis

Son variedades monoicas, típicas del continente europeo y se caracterizan por presentar una gran variación en el color de la pulpa. Los frutos son esféricos o ligeramente achatados; cáscara dura, verrugosa, reticulada, color externo pajizo, pulpa de color salmón, variable en cuanto al espesor y aroma muy intenso.

C. melo var. reticulatus

Incluye a todas las variedades americanas y se caracteriza por presentar plantas con flores hermafroditas o andromonoicas, frutos redondos, reticulados, muy aromáticos y dulces (10% brix), pulpa color salmón, se desprenden fácilmente de la planta en estado maduro y son muy perecibles.

***C. melo var. inodorus.* (melones de invierno)**

Presentan frutos grandes, de maduración tardía, cáscara lisa, sin aroma, pero muy dulces (12-15% brix), excelente conservación en poscosecha. A este grupo varietal pertenecen los melones valencianos.

C. melo var. flexuosus

Variedad que presenta frutos de cinco centímetros de diámetro y longitud muy variable, desde 30 cm. hasta 1.0 m. Se produce y consume en el oriente medio, en estado inmaduro como si fuese pepino. También es muy común en Formosa, China, y Filipinas.

C. melo var. conomon

Presenta frutos pequeños, ovoides, superficie lisa, de color verde y pulpa blanca. En Egipto se consume en estado inmaduro, bajo la forma de conserva.

C. melo var. saccharinus

Conocidos como melones azucarados, poseen frutos de cáscara lisa, a veces reticulada, pulpa dulce y menos aromáticos que de los cantaloupensis.

6.1.3 Biología de la reproducción

La planta puede presentar cuatro tipos de expresión sexual: andromonoica, ginomonoica, monoica y hermafrodita. Las variedades americanas son generalmente andromonoicas y las europeas son monoicas.

Las flores masculinas son axilares y agrupadas en una inflorescencia y las hermafroditas son solitarias. La flor masculina consta de cinco estambres, dos pares están unidos con las anteras. En la base de la corola aparece un estilo rudimentario y esta cercado por los nectarios. La flor hermafrodita tiene anteras y un estigma grande con tres lóbulos, en cuya base está el rectario. (Figura 1). Las flores del melón abren en las primeras horas del día, aproximadamente entre las 7-8 de la mañana y se cierran en las horas de la tarde del mismo día.

El melón es una especie alogama cuya polinización es efectuada por abejas. La actividad de las abejas es muy intensa entre las 7-11 horas de la mañana y decrece fuertemente en las horas de la tarde. La maduración del fruto ocurre entre 6-7 semanas después de la polinización.

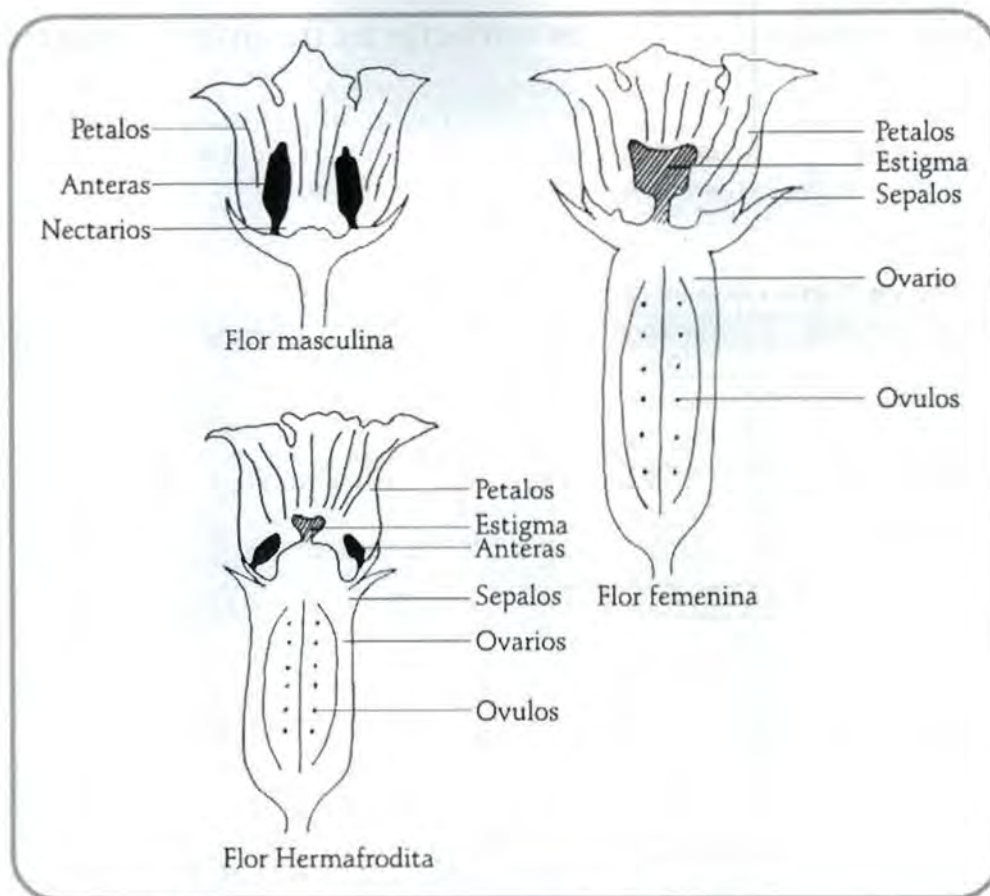


Figura 1. Esquemas de diferentes tipos de flor, en melón, *C. melo L.*

Fuente: Oliva, 1999

6.1.4 Polinización artificial

En la tarde anterior a la antesis, se procede a seleccionar las flores masculinas y femeninas y a cerrar las corolas de éstas flores utilizando un hilo de lana, para evitar la contaminación con polen extraño. En las horas de la mañana del día siguiente se cosechan las flores masculinas y se procede a frotar las anteras de éstas flores sobre el estigma de la flor femenina. Posteriormente se amarra nuevamente la corola de la flor femenina.

La hibridación o autofecundación artificial es una labor relativamente fácil en melón, teniendo en cuenta la condición monoica y el tamaño grande de las flores.

6.1.5 Herencia de algunos caracteres de interés hortícola

El melón es una especie muy estudiada desde el punto de vista genético. Se conocen muchos genes, algunos de los cuales están siendo utilizados en los programas de mejoramiento. En el cuadro 1 se presentan algunos genes de valor agrícola.

Cuadro 1. Algunos genes de valor agrícola del melón, *C. melo* L.

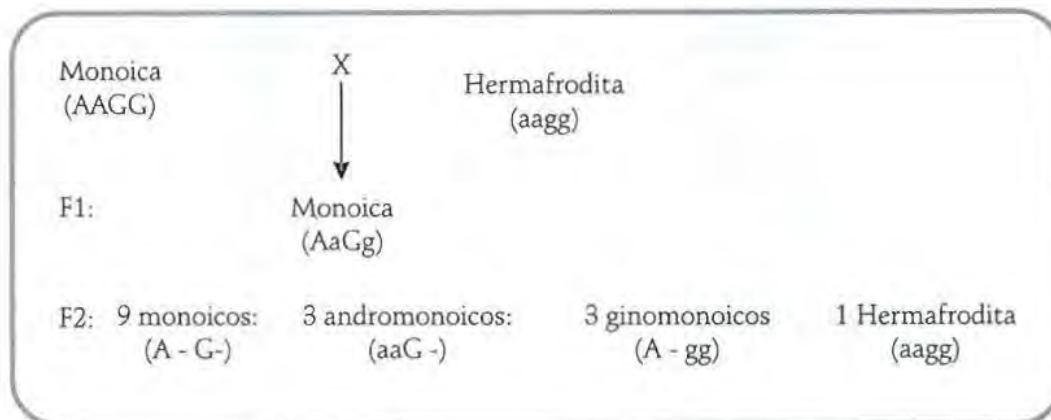
Símbolo Preferido	Sinónimo	Carácter
a	M	Planta andromonoica
ab		La planta produce flores estaminadas
af		Resistencia a <i>Aulacophora foveicollis</i>
Ag		Resistencia a <i>Aphis gossyii</i>
b		Planta de crecimiento compacto
Fom-1	Fom ₁	Resistencia a <i>Fusarium oxysporum f. melonis</i>
Fom-2	Fom ₁₋₂	Resistencia a <i>Fusarium oxysporum f. melonis</i> raza 1 y2
g		Planta ginomonoica
gf		Pulpa de color verde. Recesiva a salmón
gl		Tallos glabros, sin tricomas
gp		Pétalos verdes
l		Hojas lobuladas
Mc		Resistencia a <i>Mycosphaerella citrulina</i>
ms-1	ms ¹	Machoesterilidad 1
ms-2	ms ²	Machoesterilidad 2
n		Ausencia de rectarios
O		Frutos ovales
Pm-1		Resistencia al <i>Mildeo polvoso</i> . Resistencia a raza 1 de <i>Sphaerothea fuliginea</i> .
Pm-2		Resistencia a razas de <i>S. fuliginea</i> .
Pm-3		Resistencia a raza 3 de <i>fuliginea</i>
Pm-4		Resistencia a raza 4 de <i>S. fuliginea</i> .
Pm-5		Resistencias a razas 5 de <i>S. fuliginea</i>
r		Tallo rojo
So		Sabor amargo. Dominante a dulce.
sp		Fruto de formato esférico
st		Epicarpio verrugoso p
w		Fruto maduro de color blanco
wf		Pulpa blanca, recesiva a naranja.
Wi		Fruto inmaduro de color blanco. Dominante a verde
Y		Epicarpio amarillo.
yg		Hojas verde-amarillas.

Fuente: Robinson, 1976

Expresión sexual

El melón puede presentar cuatro formas sexuales: monoica, ginomonoica, hermafrodita y andromonoica. La mayoría de los cultivares americanos son andromonoicos. Los cultivares de Asia, así como las formas silvestres son monoicos.

El control monoico de la expresión sexual , en melón es debido a la presencia de dos genes principales A/a y G/g , resultando las siguientes expresiones sexuales:



Además de los genes anteriores, se presenta el mutante ab , de efecto pleitrópico. Las plantas ab/ab tienen una sola guía , sin ramificaciones ; por esto, las mencionadas plantas con genotipos monoicos o andromonoicos nunca poseen flores femeninas o hermafroditas , ya que estas solo pueden aparecer en las ramificaciones laterales. Estas plantas son funcionalmente masculinas.

La inducción floral en Cucurbitáceas cultivadas no está regulada por un termoperiodo específico. La floración ocurre en cualquier condición climática que permita el crecimiento vegetativo .Sin embargo las altas temperaturas ($>30^{\circ}$ C) y los días largos (>16 horas de luz) favorecen la producción de flores masculinas (Oliva, 1989).

La expresión sexual también puede ser afectada por muchos retardantes del crecimiento, induciendo flores masculinas. Como éstos productos suprimen la síntesis de giberelinas endógenas se supone que el efecto masculinizante de los mismos pueden ser evitado por las giberelinas. (Oliva, 1989).

Las auxinas son conocidas por sus efectos femenizantes en las plantas y los estudios realizados en pepinos sirven de base para el desarrollo de teorías generales sobre el papel de las auxinas en la regulación sexual de las *Cucurbitaceas*.

El efecto más marcado en la modificación de la expresión sexual de *Cucurbitaceas* es causado, en general, por el etileno y el acetileno. El ácido 2-cloroetilfosfórico afecta a las plantas dioicas y monoicas, induciendo una marcada producción de flores femeninas.

Caracteres relacionados con el fruto

- Color de fruto maduro: la cáscara amarilla es dominante sobre la verde y está condicionada por un gen simple.
- Formato del fruto: el fruto redondo es dominante sobre el elíptico. Rosa , citado por Robinsón, (1976) observó que el formato del fruto está asociado con el número de carpelos: frutos con cinco carpelos son redondos o levemente oblongos; frutos con tres carpelos son completamente oblongos u ovalados. Encontró también una asociación entre flores perfectas con frutos redondos y flores femeninas con frutos oblongos. Las plantas monoicas tienen frutos de mayor tamaño en comparación con los frutos de las plantas andromonoicas.
- Superficie del fruto y semilla : Frutos y semillas grandes son dominantes a frutos y semillas pequeñas.
- Color de la pulpa: pulpa de color naranja o salmón domina al color verde.

Resistencia a enfermedades y plagas

- **Oidio causado por *Sphaeroteca fuliginea*.**

La resistencia está gobernada por dos genes dominantes: **Pm1** confiere resistencia a la raza 1 y **Pm2** a la raza 2. Existen otros genes (**Pm3**, **Pm4** y **Pm5**) que confieren resistencias a otras formas del patógeno.

- **Mildeo causado por *Pseudoperonospora cubensis*.**

La resistencia al mildew está ligada a la resistencia al pulgón *Aphis gossypii*, esto significa que seleccionando para resistencia al pulgón se selecciona para resistencia al mildew. Esta resistencia es debida al gen dominante **Ag**, que se encuentra presente en varios cultivares de melón tales como: Seminole, Edisto, Smith Perfect.

- **Gomosis de los tallos causados por *Mycosphaerella melonis*.**

La resistencia es debida a dos genes dominantes independientes **Mc1** y **Mc2**, presentes en el material PI-140-471.

- **Fusariosis causada por *Fusarium oxysporum f. melonis***

La resistencia es debida a dos genes dominantes: **Fom-1** confiere resistencia a la raza 1 y el gen **Fom-2** a la raza 2. Esta resistencia puede ser encontrada en los melones del grupo Winter melón.

- **Mosaico del pepino causada por el virus CMV**

La genética de la resistencia a este virus es compleja; Karchi citado por Robinsón (1976) sugieren que genes recesivos controlan la resistencia. Esta resistencia se encuentra en *C. melo var. conomon.*

6.1.6 Mejoramiento genético

El mejoramiento genético está orientado a obtener cultivares con las siguientes características:

- Frutos adaptados a los gustos del consumidor y a las exigencias de la comercialización.
- Rendimientos elevados, precocidad y regulación en la producción.
- Planta adaptada al suelo y clima de las zonas del cultivo..
- Resistencia a plagas y enfermedades limitantes.
- Calidad del fruto:
El fruto ideal debe tener pulpa gruesa y consecuentemente una cavidad interna pequeña. Frutos con éstas características resisten mejor el transporte a largas distancias. Debe poseer el color y aroma preferido por el consumidor, contenido adecuado de azúcar (10-15% de grados Brix) y poseer camada de abscisión que facilite el desprendimiento del fruto de la planta(full slip) en el momento de la cosecha.
- La planta debe tener buena cobertura de follaje con el fin de evitar el escaldado (golpe de sol) en los frutos.

6.1.7 Producción de semillas

La producción de semillas de melón se efectúa generalmente en zonas con clima cálido con baja humedad relativa y baja precipitación en le periodo de maduración y cosecha de los frutos. Se deben utilizar lotes aislados y con presencia de abejas con el fin de incrementar la polinización.

El control de arvenses, plagas y enfermedades debe ser el adecuado, con el fin de obtener semilla de alta pureza y evitar la transmisión de enfermedades por la semilla.

Para extraer la semilla, el fruto se parte longitudinalmente en dos partes, se extrae manualmente la semilla conjuntamente con la placenta y el jugo, se coloca en un recipiente plástico y se lo deja allí por un tiempo máximo de 24 horas para una rápida fermentación. Luego se lava la semilla varias veces con agua corriente y se procede al secamiento bajo sombra. Un fruto, generalmente, produce 200-300 semillas que pesan aproximadamente 10g. La producción de semilla por hectárea fluctúa entre 200-300 kilogramos. (Brasil, 1997)

6.2 Agronomía del cultivo

6.2.1 Adaptación

Por su origen en el norte de África y su domesticación en las regiones cálidas del sur de la India y el Mediterráneo, las variedades comerciales modernas se adaptan muy bien en ambientes cálidos, secos con temperaturas promedio por encima de los 25°C y humedades relativas menores al 75%. La expresión de su alto potencial reproductivo se logra en regiones con alta intensidad lumínica y que mantienen a su vez temperaturas cálidas y uniformes, con mínima variación entre el día y la noche.

El cultivo prefiere suelos livianos, francos o franco arenosos, muy bien drenados con pH cercano al neutro (6 – 7). Es muy exigente en nutrientes, por ello requiere suelos de alta fertilidad, ricos en materia orgánica. En suelos de fertilidad media, debe programarse un plan complementario de fertilización edáfica, líquida y foliar, dependiendo de la dinámica de crecimiento del cultivar y de su respuesta agronómica y productiva.

En general, los cultivares modernos desarrollan su ciclo productivo en periodos cortos de tiempo entre 60 – 70 días para los más precoces y 100 – 110 días en los más tardíos. Es importante que en el periodo de llenado del fruto (30 – 45 días), se presenten las máximas temperaturas y radiación para lograr mejores rendimientos y alta calidad de los frutos. (Nichols, 1998); (Calderon, 1995).

6.2.2 Epocas de siembras

Cuando se dispone de agua suficiente para el riego y se cuenta con precipitaciones moderadas, los cultivos se pueden establecer en toda época del año. Si los cultivos se desarrollan en sistemas protegidos bajo cubierta en invernaderos, túneles o micro túneles, no existe limitante ambiental y la planificación de los cultivos se propone en razón de la dinámica del mercado.

La producción continua, en sistemas integrados, debe planificarse a lo largo de todo el año, permitiendo la rotación de los lotes con cultivos diferentes a la familia de las Cucurbitáceas, especialmente de especies de ciclo corto como el cilantro, perejil, rábano, cebollas de bulbos, acelgas o espinacas.

6.2.3 Tipos de cultivares

El desarrollo de cultivares modernos europeos, asiáticos y americanos, ha permitido ofrecer a los productores, una gran diversidad de variedades e híbridos que se diferencian por características asociadas al fruto, principalmente como tipo de formato, tamaños a la madurez, colores y texturas de la cáscara (epicarpio) y de las pulpas (meso y endocarpio). Existe una variada calidad final en la madurez asociada a la concentración de azúcares (grados brix), textura y aroma. Se reconocen cuatro grandes grupos o conjuntos de variedades botánicas, dentro de la cual, hay una amplia diversidad de cultivares. Estas son:

Grupo cantalupensis

Se caracteriza por tener frutos pequeños (0.5 - 1.2 kg), formatos redondos, de cáscara lisa, o reticulada, colores verdes o grises y pulpas, salmónes anaranjadas o cremas. Pueden presentar aroma suave o penetrante.

Grupo Inodorus

Como su nombre lo indica, son cultivares que presentan muy bajo aroma en la madurez. Los frutos pueden ser de tamaño mediano o grande (1.8 – 3.0 kg), de cáscara lisa o rugosa, con alto contenido de cera y colores blancos, cremas, amarillos o verdes. Las pulpas pueden variar de blanco, amarillo o rosada. Se caracterizan porque los frutos no presentan tejido de abscisión al madurar. También se conocen como valencianos.

Grupo reticulatus

Comprende variedades de frutos ampliamente reticulados, pueden tener franjas o costillas. Los tamaños pueden ser pequeños o medianos (0.5 – 2.0 kg.), con formatos redondos u oblongos; las pulpas pueden ser de color salmón, crema, amarillas o verdes. La acumulación de sólidos solubles es media y aroma pronunciado en la madurez.

Grupo sacharinus

Los frutos presentan alto contenido de azúcares y son conocidos como “melones dulces”. Los frutos pueden ser redondos, ovalados, con cáscara lisa, reticulada o rugosa; estos últimos se conocen como piel de sapo porque además combinan colores externos moteados pardos, café, negros, con manchas intercaladas; además de ser dulces, son muy aromáticos.

En Colombia existen dos grandes grupos de variedades; las de mercado nacional que se producen en el centro y sur del país (Tolima, Huila y Valle del Cauca), y los de mercado de exportación que se producen en la Costa Atlántica. Los dos grupos son diferentes. Para el mercado nacional se prefieren los cultivares Cantalupensis, reticulados de pulpa amarilla o salmón y de buen aroma. Para exportación, se prefieren los tipos Inodorus, de fruto mediano o pequeño con cáscara lisa o medianamente reticulada;. Pulpas de colores claros o amarillas, suaves o simples y de bajo aroma. (Roa, 1975); (Jaramillo , 1985).

El cuadro 2, compila el portafolio de cultivares más comunes en Colombia para el año 2003.

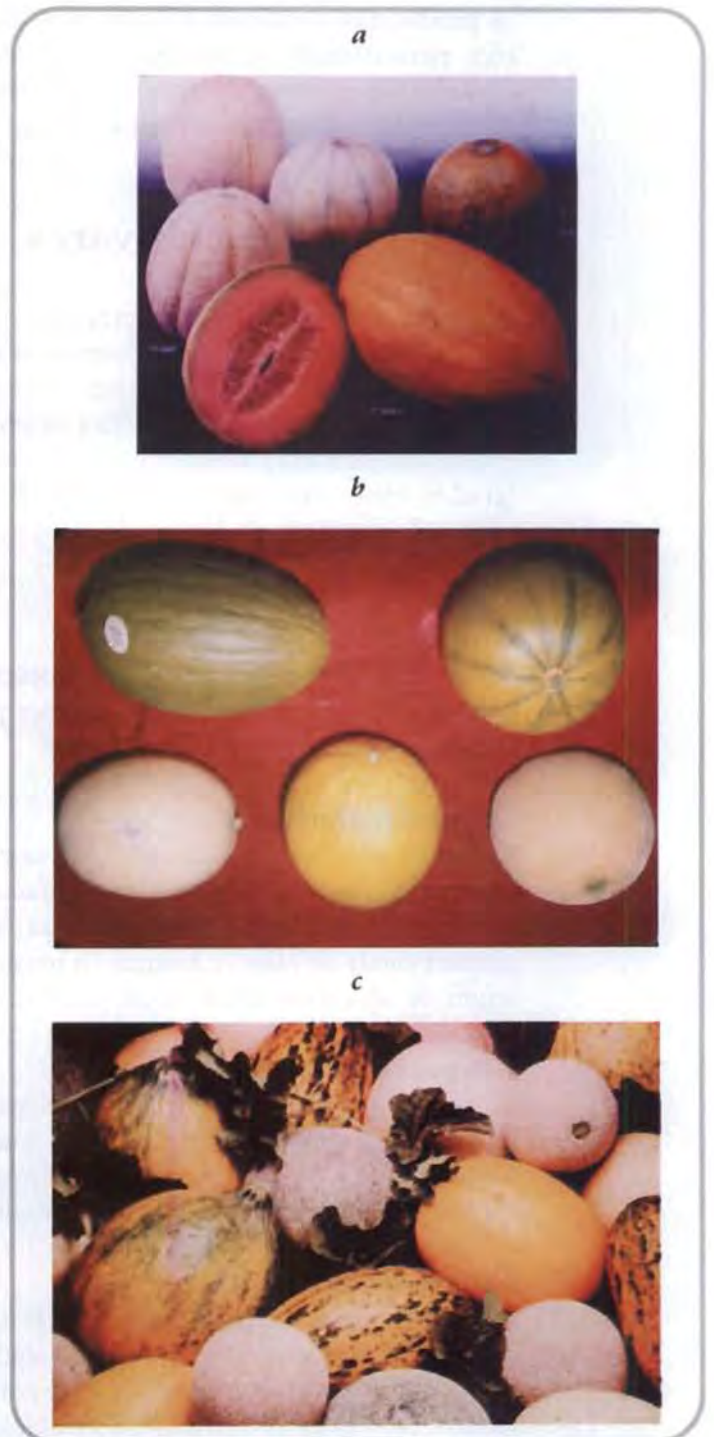


Figura 2. Tipos de cultivares. (a) Cantalupensis. (b) Valencianos. (c) Cuero de sapo.

Cuadro 2. Portafolio de cultivares de melón disponibles en el mercado colombiano, año 2003

Nombre del Cultivar	Tipo ¹	Características Diferenciales
Hales Best Jumbo	H	Fruto grande, reticulado, pulpa salmón.
Super Sprint	H	Fruto mediano, amarillo o salmón al madurar, (1.2 – 1.5 kg.) por fruto, medianamente reticulado.
Mágnun 45	H	Fruto mediano (0.8 – 1.0 kg), retícula mediana; pulpa salmón.
Durango	H	Fruto medio-grande (1.0 – 2.0 kg.), muy reticulado, pulpa salmón.
Edisto	H	Fruto mediano (1.0 – 1.5 kg), sin sutura. Corteza amarilla oscura, pulpa salmón intenso.
Excelsior	H	Fruto mediano (1.0 – 1.5 kg), densamente reticulado, sin suturas, pulpa salmón.
Ovation	H	Mediano sin retícula, pulpa amarilla intensa.
Early-Dew	H	Fruto mediano (1.0 – 1.5 kg), pulpa verde lima, liso.
Dorado	H	Fruto grande, mediano sin retículo, cáscara amarilla, pulpa blanca. (1.5 – 2.5 kg)
Dessert F ₁	H	Fruto medio, tipo Cantaloupe, muy reticulado, pulpa naranja.
Voyager F ₁	H	Fruto medio grande, con malla, pulpa naranja.
Gold king	H	Fruto medio grande (1.5 – 2.5 kg.), cáscara amarilla, pulpa amarilla sin retículo, liso.
Galia F ₁	H	Fruto mediano -pequeño, cáscara verde, reticulado o liso, pulpa verde, crema o amarilla. Menos de 1kg de peso
Honey Dew	H	Fruto mediano, cáscara verde lisa, pulpa verde-crema. (1-2 kg)

¹ H: Híbrido

Fuentes: catálogo de semillas de Impulsemillas (2002) Semillas Arroyave (2000). Semillas Sakata (2002)

6.2.4 Sistemas de producción

En Colombia predominan dos sistemas comerciales de producción. Los cultivos intensivos, en camas de siembra, recubiertos con acolchado plástico y de riego localizado por goteo. Estos predominan en el Valle del Cauca y en el Tolima. El segundo subsistema corresponde a los cultivos producidos en campo abierto, en camas o surcos múltiples, con riego por gravedad que predominan en las zonas secas de la costa atlántica.

