



APUNTES DE HORTICULTURA OLERÍCOLA 2022 - 2023

**Autores_
Domingo J. Ríos Mesa
Belarmino Santos Coello**

Depósito Legal: TF 966-2023

Citar como: Ríos Mesa, D.; Santos Coello, B. 2023. Apuntes de Horticultura Olerícola. Universidad de La Laguna. 268 p.

Índice

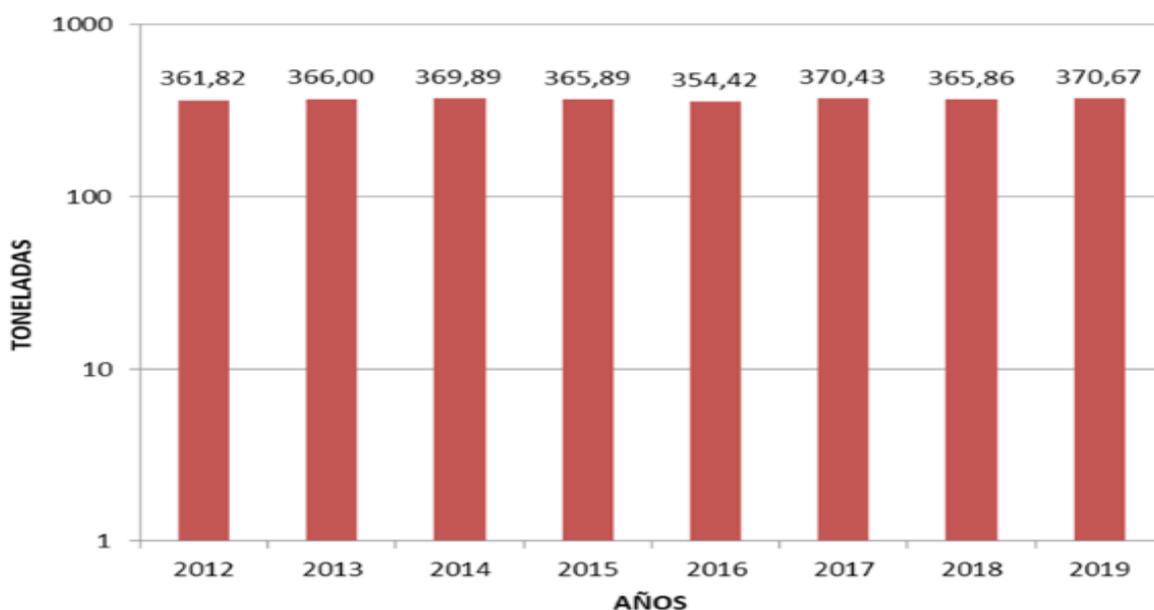
La papa	4
El tomate	44
Anexo: el tomate	91
El pimiento	109
El calabacín	157
La lechuga	190
Col, coliflor y brócoli	224

LA PAPA

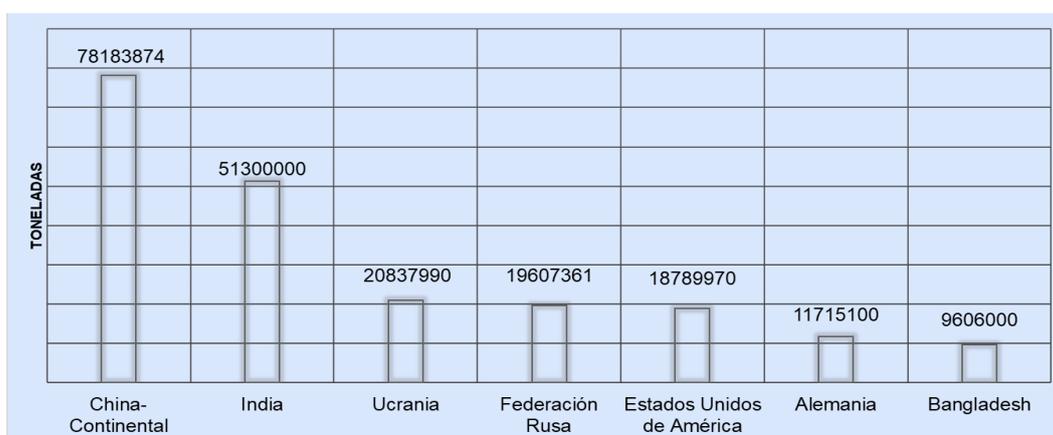
1. IMPORTANCIA ECONOMICA DE LA PAPA

1.1. Importancia economica de la papa en el mundo.

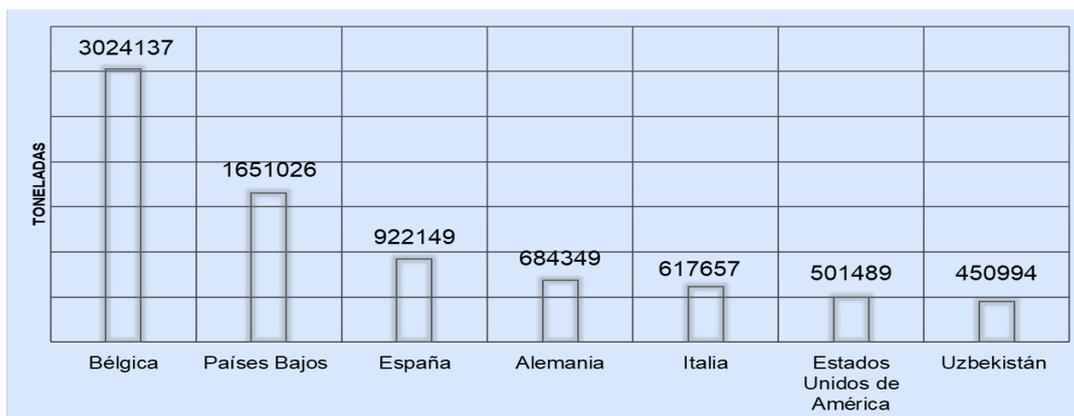
Los datos que a continuación se exponen han sido recabados de la base de datos de la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2019), donde se aprecia que no ha habido modificaciones importantes en los últimos años.



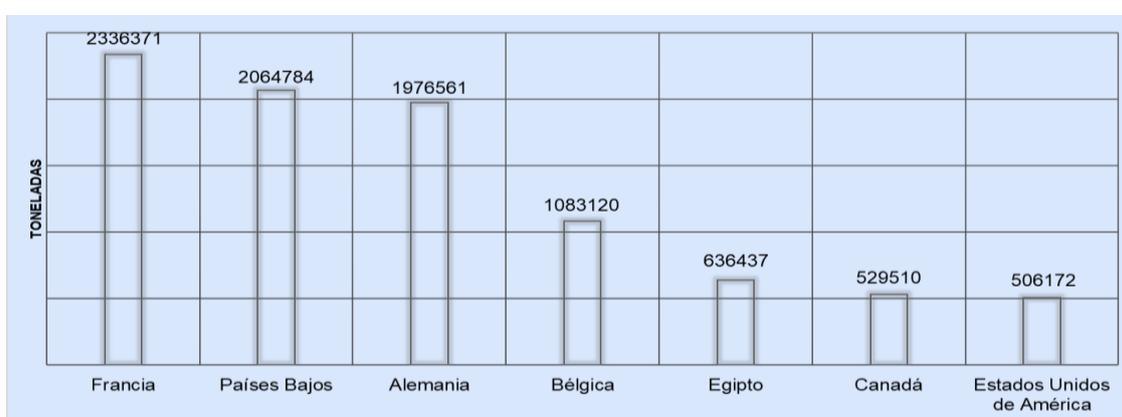
Gráfica 1: Producción mundial en millones de toneladas. (FAO, 2019).



Gráfica 2: Producción mundial de papas por países (FAOstat, 2021).



Gráfica 3: Países con mayor importación de papas a nivel mundial (FAOSTAT 2020).



Gráfica 4: Países con mayor exportación de papas a nivel mundial (FAOSTAT, 2020).

1.2. Importancia económica en España

España, a nivel mundial, no puede competir con las grandes potencias productoras, como lo son China con 78.183.874 t, India con 51.300.000 t y Ucrania con 20.837.990 t en el año 2019. A España se le otorga un lugar relativamente bajo, con una producción de 2.051.830 t (FAO, 2020).

En España, la producción anual durante prácticamente todo el siglo XX, ascendió a los 5 millones de toneladas hasta los años noventa. A día de hoy, como en el resto de Europa occidental, España ha sufrido una fuerte disminución de la producción.

En la tabla 1 se observa que entre 2009 y 2019, la producción ha bajado un 17%. Además, la superficie cultivada también ha disminuido, pasando de un 85.400 ha a un 66.700 ha, suponiendo una caída del 21,89%. Por el contrario, el rendimiento ha mejorado un 6,4%. En cuanto al precio medio percibido por los agricultores, este ha aumentado considerablemente al igual que el valor total de la producción en miles de euros.