La siembra en camas con acolchado plástico permite un mayor control sobre la humedad y temperatura del suelo, así como en el crecimiento de plantas arvenses. Las plantas tienen un crecimiento postrado sobre la cama y se deja que desarrolle libremente todas sus guías. El aporte externo de nutrientes se aplica mediante un abonamiento de fondo o de base, durante la preparación del suelo y la construcción de la cama y una vez establecido el cultivo, se ejecuta un plan de nutrición complementario mediante fertiriego y en algunos casos suplementarios de “choque” mediante nutrición foliar. El suministro de agua se realiza totalmente a través del sistema de riego por goteo.(Figura 3)

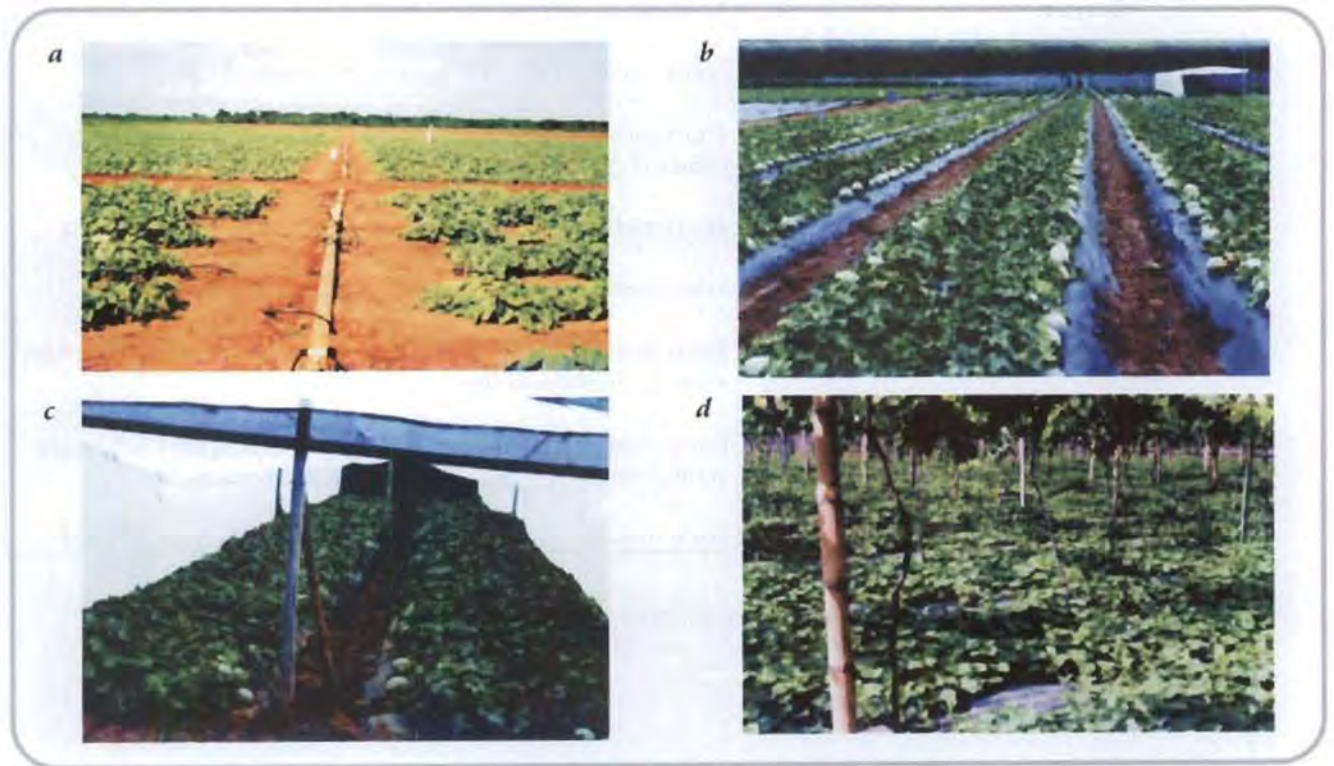


Figura 3. Sistemas de producción. (a) Siembra en campo abierto sin acolchado. (b) Acolchado en campo abierto. (c) Acolchado bajo cubierta anti trips (d) Acolchado en asocio con uva Isabella.

En las siembras en surcos múltiples en lotes abiertos, sin acolchado, las plantas pueden crecer en forma postrada sobre la cama. Estas plantas pueden desarrollar libremente todos sus tallos y guías o se someten a una poda o despunte se los tallos primarios y secundarios para estimular la formación de los tallos de tercer y cuarto orden que son los productivos porque desarrollan las flores hermafroditas. También se puede manejar el cultivo en un sistema de tutorado con tutores individuales o encajonado, especialmente en suelos de alta retención de agua, o con susceptibilidad al encharcamiento. El aporte de nutrientes minerales se hace através de los abonamientos directos al suelo durante la preparación, al momento del trasplante y durante el crecimiento y desarrollo de las plantas. El agua se suministra en riegos corridos con gravedad de acuerdo a un plan de necesidades que se confronta con las precipitaciones ocurridas en cada fase o etapa del ciclo. (Alvarado, 1995)

6.2.5 Preparación de suelos

El cultivo del melón requiere de suelos muy sueltos y bien drenados, pero que a su vez permita una adecuada retención de humedad especialmente en la capa superficial (8 – 12 cm), que es donde se desarrolla un alto porcentaje del sistema de raíces. La planta de melón no desarrolla raíces en los nudos de los tallos secundarios, por ello el agua y los nutrientes son absorbidos a través de las raíces primarias formadas en el tallo principal. Las diferentes alternativas de preparación de los suelos se deciden con base en las características particulares de cada campo de producción en función del tipo de suelo, la humedad, el sistema de producción (surcos o camas), los equipos e implementos disponibles para este propósito.

Un esquema genérico de preparación puede incluir las siguientes actividades:

- a. **Arada con cincel:** Muy conveniente en suelos endurecidos con el fin de roturar y remover capas que puedan limitar la infiltración. Permite además airear el suelo e incorporar residuos vegetales externos y arvenses de crecimiento espontáneo.
- b. **Subsolado o “chuzado”:** Permite mejorar el drenaje en capas intermedias o profundas.
- c. **Rastrillada:** Complementa la labor de preparación, desterronando y proporcionando una estructura mas suelta. Puede utilizarse para incorporar enmiendas, sustratos orgánicos que mejoran las condiciones físicas, o fertilizantes minerales.
- d. **Pulida con arados rotativos:** Para el acabado final o para la construcción de camas.

- e. **Rayada y/o en encamada** permite la construcción de los surcos de riego o las camas de siembra. Con esta labor se definen las áreas de siembra y los espacios para movimiento de agua, drenajes y zonas de traslado.

En algunos sistemas de siembra, la preparación termina con un acolchado orgánico que puede ser con cascarilla de arroz, borla de café, cisco de madera o bagazo menudo de caña, para cubrir las camas de siembra.

6.2.6 Siembra

La siembra puede hacerse en forma directa mediante la colocación de 2 – 3 semillas por sitio a lo largo de surcos previamente definidos. Estas semillas se colocan a uno o dos centímetros de profundidad, tapándolas ligeramente con suelo o sustrato previamente preparado. En este sistema, previo a la siembra, puede realizarse el hoyado y la incorporación de abono orgánico en cada sitio o parte del fertilizante químico de base o fondo. Una vez emergidas las plántulas, se inicia el raleo para dejar finalmente una planta por sitio en la tercera o cuarta semana, después de la siembra.

La segunda opción es la obtención de plántulas en viveros, en contenedores y sustratos acondicionados para este propósito y bajo condiciones controladas de luz, temperatura y humedad. Estas plántulas se llevan tempranamente al sitio definitivo, cuando han formado



Figura 4. Producción de plántulas y transplante. (a) Plántulas en bandejas listas para el transplante. (b) Plántula recién transplantada con riego por goteo.

dos o tres hojas de la plúmula. Cuando se usa el sistema de transplante, el sitio definitivo, debe acondicionarse previamente, mediante el rayado, si es en el sistema de surcos o el acolchado, con ubicación de mangueras o cintas de riego y el roturado del plástico en los sitios correspondientes a la línea de riego y ubicación de los emisores o goteros. Este sistema facilita la selección de plantas para obtener una población uniforme correspondiente a la densidad requerida. En algunos casos durante el transplante en los días posteriores, se incorpora sustrato en el sitio de transplante con el fin de promover el rápido establecimiento de la planta en el sitio definitivo.(Figura 4)

El cuadro 3, resume las densidades de poblaciones obtenidas, dependiendo del sistema de producción y de las sustancias usadas.

Cuadro 3. Sistemas de siembra, distancias y poblaciones obtenidas para una hectárea de siembra de melon

Sistema de siembra	Distancias (m)		Poblaciones (plantas/ha)
	Entre surcos	Entre plantas	
Surcos sencillos	1.5	1.0	6.600
	1.8	0.8	6.943
	2.0	0.7	7.142
Surcos dobles	1.8	1.0	11.111
	2.0	0.8	12.500
	2.0	0.7	14.285
Camas	Ancho cama		
	1.5	0.7	9.523
	2.0	0.6	8.333
	2.3	0.7 doble surco	12.420
	1.5	0.5	13.333

6.2.7 Manejo del agua

El melón desarrolla su ciclo de crecimiento hasta el inicio de la cosecha en un periodo de tiempo muy corto (65 – 75 días). Las necesidades hídricas efectivas pueden variar dependiendo del cultivar y la zona de producción entre 160 – 200 mm/ciclo. Esta lámina efectiva debe ser entregada cuidadosamente de acuerdo a su dinámica de crecimiento y demanda a lo largo del ciclo.

Las fases de crecimiento y desarrollo pueden ser descritas con ligeras variaciones para los diferentes cultivares y zonas de producción de la siguiente manera:

Fase / Etapa	Tiempo DDT* (días)	Características
Vegetativa (I)	1 - 30	Desarrollo de tallos (guías), secundarios.
Vegetativa Reproductiva (II)	31 - 45	Inicio de floración masculinas y primeras femeninas.
Reproductiva (III)	46 - 58	Formación de frutas y llenado hasta alcanzar madurez fisiológica en frutos pioneros.
Maduración (IV)	59 - 72	Llenado de frutos tardíos; cambios intermedios en frutos con madurez fisiológica.

DDT*: Días después del transplante.

El manejo del agua puede hacerse con base en el monitoreo, de los cambios de humedad del suelo o sustrato de crecimiento mediante uso de tensiómetros colocados a diferentes profundidades (20–50 cm.), que previamente han sido calibrados para relacionar el gradiente de pérdida de humedad de suelo, con el valor de la tensión.

A manera de ejemplo de referencia se podría indicar que en el lote de producción, una lectura del tensiómetro de 30 centibares, podría corresponder a una humedad del 50% de la capacidad de campo. Con 50 centibares se estaría llegando a un 25 % de la capacidad de campo. La decisión de riego debe ser tomada con base en la experiencia del técnico y la capacidad de respuesta del cultivo de acuerdo a su momento fisiológico.

En sistemas abiertos de producción, en campo a libre exposición, y con riego por gravedad, el manejo del agua se planifica con base en las experiencias locales, de cada finca o campo de producción, del expertismo del agricultor o sus operarios, quienes basados en características del cultivo, de los suelos, y en confrontación con las precipitaciones que se hayan presentado, deciden aplicar el riego correspondiente.

En sistemas de producción donde se pueden tener un mayor control del agua, tanto de lluvia, como la aportada por el riego, los suministros pueden planificarse y ejecutarse con base en la dinámica de necesidades del cultivo, a través de todo el ciclo, hasta el inicio de la cosecha y de las características del sistema de riego instalado. Esta planificación debe ser diseñada y probada para las condiciones específicas de cada finca, con base en las características del cultivar; las condiciones climáticas en los periodos de producción, las propiedades físicas de los suelos, y la capacidad instalada del sistema de riego. (Tafur, 2000)

A manera de ejemplo didáctico para referencia se puede plantear un plan de riegos, teniendo en cuenta la dinámica de crecimiento en las cuatro fases o etapas planteadas anteriormente. La distribución del agua, asume que todas las necesidades van a ser suplidas a través del

riego, y que no se tienen en cuenta los aportes externos por lluvias o movimientos internos del agua. El cuadro 4 muestra una planificación de los suministros semanales de agua para cada etapa en razón de la demanda diferencial esperada, de acuerdo a la fase de crecimiento.

Cuadro 4. Distribución de las necesidades de agua a través del ciclo, para una hectárea de melón en el Valle del Cauca.

Etapa	Días (DDT)	Crecimiento relativo (%)	Lámina /etapa (mm)	Lámina /semanal (mm)
Vegetativa (I)	1 - 30	20	40	10
Vegetativa-Reproductiva (II)	31 - 45	30	60	30
Reproductiva (III)	46 - 58	35	70	35
Maduración (IV)	59 -72	15	30	15
Totales	72 días	100%	200	

Las necesidades semanales de agua pueden ser suministradas a través de riegos diarios, o en entregas periódicas (cada dos o tres días), según la disponibilidad de agua, la capacidad del sistema y la cantidad de lotes que se tengan que regar dentro de un mismo día. Un plan de riegos puede esquematizarse de la siguiente manera:

Cuadro 5. Distribución de la lámina semanal en los riegos diarios para una hectárea de melon con 13.300 plantas y un emisor/planta

Etapa	Lámina semanal (mm)	No. de riegos por semana	No. de riegos diarios	Lámina /riego (mm)	Cantidad de agua riego (l)	*Tiempo de riego (minutos)
I	10	4	3	0.83	8300	16
II	30	4	2	3.75	37500	73
III	35	3	2	5.83	58300	114
IV	15	2	1	7.50	75000	147

*Emisor o gotero de 2.3 litros/hora.

6.2.8 Manejo de la nutrición mineral

La planta de melón extrae del suelo cantidades considerables de elementos minerales durante el corto tiempo de su ciclo, hasta producción y cosecha. Evaluaciones de campo, en cultivos no intensivos permiten estimar una extracción de elementos mayores en una hectárea con rendimientos de 15 toneladas de la siguiente forma: Nitrógeno (N) 45 kg; Fósforo (P_2O_5) 30 kg; Potasio (K_2O) 60 kg; (ICA, 1996).

Cultivos intensivos en sistemas acolchados en el Valle del Cauca, con producción de 2.5 kg/planta, y poblaciones de 13.300 plantas/ha para un rendimiento de 33 t/ha; permiten estimar extracciones de 140 kg de nitrógeno, 105 kg de P_2O_5 , 220 kg de potasio, K_2O 50 kg de calcio (CaO), 40 kg de magnesio (MgO), (Estrada, 2002).

La suplementación nutricional del cultivo con fertilizantes sólidos o líquidos en abonamiento de base al suelo durante la preparación inicial y a lo largo del ciclo, debe ser cuidadosa en el balance de elementos esenciales o críticos para promover la mejor expresión fenológica, en términos vegetativos o reproductivos para conseguir altos rendimientos y calidad de los frutos. (Jaramillo, 1985) ; (Díaz, 1999).

Son múltiples las experiencias prácticas que sirven de referencia orientadora para el manejo de la fertilización en el cultivo del melón en Colombia. Sin embargo, el mejor programa de nutrición resulta del desarrollo que se consigue en cada zona, región, finca y lote de producción en función del tipo de cultivar, sistemas de producción y condiciones físicas, químicas y agro ecológicas del suelo y del clima incidente en el área específica de producción.

A continuación se resumen algunas experiencias de planes de fertilización edáfica y de fertiriego.

Cuadro 6. Algunas experiencias en fertilización edáfica para el cultivo de una hectárea de melón en Colombia

Plan de fertilización	Sistema de aplicación/ha
Cal dolomítica 2.5 t/ha	12 – 15 días antes de la siembra
Abonamiento orgánico con gallinaza 10 t/ha	20 – 30 días antes del transplante
Fertilización edáfica o incorporada a través del riego	40 kg. de N, una semana después del transplante. 20 kg. de N, tres semanas después del transplante. 10 kg. de N, cinco semanas después del transplante. 50 kg. de P_2O_5 , en transplante. 20 kg. de P_2O_5 , tres semanas después del transplante. 10 kg. de P_2O_5 , cinco semanas después del transplante. 20 kg. de K_2O , en transplante. 50 kg. de K_2O , dos semanas después del transplante. 60 kg. de K_2O , cuatro semanas después del transplante. 30 kg. de K_2O , seis semanas después del transplante.

Fuente: Estrada, 2002

Fertilización de fondo (edáfica)

50 kg. de Sulfato de Amonio	30 kg. antes del transplante. 20 kg. tres semanas después del transplante
100 kg. de Superfosfato Triple	60 kg. antes del transplante 30 kg. tres semanas después del transplante 10 kg. seis semanas después del transplante.
150 kg. de Sulfato de Potasio	20 kg. antes del transplante 40 kg. tres semanas después del transplante. 50 kg. seis semanas después del transplante. 30 kg. ocho semanas después del transplante.
80 kg. de Nitrato de Calcio	10 kg. antes del transplante. 15 kg. tres semanas después del transplante. 40 kg. cinco semanas después del transplante. 15 kg. siete semanas después del transplante.
30 kg. de Oxido de Magnesio	5 kg. antes del transplante. 15 kg. tres semanas después del transplante. 10 kg. seis semanas después del transplante.
Complementar con 30 kg. de cosmo R grado 14 - 8- 1 en "drench" a los 30 días después del transplante.	

Fuente (Estrada, 2002)

Abonamiento de fondo y posterior complemento con fertiriego

Sulfato de Amonio	200 kg. / ha	Incorporado en la última rastrillada o en la preparación de las camas.
Superfosfato triple	150 kg. / ha	
Sulfato de Potasio	150 kg. / ha	
Nitrato de Calcio	150 kg. / ha	
Oxido de Magnesio	30 kg. / ha	

Fuente: Estrada, 2002

En los cultivos comerciales de tipo intensivo, se combinan los abonamientos edáficos denominados de base o de fondo, con fertilizaciones líquidas suministrados a través del fertiriego. Existen diversas estrategias de fertiriego y múltiples formas de entrega en razón de las frecuencias, los volúmenes de agua y las combinaciones de nutrientes. Como una muestra de la diversidad de formulaciones. El cuadro 7 resume algunos ejemplos prácticos en el Valle del Cauca.

Cuadro 7. Algunas experiencias en fertirrigación para una hectárea de melón en el Valle del Cauca.

Plan de fertirrigación y sistema de aplicación
<p>Caso 1 A 500 litros de agua se agregan 300 cc de ácido fosfórico más 1.5 kg. de Nitrato de Potasio más 8.2 kg. de Cloruro de Potasio más 1 kg. de abono completo grado 30 - 6 - 0 mas 0.8 de Sulfato de Magnesio. Este fertiriego se aplica día por medio hasta los 58 días. Se complementa con fertilización foliar una vez por semana con una mezcla de 60 gramos de elementos menores y 20 gramos de Kelate- Boro de 20 litros.</p>
<p>Caso 2 a. Fertiriego inicial postransplante: hasta los 8 días diariamente 16 litros /hectárea de Nitrato de Amonio; de 9 - 14, cinco fertirriegos de 12 kg. de urea. b. Fertiriego joven: a partir de los 14 días en adelante se aplica una mezcla de Nitrato de Calcio, más Nitrato de Magnesio, más Sulfa to de Magnesio, más Nitrato de Potasio, más Kelatex - zinc (Zn), Manganeso (Mn), Boro (B), y Acido fosfórico. c. Fertiriego final: igual que las jóvenes y se adicionan Nitrato de Potasio</p>
<p>Caso 3 a. Fertiriego postransplante: durante cinco días diariamente urea, más Nitrato de Amonio. b. Fertiriego para plantas jóvenes: seis fertirriegos de una mezcla de Nitrato de Amonio, más Nitrato de Potasio, más Nitrato de Calcio, más Sulfato de Magnesio, elementos menores quelatados Zinc, Fe, Mn, B., se completa con Ácido fosfórico . c. Fertiriego para plantas en fructificación: la misma de plantas jóvenes, sin Nitrato de Amonio y con doble dosis se Nitrato de Potasio.</p>
<p>Caso 4 a. Fertiriego inicial: seis fertirriegos para un total de 150 kg. de Fosfato Diamónico, más 4 litros de Ácido fosfórico. b. Fertiriego en floración: cinco fertirriegos para un total de 80 Kg. de Nitrato de Amonio, más 40 kg. de Nitrato de Calcio y Magnesio, más 170 kg. de Nitrato de potasio, más 3 kg. de elementos menores quelatados. c. Fertiriego de llenado de fruto: seis fertirriegos para un total de 20 kg. de Nitrato de Amonio, más 120 kg. de Nitrato de Potasio, más 3 kg. de Boro. d. Fertiriego de maduración: tres fertirriegos para un total de 60 kg. de Nitrato de Potasio.</p>

Fuente, Estrada (2003)

6.2.9 Manejo de arvenses

Durante los primeros treinta días la planta de melón crece lentamente y puede ser competida fuertemente por las arvenses acompañantes. Una vez se inicia la formación de tallos secundarios (gufas), la planta desarrolla una rápida cobertura cuando crece en sistemas postrados, ejerciendo un excelente auto control.

Las deshierbas manuales o manual-mecánicas en la zona de planteo, debe realizarse con extremo cuidado, debido a la delicadeza del tallo central, que provee la única zona de raíces al no presentar enraizamiento en los nudos de los tallos secundarios. Los sistemas de acolchado plástico, favorecen un control muy eficiente a través del ciclo de producción.

El uso de control químico con herbicidas pre y post-emergentes puede ser una buena alternativa, siempre y cuando se haga en el momento oportuno con productos que no causen toxicidad o se comporten selectivamente sin causar daño a la planta de melón. (Sánchez, *et al*, 2002). El cuadro 8 resume algunos de los productos que pueden ser usados y las recomendaciones para un eficiente control.

Cuadro 8 Herbicidas de común uso en el cultivo del melón.

Producto	Dosis kg ó l/ha	Modo de acción	Espectro de control
Bensolide	5 - 6	Pre siembra Pre- emergente	Gramíneas anuales pequeñas de hoja ancha
Clomazone	0.6 - 1.5	Pre siembra Pre transplante	Gramíneas pequeñas de hoja ancha
Etalfloralina	0.6 - 0.8	Pre siembra Pre emergencia	Gramíneas
Naptalan	2.2 - 3.3	Post emergencia Después de siembra o transplante	Hoja ancha
Bensulune + Naptalan	5 - 6 3 - 4	Pre siembra	Gramíneas
Sethoxydin	0.3 - 0.7	Post emergencia	Gramíneas
Glifosato	3 - 4	Post emergencia de malezas	Todas
Fluazifop	2 - 3	Post emergencia	Gramíneas
Paraquat	2 - 4	Post emergencia	Todas

Fuente: Sánchez *et al*, 2002

6.2.10 Manejo de plagas y enfermedades

La estrategia central en el manejo sanitario del cultivo, involucra múltiples aspectos que deben ser tenidos en cuenta al momento de la planificación. Aspectos como, selección de las zonas, lotes, épocas de producción, tipo de cultivares, disposición de las siembras, preparación de los suelos, diseño y establecimiento del sistema de riego y drenaje, programa de nutrición y monitoreo de los campos, constituyen en su conjunto actividades que permiten el oportuno y eficiente manejo de la problemática sanitaria de cultivos.

La influencia de cada una de las prácticas agronómicas en el mantenimiento de la sanidad del cultivo, debe ser valorada en cada campo de producción, de tal forma que se tomen las decisiones preventivas y oportunas que reduzcan la presencia e impactos negativos en los rendimientos y la productividad y se minimicen los efectos económicos en los costos de inversión. También son muy importantes los impactos ambientales generados en el manejo sanitario, en términos de la sostenibilidad espacial y temporal del cultivo en una región determinada.

El manejo de plagas y enfermedades debe ser un asunto de visión integral, en donde cada práctica agronómica realizada de manera eficaz y oportuna, contribuya a la sanidad del cultivo y a garantizar que el ejercicio productivo sea exitoso, no solamente desde el punto de vista productivo y económico, sino de desarrollo social para las comunidades involucradas.

Los cuadros 9 y 10, resumen las principales plagas y enfermedades comunes en el cultivo del melón en Colombia. Se plantean algunas experiencias en el manejo y control que deben ser experimentados y probados en los diferentes sistemas productivos para determinar su eficacia y operatividad. (Calderon, 1995); (Nichols, 1998).

Cuadro 9. Plagas comunes en el cultivo del melón, en Colombia

Problema	Agente causal	Experiencias en el manejo
Tierreros trozadores de plántulas	<i>Spodoptera sp</i> <i>Agrotis sp</i>	Buena preparación y solarización de las camas. Riego fuerte antes del transplante. Uso de cebos tóxicos.
Comedores de follaje y perforadores de tallos y frutos	<i>Diaphania nitidalis</i> <i>Diaphania hyalinata</i> <i>Heliothis peltigera</i> <i>Chrysodeisis chalsites</i> <i>Autographa gamma</i>	Plantas bien nutridas y vigorosas. Monitoreo permanente. Enemigos naturales muy frecuentes como: Apanteles, cardiochiles, moscas de la familia chalcidae. Aplicaciones periódicas de <i>Bacillus thuringiensis</i> ; insecticidas, Metamidofos, Metomil, Carbaril, Diazinom, Amitraz, Bifetin, Cipermetrina, Metril-Pirimifos.
Minadores de hoja	<i>Liriomyza trifoli</i> <i>Liriomyza bryonae</i> <i>Liriomyza huidobrensis</i>	Eliminación de restos de cultivos anteriores. Colocación de trampas amarillas o azules. Productos, Abamectina, Ciromazina, Pirazofos, Aceite mineral.
Chupadores, trips, moscas blancas, pulgones	<i>Frankliniella occidentalis</i> <i>Thrips palmi</i> <i>Aphis gossypii</i> <i>Myzus persicae</i> <i>Trialeurodes vaporariorum</i> <i>Bemisia sp</i>	Eliminación de restos del cultivo. Rotación de cultivos. Cultivos libres de malezas. Evitar otros cultivos de la familia de las cucurbitáceas. Uso de trampas cromáticas. Barreras físicas con cubiertas de tela antitrips. Control biológico natural o liberaciones de <i>Encarsia</i> ssp; <i>Eretmocerus</i> sp; <i>Cyrtopeltis</i> sp; <i>Aphidius</i> sp. Productos: aceites minerales y vegetales; Bifetrin, Carbosulfan, Endosulfan, Metomilo, Metilpirimifos, Pimetrocina, Tiametoxanil, Mevinfos, Dimetoato, Malathion.

Cuadro 10. Enfermedades comunes en el cultivo de melón, en Colombia

Enfermedad	Agente causal	Experiencias en el manejo
Pudrición de plántulas en vivero	<i>Fusarium sp</i> <i>Phyitium sp</i> <i>Rhizoctonia sp</i>	Desinfección de semilleros Solarización. Sustratos nuevos. Escalamiento y encenizado. Productos: metalaxil, Propamocaib, Carboxim.
Ceniza, Oldium Mildeos polvorosos y vellosos.	<i>Oldium sp (Sphaerotheca sp)</i> <i>Pseudoperonospora cubensis.</i>	Rotación de cultivos. Control de humedad, evitar riesgos por aspersión. Densidades apropiadas. Escoger zonas y épocas secas para el cultivo. Eliminación de focos y malezas, hospedajes de los hongos. Plantas con buena nutrición. Variedades con tolerancia o resistencia. Productos. Azufre fundamental
Marchitez sorpresiva. Amarillamiento sorpresivo.	<i>Fusarium oxysporum</i> <i>Rhizoctonia sp</i>	Rotación de cultivos Encalamiento Control de humedad Trichoderma y otros microorganismos antagónicos
Chancro gomoso del tallo	<i>Didymella bryoniae.</i>	Uso de funguicidas Hexaconazol; Benomil; Dinobuton; Fenarimol; Tridemorf; Quinometionato; Propimeb; Tridimefon; Trifumizon; Benalaxil; Cimoxanilo; Dietomort; Mancozeb
Virus del mosaico del pepino, de la sandía, del calabacín, del cribado del melón.	CMV WMV-2 SqMV MNSV ZYMV	Eliminación de plantas enfermas Control de Vectores Uso de variedades resistentes

6.2.11 Cosecha y manejo de post-cosecha

La maduración del fruto es bastante uniforme en los híbridos modernos, por ello la cosecha se planifica en función del tiempo de duración del ciclo en cada zona, del comportamiento de cada cultivar y de un conjunto de indicadores de madurez que se aplican visualmente tanto a las plantas como a los frutos.

Algunos de los indicadores externos de madurez son: senescencia de hojas y tallos terminales en la planta; cambios de color y brillo en los frutos de verdes grisáceos, pardos a colores amarillos o verde-amarillo; uniformidad y finura de la malla en caso de cultivares reticulados; cambios de color en los pedúnculos y zarcillos cercanos al fruto, aparición de la zona de abscisión en la unión del fruto con los tallos (slip). Los indicadores internos mas comunes son : disminución del grosor de la cáscara, (epicarpio), aumenta la intensidad del color de la pulpa, la cavidad placentaria alcanza su volumen característico, las semillas se recubren de arilo-mucilaginoso. Se producen además cambios en el contenido de azúcar y se intensifica el aroma.

El estado óptimo de la cosecha en los cultivares que cicatriza la región peduncular, se presenta cuando hay completo desprendimiento del fruto (full slip) en forma natural o por una ligera torsión. En los tipos Honey-Dew que no se desprenden naturalmente, se debe hacer un corte en la zona peduncular para la cosecha, y posteriormente en la zona de acondicionamiento se define la presentación final.

La preclasificación puede hacerse en el campo, donde se separan los frutos por tamaño (volumen y peso), presencia de malformaciones, o daños por plagas y enfermedades o por "escaldado" solar. El transporte debe hacerse preferiblemente en cajas de madera o canastillas plástica de bajo peso (menores a 15 kg.), para su traslado a la zona de preparación para el empaque.

El acondicionamiento incluye lavado y enfriado (agua a temperatura baja 10 – 15 °C), cepillado, desinfectado con un baño de soluciones antifungosas (Tiabendazol, Capsicol) y secado con aire fresco. Posteriormente, los frutos pasan a la mesa de clasificación final donde se separan nuevamente por tamaño, madurez, uniformidad del enmallado, color y presencia de manchas y áreas cloróticas.

El empaqueo puede hacerse en cajas de cartón o de madera y el calibre se define por el número de frutos a empacar en cada unidad. Por lo general se empacan de 4 – 6 unidades para los calibres de mayor tamaño de 8 – 10 para calibres medianos. Los calibres menores se empacan a granel con un número variable dependiendo del cultivar, volumen y peso. Las cajas contienen un máximo peso de 15 kg.

La clasificación por categoría, depende de los mercados; en general existen tres categorías genéricas. Los grupos extras o supremo, que corresponden a los frutos de mejores atributos, según su tipo y variedad. Estos melones se acompañan de papeles tipo seda para su protección en el empaque y se les coloca además adhesivos individuales a cada fruto. Los tipos corrientes conocidos como categoría I y los tipos II que cumplen con los requisitos mínimos de calidad.

Durante el almacenamiento o en el transporte, se puede tener un control de temperatura y humedad relativa. La cadena de frío es adecuada siempre y cuando se garantice su uniformidad y no se presenten cambios abruptos ya que se demerita la calidad de los frutos; las humedades relativas deben permanecer altas, por encima del 75% para evitar el resecamiento de las capas externas. En las condiciones del manejo del melón en Colombia el proceso de maduración normal ocurre muy bien naturalmente y no se hace necesario procedimientos de inducción artificial con madurantes. (Figura 5)



Figura 5. Cosecha, apilado y acondicionamiento. (a) Cosecha y apilado en sacos de lona. (b) Apilado y clasificación en bodega. (c) Lavado y clasificado. (d) Empacado en diferentes tipos de caja.

6.3 Bibliografía

ALVARADO, P. 1995. Tecnología para la producción de melones de calidad. Santiago de Chile, Fundación Chile, p. 25.

BRASIL PEREIRA PINTO, C.A. 1977. Mejoramiento de hortalizas. Piracicaba (Brasil), ESALQ. p. 319.

CALDERON, G; CEPEDA, R; HURTADO, A. 1995 Guía para la siembra, producción y mercado del melón. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) Bogotá. p. 23.

CORPORACION COLOMBIA INTERNACIONAL (CCI). 1999. El cultivo del melón. Bogotá. p. 21.

DÍAZ, A. 1999. Respuesta fisiológica del melón a diferentes condiciones químicas de cuatro suelos del Valle del Cauca. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. Tesis Ing. Agrónomo. p. 79.

ESTRADA, E.I. 2003. Perfil técnico para el manejo agronómico del cultivo de las cucurbitáceas. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. p. 12. (Impreso universitario)

IMPULSEMILLAS, 2002. Catálogo de semillas híbridas. Bogotá. p. 6.

ICONTEC, 1996. Norma técnica colombiana 832-2. Frutas frescas, melones. Almacenamiento y transporte. p.10.

JARAMILLO, J.; LOBO, M. 1985. Manual de asistencia técnica. Bogotá. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). p. 295.

LOPES, J.F. 1982. Mejoramiento genético de *Cucurbitaceas* (Chuchu, Melancia, Melão e Pepino). Informe Agropecuario, Belo Horizonte. Vol. 8, No. p. 85.

NICHOLS, M.; BRUCE, C. 1998. Producción de melones y sandías. Bogotá. Agricultura de las Américas. p. 14.

OLIVA, R.N. 1989. Mejoramiento y producción de semilla de melón, *C. melo L.* Curso Internacional en Investigación y Producción de Semilla de Hortalizas. Santiago de Chile 12-16 de diciembre de 1988. FAO. p. 51-60.

RECHE, J. 1995. Poda de hortalizas en invernadero (Calabacín, melón, pepino y sandía). Madrid. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. p. 82.

ROA, M.; JARAMILLO, J. 1975. El cultivo del melón. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Palmira. p. 11.

ROBINSON, R.W. *et al.* 1976. Genes of the *Cucurbitaceae*. Hortscience 11(6): p. 554-568.

SANCHEZ, M; ESTRADA, E.I.; CARDOZO, C.I. GARCIA, M. 2002. El control integrado de arvenses en la producción de hortalizas. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. p. 27. (Impreso universitario)

SEMILLAS ARROYAVE. 2002. Catálo de semillas híbridas. p. 4

TAFUR, H. 2000. Necesidades hídricas de las hortalizas. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. p.19 (Impreso universitario).

VIGGIANO, J. 1990. Produção de Sementes de *Cucurbitaceae*. En: Castellane, P.D. Produção de Sementes de Hortalizas. Jaboticabal (Brasil), FCAV/FUNEP. p. 95-112.

El cultivo de la habichuela

Phaseolus vulgaris L.

BIBLIOTECA AGROPECUARIA
DE COLOMBIA

7. El cultivo de la habichuela

Phaseolus vulgaris L.

7.1 Generalidades del cultivo

La habichuela comprende un tipo de fríjol común, producto de la selección por vainas y bajo contenido de fibra. Las vainas inmaduras conjuntamente con sus semillas se consumen como hortaliza verde. (Myers y Bagget, 1999).

La habichuela es conocida con diversos nombres comunes: snap bean, french bean, garden bean, haricot, chauchas y judía (Argentina y Uruguay), fríjol agita (México), vainita (Centroamérica).

Es una hortaliza muy consumida y cultivada a nivel mundial; las preferencias cualitativas de las variedades de habichuela varían de un país a otro. La habichuela es muy importante en los países desarrollados tales como: España, Francia, Italia, Alemania, Países Bajos, Portugal y Hungría (en Europa); Estados Unidos y Canadá (en América) y Australia. Los países con mayor producción son China (27% de la producción mundial), Chile, Egipto, India, Indonesia, México, Marruecos, Kenia, Tanzania, Tailandia y Turquía (Myers y Bagget, 1999).

Según la FAO (1998), la producción mundial de habichuela fue de 4.314.000 toneladas en un área de 637.000 hectáreas con un rendimiento promedio de 6.08 toneladas por hectárea. En el cuadro 1 se puede observar la producción, discriminada por continentes.

La habichuela es una hortaliza muy cultivada en algunas regiones de Colombia como el Valle del Cauca (552 hectáreas, con rendimiento de 8-12 t/ha), Risaralda, Cundinamarca, y Caldas (Ramírez y Dessert, 1984; ICA, 2001). Se la considera muy importante en la dieta de los colombianos por su aporte proteínico (2.54% en base fresca), de aminoácidos esenciales (lisina y metionina) y de carbohidratos (54%). (Federación Nacional de Cafeteros, 1984).

En Colombia se cultiva, tradicionalmente, la variedad voluble Blue Lake (90% del área sembrada); a partir del año 2000 se siembra la variedad UNAPAL – Milenio, producida por la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, la cual presenta ventajas agronómicas y productivas sobre la variedad tradicional Blue Lake.

Cuadro 1. Producción mundial de habichuela, *Phaseolus vulgaris* L., en 1988

Continente	Producción (t)	Área (ha)	Rendimiento (t/ha)
Asia	2.590.000	386.000	6.7
Europa	1.030.000	133.000	7.8
África	312.000	40.000	7.8
Norteamérica	253.000	40.000	6.3
Sudamérica	77.000	29.000	2.7
Oceanía	53.000	9.000	5.8
Mundial	4.314.000	637.000	6.8

Fuente: FAO, 1998

La variedad Blue Lake presenta alta susceptibilidad a la roya *Uromyces phaseoli*, a la bacteriosis *Xanthomonas campestris* y a otros limitantes bióticos y abióticos, lo cual hace indispensable el alto uso de funguicidas y herbicidas que reducen la rentabilidad, afectan la calidad del producto y deterioran el ambiente (Agudelo y Montes de Oca, 1988).

7.1.1 Origen

La especie *Phaseolus vulgaris* L. es una de las más antiguas; hallazgos arqueológicos indican que era conocida por lo menos unos 5.000 años antes de la era cristiana. México ha sido aceptado como el más probable centro de origen, o al menos, como el centro de diversificación primaria. Esta leguminosa de grano, se encuentra ampliamente distribuida en los cinco continentes (Debouck e Hidalgo, 1985). La habichuela como hortaliza apareció en Estados Unidos en 1890 a partir del mutante German Wax Bean que a su vez originó la variedad comercial conocida como Blue Lake.

7.1.2 Taxonomía

Desde el punto de vista taxonómico, esta especie es el prototipo del género *Phaseolus* y su nombre científico es *Phaseolus vulgaris* L. asignado por Linneo en 1753. Perteneció a la tribu *Phaseoleae* de la subfamilia *Papilionoideae*, familia *leguminosae* dentro del orden Rosales. El género *Phaseolus* incluye aproximadamente 35 especies, de las cuales cuatro se cultivan. Son ellas: *P. vulgaris* L., *P. lunatus* L., *P. coccineus* L., *P. acutifolius* A., Gray var, *litifolius freeman*. (Debouck e Hidalgo, 1985)

7.1.3 Biología de la reproducción

Las flores se encuentran agrupadas en inflorescencias axilares o terminales que, botánicamente se consideran como racimo de racimos. La flor es una típica flor papilionacea con cáliz gamosépalo y campanulado. La corola es pentámera con dos pétalos soldados por su base y tres no soldados (El pétalo más sobresaliente corresponde al estandarte; dos alas y la quilla en forma de espiral muy cerrada, es asimétrica y formada por dos pétalos completamente unidos. La quilla envuelve completamente el androceo y el gineceo) (Figura 1) (Debouck e Hidalgo, 1985).

El androceo está formado por nueve estambres soldados por su base en un tubo y por un estambre libre llamado vexilar que se encuentra frente al estandarte (Figura 2)

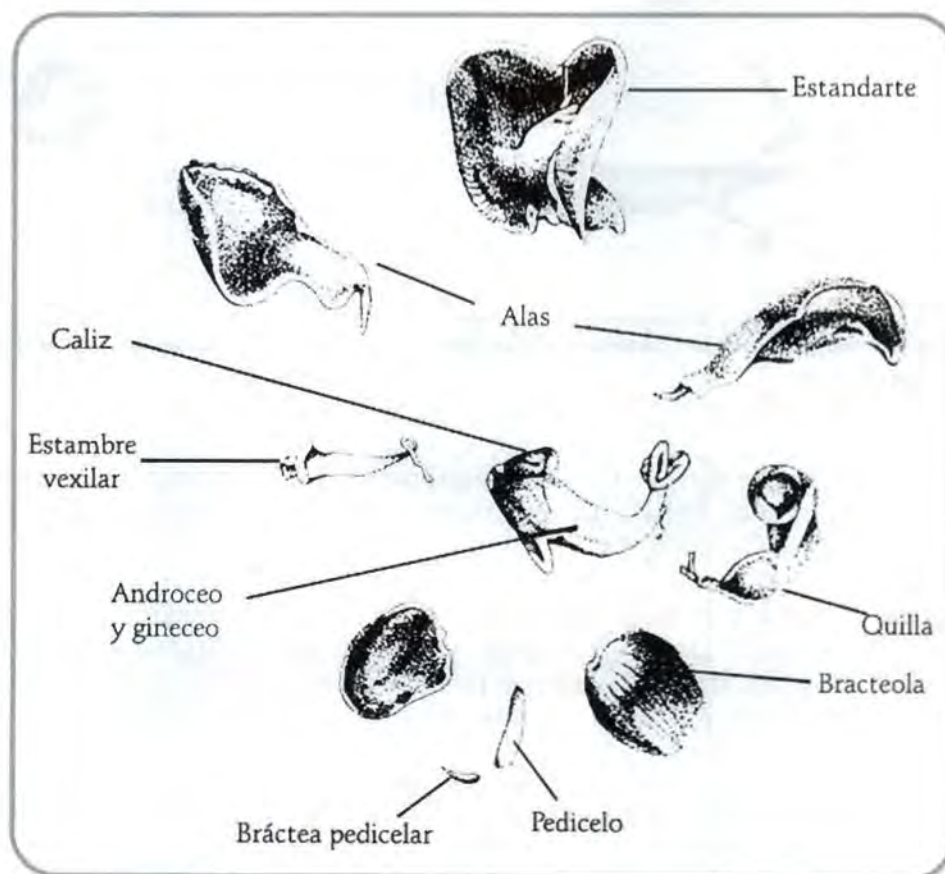


Figura 1. Componentes de la flor de la habichuela.

Fuente: Debouck e Hidalgo, 1985

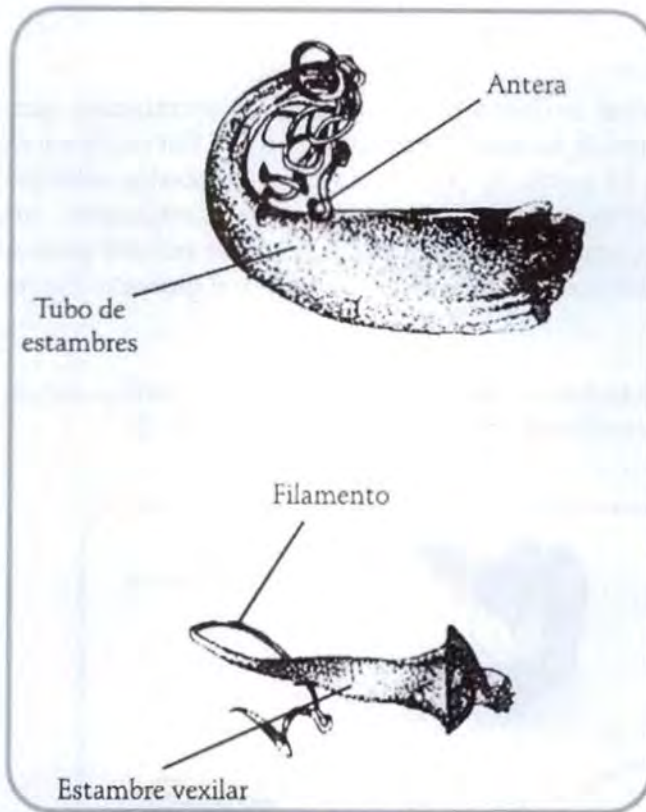


Figura 2. Componentes del androceo de la flor de la habichuela.

Fuente. Debouck e Hidalgo, 1985



Figura 3. Componentes del gineceo de la flor de la habichuela

Fuente. Debouck e Hidalgo, 1985

El gineceo es súpero e incluye el ovario comprimido, el estilo encorvado y el estigma interno lateral terminal. Debajo del estigma se puede observar una agrupación de pelos en forma de brocha. (Figura 3).

La morfología floral de la habichuela favorece el mecanismo de autopolinización. Las anteras están al mismo nivel que el estigma y además ambos órganos están envueltos completamente por la quilla. Cuando se produce la dehiscencia de las anteras (antesis) el polen cae directamente sobre el estigma. (Debouck e Hidalgo, 1985).

El fruto de la habichuela es una vaina indehisciente con dos valvas que poseen poca fibra. La semilla es exalbuminosa es decir que no posee albumen.

La habichuela es una especie diploide con 22 cromosomas. Normalmente se autopoliniza, con solo una pequeña porción de polinización cruzada natural, dependiendo de la cantidad de abejas que se presentan en el tiempo de floración.

7.1.4 Características de las vainas

La calidad de los cultivares de habichuela depende en gran parte de las características de las vainas: tamaño, formato, longitud, color, contenido de fibra, textura, tasa de desarrollo y color de la semilla, forma del pico de la vaina, presencia de cavidades interloculares y resistencia al daño.

Para una buena aceptación del producto en el mercado, las vainas de habichuela deben reunir los siguientes requisitos: color verde intenso, tamaño uniforme, rectas, corte transversal redondo, desprovistas de fibra, de buen sabor, pulpa transparente, sin protuberancias, frágiles y carnosas, con semilla poco desarrollada y de color blanco, sanas y desprovistas de humedad exterior y olores extraños. La Federación de Cafeteros considera algunos criterios para evaluar las características de la vaina de habichuela. (cuadro 2).

Cuadro 2. Criterios generales para evaluar las características de la vaina de habichuela.

Criterio	Deseable	No deseable
Forma	Recta	Muy curva
Corte transversal	Redondo	Ovalado
Fibra	Ausencia	Presencia
Facilidad de ruptura	Fácil	Difícil
Color	Verde -oscuro	Verde claro o amarillo
Textura	lisa	Con constricciones

Fuente: Federación Nacional de Cafeteros, 1984.

7.2 Agronomía del cultivo

7.2.1 Adaptación

La habichuela tiene una amplia adaptación varietal, desde los pisos térmicos cálidos (800 – 1400 msnm temperatura de 22 – 26 °C), hasta zonas de clima medio y frío moderado (1500 – 2300 msnm, 19 – 21 °C). La planta se desarrolla muy bien en suelos de texturas francas y franco – arcillosas, bien drenados con pH entre 5.5 – 6.5 con muy buena fertilidad natural. En condiciones de precipitación moderada durante su ciclo de crecimiento y desarrollo (350 – 500 msnm) y humedad relativa baja (60-70 %), la incidencia de enfermedades es menos frecuente y menos severa.

Los cultivares de hábito voluble (tipo III y IV) tienen ciclo de crecimiento más tardío y por ello requieren de un periodo de tiempo de mayor exigencia de condiciones óptimas. Los cultivares arbustivos o semiarbustivos (tipos I y II), presentan una mayor precocidad y por ello pueden establecerse en periodos de tiempo más corto aprovechando condiciones climáticas más uniformes y definidas dentro de los ciclos de lluvias y periodos secos.

En sistemas de producción intensiva bajo cubierta y con control de la precipitación, riego, temperatura y manejo de los sustratos de siembra la capacidad de adaptación se amplía para una mayor diversidad de cultivares.

7.2.2 Epocas de siembra

La precipitación y la humedad ambiental son las dos variables climáticas que determinan la mejor época de siembra en razón de las interacciones genético-ambientales que se establecen entre los diferentes cultivares disponibles para zonas de cultivo. La temperatura promedio del día y los intervalos entre la máxima y mínima, así con las variaciones en la intensidad lumínica, pueden ser determinantes en la expresión reproductiva de los cultivares, promoviendo una mayor floración y cuajamiento de vainas afectando favorablemente los rendimientos y la productividad.

Bajo condiciones de producción en campo abierto y con disponibilidad de riego, las siembras deben planificarse tratando de hacer coincidir los periodos de floración, llenado de vainas, con las épocas secas. En sistemas confinados bajo cubierta, las siembras pueden hacerse en todo el año, dependiendo de las dinámicas de los mercados.

Las lluvias excesivas o los vientos secos y fuertes en épocas de floración favorecen la caída de flores o falta de polinización, disminuyendo el cuajamiento de vainas y afectando la producción.

7.2.3 Tipos de cultivares

Existen dos grandes grupos varietales en función del tipo de crecimiento. Las variedades de crecimiento voluble y las variedades de crecimiento arbustivo conocidas con el nombre de "habichuelinas".

En Colombia predominan los cultivares volubles de vainas verdes y semillas blancas. También existen cultivares de vainas amarillas, tipo mantequilla y moradas con semillas blancas o negras de poca importancia comercial. Los cultivares tradicionalmente

posicionados en los mercados, presentan vainas largas o extralargas en la cosecha (13-17 cm), diámetro medio o grueso (10-20 mm.), sutura ventral poco pronunciada, ápice corto, granos inmaduros y poco abultados y especialmente rotura pareja al quiebre transversal con baja fibrosidad.

Las vainas en óptimas condiciones para la cosecha deben presentar un color verde sólido intenso. Las variedades que presentan una mayor demanda en los mercados colombianos y por ello son mayormente preferidas por los agricultores, son las que presentan un patrón de crecimiento característico al tipo conocido como "Blue-Lake" o Lago Azul. Estos tipos reúnen un conjunto de características asociadas a la semilla, crecimiento vegetativo, dinámica de floración y maduración de las vainas que conforman un patrón difícilmente modificable tanto para los agricultores como para los comercializadores condicionando a que las nuevas variedades introducidas al mercado sigan este patrón para su aceptación y adopción.

Cultivares que presenten ventajas productivas asociadas a mecanismos de resistencia o tolerancia genética a plagas y enfermedades comunes al cultivo; o con mayores rendimientos, pueden ser rechazados por los agricultores, si se alejan del patrón tradicional antes mencionado.

El cuadro 3 presenta un portafolio comercial bastante limitado de los cultivares disponibles en el mercado de semillas colombiano. Es importante resaltar que en las regiones tradicionalmente productoras de habichuela, se establece un mercado "local" de semillas producidas por aumentos artesanales a partir de semilla comercial obtenida en las casas agrícolas especializadas. La semilla obtenida bajo este sistema se conoce como semilla "resacada" y puede originarse en varios ciclos repetidos de aumento.

Cuadro 3. Portafolio de oferta de semillas en Colombia, en el año 2002.

Nombre del Cultivar	Tipo	Unidad	Precio (\$)	Casa Productora
Blue Lake	Variedad	Lb	11.000	Ferry Morse
Blue Lake	Variedad	Lb	15.000	Asgrow
Blue Lake	Variedad	Lb	13.000	Rogers
Habichuela Nacional	Variedad	Lb	7.000	Pomo
UNAPAL – Milenio	Variedad	Lb	7.000	UNAPAL Palmira
Green Bean	Variedad	Lb	16.000	Asgrow

Fuente: Estrada (2003)

7.2.4 Sistemas de producción

Igual que otras hortalizas, la habichuela puede cultivarse en sistemas de monocultivo o como un componente asociado en policultivos. La asociación puede darse en sistemas múltiples como cultivo intercalado, de relevo o translope. Existe una asociación muy frecuente con cultivos de tomate, pepino, pimentón y maíz, el cual permite aprovechar simultáneamente o en relevos el sistema de tutorado establecido, haciéndolo más eficiente y disminuyendo los costos de producción. Esta asociación también favorece la rotación de cultivos en una misma área de producción.

En sistemas de pequeños agricultores y economía campesina, las siembras se establecen en áreas menores a 0.5 ha. y generalmente se cultiva a lo largo de todo el año. En sistemas comerciales extensivos, las siembras superan la hectárea y se establecen acorde a los ciclos productivos asociados al régimen de lluvia de la zona. Cada vez se hace más frecuente, encontrar el cultivo de la habichuela como una alternativa de producción para rotar en invernaderos cultivos de tomate y pimentón.

7.2.5 Preparación del suelo

Las plantas desarrollan un excelente sistema radicular cuando crecen en suelos sueltos profundos, con buena retención de humedad pero libre de encharcamiento. Las semillas en proceso de germinación y emergencia, son extremadamente susceptibles al deterioro por efectos físicos del suelo con una inadecuada preparación (semillas epigeas) o pudriciones y daños causados por hongos del suelo.

Las labores de preparación deben responder a las condiciones propias de cada campo en cuanto a características físicas, pendiente, presencia de aglomerados, contenido de materia orgánica y profundidad de la capa arable.

En suelos de ladera con pendientes mayores al 20%, la preparación puede hacerse con herramientas manuales, roturando solo las bandas o surcos de siembra. En áreas mecanizables es conveniente usar los arados de chuzo o sinceles para roturar y remover las capas a la profundidad adecuada y posteriormente se da el acabado con pares de rastrillo y pulidores hasta lograr un acondicionamiento físico del suelo que favorezca la siembra. En suelos muy sueltos no debe excederse en la preparación porque se generan encostramientos posteriores con los riegos o lluvias.(Figura 1)



Figura 1. Preparación del suelo y siembra. (a) Rayado de surcos. (b) Emergencia uniforme.

7.2.6 Siembra

La siembra se distribuye en surcos sencillos o dobles con distancias que varían entre 0.8 m-1.5 m entre surcos y 0.2-0.3 m entre plantas. La profundidad de siembra no debe exceder a 2 ó 3 cm, depositando 2 - 3 semillas por sitio. Preferiblemente el suelo debe estar húmedo pero sin excesos de humedad antes de realizar la siembra. El cuadro 4, integra la información sobre distancias de siembra y poblaciones esperadas para las diferentes modalidades de siembra.

Cuadro 4. Distancias de siembra y sistema de tutorado utilizado en el cultivo de la habichuela.

Indicador	Surcos Simples	Surcos Dobles
Distancia entre surcos	1.0 m	0.3 m
Calles entre surcos dobles	-	1.0 m
Distancia entre sitios	0.2 5m	0.25 m
Semillas por sitio	2-3	2-3
Sitios por hectárea	40.000	61.600
Cantidad de semilla/ha.	21-31kg	32-48 kg
Tutores/ha.	a. 22.000 estacas de caña menuda de 2.2m b. 5000 latas de guadua de 2.2m c. 2.225 estacones de guadua de 2.5m y 190kg de alambre liso calibre 16	44.000 estacas de caña menuda de 2.2m

En algunos sistemas de producción, los agricultores, practican el encalamiento y abonamiento orgánico y mineral, previo a la siembra, depositando e incorporando en bandas o en cada sitio de siembra, las respectivas enmiendas.

Cuando la habichuela se establece como cultivo de traslape o relevo, las distancias y distribuciones poblacionales quedan condicionadas al cultivo saliente (tomate, pimentón, pepino, maíz).