Tabla 1: Superficie, rendimiento, producción, precio y valor de papas en España (MAPA, 2019)

7.3.2.1. TUBÉRCULOS PARA CONSUMO HUMANO- PATATA: Serie histórica
de superficie, rendimiento, producción , precio, valor

Años	Superficie (miles de hectáreas)	Rendimiento (qm/ha)	Producción (miles de toneladas)	Precio medio percibido por los agricultores (euros/100kg)	Valor (miles de euros)
2009	85,4	318,5	2.719,3	15,00	407.894
2010	77,6	296,0	2.297,6	25,93	595.780
2011	79,9	307,4	2.455,1	21,27	522.200
2012	72,0	304,4	2.192,3	24,65	540.398
2013	72,4	301,3	2.182,1	34,79	759.146
2014	76,1	334,2	2.544,0	17,34	441.131
2015	71,7	318,7	2.284,1	22,81	520.997
2016	72,1	311,4	2.246,2	32,01	719.010
2017	70,9	316,0	2.239,5	17,94	401.761
2018	67,5	298,0	2.010,9	32,99	663.407
2019	66,7	339,0	2.259,3	32,46	733.375

1.3. Importancia económica en canarias

En Canarias en cuanto a la superficie productiva, después de la vid y el plátano, la papa es el tercer cultivo con más arraigo e importancia. Sin embargo, el cultivo de la papa, al igual que su consumo ha disminuido.

Según Redondo (2007), el consumo de papas por habitante en las Islas, era de 90 Kg por persona y año, siendo muy superior a la media nacional. Sin embargo, según el Instituto Canario de Estadística (ISTAC, 2022), actualmente se consumen poco más de 30 Kg por persona y año.

Según datos obtenidos del ISTAC (2022), se puede apreciar un decrecimiento notorio en el cultivo de la papa en los últimos 30-40 años, pasando de cultivar más de 11.000 Ha en 1985, a cultivar 4.000 ha en 2019.

En la Tabla 2: se observa la cantidad total de superficie y el rendimiento en el año 2019, tanto para secano como regadío.

Tabla 2: Superficie y Rendimiento de papas en el año 2019 (ISTAC, 2022)

	Superficie (ha)		Rendimiento (Kg/Ha)	
	Secano	Regadío	Secano	Regadío
Gran Canaria	208	1.088	11.064	23.263
Tenerife	1.212	1.573	13.823	24.409
CANARIAS	1.420	2.661	13.419	23.940

En la tabla 3, se hace una comparación entre las islas capitalinas, según su producción y superficie, en las diferentes fechas de siembra.

Tabla 3: Superficie y producción de papas en Gran Canaria y Tenerife en 2019 (ISTAC, 2022)

	Papa extratemprana		Papa temprana		Papa media estación		Papa tardía	
	Superficie (ha)	Producción (Tn)	Superficie (ha)	Producción (Tn)	Superficie (ha)	Producción (Tn)	Superficie (ha)	Producción (Tn)
Gran Canaria	545	10.909	517	11.97	58	1.397	176	3.333
Tenerife	801	16.497	1.556	30.049	61	1.361	367	7.222
CANARIAS	1.346	27.406	2.073	42.019	119	2.758	543	10.555

En cuanto, la producción por islas, las mayores producciones se obtienen en las islas de Tenerife y Gran Canaria, le sigue La Palma y La Gomera, y por último Fuerteventura, Lanzarote y el Hierro (Tabla 4).

Tabla 4: Producción de papa por islas en 2019 (ISTAC, 2022)

ISLA	PRODUCCIÓN (Tn)
Tenerife	46248,3
Gran Canaria	33046,1
La Palma	4237,4
La Gomera	2487,8
Fuerteventura	2445,4
Lanzarote	2025,3
El Hierro	872,4
Canarias	91362,7

Tabla 5: Producción de cultivos en toneladas por isla en 2021 (ISTAC, 2022)

CULTIVOS	Lanzarote	Fuerteventura	Gran Canaria	Tenerife	La Gomera	La Palma	El Hierro	CANARIAS
	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021
CEREALES	164,2	71,9	791,9	623	107,6	122,6	84,8	1966
LEGUMINOSAS GRANO	34,2	4,9	68,2	88,2	18	36,5	8	258
PAPA	2025,3	2445,4	33046,1	46248,3	2487,8	4237,4	872,4	91362,7
CULTIVOS INDUSTRIALES	803,6	1557,2	891,4	1547	31,3	398	40,8	5269,3
FLORES Y PLANTAS ORNAMENTALES	0	25,5	1104,1	2258,7	11,3	279,7	0	3679,3
CULTIVOS FORRAJEROS	1102,1	1240,8	3389,6	3535,2	505,6	5324,4	4077,2	19174,9
HORTALIZAS	5023,5	4655,5	135611,4	93892,9	3701,1	8562,1	1579,1	253025,6
Col	181,1	147	4086	5125	327	867	123,5	10856,6
Melón	391	110	6019,5	1595,5	0	127	21	8264
Calabacín	513	174	8586,5	12158,5	560	1089	151	23232
Pepino	0	0	10486,8	7030,3	7,5	136,2	6,5	17667,3
Tomate	430,9	1844	40186,8	10085,9	406,6	495,2	306,4	53755,8
Pimiento	150	160	6041	8607	177	453,4	29,6	15618
Fresa y fresón	22,8	9	1130	948	13,2	47,2	15	2185,2
Cebolla	333,9	332,5	1714,5	2595	563,7	757,5	250	6547,1
Habichuelas (Judía verde)	51,6	9	1899	2672,5	280,5	354	20,5	5287,1
CÍTRICOS	109,4	102	11520,7	2894,8	250,6	1128,2	113,4	16119,1
Naranja	86	54,4	8188,2	1775,3	181	756,7	83,6	11125,2
OTROS FRUTALES	405,5	1174,5	107291,9	206784,6	6290,7	136409,5	5931,9	464288,6
Aguacate	13,1	5,5	1953,1	4373,6	185,8	4338,9	103,7	10973,7
Plátano	108,3	90,3	85191,7	185898,7	4679,8	130322,8	2814,6	409106,2
Mango	10,9	30,6	4743,9	2419,7	861,8	567,1	515,6	9149,6
Papaya	73,8	36,8	7847,1	10858,6	188,7	298,4	309,7	19613,1
Piña tropical	55,5	190	240,1	233,3	0	148,7	1831,9	2699,5
VINEDO	2859,6	59,8	527,9	8790,6	190,3	917,6	215	13560,8

Por último, cabe destacar las diferencias de producción total que hay entre la papa y los otros cultivos que se cultivan en las islas. Destaca el plátano por encima de cualquier otro con bastante diferencia con más de 400.000 toneladas, seguido de la papa con mucha menos cantidad, poco más de 90.000 toneladas, y en tercera posición se encuentra el tomate, con casi 54.000 toneladas (tabla 5).

Evolución de la superficie productora anual

La superficie productora de papa en Canarias, como se muestra en la figura 3, desde el 2010 hasta 2016, aumentó aproximadamente 1500 ha, pero a partir de ahí, descendió bruscamente hasta estar por debajo de las 4000 ha.

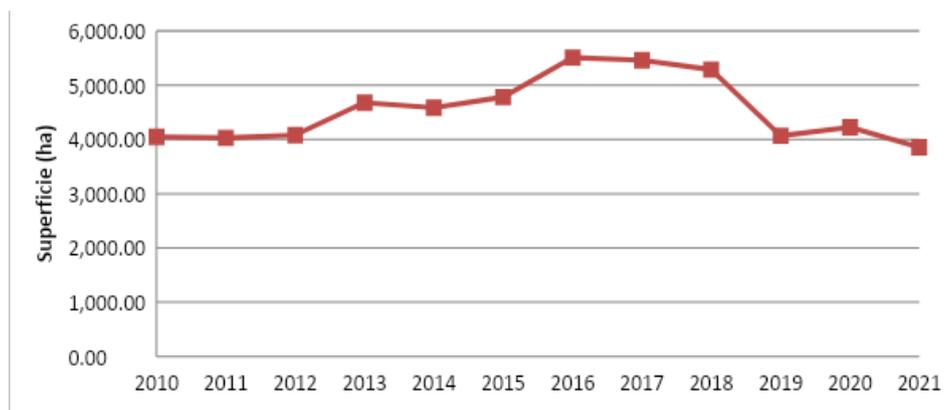


Figura 3. Evolución de la superficie productora (ha) del cultivo de papa en Canarias. Año 2010-2021 (ISTAC, 2022).

Evolución de la producción anual

En la figura 4, se puede observar, que la producción en Canarias en los último diez años ha sido variable, siendo destacable el periodo de 2012 a 2013, donde hubo un aumento considerable en la producción pasando de 60.000 t a poco más de 100.000 t; y por otro lado cabe destacar el salto de 2016 a 2017, puesto que de 110.000 t bajó a 70000 t. A partir de ese año, la producción ha ido aumentando lentamente, estando la producción en el año 2021, alrededor de 90.000 t.