En siembras transitorias asociadas a cultivos de largo periodo de crecimiento (caña, café, frutales), los arreglos poblacionales también quedan determinados por el cultivo de largo periodo. (Figura 2)



Figura 2. Sistemas de siembra y tutorado. (a) Surco sencillo, tutor individual. (b) Surco doble colgado. (c) Surco doble en espaldera.

7.2.7 Sistema de tutorado

Se pueden usar diferentes tipos de tutores; de acuerdo con su disponibilidad y costo.

a. Estacas de caña menuda de aproximadamente 2.2 m.

Si la estaca es muy corta, se pierden los racimos florales más altos o se presenta una baja formación de vainas en esas inflorescencias superiores. Este sistema es uno de los más comunes. En surco simple coloca una estaca de caña menuda cada dos sitios. Se necesitan 22.000 estacas/ha. En surco doble se coloca una estaca cada dos sitios formando una "tijera". Se necesitan 44.000 estacas/ha.

b. Estacas (latas) de guadua de 2.2 m.

Se colocan estacas cada 2.0 m en el surco. Se necesitan 5.000 estacas para una hectárea. Se amarran dos hilos de propileno entre las estacas; uno a 20 cm del suelo y el otro a los 2.0 m. con hilo de polipropileno se teje una malla entre los dos hilos para que la planta pueda trepar. Los extremos de cada surco se aseguran en forma de pie de rey para poder mantener el sistema suficientemente tensionado. En este sistema también se puede amarrar cada planta en forma individual utilizando un hilo de polipropileno por cada sitio sembrado.

c. Estacones de guadua de 2.5 m.

Esta estructura es más fuerte y puede durar hasta cinco cosechas. Se necesitan 2.225 estacones de guadua de aproximadamente 2.5m de longitud y unos 190 kg de alambre liso calibre 10. Cada estación se coloca a distancias de 4-5m en el surco y se entierran 50cm. El alambre se fija con grapas en el extremo superior del estación. Los extremos de los surcos se aseguran con un pie de rey para poder mantener la tensión del sistema. Las plantas se cuelgan independientemente con hilo de polipropileno al alambre o se hace una malla con el hilo para que las plantas puedan trepar. (Figura 2)

7.2.8 Manejo del riego

Las necesidades hídricas del cultivo pueden suplirse mediante el riego, distribuyendo el agua en las diferentes etapas del cultivo y haciendo los ajustes necesarios de acuerdo al régimen de lluvia que se presente en la zona.

El cuadro 5, resume un esquema de distribución de lámina de riego con base en las cuatro etapas fenológicas de un cultivo típico en la zona plana del Valle del Cauca.

Cuadro 3. Distribución de la lámina de riego, para el cultivo de una hectárea de habichuela tipo Blue Lake (UNAPAL - Milenio), CEUNP- Candelaria -Valle del Cauca.

Etapa fonológica	Días	Lámina requerida (mm)	Lámina semanal (mm)	No. Riegos semana	Cant. Agua riego (l)
Siembra-inicio floración	0-34 (5 semanas)	130	26	4	65.000
Floración-inicio llenado de vainas	35-47 (2semanas)	80	40	4	100.000
Llenado de vainas	48-58 (2 semanas)	120	60	4	150.000
Llenado de vainas inicio de cosecha	58-75 (3 semanas)	60	20	3	66.000
Totales	80 (12 semanas)	390		15	

7.2.9 Fertilización

La extracción de nutrientes por el cultivo de habichuela varía con el tipo de cultivar, el ambiente edáfico y climático de producción y la expresión del potencial genético en términos de rendimientos unitarios y producción. La información aportada por algunos autores varía teniendo en cuenta las consideraciones anotadas anteriormente.

El CIAT (1998), reporta para un cultivar voluble con un rendimiento de 12 t/ha de vainas frescas, los siguientes niveles de extracción:

Nitrógeno(N)	→	110 kg/ha
Fósforo(P_2O_5)	→	25 kg/ha
Potasio(K_2O)	→	84 kg/ha
Calcio(CaO)	→	130 kg/ha

Fedecafé (s.f.), plantea que una buena producción de vainas frescas en la zona cafetera con el cultivar Blue-Lake, se consigue con el fertilizante completo de fórmula 13-26-6 ó 10-30-10 en una cantidad de 300-400 kg/ha al momento de la siembra colocado en el fondo del surco o en bandas laterales al lado de las semillas sin entrar en contacto con ellas.

En el Centro Experimental CEUNP, con el cultivar UNAPAL-Milenio, se han logrado rendimientos de 21 t/ha de vainas frescas con la aplicación de 450 kg/ha de una mezcla de nutrientes en las siguientes proporciones:

N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Menores	Total
3	1	3	1.0	0.5	0.5	9

Estas proporciones determinan las siguientes cantidades de nutrientes:

Nutriente	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Menores	Total
kg/ha.	150	50	150	50	25	25	450

Los suministros se hacen de acuerdo a la siguiente distribución:

Nutriente	Etapas DDS ¹				Total (kg/ha)
	1 (0-34)	2 (35-48)	3 (49-58)	4 (59-75)	
Nitrógeno(N)	60	50	40	-	150
Fósforo(P ₂ O ₅)	30	20	-	-	50
Potasio(K ₂ O)	30	80	30	10	150
Calcio(CaO)	20	20	10		50
Magnesio(MgO)	5	15	5		25
Menores	15	10	5		25
TOTALES					450

¹DDS: Días después de siembra

Las aplicaciones se hacen en banda o en media corona por la parte baja del doble surco en la zona húmeda del surco de riego. Al inicio del cuajamiento de flores e inicio de llenado de vainas, las fertilizaciones se hacen líquidas aplicadas en "drench" en la parte baja retirada 5 cm del cuello. Se hacen dos aplicaciones por semana.

En la vereda de El Bolo, municipio de Palmira, los productores de habichueha, vienen ejecutando el siguiente plan de fertilización en el cultivar tipo Lago Azul: abonamiento al suelo 10-12 días después de la emergencia de plantas con una fórmula compuesta de 40 kg de KCl + 80 kg de triple quince + 80 kg de urea para una hectárea. Tres semanas después inician un plan de abonamiento líquido al suelo cerca de la planta con una solución acuosa que incluye 30 kg de úrea + 60 kg de Nitrato de Potasio, una vez por semana hasta que se inicia la cosecha.

7.2.10 Manejo de arvenses

El cultivo debe permanecer libre de competencia por especies arvenses por lo menos en sus estados iniciales de crecimiento. El número de limpiezas depende del tipo de arvenses y del sistema de control. Se pueden hacer desyerbas manuales o con cultivadores mecánicos de tracción animal. También se pueden utilizar herbicidas y en este caso es conveniente solicitar una adecuada asesoría pues la eficiencia de este sistema depende de las especies de arvenses, del tipo de suelo, de la dosis del producto, de los implementos de aplicación y del operario. En general la mezcla de 1.0 kg/ha Linurón con 2.0 l/ha de Pendimetalina aplicada en preemergencia con el suelo húmedo dá un buen resultado.

Algunos agricultores desarrollan un plan combinado para el manejo de arvenses que incluye el uso de herbicidas preemergentes como Trifluralina en dosis de 2.5 l/ha para el control de gramíneas. También usan el Metalaclor incorporado en dosis de 3.5 l/ha especialmente dirigido a control de coquito. Linurón 1.5 en preemergencia de la habichuela puede realizar un buen control de arvenses de hoja ancha. Previo a la siembra o antes de la emergencia de la habichuela, se pueden hacer aplicaciones de Glifosato en dosis de 3.0 l/ha. En la etapa de establecimiento del cultivo, si se presenta alta infestación de arvenses gramíneas puede utilizarse Fluozifop-butil en dosis de 1.5 l/ha.

7.2.11 Manejo de plagas y enfermedades

Los cultivares de habichuela como todos los fríjoles del género *Phaseolus*, presentan alta susceptibilidad a enfermedades de origen fungoso y bacterial que se acentúa en incidencia y severidad cuando las condiciones de humedad del suelo y del ambiente externo, así como la combinación de altas temperaturas en el día y bajas en la noche. En áreas de alta nubosidad en las mañanas con la conformación de gotas y humedecimiento de follaje, se acentúan los problemas de enfermedades tale como antracnosis, (*Colletotrichum sp.*) moho o mildew de las hojas (*Erisiphe sp.*) y Mustia hilachoza (*Thanateforus sp.*).

Las plagas de follaje, especialmente chupadoras y minadoras, se acentúan en zonas cálidas o medias en épocas de alta temperatura y baja precipitación.

Los cuadros 6 y 7 resumen las principales plagas y enfermedades comunes en el Valle del Cauca y se sugieren algunos de los procedimientos para su manejo y control.

Cuadro 6. Principales enfermedades que afectan a la habichuela en las condiciones ambientales del Valle del Cauca.

Insecto plaga	Daño	Control
Tierreros y cortadores <i>Agrotis</i> sp. <i>Spodotera</i> sp. <i>Gryllus</i> sp.	Trozan los tallos de las plántulas	Suelos bien preparaddos libres de residuos de cosechas y/o pastos. Cebos."aserrín", melaza y <i>Bacillus thuringiensis</i> y Carbaryl.
Babosas	Cortan y consumen las plántulas.	mezcla de sal con cal. matababosas.
Chupadores; Lorito verde o saltahojas <i>Empoasca kraemeri</i>	Las ninfas y los adultos se alimentan por el envés de las hojas. El daño se caracteriza por encrespamiento y amarillamiento foliar.	siembra en épocas de lluvia. Monitoreo (5 ninfas por trifolio). si no se presenta simultáneamente con <i>Trips palmi</i> , se puede usar Dimetoato, Carbaryl. Imidacloprid; Pirimicarb, Tiametoxam
Mosca blanca <i>Trialeurodes vaporariorum</i> . <i>Bemisia tabaci</i> biotipo A y Biotipo B.	Los adultos se ubican en altas poblaciones en el envés de las hojas jóvenes, donde ovipositan, y las ninfas se encuentran en el tercio medio e inferior. Su daño se caracteriza por amarillamiento, marchitez y abundante presencia de fumagina tanto en el follaje como en las vainas. El biotipo B de <i>Bemisia tabaci</i> está comprometido con la transmisión del virus del arrugamiento foliar de reciente aparición y con el amarillamiento con el amarillamiento de las vainas jóvenes. Las moscas blancas tienen muchos hospedantes.	Destrucción de socas y de residuos de deshoje y de cosecha. A bajas poblaciones aplicaciones de <i>Verticillium lecani</i> Tableros amarillos con aceite en la periferia del cultivo. Monitoreo de las poblaciones sobre las plantas y en los tableros. Aplicación de insecticidas cuando se detectan ninfas en el tercio inferior de la planta. Imidacloprid, Buprofezin; Thyociclam-hidrogenoxilato.
<i>Thrips palmi</i>	Las larvas se alimentan en el envés de las hojas, dando lugar a un bronceado brillante; en cualquier estado de desarrollo pueden colonizar las hojas, tallos tiernos, flores y frutos, causando cicatrices en su superficie, manchas plateadas o bronceadas, deformaciones e incluso la muerte del órgano afectado.	Tramas atrayentes tales como tableros azules o amarillos. Imidacloprid (Condifor). Spinosad, Carbosulfán, ejercen control de ninfas y adultos. Imidacloprid; Buprofezin; Thyociclam-hidrogenoxilato.
Acaro blanco <i>Polyphagotarsonemus latus</i>	El daño se caracteriza porque los bordes de las hojas se doblan hacia arriba y el envés se torna púrpura. Las hojas jóvenes no se desarrollan y se vuelven doradas. Las vainas atacadas toman un color café.	Al detectar los primeros focos usar azufre. Aplicaciones frecuentes de Biomel. Liberaciones de <i>Chrysoperla</i> sp. Bifetrin; Pirimifos, Pimetrocina, Trametoxanil, Abemectina

Cuadro 7. Principales insectos plaga que afectan a la habichuela en las condiciones ambientales del Valle del Cauca.

Patógenos	Síntomas	Control
<p>Pudriciones radicales Complejo de hongos: <i>Fusarium sp.</i>, <i>Pythium sp.</i>, y <i>Rizoctonia sp.</i></p>	<p>Pudrición de raíces y tallos. Amarillento y muerte de plántulas</p>	<p>Semilla de buena calidad y tratada con fungicida Rotación de cultivos. Buena preparación del suelo. Evitar encharcamiento o exceso de humedad prolongado</p>
<p>Roya o polvillo. Causada por el hongo <i>Uromyces phaseoli</i> = <i>U. appendiculatus</i></p>	<p>Al comienzo se observan en las hojas pequeñas manchas blancas, en las cuales se forman días después pústulas de color rojo ladrillo rodeadas de un halo clorótico que liberan un polvillo herrumbroso. Los síntomas se observan en las hojas y en las vainas, a veces en peciolo y tallos.</p>	<p>Variedades resistentes UNAPAL Milenio es muy tolerante Rotación de cultivos y eliminación de residuos de cosecha. Baja densidad de siembra. Productos químicos preventivos como Mancozeb y curativos como Oxicarboxin</p>
<p>Bacteriosis o añublo común causado por la bacteria: <i>Xanthomonas campestris</i> <i>Pv. phaseoli</i></p>	<p>Empieza como puntos acuosos en las hojas rodeados de un halo clorótico. Estos puntos crecen como manchas irregulares llegando a afectar toda la hoja. También en las vainas causa manchas acuosas que se vuelven de un color rojizo oscuro y ligeramente hundidas. Afecta la semilla.</p>	<p>Semilla de buena calidad, limpia de patógeno. Variedades resistentes. Rotación de cultivos. El oxiclورو de cobre puede ser útil. Antibióticos como kasugamicina</p>
<p>Mancha angular: Causada por la bacteria: <i>Phaeoisariopsis griseola</i></p>	<p>Comienza como pequeñas manchas de color gris en las hojas, que se van oscureciendo y adquieren la forma angular por estar delimitadas entre los ángulos de las nervaduras. Pueden llegar a cubrir toda el área foliar y causar defoliación. En el tallo las ramas y los peciolo produce lesiones de color café rojizo y forma alargada. En las vainas las manchas son ovaladas o circulares con centros de color café rojizo y bordes más oscuros.</p>	<p>Semilla de buena calidad, libre de patógeno. Rotación de cultivos y eliminación de residuos viejos infectados. Productos químicos como el Benomil, kasugamicina, Yodo.</p>
<p>Antracnosis: Causada por el hongo <i>Colletotrichum lindemuthianum</i></p>	<p>Empieza como pequeñas manchas de color rojo ladrillo a púrpura inicialmente en el envés de las hojas y a lo largo de las nervaduras principales. Estas manchas se vuelven de color café oscuro a negro, e invaden todas las nervaduras. Infecta la vaina con lesiones en forma de chancros hundidos y afecta la semilla en la que se presentan también lesiones deprimidas de tamaño variable. Puede causar pérdida total del cultivo. La infección es favorecida por temperaturas moderadas a bajas (17°C)</p>	<p>Semilla de buena calidad y libre del patógeno. Eliminación de residuos de cosecha. Rotación de cultivos. Utilización de variedades resistentes. Aspersiones con fungicidas como Mancozeb y Benomil. Carbendazin, Clorotalonil, Metalaxil, Propineb y otros</p>

7.2.12 Cosecha y manejo de postcosecha

El momento óptimo de cosecha lo determina la interacción entre el tipo de cultivar y las condiciones de clima y ambiente de producción. Debido a las altas exigencias del mercado, es muy importante determinar el estado ideal del desarrollo de las vainas para iniciar la cosecha. Los cultivares precoces en climas cálidos (23 - 26°C) pueden alcanzar la madurez de las primeras vainas, dos a tres semanas después de haberse iniciado la floración (50 - 60 días después de la emergencia). Los cultivares tardíos pueden demorarse una semana o más. Una vez iniciada la cosecha, se realizan diferentes pases de cosecha, uno o dos por semana, durante 2 - 3 semanas.

Las vainas frescas se encuentran en su mejor estado de cosecha cuando han alcanzado la longitud y diámetro típico del cultivar; el color es uniforme, sin abultamiento de las semillas, consistencia carnosa y jugosa sin fibra. La cosecha se realiza manualmente con operarios expertos que seleccionan las vainas en el estado óptimo y no producen daño durante el arranque, a los racimos y vainas inmaduras.

La presentación común para el mercado mayorista, se hace en empaques de polietileno o de cabuya depositando un gran volumen de vainas lo que ocasiona fuertes daños durante el manejo postcosecha. Los pesos de cada bulto varían en las regiones, pero oscila entre 50-60 kg por bulto. Los mercados de cadena, usan la canastilla plástica de 25-30 kg lo cual se han constituido en un excelente contenedor para el manejo del producto.

Algunas de las características específicas de la cosecha del cultivar UNAPAL-Milenio son las siguientes:

- La primera cosecha en la variedad UNAPAL Milenio comienza alrededor de los 14 días después de la floración o 50 días a partir de la siembra, en las condiciones ambientales de la parte plana del Valle. Esta primera cosecha representa alrededor del 10% del rendimiento total que puede ser de 12 lt/ha. En los ensayos realizados por el Programa de Hortalizas de la Universidad Nacional, se han hecho hasta cinco recolecciones con intervalos de 3 a 4 días.
- La cosecha debe hacerse cuando las vainas estén bien formadas pero tiernas y la semilla en formación sin que se presente abultamientos. Para su transporte se utilizan costales ralos de polipropileno con capacidad para 50 kg, en el sistema tradicional. Se recomienda en lo posible modificar el sistema de empaque y transporte utilizando canastillas plásticas o de madera o cartón que protejan las vainas y eviten o reduzcan el deterioro del producto.

- Los diferentes mercados presentan exigencias específicas y no existe una normalización única. Algunas de estas características son: vainas frescas sanas y limpias con longitud mínima de 8 cm y máxima 17 cm; color verde ligeramente brillante; pedúnculo cortado a medio centímetro; el color de la pulpa debe ser transparente y no blanco; vainas rectas, redondas o semiredondas; vainas con poca o sin fibra.

7.3 Bibliografía

AGUDELO, O. y MONTES DE OCA, G. 1988. El cultivo de la habichuela. Guía para la producción de hortalizas. ASIAVA, Palmira

BHAG, M. 1994. Underutilizes grain legumes and pseudocereals, their potentials in Asia. FAO, Bangkok, Thailand. p. 162.

CIAT, 1998. Informe de progreso programa de investigación en fríjol. Palmira. p. 26.

DEBOUCK, D. e HIDALGO, R. 1985. Morfología de la planta de fríjol común. En: LOPEZ, M. 1985. Fríjol: investigación y producción. CIAT, Cali. p. 7-41

FAO. 1998. Annuary statistics series. Production year book. Vol. 52 No. 148

FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS. 1984. Instructivo técnico sobre el cultivo de la habichuela. programa de desarrollo y de diversificación de zonas cafeteras. Chinchina, Caldas, Colombia.

FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS. s.t. El cultivo de la habichuela. Cali, Litocencia, p. 19.

GUTIERREZ, A. 2003. El cultivo de la habichuela en Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. (Impreso Universitario).

GUTIERREZ, *et al*, 2004. Cultivo de la habichuela. cultivar UNAPAL Milenio. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. Programa de investigación en hortalizas. p.18.

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO - ICA. 1984. Manual de asistencia técnica. El Ocaño, Edición 57.

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO - ICA. 2001. Situación fitosanitaria de los principales sistemas de producción en el Valle del Cauca durante la año 2000. División de sanidad vegetal, seccional Valle.

MYERS, JR. and BAGGETT, JR. 1999. Improvement of snap bean. In: Development in plant breeding: common bean improvement in the twenty-first century. Ed. Shree, P. Sink.

RAMIREZ, D.y DESSERT, M. 1984. Evaluación del potencial genético de habichuela. Acta Agronómica 34(1):14-20

SCHWARTZ, H.F.y GALVEZ, G. 1980. Problemas de la producción de fríjol. CIAT , Palmira. p. 494.

VOYSEST, V.O. 2000. Mejoramiento genético del fríjol, *Phaseolus vulgaris*, legado de variedades de América Latina. CIAT, Cali, Colombia. p. 97.

**El cultivo del cilantro
para follaje**

Coriandrum sativum L.

8. El cultivo del cilantro para follaje

Coriandrum sativum L.

8.1 Generalidades del cultivo

8.1.1 Origen de la especie

El cilantro es un cultivo aromático y oleaginoso, cuyo origen se ubica en el continente asiático, en las regiones comprendidas en el centro y norte de la India, centro y sur de Rusia y regiones orientales de Afganistán y Pakistán. Existen informes científicos que señalan a las regiones del Oriente Medio, Asia como centros de diversificación de los tipos cultivados, (Zeven and De Wet, 1982); (Ívanova and Stoletova, 1990).

Especímenes (plantas y semillas), encontrados frecuentemente en las muestras arqueológicas de Egipto y el Mediterráneo, indican la gran importancia que tuvo ésta planta en la cultura egipcia que se extendió hasta la región del sur del Mediterráneo.

Posteriormente, a través de los mercaderes que abastecían de especias y plantas exóticas traídas del Lejano Oriente y el norte de África hacia países europeos, el cultivo se dispersó por los países del sur occidente de éste continente especialmente Italia, España, Francia y Portugal (Diederichsen, 1996)

Al continente americano fue llevado por los portugueses y españoles en los viajes de conquista y colonización. Se establecieron dos centros de distribución: Centro América y Norte de Sur América hasta Perú por los españoles y Centro y Cono Sur, en Sur América promovido por los portugueses (Harten, 1974).

En Colombia, se establecen núcleos de propagación en el centro del país, sabana de Bogotá, Tunja y Villa de Leyva, los Santanderes en los monasterios y centros religiosos junto con otras plantas aromáticas que hacían parte de la culinaria de las comunidades europeas que se establecieron en el nuevo continente. Posteriormente, pasó a las huertas y sembrados de pancoger de las comunidades campesinas que lo fueron diseminando por todo el territorio colombiano. (Estrada, 2003).

8.1.2 Descripción taxonómica

El género *Coriandrum* incluye plantas cultivadas de *Coriandrum sativum* y las especies silvestres de *Coriandrum toridylum*. El género más cercano a *Coriandrum spp* es *Bifora*. Este género incluye la especie *Bifora americana*, nativa del suroeste de Norteamérica y otras dos especies del Mediterráneo: *Bifora radians* y *Bifora testiculata*. La primera es similar a *Coriandrum sativum*. (Ticket, 1969). Se ha tratado de utilizar *B. radians* como recurso genético en el mejoramiento de *Coriandrum sativum*, pero aún usando la técnica de rescate de embriones, no ha sido posible obtener cruzamientos (Diederichsen, 1996).

Existen otros seis géneros que pertenecen a la tribu *Coriandreae* que comprenden plantas silvestres del Asia Central. La tribu *Coriandreae* es relativamente pequeña, pertenece a la subfamilia *Apiaceae* que incluye la mayoría de los géneros de la familia *Umbelliferae*, es originaria de las áreas geográficas templadas de Europa y Asia. (Lamond, 1972).

Esta especie *Coriandrum sativum* pertenece a la familia *Apiaceae* la cual fue denominada y aún tratada como *Umbelliferae* en diversos artículos y textos. Esta familia agrupa más de 250 géneros y más de 2.500 especies que se encuentran ampliamente difundidas en el mundo, aunque la mayoría tiene su origen en las zonas templadas del hemisferio norte. (Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. PUC) http://www.puc.cl/sw_edu/hort.

A diferencia de otras familias que incluyen plantas de interés para diversos propósitos, ésta familia sólo tiene especies de relevancia hortícola, entre las que están algunas utilizadas como “especies”. Desde la antigüedad, a muchas especies de ésta familia apiáceas se les han atribuido propiedades medicinales, y en la actualidad existe un renovado interés en la utilización de algunas especies como “nutracéuticos” o alimentos útiles para la nutrición y para la prevención de enfermedades.

La principal característica distintiva de la familia, es que son plantas aromáticas, con un olor y sabor anisado, un tanto variable entre las especies, pero con aromas muy típicos. En general, son plantas herbáceas, arrosietadas, y de hojas alternadas, de lámina finamente dividida y con pecíolo abrasador en la base. Las flores actinomorfas y hermafroditas están dispuestas en umbelas, generalmente compuestas, y poseen un pequeño cáliz de 5 sépalos, con una corola de 5 pétalos, 5 estambres alternados con los pétalos, y un ovario ínfero de dos carpelos, que una vez fertilizado origina un fruto seco e indehisciente, característico de la familia llamado esquizocarpo. Este fruto, en el que se concentran los aceites aromáticos, consiste en dos pericarpios (carpelos) unidos centralmente por un haz central (carpóforo), los que se separan hacia la madurez, conteniendo una semilla por cada uno, por lo que algunos autores lo llaman diaquenio. (Garden Mosaics. <http://dnr.cornell.edu>).

El Cultivo del Cilantro, *Coriandrum sativum*

Según Diederishen (1996), el cilantro ($2n = 2x = 20$ ó 22 cromosomas), a diferencia de la mayoría de las especies de la familia, es una especie anual. El sistema de raíces está compuesto por una raíz general pivotante delgada y raíces secundarias finas y superficiales. El sistema caulinar presenta un pequeño tallo comprimido en el cual se disponen las hojas pinnatisectas, conformando una roseta más bien pequeña, de 30 cm de altura en promedio. Al iniciarse el proceso de floración, el tallo se ramifica y elonga hasta alcanzar una altura de 60 a 90 cm. En lo ápices de las ramas se ubican las umbelas compuestas, que presentan flores blancas a rosadas y que dan origen a un esquizocarpo globular, con dos aquenios que contienen una semilla cada uno. (Figura 1).



El cuadro 1, resume todas las especies de la tribu *Coriandreae* y muestra su posición en la jerarquía taxonómica de la *Umbelliferae*. Discusiones sobre la taxonomía del género aún continúan en el Asia Central. Algunos nombres que aparecen en el cuadro, podrían ser sinónimos y, especies no incluidas en el cuadro, fueron gravadas en el herbario del Instituto Botánico San Petersburgo.

Figura 1. Estructura morfológica del cilantro.

Fuente: <http://www.mobot.org/MOBOT/research/library/kohler/1971/050.jpg>

Cuadro 1. La Tribu Coriandreae y su posición en la familia Umbelliferae.

Familia: Umbelliferae Juss (455 géneros, 3600– 3751 especies)	
Subfamilia: Apidaceae Drude (404 géneros, 2827– 2936 especies)	
Tribu: Coriandreae W. Koch (8 géneros, 21 especies)	
Géneros:	
Bifora, Hofman (3 especies)	
	<i>B. americana</i> Benth et Hook ($2n = 22$)
	<i>B. radians</i> M. Bieb ($2n = 20, 2n$)
	<i>B. testiculata</i> (L) Spreng. Ex Schultes ($2n = 22$)
Coriandrum L. (2 especies)	
	<i>C. sativum</i> L. ($2n = 22$)
	<i>C. torquatum</i> (Fenzl) Bornm
Fuernoahria K. Korovin (1 especie)	
	<i>K. turkestanica</i> Korovin ($n = 11$)
Lypskya (Koso – Pol) Nevski (1 especie)	
	<i>L. insignis</i> (Lipsky) Nevski (1 especie)
Schrenkia Fisco, et C.S. Mey (10 especies)	
	<i>Sch. congesta</i> Korovin
	<i>Sch. golickeana</i> (Regel et Schmalh) Fedch ($2n = 22$)
	<i>Sch. involucreta</i> Regel et Schmalh
	<i>Sch. kultiasovii</i> Korovin
	<i>Sch. papillaris</i> Regel et Schmalh
	<i>Sch. pulturenta</i> M. Pomenov
	<i>Sch. pungens</i> Regel et Schmalh ($n = 11$)
	<i>Sch. ugamica</i> Korovin
	<i>Sch. vaginata</i> (Ledeb) Fisch et C.A. ($2n = 22$)
Schtscharowskia Regel et Schmalh (2 especies)	
	<i>Sch. meiforia</i> Regel et Schmalh ($2n = 22$)
	<i>Sch. margaritae</i> Korovin
Sclerotiaria Korovin (1 especie)	
	<i>S. pentaceros</i> Korovin

Fuente : Diederichsen, 1996.

8.1.3 Descripción morfológica

La germinación es epigea (los cotiledones emergen sobre el suelo), y la planta tiene una raíz secundaria, el tallo es más o menos erecto o simpodial (tipo de ramificación que consiste en una serie de brotes concrescentes unidos por sus extremos en su solo cuerpo axial). Estos brotes pueden ser monopodios parciales (típica ramificación que se compone de un eje principal y ramificaciones secundarias. Su crecimiento apical termina en una



Figura 2 Planta de Cilantro florecida

Fuente: Diederichsen, 1996

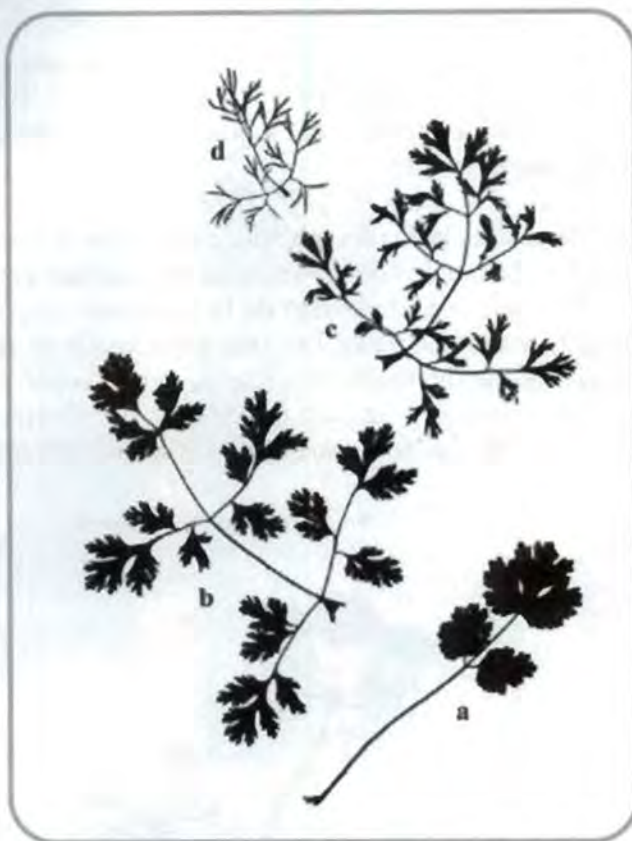


Figura 3 Expresión de la heterofilia en hojas de diferente posición en el tallo. (a) Hojas basales largas. (b - c) Hojas de la parte media del tallo. (d) Hojas superiores.

Fuente: Diederichsen, 1996

flor o una inflorescencia, algunas veces con algunas ramas laterales en los nudos basales (Figura 2). Cada ramificación finaliza en una inflorescencia. El color del tallo es verde y algunas veces se torna a rojo a violeta durante el período de floración. El tallo de la planta adulta es hueco y su parte basal puede alcanzar un diámetro superior a los 2 cm. La planta es diversifolia (formas diversas) (Figura 3). La forma de las hojas basales es usualmente dividida con tres lóbulos tripinnada (con tres hojas), mientras que las hojas de los nudos siguientes tienen un mayor grado de división (más de tres hojas). Las hojas más altas están insertadas en el raquis, la mayoría son pinnadas. Las hojas superiores son profundamente lanceoladas hendidas con una estrechez lanceolada o aún hojas con forma silifirma (forma de una silicua).

Las hojas basales son pedunculadas, mientras que el pecíolo de las hojas más altas son reducidas a un pequeño tamaño. Las hojas son verdes y con un lado brillante pastoso. Durante el periodo de floración las hojas se tornan algunas veces rojas o violetas. Ellas entran en senescencia se marchitan antes que los primeros frutos comiencen a madurarse de las hojas basales.

La inflorescencia es una umbella compuesta. Algunas veces se presenta una o dos brácteas lineales. Los radios de las umbelas compuestas presentan bracteas en sus bases, formando un involucre y en las bases de la umbelulas hay bracteolas formando un involucelo. El número y tamaño de las bracteas y bracteolas es variable. La umbella tiene de 2 a 8 radios primarios, de diferentes longitudes, dependiendo del nivel. La floración comienza con las umbelas primarias. En cada umbela, las flores externas son las primeras en florecer. Dichas flores son protandras (maduran sus estambres antes que el pistilo), aunque unos pocos



Figura 4. Ramificación de la floración del Cilantro

Fuente: Diederichsen, 1996

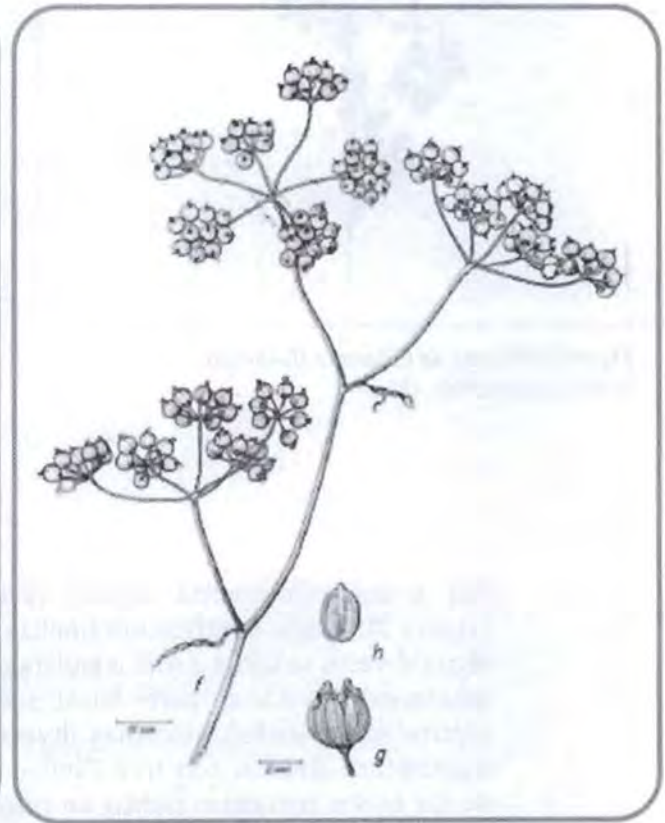


Figura 5 Ramificación de los frutos maduros del Cilantro

Fuente: Diederichsen, 1996

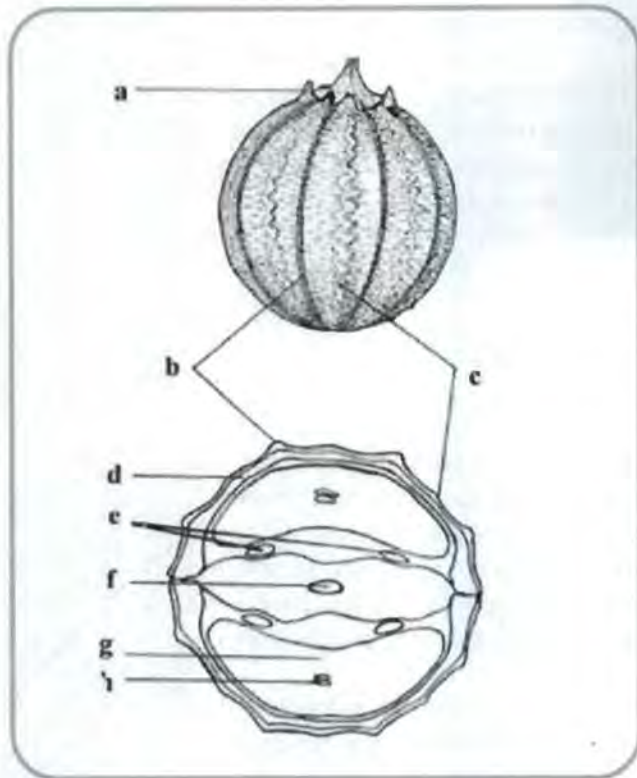


Figura 6. Fruto del Cilantro. (a) Rudimento del cáliz. (b) Costilla lateral. (c) Borde principal (d) Pericarpio. (e) Vesículas. (f) Carpoforo. (g) Endospermo. (h) Embrión.

Fuente: Diederichsen, 1996

géneros son protoginos (madura el pistilo antes que los estambres). Las flores centrales de las umbelas son estaminadas algunas veces estériles. El cilantro tiene un ovario infero y los sépalos del cáliz alrededor del estilopodium (base de los estilos más o menos engrosada y persistente de forma variable según los géneros) son aún visibles en el fruto maduro, figura 5. Los cinco sépalos del cáliz son de diferente longitud, y se encuentran situados en la periferia de las flores. Las flores tienen cinco pétalos. Las flores periféricas de cada umbela son asimétricas. Las flores centrales son circulares, con pequeños pétalos insertados. El color de los pétalos es rosa pálido o algunas veces blanco.

Las flores más internas son estaminadas (provisto de estambres). Las umbelas del orden más alto usualmente contienen más flores que las primeras y su período de floración es más corto. En una flor sencilla, los cinco filamentos de los estambres están localizados entre los cinco pétalos. Después que las flores abren, los cinco filamentos son visibles entre los pétalos. Los sacos poliníferos al inicio están escondidos en el centro de las flores. Este estado, es el mejor para la emasculación artificial de las flores, porque los filamentos son fáciles de distinguir, y ellos aún no han esparcido ningún grano de polen. Dependiendo de las condiciones climáticas dos a

tres días después de la apertura de las primeras flores los sacos polínicos cambian su color y se tornan rosados o violetas, los filamentos se estrechan, los sacos polínicos se abren y esparcen el polen. Los sacos polínicos vacíos se caen y los filamentos se abren hacia la izquierda. Cuando este proceso ha finalizado los dos pistilos se vuelven más largos y se separan uno del otro desde la base. El estigma está receptivo para recibir la polinización por un máximo de cinco días. El proceso completo de la floración para una umbella sencilla toma de 5 a 7 días. Como resultado de esto, las flores que se encuentran en condiciones desfavorables tendrán un número reducido de frutos o frutos vacíos.

Los insectos son importantes en la polinización del cilantro y bajo condiciones óptimas, visitan las umbelas durante las primeras horas de la mañana y comenzando la tarde, dependiendo del área donde se cultiva.

Los frutos son ovados y globulares (diaquenios) con un diámetro superior a los 6 mm.

Usualmente el esquizocarpo no se separa o divide espontáneamente en dos mericarpos (cada uno con una semilla). Los dos mericarpos tienen un pericarpio escleretizado en la parte externa. En la parte interna es pelicular. En el centro de los frutos huecos el carpóforo (pedicelo común bifurcado que mantiene suspendido por un tiempo a los mericarpos) es visible separándose en la madurez. El fruto presenta divisiones externas formando secciones o costillas. En la parte interna contiene dos canales resiníferos longitudinales, donde almacena el aceite esencial, abundante en frutos maduros. (Diederichsen, 1996). (Figura 6).

8.1.4 Mejoramiento genético

Por ser una planta alógama de alta polinización cruzada natural, las plantas presentan una constitución genética heterocigota y las poblaciones un alto grado de heterogeneidad. Las plantas híbridas pueden someterse por autofecundación a segregaciones sucesivas para encontrar individuos recombinantes que puedan ser objeto de selección. El sistema de mejoramiento a través de selecciones recurrentes intra e interpoblacionales, parece ser el método más apropiado para lograr acumulación de genes deseables de interés agronómico.

Estrada *et al* (2002), ha iniciado un programa de selección recurrente recíproca con poblaciones destacadas comercialmente con el fin de incrementar frecuencias génicas, genotípicas y fenotípicas para características asociadas al rendimiento de follaje fresco, número y longitud de hojas basales, prolificidad en el desarrollo de brotes basales, intensidad en el aroma y otras características de calidad de follaje. Las figuras 7 y 8 muestran el esquema de mejoramiento genético seguido para la obtención de nuevas poblaciones recombinantes.



Figura 7. Mejoramiento genético mediante polinización controlada. (a) Producción de líneas bajo polinización controlada. (b) Recombinación de líneas con polinización controlada.

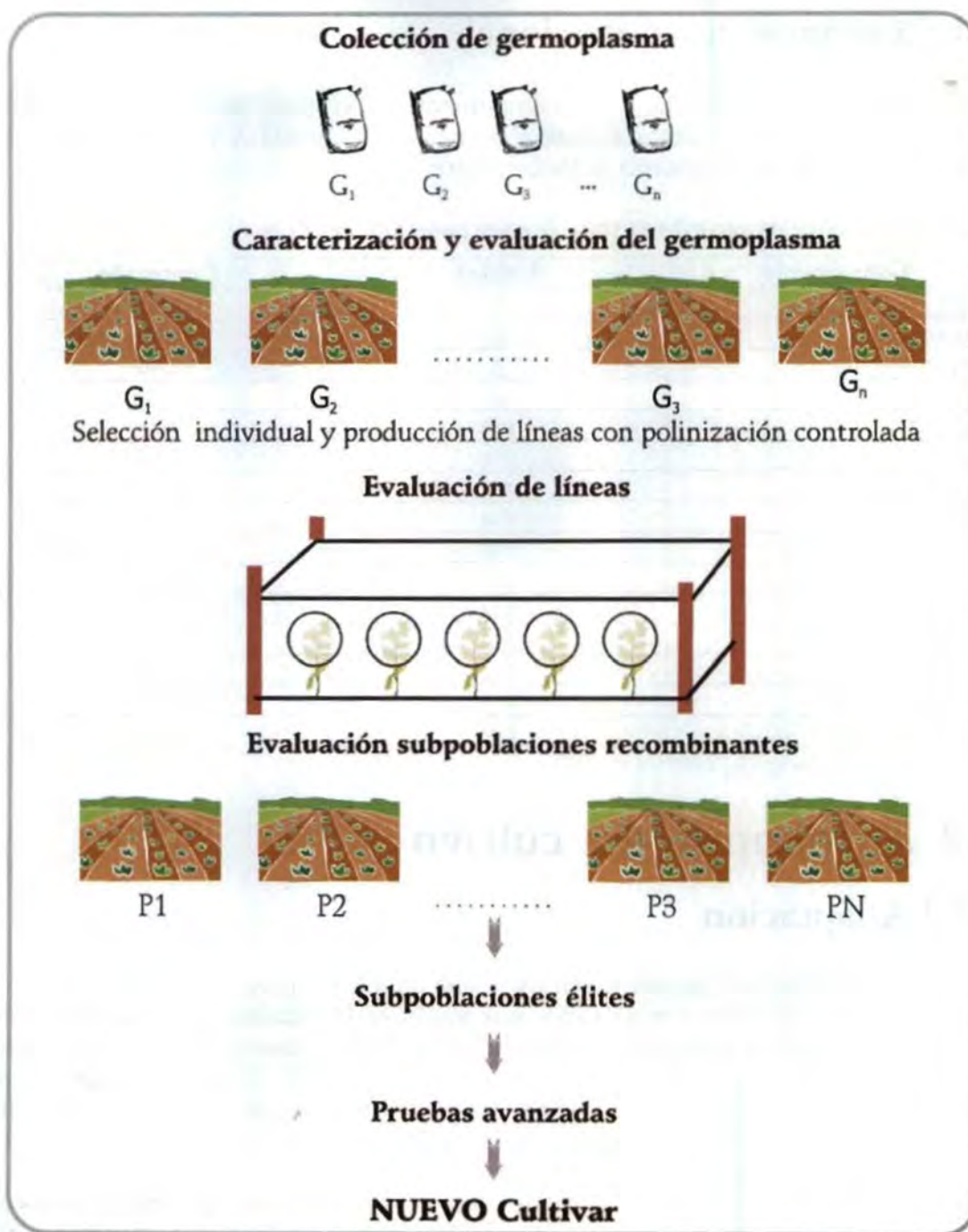


Figura 8. Esquema de mejoramiento genético seguido para la obtención de nuevos cultivares

Fuente: Gutiérrez y Estrada 2004; Estrada, 2003

8.1.5 Composición nutricional

Como se observa en el cuadro 2, la composición de las hojas muestra un moderado contenido de nutrientes, destacándose el aporte de vitaminas A y B, (tiamina) y de minerales calcio, hierro y potasio, principalmente.

Cuadro 2. Composición nutritiva de 100 g de parte comestible de cilantro

Componente	Unidad	Contenido
Agua	%	90.00
Carbohidratos	g	5.00
Proteínas	g	2.40
Lípidos	g	0.50
Calcio	mg	134.00
Fósforo	mg	48.00
Hierro	mg	5.50
Potasio	mg	542.00
Sodio	mg	28.00
Vitamina A (valor)	UI	2800.00
Tiamina	mg	0.10
Riboflavina	mg	0.10
Niacina	mg	1.10
Acido ascórbico	mg	-
Valor energético	Cal	28.00

Fuente: Rubatzky y Amaguchi, 1997.

8.2 Agronomía del cultivo

8.2.1 Adaptación

El cilantro es un cultivo herbáceo, que tiene una amplia adaptación en climas cálidos, frescos, y fríos moderados, con altitudes que varían en la zona tropical desde los 600 a 2.500 msnm y temperatura promedio desde los 27 °C hasta los 19 °C. Las regiones de climas cálidos y frescos (1000- 1700 msnm) y temperaturas de (20-26 °C), favorecen un mejor desarrollo de follaje con incrementos en la producción de materia fresca y materia seca especialmente a nivel de la hojas basales y tallos florales.

La planta consigue un óptimo desarrollo de raíces en suelos de textura liviana o francos con abundante contenido de materia orgánica. El crecimiento de raíces es superficial (no mayor a 20 cm), por ello no requiere suelos profundos. Los sustratos preparados con

mezclas de residuos orgánicos compostados con suelo u otros residuos minerales como cenizas, arena, carbonilla, pueden conformar un excelente medio de cultivo para el cilantro, siempre y cuando se haga un adecuado manejo del agua y de la nutrición suministrando las cantidades necesarias en las épocas críticas del ciclo, especialmente en la etapa de germinación y emergencia de la plántula, así como en la diferenciación y crecimiento de las hojas basales. (Acuña, 1998)

La planta se desarrolla bien en suelos sueltos, contextura franca, altos contenidos de materia orgánica, neutros o ligeramente ácidos (pH 6 – 7) y con buen drenaje. Presenta excelente desarrollo en sustratos orgánicos compostados y en materiales orgánicos puros o mezclados. En suelos de ladera muy superficiales conviene incorporar antes de la siembra, materia orgánica bien compostada en los surcos o sitios de siembra.

8.2.2 Epocas de siembra

La producción de follaje fresco se consigue en un ciclo productivo muy corto que no va más de 60 días en climas cálidos o frescos con variedades tardías, o 30 a 35 días con cultivares de alta precocidad. Los cultivares que se destinan a la producción de follaje puede sembrarse en cualquier época del año siempre y cuando se cuente con buen suministro de agua y suelos con buen drenaje.

Cuando las siembras se destinan a la producción de semilla, es necesario tener en cuenta para su establecimiento, que el desarrollo de las inflorescencias y semillas transcurren preferiblemente en épocas secas.

Bajo condiciones de invernadero o cubiertas plásticas, la producción puede hacerse permanentemente durante todas las épocas del año como monocultivo, cultivo de rotación o cultivo acompañante en bandas o surcos intercalados de cultivos de ciclos largos como tomate, pimentón, berenjena y pepino y otros.

8.2.3 Tipos de cultivares

En el mercado colombiano, predominan los cultivares regionales tradicionales que han sido adaptados a las condiciones agroecológicas de las distintas zonas y que presentan un buen comportamiento agronómico y de calidad para los mercados y se acomodan a la cultura productiva de cada región. Estos cultivares se comercializan generalmente a través de un mercado informal de semillas que se producen por aumentos alternativos cuando el mercado de hortaliza fresca se encuentra deprimido y los agricultores deciden dejar sus parcelas para la producción de semilla. Sin embargo, en algunas regiones ya se han

diferenciado productores de semillas especializados que destinan sus campos con este fin y procuran darle al cultivo el manejo agronómico apropiado para obtener semilla de alta calidad. (Andrade y Ramirez, 1999)

También existe el mercado las semillas importadas con cultivares híbridos que lentamente van siendo aprobados por los agricultores y que son de alto costo comparado con las regionales.

Recientemente el programa de investigación de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira liberó un nuevo cultivar de polinización abierta denominado UNAPAL-Precoso, que presenta características sobresalientes en su rendimiento, precocidad, aroma frente a las variedades tradicionales y con muy buen comportamiento respecto a las enfermedades radiculares causadas por hongos del suelo y a los problemas del añublo foliar conocido como "chamusquina". (Estrada *et al*, 2004) (Figura 9).

El cuadro 3 compila una lista de los cultivares comerciales que se ofertan en el mercado formal e informal de semillas. Cabe anotar que la lista puede ser aun mayor si se incluyen algunas subpoblaciones regionales que tienen una distribución muy local y específicas en algunas zonas de cultivo.



Figura 9. Planta típica del cultivar UNAPAL Precoso

Cuadro 3. Portafolio de oferta de semillas de cultivares de Cilantro en Colombia, año 2003.

Nombre del cultivar	Tipo	Unidad	Precio (\$)	Casa productora
Nacionales				
Común	Variedad	kg.	15.000	Mercado Nacional
Fino de Castilla	Variedad	kg.	14.000	Mercado Nacional
Pastuso y Patimorado	Variedad	kg.	17.000	Mercado Nacional
UNAPAL Precoso	Variedad	kg.	20.000	Semillas UNAPAL
Importados				
Coriander	Híbrido	kg.	27.000	Royal Sluis
American Long Stanling	Híbrido	kg.	26.000	Royal Sluis
Snow Bolt	Híbrido	kg.	27.000	Royal Sluis
Royal - Coriander	Variedad	kg.	22.000	Royal Sluis

Fuente: Estrada, 2003.

8.2.4 Sistemas de producción

El cultivo de cilantro responde agronómicamente muy bien en sistemas de siembra artesanal en campo o en agricultura urbana (materos y contenedores de diferentes tamaños, eras y camas de siembra); en sistemas intensivos en campo abierto o invernadero, puede establecerse como cultivo principal mediante siembra directa en surcos sencillos o múltiples (pachas), con uso de sembradoras manual-mecánicas o neumáticas que facilitan una distribución uniforme de las semillas. (Figura 10).

El cilantro también se puede producir en sistemas múltiples intercalados, en rotación o relevo tanto en campo abierto como en condiciones de invernadero. Son frecuentes los cultivos intercalados de cilantro, lechuga, repollo y acelga establecidos en un mismo sitio pero en diferente orden cronológico comenzando con el cilantro y la lechuga, posteriormente los otros cultivos.

En cultivos de tomate, pimentón y pepino el cilantro se establece como cultivo temporal antes del trasplante o durante las primeras semanas del inicio de crecimiento del cultivo principal. También puede permanecer como cultivo intercalado en surcos o bandas con el cultivo principal.

En frutales y cultivos de ciclo largo que son sometidos a resiembra, podas, como café, plátano cítricos el cilantro puede ser una alternativa productiva temporal de importancia económica.

8.2.5 Preparación de suelos

El cilantro presenta un sistema de raíces superficial (10-15cm), por ello no requiere suelos profundos sin embargo este horizonte debe poseer características físicas y de textura y estructura que favorezca la aireación, retención de humedad y de drenaje apropiado para evitar los excesos de humedad.

Se requiere también que dicho horizonte presente un buen balance de nutrientes con coloides capaces de establecer el intercambio catiónico necesario para atender la demanda nutricional de la planta que se desarrolla en un periodo muy corto de en su ciclo vegetativo (30 – 60 días después de la emergencia). En cualquiera de los sistemas de producción se debe procurar suelos o sustratos muy sueltos, bien drenados pero con adecuado retención de agua. Cuando se preparan sustratos orgánicos, estos deben estar debidamente compostados (maduros), que no presenten olores intensos ni altas temperaturas. Cuando se trata de sustratos minerales (carbonilla, ceniza, arena, balastrillo, ladrillo molido etc.)



a. En camas o eras artesanales



b. En surcos para siembra mecanizada



c. En sistemas de acolchado con plástico



d. En sistema acolchado con residuos orgánicos



e. En materas y contenedores de agricultura urbana



f. En policultivo

Figura 10. Sistemas de producción de cilantro

debe procurarse que estén libres de contaminaciones ferrosas y altas concentraciones de sales. En el caso de las mezclas entre sustratos orgánicos minerales y suelo, debe tenerse en cuenta que las proporciones de cada uno de ellos permita al final un medio de cultivo de alta porosidad, aireación, drenaje, retención de humedad y nutrientes minerales.

8.2.6 Siembra

Las siembras son directas, depositando las semillas en el suelo o sustrato de crecimiento. Las densidades de siembras están muy relacionadas con el sistema de producción. La cantidad de semilla varía entre 1.5 y 2.5 gramos por metro cuadrado con un equivalente de 15 a 25 kg/ha. Esta cantidad de semilla permite una población de 180-250 plantas/m² o 1.800.000- 2.500.000 plantas /ha.(Puga y Estrada, 2000)

Los surcos sencillos pueden distanciarse entre 25-35 cm. En la siembra con surcos múltiples (pachas), la separación entre surcos dobles puede ser de 10 – 15 cm y entre cada grupo de dobles 25 – 35 cm. Los surcos múltiples o pachas pueden ser de cuatro, seis u ocho surcos dobles.

La semilla debe distribuirse uniformemente, procurando colocar 70 semillas por metro lineal con una profundidad que no supere los 5 mm. Una vez localizadas las semillas, se procede al tapado de las mismas con suelo o sustrato o una cobertura vegetal (acolchados) de aserrín, viruta de madera, cascarilla de arroz o cualquier otro residuo orgánico disponible. En sistemas artesanales la cobertura vegetal facilita la germinación rápida del cilantro y retarda la emergencia temprana de arvenses. (Zapata y García 2002).

8.2.7 Manejo del agua

El cilantro es un cultivo que requiere alta humedad inicial durante los primeros cinco o seis días hasta la germinación y emergencia de plántulas. Se recomienda en este periodo, hacer riegos cortos pero repetidos (2 – 3 veces al día). Con ello se procura una adecuada humedad superficial evitando el encharcamiento y la formación de “costras” superficiales en el suelo.