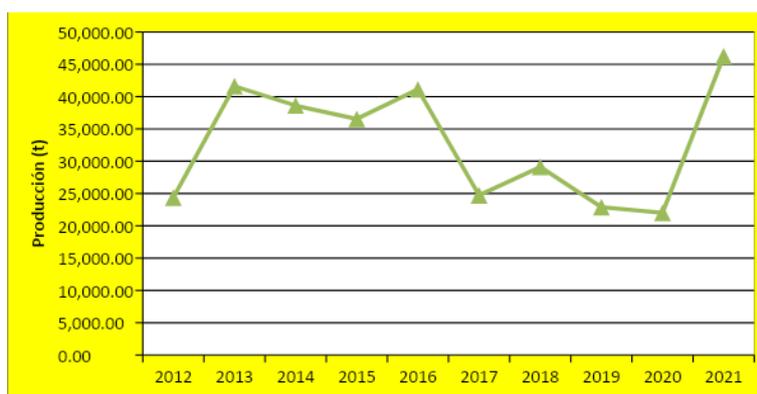


Figura 4. Evolución de la producción total (t) del cultivo de papa en Canarias. Año 2012-2021 (ISTAC, 2022)

En cuanto a la superficie cultivada en la isla de Tenerife, se observa un aumento de la superficie desde 2010 hasta 2015, y a partir de ahí disminuye hasta 2020, donde vemos que aumenta ligeramente siendo el valor de la superficie prácticamente igual entre el 2010 y el 2021 (fig. 5).

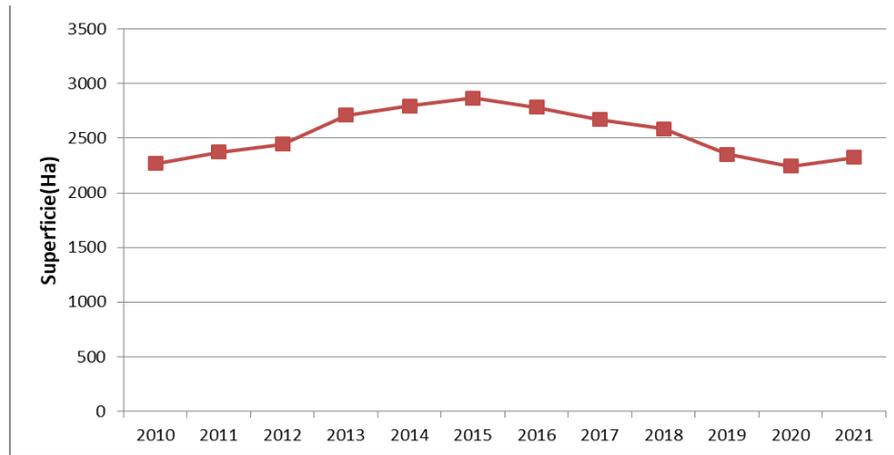


Figura 5. Evolución de superficie productora (Ha) del cultivo de papa en Tenerife. 2010-2021 (ISTAC, 2022).

En la figura 6 se muestra, como en la última década ha variado la producción, destacando dos subidas importantes, una en el 2012 pasando de 25000 t en el año 2011 a poco más de 40.000 t, y en el 2020 pasando de aproximadamente 22000 t en el año 2019 a unas 450000 t, siendo está la mayor producción de los últimos 15 años. También hay que destacar la caída drástica que se produjo en el año 2016 pasando de 40.000 t a 25.000 t.

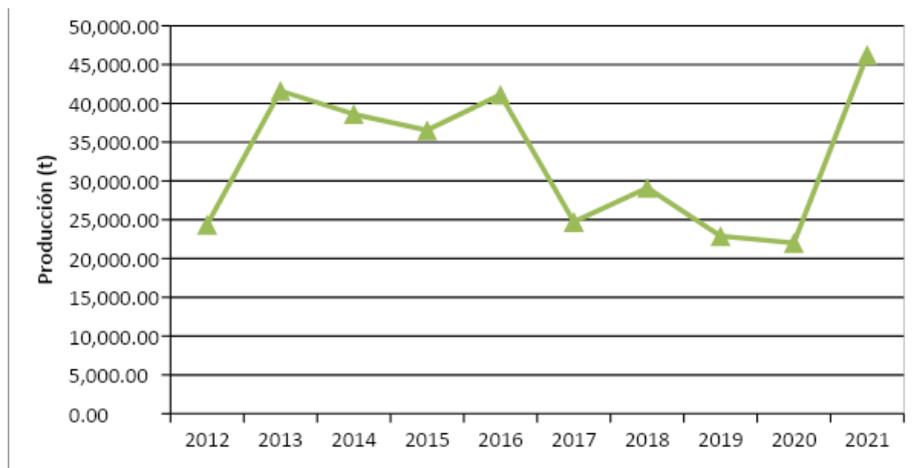


Figura 6. Evolución de la producción total (t) del cultivo de papa en Tenerife. 2012-2021 (ISTAC, 2022)

2. TAXONOMÍA

La papa, originaria de América, probablemente tuvo su centro de origen como especie cultivada en la región andina comprendida entre Cusco y el Lago Titicaca, entre los 2000 y 4000 metros de altitud, pues allí es donde se encuentra una mayor variación en sus formas cultivadas y especies silvestres.

En Los Andes se encuentra el centro con mayor variabilidad de especies de papa de todo el planeta, contando con más de 150 especies silvestres y más de 4000 cultivares de papas nativas.

A día de hoy, existe una gran incertidumbre en la fecha de domesticación del cultivo. En el Valle de Chilca, cerca de Lima, está la evidencia arqueológica más longeva con respecto a la domesticación de la papa, fechada en el 5000 a.C. por Martins (1976). Por otro lado, Hawkes (1999), afirma que se empezó a cultivar hace 7000 años, a partir de la especie silvestre *S. leptophyes*. Engel (1970) y Ugent (1968) indican que en Sudamérica antes del año 5000 a.C., los incipientes agricultores, encontraron una gran diversidad de cultivares silvestres que a continuación seleccionaron y cultivaron.

John Gregory Hawkes (1915-2007) y Carlos Ochoa Nieves (1920-2008) afirmaron inicialmente que solamente ocho especies de papas eran cultivadas. Más tarde, en 1990, Hawkes sólo reconoce siete, mientras que los taxónomos del Centro Internacional de la Papa (C.I.P.), basándose únicamente en criterios morfológicos mantienen las ocho especies cultivadas. Ochoa (1990) propone añadir dos especies más a las existentes; la diploide *Solanum rybiini* (con 24 cromosomas), originaria de Colombia y Ecuador ubicada a una altitud entre los 1.500 y 3.000 m.s.n.m. y la tetraploide *Solanum hygrothermicum* (con 48 cromosomas), originaria de Perú, cultivada entre los 700 y 1.100 m.s.n.m (Ríos, 2002; Tabla 6).

Huamán y Spooner (2002) revisaron mediante morfología la clasificación de variedades cultivadas de papa y, reconocieron una sola especie, *Solanum tuberosum* L., con ocho grupos de cultivares: Grupo Ajanhuiri (diploide, $2n = 2x = 24$), Grupo Andigenum (tetraploide, $2n = 4x = 48$), Grupo Chaucha (triploide, $2n = 3x = 36$), Grupo Chilotanum (tetraploide, $2n = 4x = 48$), Grupo Curtilobum (pentaploide, $2n = 5x = 60$), Grupo Juzepczukii (triploide, $2n = 3x = 36$), Grupo Phureja (diploide, $2n = 2x = 24$) y Grupo Stenotomum (diploide, $2n = 2x = 24$). Todos ocurren en los Andes desde el oeste de Venezuela hasta el norte de Argentina, excepto el Grupo Chilotanum (= *S. tuberosum* subsp. *tuberosum*), que ocurre en las tierras bajas del centro-sur de Chile de la Isla de Chiloé, el Archipiélago de Chonos inmediatamente al sur y el continente adyacente de baja elevación.

La papa (*Solanum tuberosum*) fue descrita por Linneo en 1753. Pertenece a la familia de las Solanáceas, la cual recoge especies tales como la berenjena (*Solanum melongena*), pimiento (*Capsicum spp*), tomate (*Solanum Lycopersicum*) o el tabaco (*Nicotiana tabacum*). Usualmente, poseen alguna cantidad de alcaloides todos los integrantes de la familia, más evidente en *Nicotiana*, *Atropa*, *Datura* y *Mandrágora*, y sin embargo, en pequeñas dosis en muchos casos, como es la *Solanina* del tubérculo contenida en las papas verdes por culpa de la luz.

La papa tiene más especies silvestres tuberíferas relacionadas que cualquier otra planta cultivada en el mundo. Se han descrito varios cientos de especies de papas silvestres y cultivadas formadoras de tubérculos (*Solanum* sect. *Petota*) distribuidas desde el suroeste de los Estados

Unidos hasta el sur de Chile (Correl, 1962; Hawkes, 1978). En la revisión taxonómica de Hawkes (1990) se reconocen 235 especies silvestres tuberíferas y 7 especies cultivadas que conforman una serie poliploide que va desde diploides ($2n = 2x = 24$) hasta hexaploides ($2n = 2x = 72$). Según Spooner y Hijmanns (2001), existen muchos sinónimos dentro de esas 235 especies silvestres, lo que reduciría a 199 el número de especies silvestres diferentes.