Una vez ocurrida la emergencia de las plántulas, se debe regar dos veces por día hasta los 25 días y posteriormente un riego diario si no se presentan lluvias. En el caso del cultivar UNAPAL- Precoso, se estima que en un ciclo de 40 días para cosecha de follaje, el cilantro demanda 200 mm/ha, distribuidos en un 20% (40 mm) en los primeros 6 días, 50% (100mm) en la etapa de establecimiento y crecimiento acelerado hasta los 25 días y un 30% (60 mm) en los 10 días restantes hasta inicio de formación de tallo floral hasta cosecha.

Cuadro 4. Distribución de una lámina efectiva de riego de 200 mm/ciclo de 40 días, en el cultivar UNAPAL – Precoso, bajo condiciones de la zona plana del Valle del Cauca.

Etapa	Tiempo Días	Lamina/etapa (mm)	N° de riegos		Lámina/riego (mm/riego)	Cantidad de agua/ riego /ha l/riego
			Días	Etapa		
1	0 - 6	40	3	18	2.2	22.000
2	7 - 25	100	2	38	2.6	26.000
3	26 - 40	60	1	14	4.2	42.000

Las cantidades de agua a utilizar, dependen del tipo de riego, y de la eficiencia del sistema. En siembras artesanales (contenedores o cama de siembra), con uso de acolchados orgánicos (viruta de madera, cascarilla de arroz), las frecuencias de riego se pueden reducir lo mismo que las cantidades de agua en cada riego, generando una importante economía en el uso del agua (Estrada, *et al*, 2004)

8.2.8 Abonamiento y fertilización mineral

Este cultivo presenta un excelente crecimiento en suelos o sustratos con alto contenido de materia orgánica natural o incorporada. Aplicaciones de 20 – 25 t/ha de gallinaza (2.0 - 2.5 kg/m²), han dado muy buenos resultados en suelos con bajo contenido de materia orgánica en las zonas cilantreras de San Marcos, Vijes, Bitaco, en el Valle del Cauca, Piendamó, Cauca. (Micolta, 1993)

Las fertilizaciones de base, con fuentes minerales completas (N, P, K, Ca, S y Mg), deben hacerse en la preparación del campo antes de la siembra.

No se tienen recomendaciones específicas, de fertilización por que estas dependen de las condiciones particulares de cada suelo o sustrato de siembra. Sin embargo, basado en la literatura y algunas experiencias locales, se estima que una producción promedio de follaje de 2.0 kg /m² (20 t/ha) extrae 100 kg de N, 30 kg de P₂O₅, 70 kg de K₂O. Con base en esta extracción y, si se parte de la idea de devolver al suelo la cantidad de nutrientes extraídos y mantener la fertilidad natural, se requerirían a manera de ejemplo las siguientes cantidades:

Urea, 217 kg./ha; fosfato diamónico (DAP) 65 kg./ha; cloruro de potasio (KCl) 100 kg/ha. Si la fertilización se practica con un fertilizante completo como Triple 18, se requieren 300 kg /ha y sería necesario complementar con 100 kg de urea o preferiblemente nitrato de potasio (KNO₃). (Hortec, 1995).

Aplicaciones foliares de nitrato de potasio (KNO_3) en dosis de 3 g/l. a partir de la segunda semana después de la emergencia y con una frecuencia de dos por semana, han demostrado efectos favorables en el crecimiento y desarrollo de follaje, así como resistencia al deterioro en la poscosecha. (Estrada, 2003).

8.2.9 Manejo de arvenses

El cultivo del cilantro compete muy mal con las arvenses, situación ésta que se hace muy crítica durante la emergencia de las plántulas y el establecimiento del cultivo en las dos primeras semanas posteriores a la emergencia. Ante la presencia temprana e invasiva de coquito *Cyperus rotundus*, el crecimiento de las plántulas de cilantro se retarda y se deprime hasta quedar totalmente eliminada por la arvense.

Las estrategias del manejo de arvenses en el cultivo de cilantro, apuntan a garantizar un periodo de dos semanas después de la emergencia de las plántulas, libre de arvenses o con mínima competencia. En este sentido, se deben combinar prácticas de manejo agronómico que permitan por un lado promover una germinación rápida y uniforme del cilantro y por otro retardar o inhibir el crecimiento temprano de las arvenses.

El primer objetivo se logra usando semilla de alta calidad (alta germinación y vigor), hacer una siembra uniforme y superficial, suministrar humedad adecuada y suficiente al suelo o sustrato de siembra. El segundo objetivo se puede lograr con el uso de coberturas (acolchados) tempranas, la deshierba manual o mecánica previa a la siembra y durante la germinación o el uso de herbicidas de pre-siembras, pre-emergencia y post-emergencia.

Algunas experiencias locales exitosas en el manejo de arvenses con herbicidas en el cultivo de cilantro, deben ser probadas en los distintos ambientes de producción, teniendo en cuenta el tipo de suelo, las poblaciones de arvenses presentes (tipos de especies e intensidad de infestación), temperatura del suelo y ambiente externo, humedad relativa y humedad del suelo.

La alta precocidad de los cultivares representa una ventaja agronómica ya que una vez se logra establecer una población uniforme y rápida en el campo después de la tercera o cuarta hoja basal de las plantas, desarrollan una amplia cobertura del suelo dificultando el crecimiento de arvenses competidoras.

Para sistemas de producción artesanal y en aquellas siembras pequeñas escalonadas, se recomienda explorar el uso de coberturas vegetales como estrategia en el control de arvenses, siempre y cuando se disponga del residuo orgánico en las cantidades requeridas y precios razonables o competitivos frente a otras alternativas.

El cuadro 5 describe algunas de las aplicaciones de herbicidas que actualmente realizan los agricultores en el Valle del Cauca.

Cuadro 5. Algunos herbicidas utilizados por los agricultores en el Valle del Cauca.

Nombre del producto	Tipo de Aplicación	Dosis	Época	Propósito
Trifluralina	Pre-siembra incorporada	20 cc/l	Antes de siembra	Gramíneas
Halosulfurón	Pre-emergente	1 gr/l	1 semana	Todo tipo de arvenses, especialmente Cyperaceas
Glifosato	Pre-siembra	15 cc/l	1 - 2 semana	Todo tipo de arvenses
Linurón	Post-emergente	3 cc/l	1 - 2 semana	Hoja ancha
fluzifop	Post-emergente	4 cc/l	1 - 2 semana	Hoja angosta, gramíneas

Fuente: Estrada et al, 2004

8.2.10 Manejo de plagas y enfermedades

Hasta la fecha no son muchos los problemas sanitarios de enfermedades y plagas que afectan el cilantro en el Valle del Cauca y Colombia. (Torres, 1995). En el cuadro 6 se resumen las enfermedades y plagas más comunes y frecuentes encontradas en la zona del Valle del Cauca y los procedimientos experimentados por los agricultores en el manejo y control.

Cuadro 6. Enfermedades y plagas comunes en el cultivo del cilantro en el Valle del Cauca.

Problema	Causa	Experiencias en el manejo
Marchitamiento y pudrición de plántulas o plantas jóvenes	Complejo de hongos del suelo <i>Fusarium sp</i> <i>Phyitium sp</i> <i>Rizoctonia sp</i> <i>Esclerotium sp</i>	Lotes nuevos, rotación, drenaje adecuado, solarización de camas y surcos, aplicación de microorganismos antagónicos <i>trichoderma sp</i> y otros Aplicación de fungicidas protectantes a la semilla y al suelo Uso de aplicaciones líquidas "Drench" de fungicidas como: Propamocarb, Carboxin, Metalaxil, Fosetil - Al
Añublo foliar Quemazón de las hojas "Chamusquina"	Presencia de hongos patógenos <i>Alternaria sp</i> <i>Cercospora sp</i> <i>Phytophthora sp</i> Bacteria: <i>Xantomonas sp</i>	Selección de áreas de siembra secas. Densidades de siembra adecuadas. Uso de fungicidas protectantes o curativos una o dos semanas antes de la cosecha. Fungicidas: Benomil, Carbendazin, Mancozeb, Fentin, Hidróxido Bactericidas: Agrodyne (Yodo), Kasugamicina, Oxidloruro de cobre.
Gusanos tierreros Gusanos alambres	<i>Spodoptera sp</i> <i>Agroty ssp</i>	Solarización de camas, encalamiento en presiembra Aplicación de insecticidas líquidos en presiembra o en "Drench" al cuello de las plantas
Comedores chupadores y minadores de follaje.	<i>Epitrix sp</i> <i>Diabrotica sp</i> <i>Mizus sp</i> <i>Thrips sp</i> <i>Lyriomiza sp</i>	Insecticidas biológicos: Biomel, <i>Bacilus thuringiensis</i> , <i>Bauberia bassiana</i> . Insecticidas de síntesis: Pirimicarb, Acetamipirid.

8.2.11 Cosecha y manejo de poscosecha

Debido a su rápido crecimiento, el cilantro puede cosecharse cuando ha terminado la formación de las hojas basales y se inicia el crecimiento reproductivo. Un cultivar de alta precocidad como UNAPAL – Precoso puede cosecharse entre los 35 – 40 días después de la emergencia en climas cálidos (23 –26 °C) en la zona plana del Valle del Cauca. En regiones con temperaturas más frescas (18 –21 °C) el periodo de cosecha puede retardarse una o dos semanas

Una vez la planta ha desarrollado completamente las hojas basales, se inicia la emisión y crecimiento del tallo floral que es grueso y vigoroso. Esta característica implica que debe iniciarse la cosecha ya que puede perder su calidad para el mercado cuando el tallo floral alcanza mas de 15 cm de altura y se inicia el envejecimiento y pérdida de las hojas basales.

Se recomienda disminuir la intensidad de los riegos en la semana programada para la cosecha y suspender el suministro de agua uno o dos días antes del arranque para facilitar la extracción de plantas con raíces limpias, evitar el deterioro del follaje por contaminación con barro y disminuir la transpiración. La cosecha se realiza mediante el arranque manual de las plantas que se toman de la base del tallo a nivel del cuello de la planta. La cosecha en seco permite plantas con raíces y follaje limpio y fresco.

Las plantas arrancadas se conservan completas con raíz y follaje, se agrupan en conjuntos conocidos como manojos o atados. Los atados se constituyen en las unidades de comercialización primaria. Estas unidades puede pesar entre 1.0 y 2.0 kg. En algunos mercados mayoristas, se forman unidades (atados) de mayor peso, 2 – 3 kg. (4 – 6 libras). (Figura 11).

Los atados se deben proteger del sol y es preferible hacer las cosechas en las primeras horas de la mañana y almacenar bajo condiciones de sombra.

No es recomendable mojar el follaje porque acelera el deterioro por fermentaciones y pudriciones. En algunos mercados minoristas para venta al detal, los atados se sumergen en agua solo hasta el cuello de la raíz manteniendo el follaje seco. El almacenamiento debe ser bajo sombra pero en condiciones de luz, ya que la oscuridad acelera la pérdida del color verde – brillante del follaje, tornándose amarillento pálido dándole una mala presentación visual.



Figura 11. Procedimiento para la cosecha del cilantro. (a) Arranque manual. (b) Acondicionamiento y amarre de atados (c) Apilado y encarrado para transporte.

8.3 Bibliografía

ACUÑA, J.R. 1998. Guía para la producción de hortalizas de hoja para la industria. Perejil, *Petroselinum hortense*, cilantro, *Coriandrum sativum*. Guía para la producción de hortalizas. ASIAVA. Cali Colombia. p. 116-118.

ANDRADE, J.C.; RAMÍREZ, C. 1998. Evaluación y caracterización de cuatro poblaciones de cilantro, *Coriandrum sativum*. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. Tesis Ingeniería Agrícola. p. 75.

ARCOS, A.L.; ESTRADA, E.I.; MUÑOZ, J.E. 2002. Estabilidad de cinco cultivares de cilantro *Coriandrum sativum* L. en cinco niveles de nitrógeno y dos épocas de siembra. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. Tesis de Ingeniería Agronómica. p. 79.

DIEDERICHSEN, A. 1996. Coriander. *Coriandrum sativum* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 3. Institute plant genetics and crop plant research, Gatersleben/ International Plant Genetic Resources Institute. Rome.

ESTRADA, E.I. et al 2004. El cultivo del cilantro UNAPAL –Precoso. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. Programa de investigación en hortalizas. p. 18.

ESTRADA, E.I. 2003. Mejoramiento genético y producción de semillas de hortalizas para Colombia. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. p.198 . (Impreso universitario)

GUTIÉRREZ, CH; ESTRADA, E.I. 2001. Mejoramiento poblacional de cilantro mediante selección recurrente Interpoblacional.. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. Tesis Ingeniería Agronómica. p. 85.

HARTEN, A.M. 1974. Coriander: The history of an old crop. (In Dutch) Land bowkd Tijds chr. 86: 58-64.

HORTEC. 1995. Manual de sementes e tecnologia rural. Bagè, Brasil. p. 29.

IVANOVA, K.V. and STOLETOVA, E.A. 1990. The history of culture and intraspecific taxonomy of *Coriandrum sativum* L. (In: Russ, Eng. abstr). sb. nauch .tr. prikl. Bot; genisel 133. p. 26-40.

MICOLTA, V; L.E. 1993. Utilizacion de lombricompuesto en la producción de cilantro un suelo del municipio de Jamundi, Valle del Cauca. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. Tesis Ingeniería Agronómica. p. 34

PUGA, B. 2000. Evaluación de un sistema y beneficio de semillas de cilantro *Coriandrum sativum*, C.V. UNAPAL .Precoso. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. Tesis Maestría en Sistemas de Semillas. p. 97.

TICKETT, H.W. (ed.) 1969. Wild flowers of the United States. Vol 3, 1 .New York , Botanical Garden, New York. p. 193.

RUBATZKY, V.E. and AMAGUCHI, M. 1997. World vegetables; principles, production and nutritive values. Second edition .Chapman and Hall, New York.N.Y, USA. p. 843 .

TORRES, G, C. 1995. Evaluación y diagnóstico de enfermedades transmitidas por semilla en el cultivo de cilantro, *Coriandrum sativum* L. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. Tesis de Maestría en sistemas de semilla. p. 96.

ZAPATA, A. y GARCÍA, J.R. 2002. Evaluación agronómica de sistemas de siembra para la producción de follaje en cilantro, *Coriandrum sativum* L. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. Tesis Ingeniería Agronómica. p.75.

ZEVEN, A.C. and De Wet, J.M. 1982. Dictionary of cultivated plants and their regions of diversity –Excluding most ornamentals, forest trees and lower plants. Centre forest agricultural publishing and documentation. Wageningen, Holland.

Paginas Web

Facultad de Agronomía e ingeniería Forestal PUC <http://www.puc.CI/SW.edu/hort>

<http://www.mobot.org/MOBOT/research /library, rohler/1761.jpg>

<http://www.dnr.cornell.edu/gardenmusaics/pages/science/cilantro.htm>.

El cultivo de la lechuga

Lactuca sativa L.

9. El cultivo de la lechuga

Lactuca sativa L.

9.1 Generalidades del cultivo

9.1.1 Importancia del cultivo

La lechuga es una de las hortalizas de hoja más importante y su popularidad ha aumentado en forma progresiva, en el mundo, por tratarse de un producto de consumo natural, de sabor agradable y de bajo contenido calórico.

El valor nutricional de la lechuga es bajo, existiendo diferencias entre grupos varietales. Las variedades del tipo romana (Cos) y las del tipo que no forman cabeza (loose leaf) tienen mayor valor nutritivo. Eso ocurre, probablemente, debido a la mayor proporción de tejido verde producido por esas variedades. (Cuadro 1).

El producto comercial de la lechuga son las hojas inmaduras o maduras que se consumen *in natura*, en forma de ensalada, bien como hojas enteras (variedades tipo mantequilla, de hojas lisas) o picadas (variedades que forman cabeza tipo Great Lakes). En China se usa la variedad tipo *Celtuse* que se consume el tallo cocido, tipo espárrago.

Cuadro 1. Valor nutritivo de la lechuga, *L. sativa L.* por 100 gramos de hoja fresca.

Composición química	Lechuga Cos y de hoja	Lechuga de cabeza o crespa	Lechuga mantecosa	Lechuga latina
Agua (%)	94.00	95.00		
Calorías (%)	10.00	16.00		
Proteínas (g)	1.30	8.90		
Grasas (g)	0.30	0.10		
Carbohidratos (g)	3.50	2.90		
Calcio (mg)	68.00	20.00	35.00	55.00
Fosforo (mg)	25.00	22.00		
Hierro (mg)	1.40	0.50		1.50
Vitamina A (VI.)	1.900.00	300.00	970.00	5.60
Tiamina (mg)	0.50	0.60		
Riboflavina (mg)	0.08	0.06		
Niacina (mg)	0.40	0.30		
Vitamina C (mg)	18.00	6.00	8.00	13.00

Fuente: Granval, 1989

9.1.2 Origen y clasificación botánica

La lechuga fue una de las primeras hortalizas cultivada por el hombre. Es originaria de la costa sur del Mediterráneo, habiendo sido domesticada, probablemente en Egipto. La domesticación fue hecha en la fase vegetativa y no en la reproductiva, utilizando muestras grandes lo cual explica la gran variación existente. Presenta el fenómeno de dormancia debido posiblemente a la domesticación en fase vegetativa. Existen pinturas de lechuga en las tumbas egipcias con una antigüedad de 4.500 años A.C. (Vallejo, 1986)

Después del proceso de domesticación, la lechuga se dispersó rápidamente por la hoya del Mediterráneo y posteriormente a Europa Occidental. El relato más antiguo de su cultivo en América es de 1.494. Los italianos llevaron especies en proceso de domesticación y seleccionaron las del tipo romano que se caracterizan por tener hojas sueltas en forma de lanza. Aquí fue tan apreciada que su nombre proviene de un italiano ilustre llamado Lactuccini. (Vallejo, 1986)

En 1500, en Alemania, apareció la lechuga que forma cabeza. La cabeza surgió posiblemente por selección climática (heladas) en Alemania; la planta trató de proteger el meristemo de las temperaturas bajas con la consiguiente formación de cabeza. Esta hipótesis es aplicable también en el repollo. (Vallejo, 1986)

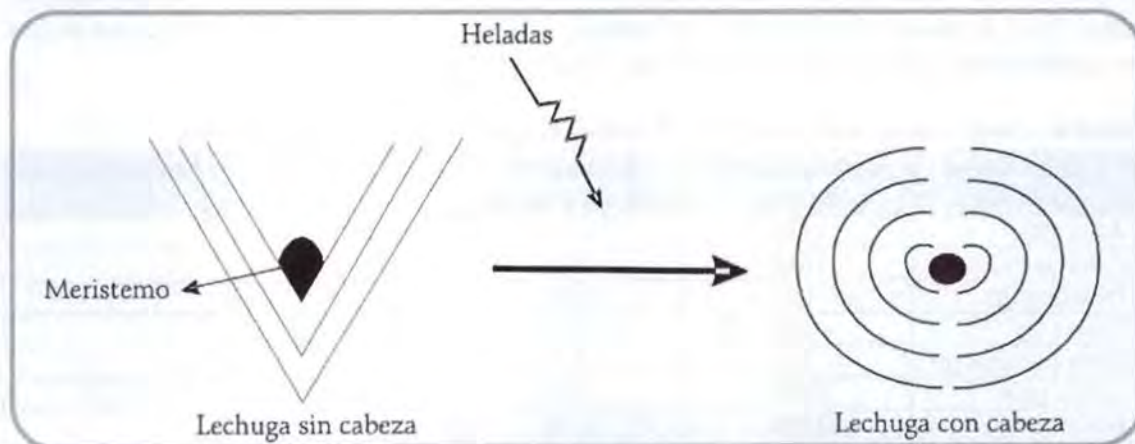


Figura 1. Efecto de las heladas sobre la formación de la cabeza en lechuga

Fuente. Vallejo, 1986

La lechuga cultivada pertenece a la familia Compositae y género *Lactuca*. Este género incluye aproximadamente 100 especies diferentes.

Como especies silvestres relacionadas a *L. sativa* L. se mencionan a *L. altaica*, *L. serriola*, *L. saligna*, *L. virosa* y *L. augustana*; las cuales han sido explotadas parcialmente en diferentes programas de mejoramiento. Todas éstas especies, incluyendo la cultivada, son autógamias obligadas y poseen nueve pares de cromosomas ($2n = 2x = 18$).

Generalmente se acepta que *L. sativa* es derivada de *L. serriola*. También se acepta la posibilidad de hibridación entre *L. serriola* y una tercera especie la cual originó *L. sativa* o entre *L. sativa* y una tercera especie dando origen a *L. serriola*. Cualquiera que haya sido el proceso evolutivo, está claro que esas especies, como sus formas primitivas, son tan relacionadas que bien pueden considerarse como formas de una misma especie. (Vallejo, 1986).

En el proceso evolutivo, la lechuga pasó de ser una maleza de sabor amargo, florecimiento prematuro y abundante producción de semilla, a una planta con excelente palatabilidad y con periodo vegetativo más largo. (Vallejo, 1986).

9.1.3 Grupos varietales

El modo de crecimiento de la lechuga determina el grupo varietal. En los países tropicales, son más aceptadas las variedades de cabeza semiabierta, con ausencia de cerosidad y las que no forman cabeza con hojas crespas. En Estados Unidos prefieren lechugas con cabeza y hojas crespas; en Europa prefieren las que no forman cabeza. Con la expansión de las cadenas de restaurantes de comida rápida se ha incrementado el consumo de lechuga con cabeza y hojas crespas.

Grupo I (mantequilla o butter head): presentan cabeza cerrada o semiabierta, superficie de las hojas muy lisa, textura suave, un tanto aceitosa, hojas verdes-amarillas. Pertenecen a este grupo, variedades como White Boston, Floresta, Regina.

Grupo II (americana, repolluda o crisp head): cabeza firme, color verde intenso, hojas grandes completamente envolventes, se asemeja mucho a un repollo. Pertenecen a este grupo variedades como Great Lakes, Salinas, Mesa 659.

Grupo III (sin cabeza, de hojas sueltas, Loose leaf): las hojas pueden ser crespas o lisas, de textura suave, la coloración varía de verde claro a verde oscuro. Pertenecen a este grupo variedades como Grand Rapids, Salad Bowl, Victoria, Gorga, Summer Queen.

Grupo IV (romana, romaine/cos-letucce): hojas estrechas con crecimiento característico hacia arriba, formando una cabeza ovalada, semiabierta. Pertenecen a este grupo variedades como White Paris, Eiffel Tower, Paris Island.

Grupo V (latino, latín): forma una cabeza de hojas sueltas y estrechas, semejante a las del tipo Romana, pero más cortas. Pertenecen a este grupo variedades como Gallega.

Grupo VI (tallo, stem): la parte comestible de esta lechuga es el tallo floral tierno, conocida también como lechuga-espárrago. Pertenecen a este grupo la variedad *Celtuce*.

9.1.4 Biología floral

El ciclo reproductivo de la lechuga comienza con la emisión del tallo floral que puede alcanzar hasta 1m de altura. Presenta un florecimiento continuo que puede durar hasta 70 días. La inflorescencia es una panícula poco ramificada, formada por numerosos capítulos que contienen entre 10-25 flores pequeñas (florete) hermafroditas que se desarrollan simultáneamente. Cada flor o florete posee una corola amarilla y los órganos sexuales. Los estambres forman un tubo en el interior del cual las anteras sueltan el polen. El ovario es unilocular y produce solo una semilla (fruto del tipo aquenio). Las flores de un mismo capítulo abren en el mismo día, entre las 8 y las 10 a.m.

La flor de la lechuga presenta autopolinización obligatoria (cleistógama), la cual se efectúa cuando el estilete se elonga y pasa a través del tubo formado por la fusión de las 5 anteras. Cuando el estigma emerge (2mm) por encima de las anteras, éste se bifurca y las dos ramificaciones se voltean para abajo haciendo contacto con los granos de polen, ocurriendo la autopolinización. Aproximadamente seis horas después de la polinización, ocurre la fertilización y después de 12 días se presenta la madurez fisiológica de la semilla.

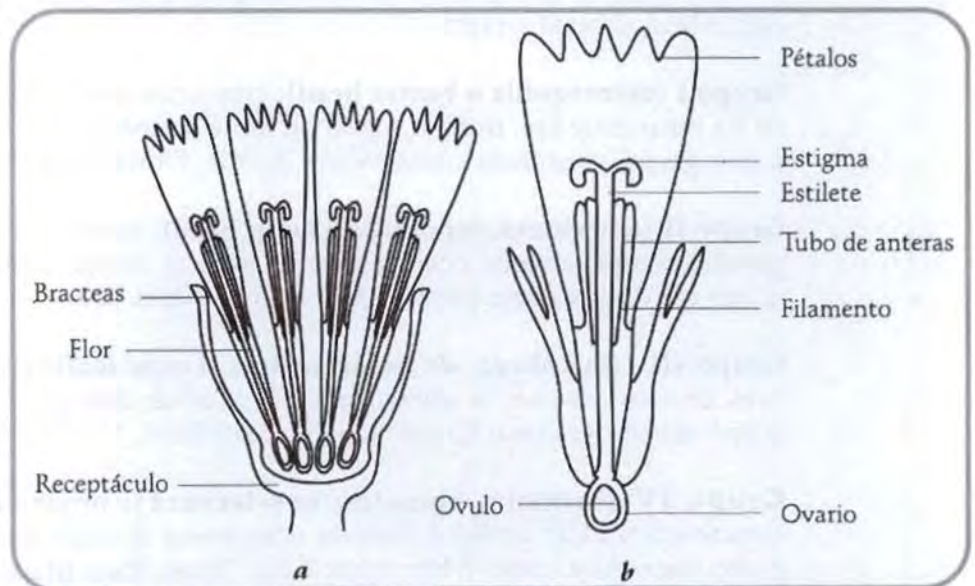


Figura 2. (a) Capítulo de la lechuga formado por varias flores (b) Flor individual de la lechuga.

Fuente: Granval, 1989.

Cuando la hibridación es difícil se recomienda utilizar las siguientes técnicas para superar las barreras ínter - específicas:

Cruzamiento puente: esta técnica se usa cuando una especie A se cruza con B, pero no se cruza con C, y las especies B y C dan origen a híbridos viables. La transferencia de caracteres de *L. virosa* para *L. sativa* fue posible gracias a un cruzamiento complejo, donde fueron usadas tres introducciones de *L. serriola* como puente.

Anfidiploides: híbridos interespecíficos anfidiploides fértiles son obtenidos a través de la aplicación de colchicina en plantas F_1 del híbrido complejo. Se debe efectuar numerosos retrocruzamientos con *L. sativa* para revertir las plantas al estado diploide y recuperar la fertilidad.

Cultivo *in vitro* del embrión: el cultivo *in vitro* de embriones inmaduros es una técnica interesante para facilitar la viabilidad de los cruzamientos interespecíficos dentro del género *Lactuca*.

9.1.8 Fisiología del desarrollo

Temperatura

La lechuga es una hortaliza típica de clima suave (15-20°C) debido a su origen. En las condiciones de clima tropical se desarrolla mejor durante la época del año en que las temperaturas son moderadas. La temperatura media óptima para el desarrollo de la parte aérea de la planta está entre 15 y 18°C, con máximas de 21 a 24°C y mínimas de 7°C.

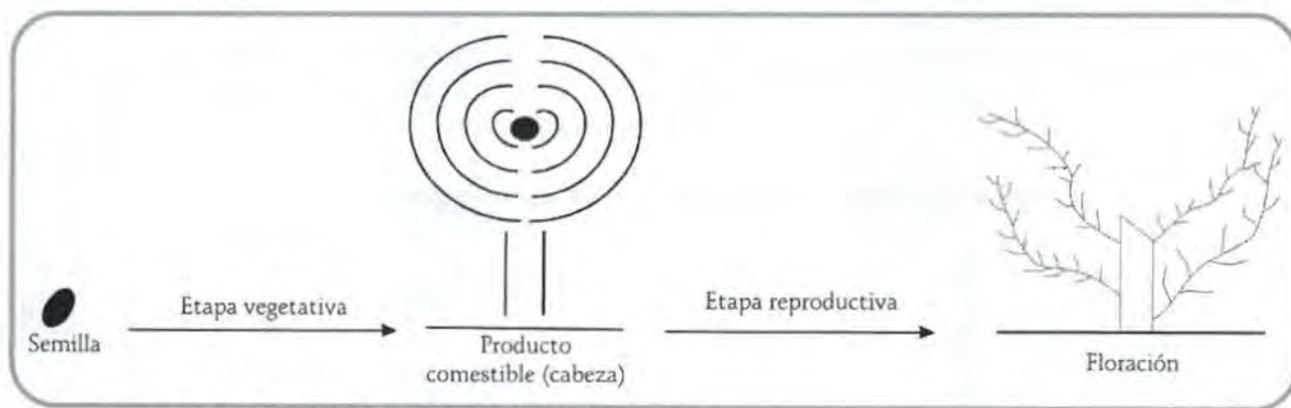


Figura 4. Etapas del desarrollo de la lechuga.

Fuente: Vallejo, 1986

El desarrollo de la lechuga tiene dos etapas diferentes. La primera, llamada etapa de desarrollo vegetativo y la segunda etapa reproductiva.

Cultivares que generalmente producen bien en climas suaves, cuando son sembrados en el trópico, con temperaturas elevadas, florecen prematuramente, antes de completar la etapa vegetativa. Es un carácter indeseable que compromete la producción de lechuga y deteriora la calidad de la misma, debido a la rápida acumulación de látex, responsable del sabor amargo.

Las variedades de lechuga pueden ser creadas para temperaturas suaves (15-20°C) o para condiciones de altas temperaturas (mayores de 20°C). Estas variedades tienen comportamiento diferencial (Cuadro 2) de acuerdo a la temperatura de la región donde son sembradas. Por lo tanto, para las condiciones tropicales es más aconsejable producir variedades que soporten altas temperaturas porque éstas se comportan de manera similar, en cuanto a formación de cabeza, en regiones con temperaturas suaves o altas.

Cuadro 2. Comportamiento diferencial de las variedades de lechuga de acuerdo con la variación de la temperatura.

Variedad creada para:	T°C de la región del cultivo	
	15-20°C	>20°C
Temperatura suave (15-20°C)	Forma cabeza	Florecimiento prematuro
Temperatura alta (>20°C)	Forma cabeza	Forma cabeza, o florece prematuramente

Fuente: Vallejo, 1986

Latencia de semilla

La semilla de la lechuga es muy sensible a temperaturas elevadas, induciendo un estado de latencia. Cuando la semilla se cosecha con temperaturas superiores a 25°C se presentan los mayores niveles de latencia (latencia termo-inductiva), pero cuando se cosecha en temperaturas entre 15-20°C es posible que ésta sea insignificante.

Para superar el fenómeno de latencia se recurre a las siguientes estrategias:

- Selección contra latencia: se marcan todas las semillas de la misma edad y se prueban en condiciones de temperatura igual o superior a 25°C.
- Almacenamiento de la semilla durante dos meses.
- Choque de frío: la semilla, embebida en agua, se somete a una temperatura de 2-6°C durante 2 días.
- Uso de carbón activado: el carbón absorbe los inhibidores presentes en el tegumento de la semilla, facilitando la difusión de gases y la germinación.

- Uso de Kinetina o tiurea.
- Acción de luz infraroja.

Fotoperiodo

El fotoperiodo generalmente no tiene efecto sobre el florecimiento prematuro de los diferentes tipos de lechuga

9.1.9 Herencia de algunos caracteres

Muchos caracteres presentan una base genética simple, de tipo monofactorial y la mayoría sirven como marcadores en los cruzamientos controlados. Cerca de 59 genes ya fueron identificados en lechuga y en sus especies relacionadas. De esos, varios vienen siendo utilizados o tienen potencial de uso para fines de mejoramiento genético. En el cuadro 3 se presentan varios caracteres de herencia simple que están siendo usadas en el mejoramiento de la especie.

Cuadro 3. Caracteres de herencia monogénica en lechuga.

Gen	Carácter
C,G	Formación de antocianina; controla presencia de color rojo (son genes complementarios).
R, R ^s , R ^{bs} , R ^t	Patrones de distribución de antocianina conferida por una serie alélica de genes dominantes*
u, u ^o	Forma lobulada de las hojas**
Sc	Margen de la hoja tipo "scallop"
t	Resistencia al florecimiento prematuro.
w	Semilla blanca. El dominante W produce semilla negra
y	Semilla amarilla; w es epistático con relación a y
gl	Ausencia de cerosidad en las hojas
ms-6	Machoesterilidad genética
dm-X	Resistencia al mildew (<i>Bremia lactucae</i>)***
mo	Resistencia al virus del mosaico de la lechuga LMV
Pm	Resistencia al oidio (<i>Erysiphe cichoracearum</i>)
Tu	Resistencia al virus del nabo (Turnip)

* Rojo intenso, R^s manchas rojas, R^{bs} manchas rojo-oscuras; R^t rojo teñido.

** Serie alélica: u lobulada; u^o hoja de roble; U hoja no lobulada.

***X= 1,2,3,4,5,6 ó 10; alelos que confieren resistencia a diferentes razas de patógeno.

Fuente: Robinson and Rider, 1982.

9.1.10 Mejoramiento genético

Los métodos empleados en el mejoramiento de la lechuga son los mismos métodos convencionales usados para las especies autógamias. La mayoría de los cultivares comerciales son considerados como líneas puras, de alta uniformidad genética y que deben ser mantenidos por multiplicación en lotes aislados.

La lechuga, debido a su origen, presenta problemas de adaptación cuando es cultivada en condiciones tropicales donde la temperatura media es elevada; por lo tanto, en regiones tropicales como Colombia, un programa de mejoramiento genético de lechuga debe establecer, como objetivo principal, el desarrollo de cultivares con los siguientes características::

- Resistencia al florecimiento prematuro.
- Resistencia a enfermedades limitantes.
- Características hortícolas superiores.

Resistencia al florecimiento prematuro

Las altas temperaturas estimulan el florecimiento prematuro de la lechuga, siendo éste un carácter indeseable por cuanto afecta negativamente la producción comercial. Existen diferencias genéticas entre cultivares en lo relacionado con la reacción a altas temperaturas. La herencia de este carácter es compleja, por cuanto parece que no solamente la temperatura afecta al carácter sino que se presentan interacciones entre ésta, el fotoperiodo, vernalización de la semilla y condiciones del suelo.

Los siguientes materiales presentan un florecimiento lento en condiciones tropicales de altas temperaturas y pueden ser usados en programas de mejoramiento que busquen la producción de cultivares resistentes al calor: Monstruese Ronde d'Eté (tipo mantequilla), Victoria(hoja suelta, bordes lisos y superficie arrugada), Slobot(hoja suelta, bordes crespos y superficie arrugada), Regina (tipo mantequilla, cabeza semi-abierta), IAC-Brasil 303(tipo mantequilla).

Las progenies, líneas o cultivares sensibles al calor son aquellas que producen pocas hojas e inician rápidamente la emisión de la inflorescencia. Además de esto, el comienzo de la fase reproductiva altera significativamente la palatabilidad de las hojas por cuanto se tornan amargas debido a la acumulación de látex.

Resistencia a enfermedades limitantes

Debido a las condiciones climáticas del trópico y al carácter intensivo del cultivo, la lechuga es afectada por muchas enfermedades, especialmente por virus y hongos. El control químico, biológico o cultural no ha sido eficaz o económicamente viable. Por lo tanto, el uso de la resistencia genética, incorporando genes de resistencia presentes en cultivares antiguos, locales, comerciales o especies silvestres relacionadas, es la mejor alternativa.

Virus del mosaico común de la lechuga-LMV

Su incidencia es elevada, ocasionando grandes daños a los cultivos comerciales. La resistencia es conferida por el gen recesivo simple **mo**, presente en la variedad argentina "Gallega" y en las introducciones PI 251245, PI 251246 y PI 251247 colectadas en Egipto. El virus posee muchas especies hospederas y es transmitido por el pulgón *Myzus aphís* y por semilla. Existen variedades comerciales con resistencia a este virus, tales como: Brasil 48, 303, 311 y 500 producidas por el Instituto Agronómico de Campinas, Brasil.

La prevención de ésta enfermedad se la efectúa a través del uso de semilla indexada, sin embargo, en el trópico debido a la presencia de muchas especies hospederas del virus, ésta técnica no es muy segura. La técnica es usada para saber si la semilla de lechuga está contaminada con el virus del mosaico. Consiste en licuar 100g (30.000 semillas) de semillas conjuntamente con una solución normal de fosfato, tomar una alícuota e inocular en *Chenopodium quinoa* y medir el porcentaje de infección, estimado por el número de plantas que muestran lesiones foliares. Para que la semilla sea indexada debe presentar una infección máxima de 0.01%, es decir una planta con lesiones en 10.000 plantas sanas.

Mildeo polvoriento

Es causada por el hongo *Bremia lactucae* Regel y es de mucha importancia en los países templados. La resistencia es conferida por el gen dominante simple **D_m**, con una serie de alelos que dan resistencia a diferentes razas del patógeno. Debido a la mutabilidad del hongo es difícil la producción de variedades resistentes; sin embargo, existen fuentes de resistencia a todas las razas.

Hongos del suelo

El hongo *Sclerotinia minor* es el responsable de las pudriciones en cultivos comerciales, especialmente en aquellos que no efectúan rotación. Parece que todavía no existen cultivos con resistencia a éste patógeno, sin embargo se han reportado fuentes de resistencia en *Lactuca virosa* PI 271938.

Enfermedades fisiológicas

La quema de bordes de las hojas más nuevas (tip burn) es un problema importante en algunos cultivos comerciales de lechuga. La presencia de ésta enfermedad es explicada por las siguientes causas: deficiencia de agua, crecimiento rápido de ciertas variedades provocando una traslocación menos eficiente del calcio, temperatura y humedad relativa elevada, bajas temperaturas al comienzo del cultivo y elevadas al final, gran oscilación de temperatura diurna y nocturna y desbalance de calcio.

Características hortícolas superiores

La calidad en lechuga es conferida por una serie de atributos relacionados con la apariencia del producto comercial y que varían de acuerdo al gusto del consumidor y al cultivar: formato, color, textura, grosor y bordes de las hojas, con o sin cabeza, tamaño y forma de cabeza, arquitectura de la nervadura principal de las hojas basales, hojas con o sin cera.

El mejorador debe atender las preferencias del mercado y proceder a seleccionar cultivares que satisfagan esas necesidades. El consumidor colombiano es variable: prefiere lechugas de hojas sueltas y que formen cabeza; últimamente se presenta una gran demanda por lechuga con cabeza tipo Great Lakes para ser usadas en los restaurantes de comidas rápidas que han proliferado últimamente

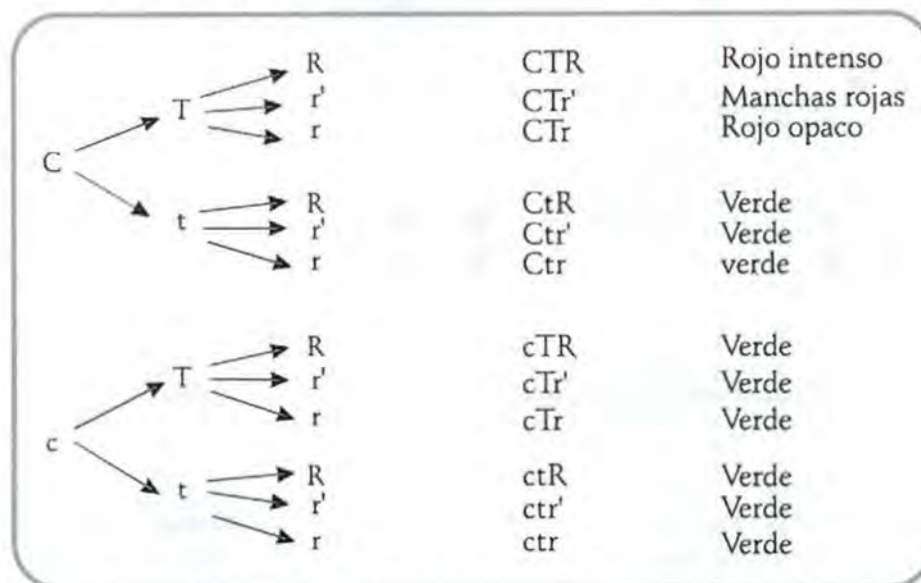
La mayoría de estos caracteres tienen una herencia compleja y son muy afectados por el ambiente. Por ejemplo, la herencia de la coloración de las hojas incluye monogenes, alelos múltiples, genes complementarios y variaciones en la penetrancia y expresividad de los genes.

Monogenes: $G > g$; Verde oscuro > verde claro.

Alelos múltiples: $R > r' > r$; Rojo intenso > manchas rojas > rojo opaco.

Genes complementarios: **C-T**- Presencia de antocianina.

El modo de acción es el siguiente:



Si el gen **G** está presente, la coloración es verde intenso. En presencia de antocianina el gen **G** no tiene acción fisiológica. La antocianina es sensible a la temperatura, así: en temperaturas bajas, la pigmentación es intensa y en temperaturas altas, la antocianina desaparece.

9.1.11 Producción de semilla

Colombia no dispone de cultivares nacionales; depende totalmente de la importación de semillas. En condiciones del Valle del Cauca, la siembra para la producción de semilla debe ser hecha en épocas con temperaturas suaves que favorezca el desarrollo vegetativo y luego con épocas de elevada temperatura que favorezcan el inicio de la fase reproductiva.

Se recomienda aplicar ácido giberélico en dosis de 10-20 ppm después del transplante, con 2-4 hojas bien formadas para estimular la floración, especialmente en cultivares que forman cabezas completas o hacer un corte horizontal en la mitad de la cabeza.

Otra forma de producir semilla que vale la pena evaluar en condiciones de trópico es, realizar el cultivo para producción de cabezas y una vez cortada o cosechada la cabeza aplicar ácido giberélico para favorecer la diferenciación de las yemas vegetativas.

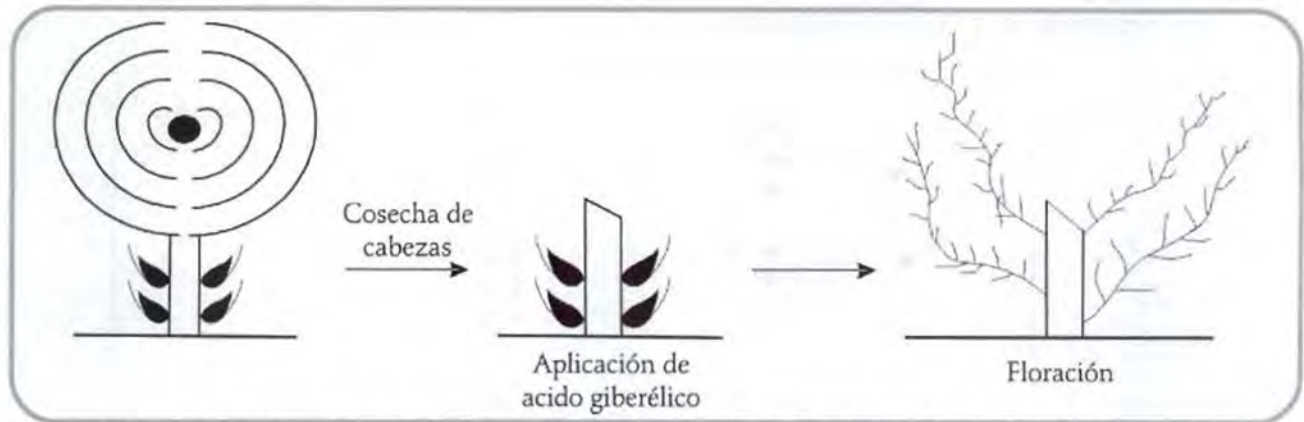


Figura 5. Producción de semillas de lechuga, después de cosechada la cabeza y la aplicación de ácido giberélico.

Fuente: Vallejo, 1986

El ciclo para la producción de semillas varía, dependiendo del cultivar, entre 120-170 días. Se debe aislar lotes de producción entre 20-30 m. la maduración de las semillas no es uniforme, variando de 12-21 días para la maduración de una inflorescencia. La cosecha se realiza cuando el 50% de las semillas están maduras, cortando las plantas y secándolas en el campo o sobre lonas para proceder luego a la trilla manual o mecánica. Los rendimientos son muy variables: en condiciones de Brasil se han obtenido rendimientos medios de 203 kg/ha para el cultivar Piracicaba 65 y 630 kg/ha para el cultivar Grand Rapids Nacional.

9.2 Agronomía del cultivo

9.2.1 Adaptación

Los cultivares modernos han sido desarrollados para ambientes específicos en regiones subtropicales, encontrándose en el mercado de semillas cultivares de otoño e invierno adaptables a clima frío, cultivares de primavera para ambientes de temperatura fresca y suave y cultivares de verano que responden agrónomicamente mejor en climas cálidos.

No obstante el origen subtropical, algunos cultivares europeos y americanos, presentan una buena adaptación a los ambientes tropicales, especialmente en climas frescos o medianamente cálidos con temperaturas que oscilan entre los 18-25 °C. Temperaturas extremas cálidas o frías con vientos secos pueden provocar desordenes fisiológicos como "achaparramiento", enanismo, bajo desarrollo de follaje y floración temprana con emisión de tallos florales con escaso índice de área foliar.

El cultivo es exigente en alta luminosidad para un mejor desarrollo de follaje en volumen, peso y calidad. Los cultivares tropicalizados crecen muy bien en suelos sueltos, bien drenados, con alto contenido de materia orgánica y el pH o entre 6.5 y 7.5. La lechuga puede crecer en sustratos minerales de soporte o ambientes hidropónicos, siempre y cuando se condicione un adecuado balance hídrico y nutricional.

Bajo condiciones de alta temperatura y humedad, en zonas típicamente tropicales, se deben sembrar las variedades de verano en medios aireados y protegido de los excesos de humedad. (Caicedo, 1996); (Casseres, 1994).

9.2.2 Epocas de siembra

En los ambientes tropicales y en los climas moderados típicos de las zonas productoras colombianas, las lechugas pueden sembrarse durante todo el año, siempre y cuando se pueda tener un adecuado manejo de la humedad del suelo para el drenaje de los excesos de agua o el suministro del riego de acuerdo a las necesidades hídricas a lo largo del ciclo. En regiones frías donde se pueden presentar bajas temperaturas y heladas nocturnas, es necesario planificar los cultivos en campo abierto, para que coincidan éstos periodos con alto desarrollo de follaje que pueda protegerse mediante riegos abundantes durante el día para crear una superficie húmeda que pueda contrarrestar las bajas temperaturas de la noche. En situaciones de climas muy calientes (26-28°C) y ambientes secos, los cultivos se deben planificar para que éstas épocas coincidan con la cosecha y así evitar la temprana inducción floral y el consecuente deterioro del follaje.

En ambientes protegidos (ambientes bajo cubierta), prácticamente no existen restricciones para el cultivo en toda la época del año y las siembras obedecen más a la demanda de los mercados y los ciclos de producción, según los tipos de cultivares.

9.2.3 Tipos de cultivares

Los cultivares que se ofrecen en el mercado colombiano pueden identificarse de acuerdo al tipo de follaje: lechugas de hoja suelta o lechugas de cabeza (tipo repollo o batavias o americanas). A su vez los cultivares de hoja suelta pueden ser de borde liso, rizadas (escarolas) o tipo cos (romanas). Existen las de doble crecimiento con la fase vegetativa primaria luminosa y una segunda base vegetativa oscura conocidas como endibias. Los cultivares de cabeza pueden ser de textura suave y mantecosa conocidas como Butter head o de textura fibrosa y bordes rizados conocidas como batavias.

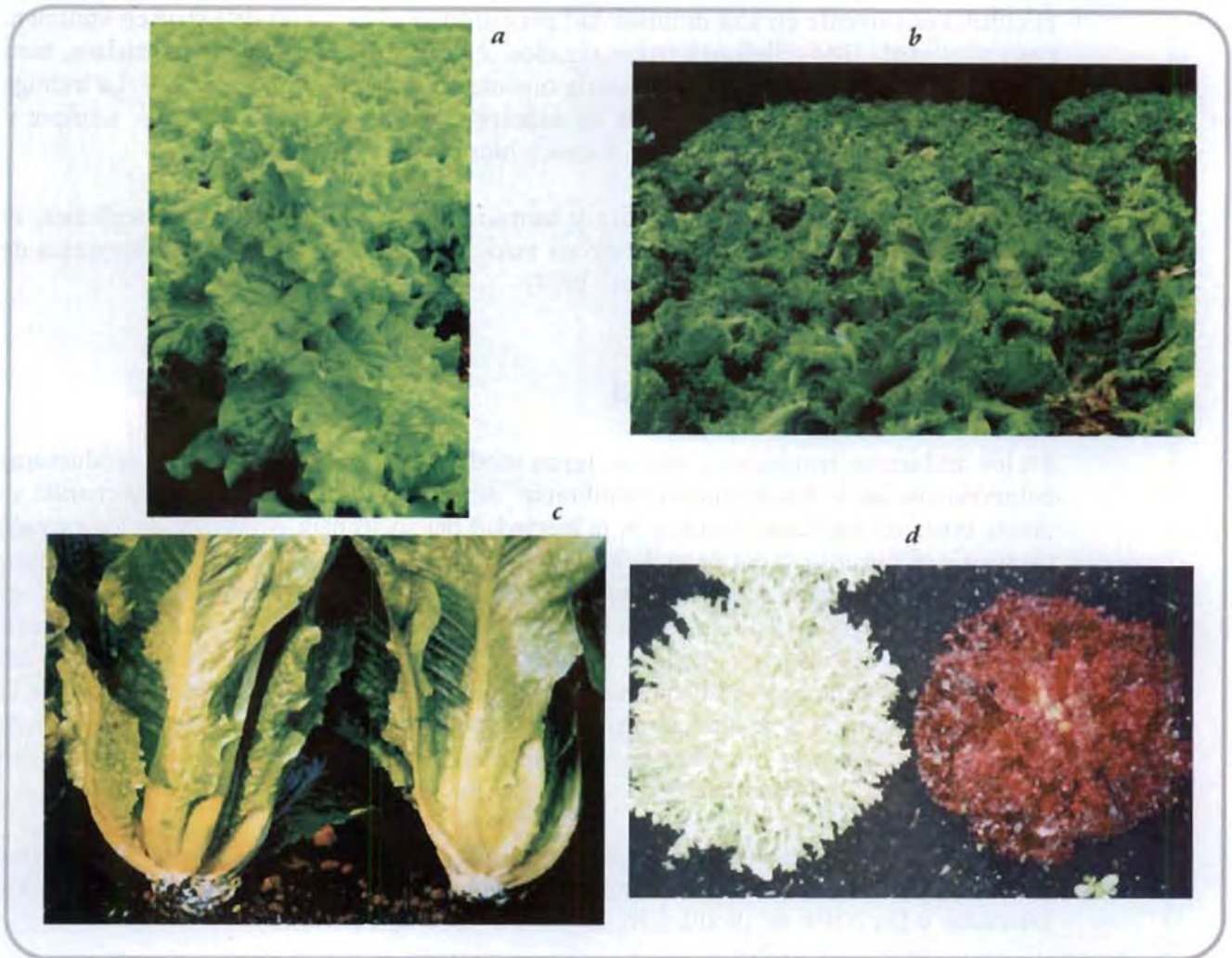


Figura 6. Tipos de cultivares de lechuga. (a) Hoja suelta - lisa- (b) De cabeza - batavia. (c) Hoja suelta - romana (d) Hoja suelta - escarola.

De acuerdo con la duración de los ciclos, los cultivares pueden ser precoces con ciclos que van de transplante a cosecha entre 45-60 días y los cultivares tardíos que sobrepasan los 75 días entre transplante y cosecha.

El cuadro 4, integra un listado de los principales cultivares ofrecidos en el mercado colombiano. Predominan los cultivares de hoja suelta con borde liso o rizado tipo Simpson o Great Lakes. Las lechugas de cabeza o repollo, predominan los cultivares tipo Butter head Iceberg. En los tipos Cos, predominan las romanas de hoja apretada y nerviación media. (CMPSH, 1998), (Impulse semillas, 2000); (Royal Sluis, 2001).

Cuadro 4. Portafolio de cultivares de lechuga ofrecidos en el mercado de semillas en Colombia 2003.

Nombre del cultivar	Tipo	Características diferenciales.
TIPO CABEZA (BATAVIA)		
Dark Green Boston	V	Cabeza mediana, tipo mantequilla (Butter head)
Great Lakes Mesa 659	H	Cabeza grande sólida muy firme, resistencia a Tip-Burn (TBR) quemazón de los brotes terminales
Haven	H	Cabeza grande pesada sólida
Great Lakes 118 salinas	H	Cabeza grande, muy firme resistencia a TBR
TIPO BUTTERHEAD		
Esmeralda	H	Grande muy firme, resistencia a TBR
Diomedea	H	Tamaño grande firme, resistente a virus del mosaico de la lechuga L.MV
Lido	H	Tamaño grande firme, resistente a L.MV
TIPOS ROMANA		
Parcos	H	Tamaño grande – hojas verde oscuro.
Corsaro	H	Tamaño mediano, hojas cerradas.
Corsica	H	Tamaño mediano y grande peciolo gruesos.
TIPO HOJA SUELTA		
Black seed simpson	V	Tamaño grande, hojas anchas con bordes arrugados
Grand rapids	H	Tamaño mediano y grande.
Regina	H	Borde áspero arrugado, ondulado, hoja crujiente.
Limax	H	Grande, hoja lisa para clima cálido.
White Boston	H	Mediana. Hoja lisa – verde.
Ritmo	H	Mediana – hoja lisa – verde intenso.
TIPO ICEBERG		
Winter haven	H	Cabezas grandes, color verde oscuro brillante.
Del río	H	Cabezas uniformes medianas, color verde oscuro.
Del oro	H	Cabezas medianas muy firmes.
Nabucco	H	Cabezas medianas, uniformes y firmes.
Crispino	H	Cabezas medianas, firmes, pesadas.