Tabla 6. Especies cultivadas (Ríos, 2002)

Ploidía	Bukasov (1971), Lechnovich (1971)	Dodds(1962)	Hawkes (1990)	Ochoa (1990, 1999)
2x	<i>S. ajanhuiri</i> Juz. y Bukasov <i>S. cañarensis</i> Juz. y Bukasov <i>S. erlansonii</i> Bukasov <i>S. goniocalix</i> Juz. y Bukazov <i>S. macmillanii</i> Bukazov <i>S. phureja</i> Juz. y Bukazov <i>S. rybinii</i> Juz. y Bukazov <i>S. stenotomum</i> Juz. y Bukasov	<i>S. tuberosum</i> Grupo Stenotomum Subgrupo Goniocalyx Subgrupo Stenotomum Grupo Phureja Subgrupo Amarilla Subgrupo Phureja	<i>S. ajanhuiri</i> <i>S. stenotomum</i> <i>S. phureja</i>	<i>S. x ajanhuiri</i> <i>S. goniocalix</i> <i>S. stenotomum</i> <i>S. phureja</i>
3x	<i>S. boyacense</i> Juz y Bukazov <i>S. chaucha</i> Juz. y Bukazov <i>S. chocclo</i> Bukazov <i>S. ciezae</i> Bukazov y Lechn. <i>S. cuencanum</i> Juz. y Bukasov <i>S. juzepczukii</i> Bukasov <i>S. mamilliferum</i> Juz. y Bukasov <i>S. tenuifilamentum</i> Juz. y Bukazov	<i>S. tuberosum</i> Grupo Chaucha <i>S. x juzepczukii</i>	<i>S. chaucha</i> <i>S. juzepczukii</i>	<i>S. x chaucha</i> <i>S. x juzepczukii</i>
4x	<i>S. andigenum</i> Juz. y Bukazov <i>S. molinae</i> Juz. <i>S. leptostigma</i> Juz. <i>S. tuberosum</i> L.	<i>S. tuberosum</i> Grupo Andigena Grupo Tuberosum	<i>S. tuberosum</i> Ssp. <i>andigena</i> Ssp. <i>tuberosum</i>	<i>S. tuberosum</i> ssp. <i>andigena</i> ssp. <i>tuberosum</i> <i>S. hygrothermicum</i>
5x	<i>S. curtilobum</i> Juz. y Bukazov	<i>S. x curtilobum</i>	<i>S. curtilobum</i>	<i>S. x curtilobum</i>

La mayoría de las papas cultivadas son *tetraploides* (poseen cuatro juegos de cromosomas), y estos juegos a su vez, poseen doce cromosomas cada uno. Sin embargo, hay especies cultivadas o silvestres del género *Solanum* que son *diploides*, *triploides*, *pentaploides* y *hexaploides* (Bukasov, 1939). Es sabido por genetistas y mejoradores de papas que gran parte de tubérculos *diploides* o *tetraploides* se pueden cruzar sin ninguna dificultad, ya sean silvestres o cultivados. Y cabe destacar que los *poliploides*, independientemente de que sean *triploides* o *pentaploides*, son el resultado de cruces de *diploide* con *tetraploide*, o *tetraploide* con *hexaploide* respectivamente (Hawkes, 1990).

En América del Sur se encuentra la mayor base genética de la papa, lo que es una ventaja para los investigadores que estén interesados en transferir caracteres o bloques de caracteres de unas especies a otras (Estrada Ramos, 2000).

En Perú se encuentra el Centro Internacional de la Papa (CIP), que mantiene y conserva más de 4.000 cultivares, aparte de unas 200 especies silvestres con características de interés por varios factores, tales como la resistencia a enfermedades, plagas y condiciones ambientales que provocan

estrés a la planta. Por otro lado, disponen de ocho especies cultivadas con características morfológicas y agronómicas, así como de la precocidad y calidad para su transformación industrial.

Tras la conquista de Perú por los españoles en el siglo XVI, estos introdujeron la papa en Europa. Algunos autores creen que la *ssp. tuberosum* ha derivado de la *ssp. andigena* por adaptación de ésta a día largo (Salaman, 1985). No obstante, existen evidencias de que los clones cultivados en Europa descienden de importaciones de papas de la isla de Chiloe en Chile (Grun, 1990). El último trabajo sobre la introducción de la papa en Europa realizado por Ames & Spooner (2008), obtuvo la evidencia científica de que la papa andina persistió en Europa al menos hasta 1892, es decir, con posterioridad al desastre causado por el mildiu en los cultivos de papa irlandesa, y que las papas de Chiloe pertenecientes a la *ssp. tuberosum* ya existían en Europa con anterioridad al mismo. Una conclusión similar se puede obtener del trabajo realizado por Ríos et al. (2007).

3. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

La planta de la papa, es una planta dicotiledónea herbácea y anual, que pertenece a la familia de las solanáceas. Se puede considerar una planta perenne debido a que es capaz de reproducirse por tubérculos. Se compone de una parte aérea (formada por tallos, hojas, flores y frutos), y de otra parte subterránea (constituida por raíces, tubérculos y brotes).

1. Parte aérea

Tallos: Son gruesos, fuertes, de forma y consistencia cilíndrica o con mayor frecuencia angulosa, alcanzan una altura media comprendida entre 0,6 y 1 m, originándose las yemas del tubérculo madre. El tallo es de color verde, en algunos cultivares los tallos alcanzan tonalidades parduzcas, debido a la presencia o ausencia de antocianinas.

Los tallos son herbáceos, aunque en las etapas avanzadas del desarrollo vegetativo la parte inferior puede ser relativamente leñosa, debido a una cierta lignificación del mismo.

Los tallos en general suelen ramificarse, el corte de la sección transversal, es hueco en el espacio entrenudos y de forma triangular. La parte baja del tallo es redonda y solida. Se considera que el tallo es un tallo principal si éste crece directamente del tubérculo “semilla madre”.

Las ramas laterales que salen del tallo principal se denominan tallos secundarios. Los tallos secundarios pueden brotar de muy cerca del tubérculo “semilla”, en cuyo caso su formación o la producción de estolones y tubérculos será parecida a la del tallo principal o bien pueden desarrollarse ramas sucesivamente, varias veces durante el crecimiento de la planta.

Una planta de papa consta de un número de tallos principales inicialmente erguidos, pero con el paso del tiempo pueden transformarse en rastreros. Los estolones de la papa son tallos laterales, normalmente subterráneos.

Las yemas que se forman en el tallo a la altura de la axila de las hojas, pueden dar lugar a tallos laterales, estolones, inflorescencias y, en ocasiones, tubérculos aéreos.

Hojas: Son imparipinnadas, formadas por nueve o más folíolos, cuyo tamaño es tanto mayor cuanto más alejados se encuentran del nudo de la inserción al tallo. A su vez están distribuidas en espiral sobre el tallo.

Las hojas maduras son compuestas, es decir, con un raquis ventral y varios folíolos laterales, secundarios y en algunos casos presentan folíolos terciarios. La parte del raquis debajo del par inferior de folíolos primarios se denomina peciolo. Después de desarrollar de seis a nueve hojas, pueden parecer botones florales en toda o alguna de las ramas apicales.

Las hojas están provistas de vellosidades de diversos tipos, los cuales también se encuentran presentes en las demás partes aéreas de la planta. En cuanto a la distribución de los estomas, estos suelen ser más numerosos en la superficie inferior de las hojas que en la superior.

Se denomina el primer nivel, a la zona que comprendida desde la parte baja del tallo, incluidas sus hojas, y hasta la primera flor. La sección comprendida entre las flores de primera y segunda generación se denomina segundo nivel, y el tercer nivel, va desde la sección comprendida entre las flores de segunda y tercera generación. El número de niveles y la longitud del tallo de cada nivel dependen de la variedad, horas de luz diaria, abonado, etc. Las variedades de ciclo largo tienen más niveles y los tallos más cortos, mientras que las variedades de ciclo corto tienen más niveles y la longitud de los tallos en cada nivel es mayor.

Hay diferencias varietales en la forma, número, tamaño y color de los folíolos. La forma de la hoja puede verse modificada de manera muy sustancial por la temperatura y el número de horas de luz.

En la axila de cada hoja hay generalmente una sola yema axilar latente, salvo en un pequeño número de axilas procedentes de la inflorescencia en donde se pueden observar dos, y excepcionalmente tres yemas. Dichas yemas, y de forma especial las situadas en la axila de las últimas hojas formadas, se desarrollan en ejes después del paso del meristemo terminal al estado reproductor y la pérdida de la dominancia apical.

Flores y frutos: Las flores son pentámeras, y los colores son diversos variando desde el blanco al morado. Las flores tienen estilo y estigma simples, con un ovario bilocular. La dispersión del polen es llevada a cabo por el viento. La polinización cruzada en los tetraploides es rara, realizándose de forma natural una autopolinización. Las flores están agrupadas en una inflorescencia cimosa, situada siempre en la extremidad de un tallo y sostenida por un escapo inflorescencia, denominado inadecuadamente como péndulo.

El número de flores es variable y depende de cada variedad de la que se trate, lo mismo se puede decir de los frutos originados a partir de esas flores.

La flor es muy característica de las Solanáceas; es actinomorfa y pentámera. Está sostenida por un pedicelo y presenta:

- Cinco sépalos soldados en la base de un cáliz gamosépalo.
- Cinco pétalos, iguales soldados en una corola gamopétala de diversos colores.
- Cinco estambres, alternando con pétalos y fijados sobre el tubo de la corola. Las anteras están unidas entre sí, formando un manguito en cuyo centro se destaca un estilo único. Su dehiscencia es poricida (en cada una de ellas se encuentran 2 poros en su extremidad), lo que es una característica particular que presenta el género *Solanum*.

- Dos carpelos soldados en un ovario súpero, con dos cavidades, con placentación axilar, conteniendo numerosos óvulos y coronado por el estilo y el estigma. Los carpelos están orientados de forma oblicua en relación con el plano medio de la flor (Jones, 1939).

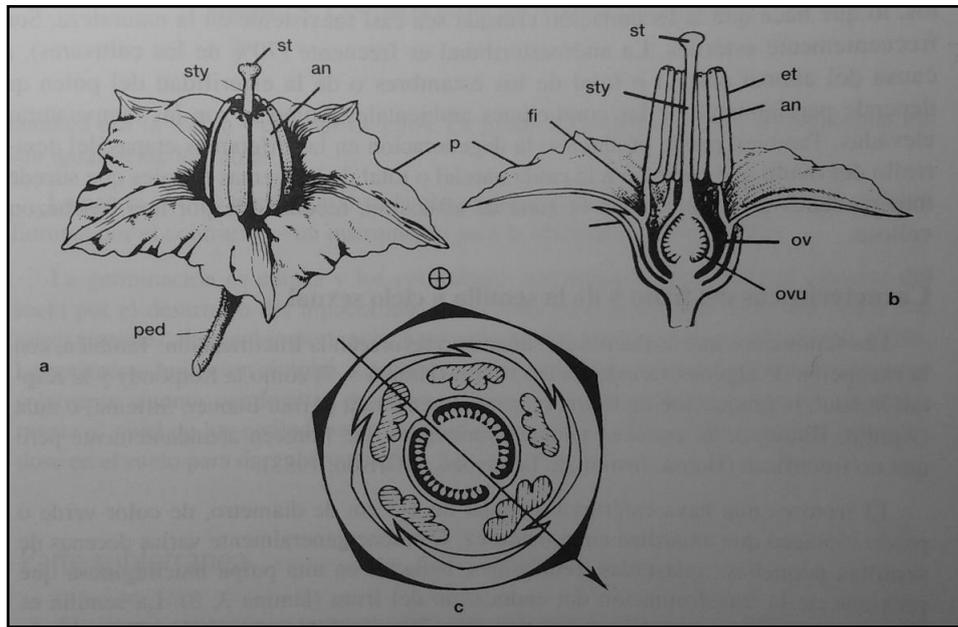


Figura 7. Estructura de la flor de la papa: vista general (a), corte longitudinal (b) y diagrama floral (c) (Rousselle et al.,1999).

El fruto maduro es una baya de forma redondeada u oval, variando de color desde el verde o amarillo y en algunos casos violeta; su tamaño es variable pudiendo medir entre 1 y 3 cm de diámetro, y consta de dos cavidades o lóbulos en los que se alojan las semillas, siendo el número de semillas de cada fruto muy variable y pudiendo ir desde ninguna hasta más de trescientas.

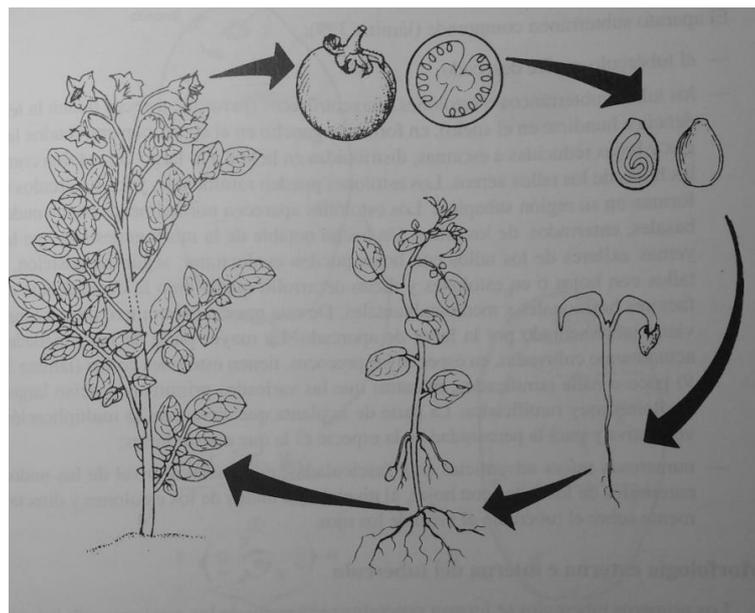


Figura 8. Ciclo de la papa por reproducción sexual (Rousselle et al., 1999).

Generalmente, no se cultiva la papa a partir de la semilla verdadera, a excepción de fines genéticos, con el objetivo de obtener nuevas variedades. La germinación de la semilla verdadera de la papa es epigeal porque los cotiledones emergen del suelo por alargamiento del hipocotilo. La radícula aparece en la zona micropilar de la semilla y enseguida se forman raíces laterales. Las primeras hojas son ovaladas y con pelos. Cuando la plantilla tiene únicamente unos pocos centímetros de altura, aparecen los estolones en las axilas de los cotiledones y después de introducirse en el suelo forman pequeños tubérculos. El sistema radicular es fibroso y está muy ramificado.

2. Parte subterránea

Está constituida por las raíces y los tubérculos.

Raíces: Las plantas que se desarrollan a partir de tubérculos producen raíces adventicias en los nudos de los tallos subterráneos y en los estolones. Son muy ramificadas, finas y largas, dependiendo de su desarrollo de que el suelo esté más o menos mullido.

Normalmente, la planta de la papa comienza a desarrollar su sistema radicular bastante cerca de la superficie, no llega a profundizar más de 40 o 50 cm, aunque se han encontrado raíces en suelos homogéneos y relativamente sueltos, a una profundidad de un metro.

Las raíces y estolones se desarrollan a partir del tallo subterráneo, entre el tubérculo “semilla” y la superficie del suelo, por lo tanto el tubérculo debe ser plantado a una profundidad tal que le permita una adecuada formación de raíces y estolones.

El sistema radicular está formado por raíces adventicias. En las primeras etapas del cultivo el sistema radicular se limita a la zona superficial del suelo, para continuar su crecimiento hacia zonas más profundas, después de haberse extendido horizontalmente hasta una cierta distancia. Esto deja el suelo que está justo debajo de las plantas, casi libre de sus propias raíces.

Tubérculos: Se considera tubérculo a una parte del tallo que se ha adaptado para el almacenamiento de sustancias de reservas y para la reproducción asexual de la planta. En ocasiones, se desarrollan tubérculos aéreos en la inserción de las hojas en el tallo. Esto ocurre cuando la parte aérea continúa produciendo reservas y ha sido bloqueado el transporte de productos de asimilación a los tubérculos. Este bloqueo puede estar debido a daños mecánicos o por el ataque de un hongo a la planta (por ejemplo *Rhizoctonia solani*) en la parte más baja del tallo.

El tubérculo se forma en el extremo del estolón como consecuencia de la acumulación de reservas que se producen por el rápido desarrollo y división celular. Por lo general, la unión del estolón con el tubérculo muere cuando la planta alcanza la madurez o bien se rompe durante la recolección.

El tipo y la cantidad de sustancias que se constituyen en el tubérculo son variables y están muy relacionadas con la variedad y con las condiciones de crecimiento. Como valores medios de la composición de un tubérculo fresco podemos considerar los siguientes:

- Agua: 65-85%.
- Hidratos de carbono: 15-28%.
- Proteínas: 1-4%.
- Grasas: 0,05-0,9%

– Cenizas: 0,5-1,5%.

Otros constituyentes en la composición del tubérculo fresco, los hacen en menor proporción y son: azúcares, polisacáridos, enzimas, ácido ascórbico, otras vitaminas, sustancias fenólicas, ácidos nucleicos, etc.

Tabla 7: valores nutricionales de la papa.

Componente	% mat. fresca	% mat. seca	mg/100 g mat. fresca
Valor energético			80 kcal.
Agua	77,5		
Materia seca	22,5		
Proteínas	2		
Lípidos	0,1		
Cenizas	1		
Glúcidos totales (azúcares)*	19,4		
Almidón	15,7	70	
Sacarosa	0,1 – 0,2	0,5 – 0,1	
Glucosa, fructosa	0,07 – 0,45	0,5 – 0,2	
Celulosa		2 – 4	
Pectinas		2,5	
Acido cítrico		1	
Vitaminas			
Tiamina (B1)			0,11
Riboflavina (B2)			0,04
Nicotianimida (B3 o PP)			1,2
Ác. pantoténico			0,3
Piridoxina (B6)			0,2
Ác. ascórbico (C)			
Papa nueva			40
Papa 3 meses			15
Papa 6 meses			5
Minerales			
Azufre			29
Calcio			14
Cloro			35
Cobalto			0,01
Cobre			0,16
Fósforo			53
Hierro			0,8
Iodo			0,03
Magnesio			27
Manganeso			0,17
Potasio			410
Sodio			3

*Azúcares reductores. Estos azúcares corresponden a papas recolectadas a la completa madurez y no almacenadas. El contenido en azúcares solubles depende mucho del grado de madurez y de las condiciones de conservación de los tubérculos. Elaboración propia a partir de: Talburt y Smith (1987); Burton (1966) y Grison (1981), citados por Gravouille (1999).