9.2.4 Sistemas de producción

Se identifican distintos sistemas productivos, todos ellos dentro de esquemas intensivos en su mayoría de producción continua durante el año. Alrededor de las ciudades en los cinturones verdes se establecen los sistemas **urbanos y periurbanos** que abastecen los mercados locales, especialmente de tiendas y pequeños supermercados. Existen los sistemas de **policultivos integrados** que pueden ocupar áreas intermedias entre una y tres hectáreas, que se destinan para la atención de supermercados y bodegas mayoritarias locales o cercanas a los centros urbanos. Un tercer sistema corresponde a la producción en sistemas **protegidos** bajo cubierta con uso intensivo de la tecnología en el manejo de riego localizado y la nutrición a través del fertiriego. Se multiplican principalmente los cultivares de tipo americano de hoja lisas, crespas y tipo romano. Estos sistemas abastecen grandes mercados que exigen materiales uniformes en calidad y presentación.



Figura 7. Sistemas de producción en agricultura urbana. (a) En materos y contenedores (b) En tubulares plásticos. (d) Hidroponía casera.

9.2.5 Preparación de los sustratos de cultivo

Las lechugas se pueden producir en suelo natural, en sustratos preparados con materiales orgánicos compostados y/o mezclados con residuos minerales de soporte como arena, carbonilla, roca molida, gravas y gravillas. Se pretende crear un medio de crecimiento de alta porosidad, muy bien drenado pero con alta capacidad de retención de humedad y de intercambio iónico con las sales y minerales nutritivos. En los sistemas las plantas crecen en medios de soporte como arena natural o en espuma de propagación (growth oasis), en medios vegetales de alto contenido de fibra como malla de estropajo (*Luffa cilíndrica*) pulpa de maíz picada o molida (olote o filote) y otros medios naturales.

Los suelos pueden prepararse convencionalmente con remoción de capas superficiales e incorporación de enmiendas orgánicas para el mejoramiento de las propiedades físicas de los suelos para promover abundante crecimiento radical superficial. (Lee *et al*, 2000); (Jaramillo y Lobo, 1994). Los acolchados con cobertura orgánica como cisco y aserrín de madera o cascarilla de arroz proporcionan un excelente control de arvenses (arvenses),

favorece el mantenimiento de una adecuada humedad y facilita la cosecha con raíces limpias. Los acolchados plásticos también son una buena alternativa de cobertura para la producción uniforme de la lechuga especialmente en los climas fríos, donde se consigue además elevar las temperaturas promedio del suelo y así promover ciclos más cortos con plantas de similar tamaño, peso y volumen.



Figura 9. Transplante en camas con acolchado plástico

9.2.6 Siembra

Por lo general, las lechugas se producen a partir de plántulas obtenidas en almácigos en tierra o en contenedores. El tamaño pequeño de la semilla dificulta la siembra directa en el campo a la profundidad y densidad adecuada. Las semillas son muy exigentes en condiciones propicias para su germinación. A nivel de viveros, con el uso de sustratos apropiados y controles en la humedad y temperatura, se puede conseguir germinaciones uniformes. Los fertirriegos y los controles sanitarios, promueven el crecimiento y desarrollo de plántulas sanas y vigorosas que a su vez garantizan un rápido establecimiento de plantas en el campo de producción. Es indispensable procurar el transplante de las plantas uniformes en las unidades de producción con el fin de ejecutar un manejo agronómico integrado que a su vez permita el crecimiento de plantas bajo condiciones de competencia balanceada y en la cosecha permita obtener plantas con los estándares de calidad exigidos por los mercados.

Una plántula de lechuga consigue el desarrollo normal y óptimo para el transplante en un periodo que puede variar entre 20-25 días formando cuatro a seis hojas, con una altura de 4-6 cm y abundante desarrollo radicular.

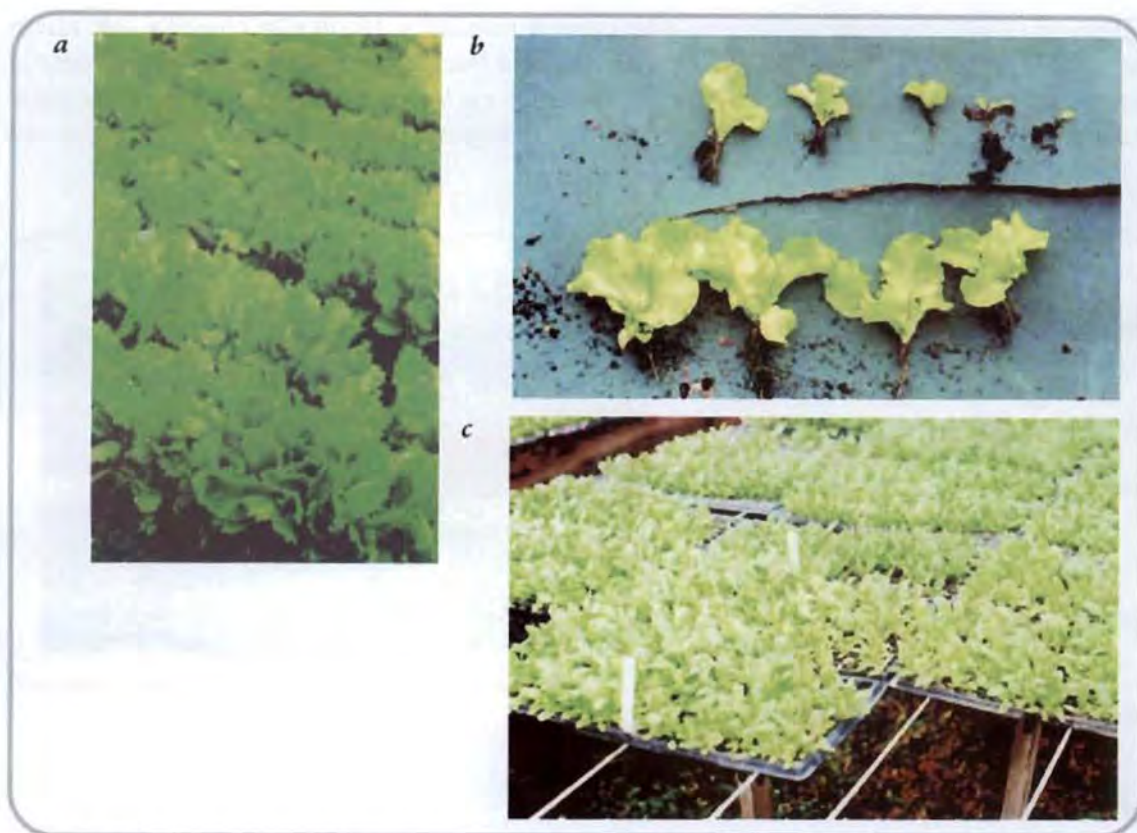


Figura 10. Tipos de semilleros. (a) En camas para trasplante a raíz desnuda. (b) Diferentes tamaños de plántula. (c) Plántulas en bandejas.

El trasplante se efectúa en camas de siembra con surcos múltiples en arreglos espaciales muy variadas. Se procura establecer unidades de siembra en bloques compactos para cosecha uniforme de acuerdo a un plan de mercadeo. Se espera que cada unidad de siembra corresponda a una unidad de cosecha uniforme para llevar al mercado. Las dimensiones y tamaños de cada unidad de siembra se programan de acuerdo a las entregas para el mercado. Las camas de siembra pueden tener un ancho que va desde 1.5 m hasta 3.0 m. Las longitudes de las camas son muy variables de 10 m hasta 100 m.

Las separaciones de surcos y plantas dentro de las camas también se definen en función del tipo de cultivar y el tamaño que se le quiera dar a la planta para la cosecha. Lechugas de cabeza tipo Batavias requieren un mayor espacio, lechugas crespas tipo escarolas de crecimiento abierto, también requieren mayor separación que aquellos cultivares tipos compactos.



Figura 8. Transplante en camas con acolchado orgánico. (a) Viruta y aserrín de madera. (b) Bagazo de caña.

Una estrategia práctica que facilita la programación de siembras es usar distribuciones unitarias múltiples de ocho, por metro cuadrado: 16, 24, 32/m². De esta manera se definen los tamaños de las camas y las separaciones entre plantas.

El cuadro 5, integra diferentes distancias de siembra para obtener diferentes poblaciones de plantas por metro cuadrado y por hectárea.

Una vez las camas se encuentren preparadas y el suelo o sustrato debidamente acondicionado, se procede al trazado y rayado de los sitios para el trasplante. Esta labor se puede desarrollar con “marcos ahoyadores” de manera que llevan punzones o barras perforadoras distribuidas a las distancias escogidas para la siembra. Al momento del trasplante se puede acondicionar el sitio con una solución “iniciadora” protectora que se aplica de manera líquida (drench) alrededor y dentro del hoyo del trasplante. Esta solución puede contener microorganismos antagónicos que inactivan patógenos, fungicidas protectantes (Carboxin, Clorotalonil, Iodo, Iprodine, Thiram), soluciones nutritivas ricas en fósforo y nitrógeno, ácidos húmicos diluídos, e hidrolatos protectores.

Una vez hecho el trasplante se inicia un plan de riego intensivo con periodos cortos y láminas superficiales tres o cuatro veces al día preferiblemente, con sistemas de microaspersión, aspersión fina o nebulización.



Figura 11. Siembras al aire libre, en camas o en eras.



Figura 12. Siembra en campo usando surcos

Cuadro 5. Distancias de siembra y poblaciones resultantes en diferentes arreglos en la siembra de lechuga.

Sistemas de siembra	Surcos		Plantas	Plantas/m ²	Plantas /ha
	Surcos sencillos	0.25		0.25	16.0
0.30		0.25	13.0	133.000	
0.35		0.25	11.4	114.285	
Surcos múltiples (Camas) *	Ancho cama (m)	Entre surcos (m)	Entre plantas (m)		
	1.5	0.3	0.20	12.5	125.000
		0.3	0.25	10.0	100.000
	2.0	0.3	0.25	10.5	105.600
		0.3	0.20	13.2	132.000
		0.4	0.25	8.0	80.000
		0.4	0.20	10.0	100.000
	2.5	0.3	0.25	10.6	106.000
		0.4	0.20	9.9	99.000
	3.0	0.3	0.20	14.3	143.000
		0.3	0.25	11.4	114.000
		0.4	0.25	8.0	80.080

*separaciones constantes de 0.5 m entre camas.

9.2.7 Aporques

En algunos casos, cuando los riegos han provocado el destape de los tallos basales, se hace necesario ejecutar los aporques para estimular el rápido crecimiento de la planta. En sistemas de siembra sin cubierta externa (sin acolchado) se recomienda hacer el aporque mediante el rayado de la cama el cual permite acercar suelo o sustrato alrededor de la planta. Cuando existe acolchado con residuos vegetales como aserrín, cisco de madera o cascarilla de arroz, solo basta hacer un "barrido" superficial al acolchado sobre el área cercana a la planta. Cuando las plantas tienen acolchado plástico, se puede depositar en cada sitio sustrato de base alrededor de las plantas sin tapar las hojas basales.

9.2.8 Manejo del agua

La lechuga es una planta que desarrolla sus raíces superficialmente, entre 20 y 25 cm de profundidad. A medida que la planta crece aumenta su follaje en área y volumen y por consiguiente presenta una mayor transpiración que incrementa las necesidades hídricas para mantener un acelerado ritmo de crecimiento en un periodo corto de 40-50 días después del trasplante.

Las necesidades hídricas estimadas para un cultivo de lechuga que desarrolla su ciclo entre 40-50 días después del trasplante, puede variar entre 200-250 mm y puede distribuirse de la siguiente manera:

Cuadro 6. Distribución de agua durante el ciclo de vida de la lechuga.

Etapa	Periodo		Lámina total (mm)	Lámina diaria (mm/día)	Cantidad de agua (l/m ²)
	Semana	Días			
I	2	14	28	2	2
II	3	21	84	4	4
III	2	14	84	6	6
Totales	7	49	194		

Los riegos deben hacerse inicialmente con alta frecuencia y baja intensidad durante la primera etapa. Preferiblemente debe usarse aspersión fina, nebulización o goteo de bajo caudal (0.3 - 0.5 l/hora). En las etapas dos y tres, debe evitarse el riego por aspersión para no humedecer el follaje y usar el riego localizado por goteo o gravedad en micro surcos. La distribución del agua durante el ciclo puede hacerse de la siguiente manera:

Cuadro 7. Distribución del agua diaria, durante el ciclo vegetativo de la lechuga.

Etapa	Necesidades diarias		Número de riegos (Diarios)	Cantidad de agua por riego (l / m ²)
	mm	l / m ²		
I	2	2	4	0.5
II	4	4	4	1.0
III	6	6	2	3.0

Una semana antes de la cosecha se inicia la disminución del riego hasta la supresión total dos a tres días antes de la cosecha.



Figura 13 . Preparación de camas y sistemas de riego. (a) Camas en diferentes estados de preparación. (b) Lechugas recién trasplantadas. (c) Riego manual con aspersión (d) Riego localizado por cintas

9.2.9 Abonamiento y fertilización

Las necesidades nutricionales de la lechuga presenta alta variación, dependiendo de su tipo (lechugas de cabezas o batavias, lechugas de hoja suelta), también del volumen y tamaño de crecimiento (lisas escarolas, romanas) y del tipo del cultivar. Los ciclos cortos sugieren un abonamiento de base fuerte antes del trasplante y fertilizaciones complementarias con el fertiriego o líquidas foliares o en "drench".

Cooman citado por Lee *et al* (2000), plantea que un cultivo de lechuga lisa puede extraer, en un ciclo de producción, con un rendimiento de 5.0 kg / m² las siguientes cantidades de elementos minerales:

Cuadro 8. Estimación de la extracción de nutrientes durante un ciclo productivo de lechuga.

Nitrógeno (N)	13-22 g/m ²	130-220 kg/ha
Fósforo (P₂O₅)	4.5-7.2 g/m ²	45-72 kg/ha
Potasio (K₂O)	20-40 g/m ²	200-400 kg/ha
Calcio (CaO)	3.5-6.2 g/m ²	35-62 kg/ha
Magnesio (MgO)	1.2-4.8 g/m ²	12-48 kg/ha

Fuente: Lee *et al* (2000)

Con base en el análisis de suelo, el clima de la zona de producción, la duración del ciclo y las características varietales del cultivar se puede trazar un plan de abonamiento donde un 70 – 80 % de las exigencias nutricionales se incorporan durante la preparación de las camas. El complemento se adiciona durante las tres primeras semanas del ciclo después del trasplante, usando preferiblemente fuentes simples de alta solubilidad.

Experiencias frecuentes en cultivos de lechuga en clima medio y cálido es la incorporación de fertilizantes químicos durante la preparación de las camas en cantidades equivalentes a 600 kg/ha y una relación de nutrientes de la siguiente manera:

Cuadro 9. Distribución proporcional de nutrientes en la fertilización de lechuga.

Nutriente	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Menores
Relación	1.5	0.5	2.5	0.4	0.2	0.1
Kg / ha	173	58	288	46	23	12

Las camas pueden acondicionarse previamente con enmiendas orgánicas y con correctores de pH. Se esperan respuestas agronómicas diferenciales en los cultivares con aportes de materia orgánica compostada en niveles iguales o superiores a 3-5 kg/m² (30-50 t/ha).

Dependiendo del nivel de acidez del suelo y del contenido de calcio y magnesio, se puede incorporar tres a cuatro semanas previas a la siembra cal dolomítica o cal agrícola en cantidades cercanas a 2-3 t/ha (200-300 g/m²).

Elementos menores como boro (B) zinc (Zn) y cobre (Cu), pueden ser críticos en algunas zonas por su bajo contenido en el suelo o en los sustratos y por lo tanto deben ser incorporados en el abonamiento de base o en adiciones complementarias líquidas a través de riego o drench, durante las primeras dos o tres semanas de crecimiento después del trasplante.

9.2.10 Manejo de arvenses

Las lechugas presentan un periodo crítico de competencia durante las tres primeras semanas de crecimiento después del trasplante. Los acolchados orgánicos o plásticos son una buena alternativa para el control de arvenses. Las desyerbas con herramientas manuales (azadón, pala, escardillos y guadañas), son alternativas viables en los primeros días después del trasplante. En caso de infestaciones posteriores, debe hacerse manualmente para evitar daños al follaje. El uso de plántulas vigorosas y bien desarrolladas permite el crecimiento uniforme en el campo con las densidades y distribuciones apropiadas que son el mejor procedimiento cultural para el manejo de las arvenses.

Sanchez *et al* (2002), indican que el control preventivo de arvenses en lechuga se puede hacer con herbicidas aplicados en presiembra como Pronamida (1.2-1.5 l/ha), Propaclor (7-8 kg/ha), Benefin (1.3-1.7 kg/ha).

El mejor control de arvenses en lechuga es una oportuna siembra y un manejo adecuado de agua y la nutrición para que promueva un rápido y uniforme crecimiento en la población y se eviten áreas despobladas dentro de las camas o surcos de siembra.

9.2.11 Manejo de plagas y enfermedades

Los cuadros 10 y 11 integran los insectos plagas y enfermedades más comunes en el cultivo de la lechuga en condiciones del Valle del Cauca. En el caso de las plagas hay que precisar que no son muchos los problemas que limitan significativamente los rendimientos y la calidad del cultivo. Con adecuadas prácticas culturales y manejo integrado de las mismas es posible obtener comportamientos agronómicos, productivos y económicos satisfactorios.

En el caso de las enfermedades, los riesgos de daños, económicamente significativos son mayores y exigen tener un control más estricto desde el mismo momento de la planificación de los cultivos y la dinámica en el manejo del riego y la nutrición. Las variables ambientales como la temperatura máxima y mínima durante el día y la noche en interacción con las variaciones de humedad ambiental son responsables en gran medida de la aparición de las enfermedades cuando las fuentes de inóculo están presente.

Medidas culturales relacionadas con la construcción de las camas, composición de los sustratos, construcción de cubiertas y acolchados así como un riguroso manejo del agua son factores fundamentales en la sanidad del cultivo y en el éxito productivo en términos de rendimiento y calidad de las cosechas. (Jaramillo y Lobo, 1994)

Cuadro 10. Insectos plagas comunes en el cultivo de lechuga.

Problema	Agente causal	Experiencias en el manejo y control
Trozadores y tierreros	<i>Spodoptera exigua</i> <i>Agrotis ipsilon</i> <i>Feltia sp.</i>	Adecuación y preparación de camas Solarización, uso de ceniza, cal agrícola Uso de cebos toxicos con <i>Bacillus thuringensis</i> o insecticidas que contengan carbamil, triazop haos, cloropirifos Espolvoreo del suelo con triclorfom
Comedores de raíces (chizas)	<i>Ancognata sp</i> <i>Claripalpus ursinus</i>	Adecuación y preparación de suelo. Rotación de campos Incorporación de insecticidas biológicos como <i>Bauberia bassiana</i> y <i>Metharrizium anisopliae</i> . Espolvoreo de las camas con el insecticida cloropirifos.
Minadores de follaje	<i>Lyriomiza huidobrensis</i>	Control cultural con poda de hojas en los focos. Recoger residuos de cosecha de ciclos anteriores. Aspersiones con insecticida Avermectina.
Chupadores de follaje Afidos	<i>Myzus persicae</i>	<i>Riegos por aspersión</i> Aspersión de aceites vegetales y minerales. Extracción e hidrolatos de tabaco y nim. En casos de alta infestación y en épocas tempranas asperjar insecticidas como: Diclorvos, Deltametrina, Pirimicarb, Malathión.
Moluscos (babosas)	<i>Deroceras sp</i> <i>Limax sp</i>	Limpieza total de las camas y bordes del cultivo Aplicación de cebos a base de Metaldehidos en horas de la tarde.

Cuadro 11. Enfermedades comunes en el cultivo de la lechuga en el Valle del Cauca

Enfermedad	Agente causal	Experiencias en el manejo y control
Mildeo veloso, escaldado del follaje	<i>Bremia lactucae</i>	Rotación de cultivos y campos Recolección de residuos de cosecha Control en la humedad en el riego y en el ambiente Uso de variedades resistentes Aplicaciones de fungicidas a base de Metalaxil, Mancozep, Oxadixyl.
Pudrición basal de hojas y cuellos del tallo	<i>Botrytis cinerea</i> <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> <i>Rhizoctonia solani</i>	Control de la humedad. Rotación de cultivos Encalamiento fuerte Recolección de plantas enfermas. Aplicaciones de fungicidas como: Iprodione, Clorotalonil, Carbendazin, Benomil.
Antracnosis Añublos foliares	<i>Microdochium panattonianum</i> <i>Marssonina panattoniana</i>	Control de la humedad y favorecer ventilación de las plantas. Aspersiones de fungicidas a base de Diclofluanida y metiltiofanato.
Añublos y pudriciones bacteriales	<i>Xanthomonas campestris</i> <i>Pseudomonas marginalis</i> <i>Erwinia carotovora</i>	Control de la humedad Retiro de residuos de cosecha Eliminar plantas enfermas . Probar Bactericidas a base de cobre, iodo y antibióticos .
Virus y mosaicos	<i>Virus del mosaico de la lechuga (L.VM)</i> <i>Virus del amarillamiento de la lechuga.(BPSYX)</i>	Variedades resistentes. Control de arvenses portadoras del virus. Control de vectores como moscas blancas y trips. Uso de semilla de buena calidad.
Nudosidades en la raíz (nematodos)	<i>Meloidogyne spp</i>	Rotación de cultivos Semillas y plántulas limpias Desinfección con nematicidas.

9.2.12 Cosecha y manejo poscosecha

El momento oportuno de cosecha se define de acuerdo con el tipo de cultivar y la duración del ciclo vegetativo. Las lechugas de cabeza deben alcanzar un peso, volumen y textura; definidos de acuerdo a estándares de calidad para su tipo. Las variedades comerciales más comunes logran su máximo peso y volumen con la formación de 15-20 hojas imbricadas. Mayor tiempo para cosecha puede significar pérdida de la calidad del follaje por cambios bruscos en textura y sabor.



Figura 14. Cosecha y acondicionamiento de poscosecha. (a) Cosecha y empaque en invernadero. (b) Empaque en cajas de madera. (c) Empaque en canastillas. (d) Cosecha directa y empaque en campo en cultivos extensivos.

En cultivares de hojas sueltas se utiliza como indicador de cosecha además del tiempo transcurrido en el ciclo, el volumen, tamaño, expansión foliar, color y nerviación del follaje. La proximidad de la floración es un indicador riguroso, puesto que una vez ocurre la emisión del tallo floral, se presenta un notable deterioro de la calidad de la hoja.

La cosecha se practica mediante un corte parejo en la base del tallo a nivel de cuello y posterior limpieza y acondicionamiento de hojas basales senescentes, con diverso grado de deterioro. Este acondicionamiento debe estar acompañado de cortes adicionales del tallo para dejarlas a nivel del follaje.

Los tipos comerciales se establecen de acuerdo al mercado. Las categorías extras o supremas se definen por peso y volumen. Las categorías secundarias aparecen de acuerdo al nivel de la tolerancia del mercado. En lechugas de hoja suelta se pueden establecer tres categorías así:

Suprema extra	250-350 g/planta
Categoría corriente	150-240 g/planta
Descarte o Duplex	menores a 150 g/planta

En lechugas de cabeza o tipo americana, las categorías pueden darse en peso y diámetro así:

Categoría	Diámetro central (cm)	Peso de cabeza (g/cabeza)
Extra o suprema	15-20	350-500
Corriente	10-14	250-340
Duplex o mix	<10	< 250

Las cabezas y las plantas sueltas deben presentarse limpias, libres de insectos, moluscos, sin daño en las hojas o pudriciones en tallos. No es conveniente lavar con agua o soluciones acuosas. Para su presentación se puede embolsar con cubiertas plástica de bajo calibre y abiertas en el extremo. Se debe acompañar de información alusiva a la variedad categoría y otros complementarios. (CNPSH, 1998); (Lee, et al 2000).

Las lechugas de menor calibre o con hojas desmembradas pueden picarse o precortarse para la producción de «mix» para empacar en bandejas y contenedores de diferentes tamaños y presentaciones.

9.3 Bibliografía

BASSET, M.J. 1986. Breeding vegetable crops. Gainsville, Avi. p.584.

BIBLIOTECA DE LA AGRICULTURA, 1998. Características de los cultivos hortícolas. Bogotá. p.32.

CASSERES, E. 1980. Producción de hortalizas IICA. San José de Costa Rica. p. 387.

CAICEDO, L.A. 1990. Manual de hortalizas. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. p. 354.

CENTRO NACIONAL DE PRODUCCIÓN DE SEMILLAS DE HORTALIZAS (CNPSH) 1998. La lechuga. Cochabamba, Bolivia. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. p.10.

GRANVAL de Millán, N. 1989. Elementos de mejoramiento genético de lechuga, aplicados a la producción de semilla. En: Curso Internacional en investigaciones y producción de semillas de hortalizas. 12 - 16 de diciembre de 1998. Santiago de Chile.

ICA, 1995. Respuesta científica a la problemática del sistema de producción de hortalizas en Colombia. Rionegro, Taller interregional, c1 La selva. p. 35.

IMPULSEMILLAS, 2000. Semillas híbridas. Manual de variedades. Bogotá. p. 6.

JARAMILLO, J y LOBO, M. 1994. Manual de hortalizas. Bogotá. ICA. p. 340.

LEE, R; ESCOBAR, H. 2000. Manual de producción de lechuga lisa bajo invernadero. Bogotá. Universidad Jorge Tadeo , Centro de investigaciones y asesorías agroindustriales. Serie de cuadernos. Bogotá p.39.

LEE, R; ESCOBAR, H. 2000. Manual de producción de lechuga lisa bajo invernadero. Bogotá. Universidad Jorge Tadeo, Centro de investigaciones y asesorías agroindustriales. Serie de cuadernos. Bogotá. p. 40 .

MELO, P.C.T. (s.f.) Melhoramento genético e produção de sementes de alface. Asgrow do Brasil Sementes.Paulinia, Brasil. p. 15.

- RIDER, E.J. 1979. Leafy salad vegetables. Salinas, California, AVI. p. 266.
- ROBINSON, R.W. and RIDER, E.J. 1982. The Genes of lettuce and closely related species. Plant breeding reviews. p. 267-293.
- ROYAL SLUIS, 2000. Lechugas. Santiago de Chile. Manual de variedades. p. 6.
- VIGGIANO, J. 1990. Produção de Sementes de Alface. In: Castellane, P.D. Produção de sementes de hortícolas. Jaboticabal / Brasil, FUNEP. p. 1-13.
- VALLEJO, F.A. 1986. Melhoramento de Alface. Piracicaba, Brasil, Universidad de de Sao Paulo p. 45.
- SÁNCHEZ, M; ESTRADA, E.I.; CARDOZO, C.I; GARCÍA, M.A.. 2002. El control integrado de arvenses en la producción de hortalizas. Palmira. Universidad Nacional de Colombia. p. 26.
- SEMILLAS ARROYAVE. 2000. Híbridos de hortalizas. Manual de variedades. Bogotá. p. 4.