Por el contenido en materia seca de los tubérculos (constituida esencialmente por almidón), es uno de los parámetros cuantificados que nos revela la calidad de la papa, junto a la cantidad de

azúcares reductores. Es muy variable en función de la variedad, de las condiciones agroclimáticas y de las técnicas de cultivo que se efectúen. Según Münster (1971), las papas que se cultivan en suelos de tipo arcilloso o limo-arcilloso obtienen valores más altos de materia seca que en los suelos tipo arenosos. En el interior del tubérculo aumenta en sentido transversal a la periferia, hacia los parénquimas perivasculares y luego disminuye hasta el centro. En el sentido longitudinal, aumenta desde la corona hacia el talón. El contenido en materia seca se eleva paralelamente al aumento en calibre de los tubérculos, aunque los tubérculos más gruesos no presenten el contenido más alto. Este contenido es mayor en el córtex que en la médula (Rousselle et al., 1999).

En la Tabla 7 se presentan los diferentes valores medios de los parámetros nutricionales de la papa más utilizados a nivel internacional para la caracterizar la calidad fisicoquímica. La Calidad organoléptica de las papas viene condicionada por los azúcares reductores, la textura y la materia seca.

Entre las características físicas del tubérculo cabe destacar: la forma del tubérculo, la profundidad de los ojos, el color y la textura de la piel y el color de la carne. Todas estas características están ligadas genéticamente a la variedad de la papa.

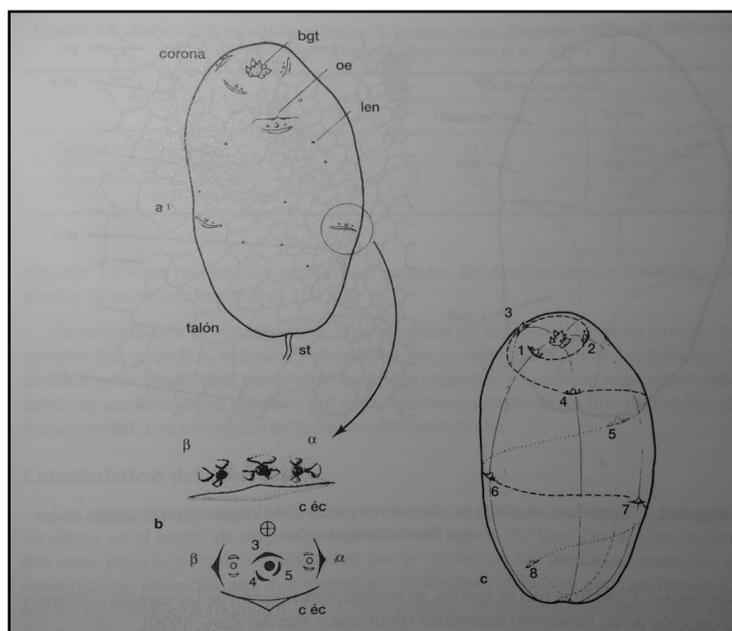


Figura 9. Estructura externa de un tubérculo de papa: sus diferentes elementos (a); detalle de la organización de un ojo (b) y disposición de los ojos en la superficie del tubérculo (c) (Rousselle et al.,1999).

La forma de los tubérculos varía desde completamente alargada como el cultivar Spunta hasta la redonda 'Druid', aunque la mayoría tienen una forma ovalada o cilíndrica. La forma del tubérculo condiciona en muchos casos el uso de la variedad, sobre todo en la utilización industrial.

En cuanto a la profundidad de los ojos, en la mejora genética se va buscando que los ojos sean más superficiales y menos hundidos, por evidentes razones de facilidad en el pelado y preparación, aunque todavía se utilizan variedades de ojos profundos comerciales.

Con respecto al color de la piel, este es debido a la presencia de pigmentos en las células del peridermo. El color de este pigmento varía desde el amarillo más o menos claro y uniforme como ocurre en la Up to Date hasta el violeta oscuro como podemos ver en la variedad local Bonita Negra, pasando por el rosa pálido visible en 'Rooster' y el rojo en 'Druid'. Igualmente hay variedades que

tienen tubérculos bicolors con piel de color amarillo y la parte cercana a los ojos rojas, como ocurre en 'Cara' o 'Galáctica'.

Con respecto a la textura de la piel, según la variedad, van desde lisa a áspera, jaspeada o rugosa.

En cuanto al color de la carne, presenta una amplia gama de coloraciones desde el blanco presente en el cultivar Kennebec al violeta oscuro que muestra 'Vitelotte Noire', pasando por el amarillo intenso de la Negra Yema de Huevo, el color crema de las bonitas o el crema con un color secundario violeta en las Pelucas y las Palmeras o Marcialas.

Brotos: El número de brotes de ojos de los tubérculos varían mucho, debido a que depende de muchos factores, como pueden ser: variedad, calibre del tubérculo, condiciones de crecimiento del cultivo, etc. En los ojos es donde surgen los brotes que darán lugar a la nueva planta.

Las yemas se distribuyen por la superficie de los tubérculos, en forma helicoidal, abundando sobre todo en la parte opuesta al punto de inserción con el estolón.

El brote principal o dominante da lugar al tallo principal, a partir del cual como ya se expuso anteriormente, pueden crecer tallos laterales o estolones.

Dentro de un ojo en el tubérculo se encuentra una yema principal además de haber yemas laterales. Generalmente, el brote surge a partir de la yema principal de un ojo, aunque en ocasiones el ojo principal puede ser eliminado, ya sea por un golpe, un corte, etc., en este caso es muy probable que las yemas laterales, que normalmente forman los estolones, originen uno o más tallos que brotaran del mismo ojo.

En presencia de la luz, los brotes tienden a ser más cortos y más gruesos, habiendo variabilidad en su coloración, pudiendo ser esta verde a púrpura, y por el contrario los brotes que se desarrollan en ausencia de luz son más largos, más débiles y de coloración no verde, blanquecina, violeta, rosado o rojo, debido a la ausencia de la clorofila.

Ha quedado demostrado en diferentes estudios que el vigor del crecimiento de la planta está estrechamente relacionado con el de los brotes de los cuales provienen. Por esta razón es conveniente utilizar el tubérculo, para la plantación, una vez ha alcanzado una fase de crecimiento activo. Y de esta manera asegurar una nacencia más rápida y vigorosa.

4. VARIEDADES

4.1. Variedades comerciales o "papa blanca"

Pertenecen a la especie *Solanum tuberosum* L. todas las variedades de papa blanca o comercial cultivadas en las islas. Esta especie se ha seleccionado y se ha mejorado genéticamente no solo por obtener las características más apreciadas por el consumidor como el sabor, facilidad de cocción, capacidad de conservación, contenido en materia seca y en féculas, etc., sino también características de cultivo adecuadas para su adaptación a diferentes ubicaciones como la duración del ciclo, capacidad productiva y resistencia a enfermedades, etc.

El cultivar King Edward fue la más cultivada desde finales del siglo XIX. Más adelante, en 1938 se empezaron a traer 'Up-to-Date', 'Royal Kidney', 'Mayesti' y 'Erdgold', y junto con la King Edward,

representaron un total de importación de 3757 t (PIPT, 2012). en 1961, el cultivar más importado Up to Date, además de nuevas obtenciones como ‘Gladstone’ y ‘Scormont’ hasta completar 6000 t de papa de siembra. En 1962, debido a los bajos rendimientos de ‘King Edward’, se comenzó a exportar papa de Irlanda en detrimento de la semilla escocesa. En 1964, la cantidad de semilla importada ascendía a 13.240 t, y en 1967 se origina un nuevo cambio en el origen de la semilla, pasando parte de la de Irlanda a Inglaterra (delegación de comercio de Santa Cruz de Tenerife, 1961; 1962; 1964; Rodríguez, 1986). En la década de los 70, los cultivares importadas fueron King Edward, Up to Date, Arran Banner, Kerr’s Pink, y otras obtenciones en cantidades más pequeñas. En los años 80, la cantidad de papa exportada descendió bruscamente, pero se continuó importando papa de siembra para la producción local, y con un aumento considerable; pasando de 12.000 t importadas en el año 1976, a 18.000 t en 1983. A partir de 1983, se comenzó a cultivar el cultivar ‘Cara’, y comenzaron a entrar variedades de características similares.

A día de hoy, hay una gran variedad de material vegetal disponible, pero entre los cultivares más cultivadas en Canarias se destacan las siguientes:

- Variedades tradicionales originarias de Europa: King Edward, Up to Date, Arran Banner, Kerr’s Pink. Estas variedades se cultivan en Canarias desde hace más de medio siglo, en algunos casos su obtención se remonta a finales del siglo XIX y principios del XX.
- Variedades más recientes originarias de Europa: Apache, Bermuda, Cara, Picasso, Valor, Druid, Spunta, Merlin, Red Cara, Rooster, Slaney, Avondale, Othello, etc. En comparación con las anteriores son más productivas y resistentes gracias a la mejora genética

4.1.2. Características de las variedades principales

Seguidamente, se describen los cultivares de papa blanca más comunes en Canarias, obtenida de los Aforos de cosechas de papas extratemprana, media y tardía (Servicio de Coordinación Estadística. Secretaría General Técnica. CAGPA) y de la información técnica del Área de Agricultura y Aguas del Excmo. Cabildo Insular de Tenerife (PIPT, 2012).

King Edward: Es un cultivar de ciclo medio, es decir dura entre 110 y 125 días. Los tubérculos presentan un calibre mediano-pequeño, con forma ovalada-alargada. La piel es amarilla parcialmente coloreada alrededor de los ojos. La carne es blanca y tiene ojos superficiales. Medianamente rústica, exige suelos fértiles y climas poco calurosos. Baja resistencia a la sequía.

Es muy sensible al mildiu en la mata y en el tubérculo, bastante resistente al virus “X” de la papa (PVX), al virus del “enrollado” (PLRV) y a la sarna común (*Streptomyces scabies*). Produce muchos tubérculos por planta de pequeño calibre y no soporta bien el corte del tubérculo para semilla. La conservación es media. Por sus bajos rendimientos y calibre se considera de menor calidad agronómica que otras variedades. Es la más demandada por los isleños, puesto que tiene muy buena aptitud culinaria.

Up-To-Date: Es un cultivar con un ciclo superior a 125 días. El tubérculo es oval, algo aplastado, calibre grande y homogéneo. Piel blanca y lisa. Carne blanca cremosa con ojos superficiales. Variedad bastante rústica, resistente a la sequía y adaptada a las características agroecológicas de la región. Variedad sensible a virosis, mildiu y sarna común. Se obtienen buenos

rendimientos y tiene una muy fácil conservación, soportando bien largos períodos de almacenamiento. En cuanto a la calidad culinaria es muy alta.

Arran Banner o Blanca-Redonda: Cultivar de ciclo medio. El tubérculo es de calibre mediano a grande, poco homogéneo, y con forma redondeada. Tiene la piel amarilla, carne blanca cremosa y ojos superficiales. Variedad muy rústica y soporta muy bien la sequía. En regadío tiene tendencia al ahuecado, e incluso en secano en ciclos de cultivo con reparto desigual de la pluviometría.

Es relativamente resistente al mildiu en hoja y tubérculo, y sensible a la sarna común, al PLRV y a PVY. Presenta rendimientos aceptables. Buena conservación, con brotación tardía y una calidad culinaria media. Incrementa su calidad tras un periodo de conservación en frío.

Kerr's Pink o Rosada o rosada-redonda: Es un cultivar de ciclo medio. Los tubérculos son redondos algo aplastados, de calibre mediano a pequeño y piel rosada con carne blanca y ojos semiprofundos. Variedad bastante adaptada al secano húmedo.

Es bastante susceptible al mildiu en la parte aérea y a la sarna común. Algo sensible al PLRV y al PVY. Tiene aceptables rendimientos en regadío, pero produciendo un elevado porcentaje en calibres menores a 45 mm. Soporta bien una o dos multiplicaciones en la zona fría, con rendimientos aceptables. La conservación es fácil, aunque a temperaturas altas brota fácilmente y la calidad culinaria es muy buena.

Spunta: Es un cultivar de ciclo medio-corto (100 – 120 días). La planta es de porte alto y flor blanca. Los tubérculos son muy grandes y homogéneos, con forma alargada y algo arriñonada, terminados en punta, carne amarillenta, piel lisa y amarilla, con ojos superficiales. Buena rusticidad, se adapta bien al secano húmedo y a temperaturas elevadas. Proporciona elevados rendimientos en regadío, con alto porcentaje de tubérculos grandes.

Los tubérculos son alargados ovales de piel amarilla con ojos del mismo color y la carne amarilla pálida. Presenta sensibilidad a nematodos (*G. pallida* y *G. rostochiensis*), mildiu aéreo y en tubérculo, sarna y PVY. Es algo menos sensible al PLRV. Tiene una conservación un tanto delicada, y en cuanto a la calidad culinaria es aceptable, se utiliza principalmente para freír.

Cara: Es una variedad semitardía con un ciclo superior a 140-150 días. Planta de porte medio, follaje denso. Florece a las ocho semanas de forma uniforme, siendo su flor de color blanco. Tubérculo de calibre grande, uniforme, con forma ovalada. Piel amarilla parcialmente coloreada. Carne blanca cremosa. Numerosos ojos, poco profundos, de color rojo.

Es un cultivar bastante rústico, adaptada al secano húmedo. Proporciona buenas cosechas en segunda multiplicación. Presenta una alta resistencia al nemátodo *Globodera rostochiensis* (Ro1), resistencia media a sarna común (*Streptomyces scabies*) y resistencia media a mildiu (*Phytophthora infestans*) en hoja y tubérculo y algo al PVY. Es sensible al nemátodo *G. pallida*. Es muy productiva, con rendimientos muy superiores a la variedad King Edward. Fácil conservación y calidad culinaria aceptable, principalmente para freír.

Apache: Es una variedad de reciente introducción con tubérculos son ovales con ojos superficiales, y una duración del ciclo medio, en torno a los 120 días. La piel es particoloreada en rojo y amarillo claro con carne amarillo pálida, Es resistente al mildiu en hojas y tubérculos, PVY y al PLRV. Es sensible a las dos especies de nemátodos (*G. rostochiensis* y *G. pallida*) y a daños mecánicos en postcosecha.

Bermuda: Es un cultivar que se va implantando en Tenerife en los últimos años de ciclo medio de unos 120 días. Los tubérculos son ovales con ojos blancos poco superficiales. Tanto la piel como la carne son blancas. Es una variedad adaptada a climas cálidos. Es susceptible a *Globodera rostochiensis* pero presenta una buena resistencia al mildiu y a la otra especie de nemátodo (*G. pallida*). No se recomienda para almacenamientos largos, Es susceptible al herbicida metribuzina.

Red Cara: Es una mutación, similar a la Cara en cuanto a características agronómicas y morfológicas. Tiene un ciclo largo, superior a 150 días. Planta de porte medio, con tubérculos de forma redondeada, de piel roja y ojos semiprofundos. Es una mutación de la variedad Cara. Tiene una alta productividad. Tubérculo redondo-oval, con piel roja, carne cremosa y ojos superficiales. Calibre bueno y muy homogéneo.

Resistente al nemátodo del quiste *G. rostochiensis*, mildiu y virus, y moderadamente resistente a la sarna común. Buena conservación y resistente a la sequía. Papa de buena calidad para consumo en fresco.

Avondale: Es un cultivar de ciclo tardío. Al igual que la anterior, también es una mutación de la variedad Cara. Planta de porte medio, con un follaje menos denso que la variedad Cara. Florece después de ocho semanas, de forma uniforme. La flor es de color blanco. El tubérculo es redondo-aplanado, piel totalmente blanca. Los ojos son pocos profundos, de color blanco y en número relativamente bajo. Carne de color blanco.

Presenta las mismas tolerancias que Cara aunque se podría considerar algo menos rústica. Su conservación es aceptable y buena para cocinar, sobre todo para guisar.

Picasso: Es un cultivar de ciclo medio-corto y de alto rendimiento. Planta con tallos gruesos, erguidos y de color gris. Floración escasa, con flores de color blanco. Los tubérculos son de forma ovalada, grandes, con ojos bastante superficiales. Piel con manchas rojas y bastante áspera.

Planta medianamente sensible al mildiu, inmune al virus “X” de la papa (PVX) y muy resistente al PVY. Resistente también al tipo “A” de *G. rostochiensis*. Tanto su conservación como su calidad culinaria son buenas.

Slaney: Es un cultivar de ciclo medio. Planta de porte medio, floración a las siete semanas, siendo la flor blanca. Tubérculos de forma redonda a oval y de gran tamaño. Ojos blanco medio profundos. Carne de color crema y piel blanca.

Planta de alto rendimiento. Variedad que presenta baja resistencia al mildiu aéreo, mejora bastante su resistencia al mildiu terrestre o del tubérculo. Buena resistencia al PVY, sarna común, sequía y magulladuras. Altamente resistente al virus “rattle” y resistente al nemátodo de quiste. Posee una conservación aceptable, y una buena aptitud culinaria.

Rooster: Es un cultivar de ciclo intermedio. Presenta tubérculos redondo-ovalado, de color rojizo, con un tamaño de mediano a grandes. La piel es blanca, con la carne color amarillo claro, y ojos blancos semiprofundos.

La resistencia al mildiu es media. Su conservación es aceptable, y tiene buena aptitud culinaria. Muy usada por los agricultores para el autoconsumo.

Druid: Es un cultivar de ciclo tardío similar a la variedad Cara, superior a 150 días, y de alto rendimiento. La planta es de porte medio-alto, con follaje denso y robusto, “tumbándose” a los cinco meses de cultivo. La flor es de color blanco Presenta tubérculos ovalados, algo irregulares, con calibres también irregulares. Piel pardo-rojiza y carne blanca cremosa.

Es sensible a *Streptomyces endobioticum* (sarna verrugosa), pero resistente al mildiu en hoja y tubérculo, al pie negro, a la podredumbre seca, a *Globodera rostochiensis* a la sarna común (*S. scabies*) y virus, especialmente el PVY. Tiene muy buena calidad de conservación, con altos porcentajes de materia seca en el tubérculo. Presenta una buena resistencia a los daños mecánicos. Esta variedad presenta una alta polivalencia en el consumo, sirviendo tanto para cocinar como para fritar en bastones y chips.

Valor: Es un cultivar de ciclo medio-tardío (135-150 días). Presenta tubérculos redondo-ovalados con un calibre de mediano a grande. Ojos semi-superficiales blancos. La piel es blanca y la carne cremosa. Resistencia media frente al mildiu aéreo y alta al del tubérculo. Se presenta como un buen cultivar para condiciones subóptimas de riego. La producción es aceptable y su sabor es bueno, se utiliza especialmente para guisar.

4.2. Variedades antiguas, locales o de color

En Canarias se utiliza desde hace varios siglos, cultivares locales, muchos de ellos de origen andino. Ha supuesto una gran confusión el gran número de diversos cultivares y la inmensa mayoría de nombres para identificar a los mismos, así como la continua llegada de nuevos cultivares americanos, incluso durante el siglo XX.

4.2.1. Clasificación de cultivares

Cabe destacar que han realizado trabajos para determinar la taxonomía y las características de cada cultivar de papa local en Tenerife, con la ayuda de (Zubeldía et al., 1955; Chico, 1986; Álvarez y Gil, 1996; Gil et al. 1997, 2000; Ríos et al. 1999, 2000, 2001; Casañas, 2001; López, 2001; Ríos, 2002; Ríos et al. 2007; Ríos, 2012). Gracias a esto se puede determinar las diferencias entre cultivares y su pertenencia a especies y subespecies distintas, que se describen a continuación:

1. *Solanum tuberosum* ssp. *andigena*: Papas Bonitas, Azucenas, Terrentas y Coloradas.
2. *Solanum tuberosum* ssp. *tuberosum*: Papas Palmeras, Pelucas, Moras y Borrallas.
3. *Solanum chaucha*: Papas Negras.

Por otro lado, hay papas que también se consideran canarias, que han sido importadas en el siglo XX; de otros lugares. Por un lado, originarias seguramente del Reino Unido, estas papas se han dejado de importar, pero se conservan gracias a los propios agricultores (Liria o Lila, De María, Rafaela o Marcela, Matancera y Rosita). Y, por otro lado, traídos desde Venezuela y otros países de América del Sur, por los emigrantes canarios (Venezolanas, Andinas y Colombianas).

4.2.2.1 Distribución e importancia de cultivares antiguos en las islas

La isla con más cantidad de papas antiguas que se mantiene en cultivo es Tenerife. Luego le sigue La Palma, conservando una tradición de producción, en especial Palmeras y Corraleras. Según la Asociación de Papas Antiguas de Canarias, Lanzarote y el Hierro producen algunos cultivares locales, pero en cantidades reducidas y no identificadas. Y, por último, en la Gomera su presencia

es testimonial, y tanto en Gran Canaria como en Fuerteventura no se conservan en la actualidad papas antiguas.

La papa de color tiene un alto valor patrimonial, social y culinario en Tenerife, ya que se trata de un cultivo de variedades antiguas que han sido conservadas por los agricultores a lo largo de cuatrocientos años.

Casi toda la superficie de cultivo de papa de la isla, era ocupada por las papas de color hasta hace cuarenta años aproximadamente. Pero debido a la aparición de la semilla importada se vio desplazado este cultivo. Como las papas comerciales ofrecían mayores rendimientos, las papas de color se convirtieron en un cultivo casi de carácter familiar.

Gracias al trabajo del Centro de Conservación de la Biodiversidad Agrícola de Tenerife (CCBAT), adscrito al Servicio de Agricultura y Desarrollo Rural del Cabildo de Tenerife, se han podido conservar las diferentes variedades. Gracias a esta labor, se han conseguido proteger muchos cultivares de su desaparición, y registrar como variedades de conservación las más importantes.

A día de hoy la superficie de la papa de color asciende a unas 500 ha, lo que equivale a un 10-15% de la superficie total de la papa de la isla, ubicadas por las medianías de Tenerife principalmente.

La distribución de la papa depende de la zona en la que se encuentre. Hay una multitud de variedades y diferentes manejos según la zona donde sean cultivadas. Como ejemplo, podemos diferenciar a grandes rasgos las medianías del Sur de la Isla (Granadilla, San Miguel, Arico, Fasnía y Vilaflor) tratándose de cultivo en jable, en regadío, y siembra en fechas más tempranas; en el caso de las medianías del Norte (desde la Esperanza hasta Buenavista), el cultivo es principalmente de secano, con variedades importantes como la Bonita Ojo de Perdiz, la Azucena y la Colorada de Baga, siendo el momento de siembra principal, el mes de enero.

Prácticamente toda la isla, exceptuando algunas zonas del sur, se ubican cultivos familiares, normalmente agricultores mayores de cincuenta años y apenas con relevo generacional. Debido a las parcelas fragmentadas se hace difícil la mecanización y son explotadas a tiempo parcial. La única forma de conservar la semilla, hasta hace muy poco, era gracias a los agricultores, guardando la semilla año tras años, hasta la aparición de las variedades saneadas de CULTESA, que empiezan a convivir con las tradicionalmente obtenidas. Sus conocimientos se han ido perdiendo con el paso del tiempo, lo que ha repercutido en la pérdida de calidad de la semilla. Por otro lado, y como consecuencia de las sequías habituales de los últimos años, es frecuente la disminución del calibre de las papas que bajo estos sistemas no originan semillas adecuadas.

4.2.2.2 Características de los principales cultivares de papas antiguas

A continuación, se describen los principales cultivares según Ríos (2012):

Terrenta: Se le llama Terrenta o Torrenta y se trata de papas que tardan bastante en grelarse. El color de la piel es morado algo rojizo con un color secundario morado oscuro, los ojos ligeramente profundos y la carne de color amarillo claro. Cuando brota los grelos son de coloración violeta sobre un fondo blanco-verdoso. La forma es generalmente redonda en papas de tamaño pequeño u ovalada. En algunas ocasiones se pueden encontrar Torrentas con los ojos ligeramente blancos.

Tanto su conservación como aptitud culinaria son buenas y las principales zonas de producción son entre el Rosario y Acentejo.

Azucena Negra: Las papas de esta variedad son generalmente de forma redonda, con la piel algo áspera. El color de la piel es morado-rojiza, salpicado de marrón claro como color secundario por todo el tubérculo. La carne es color crema, con los ojos superficiales y los brotes o “grelos” violetas con manchas blancas. Es una papa muy dura, que llega a estar más de 4 meses sin brotar o “grelarse”, estando buena para comer hasta enero o febrero del año siguiente si se cogió en junio-julio. Esta papa ha sido la preferida para la elaboración del condumio en algunas zonas del norte de Tenerife.

Son de excelente calidad, con muy buena aptitud culinaria, y las principales zonas de producción son entre La Esperanza hasta Buenavista, especialmente El Palmar.

Azucena blanca: Las papas son predominantemente de forma redonda, de color marrón claro, y salpicado de manchas de color morado rojizo. La piel no es tan áspera como en la Azucena Negra. Existen muchas papas con coloraciones intermedias entre las Azucenas Blancas y las Negras, e incluso hemos llegado a encontrar papas que presentan la totalidad de la piel canelo claro, sin salpicaduras de morado rojizo. La carne es de color crema como la Azucena Negra, invirtiéndose los colores de los grelos, siendo en este caso blancos salpicados de violeta. En cuanto al tiempo que tarda en grelarse es similar al de la Azucena Negra, es decir, es una papa que soporta un largo periodo de almacenamiento. Tiene una excelente aptitud culinaria, y las principales zonas de producción son entre La Esperanza y Buenavista.

Mora: Papas de carne blanca, con ojos medios y profundos, y formas normalmente ovales, oblongas o largo oblongas. “Grelos” o brotes de color violeta con el ápice blanco- verdoso. La piel de la papa es coloreada con un salpicado no uniforme de blanco-crema oscuro y rojo morado, este último color se oscurece y concentra sobre los ojos y a su alrededor. Los tubérculos de esta variedad muestran un periodo de latencia corto, normalmente menos de 100 días.

Negra: Las papas de esta variedad presentan como característica más importante el color amarillo intenso de la carne, que las hace realmente muy atractivas. La piel es morada rojiza muy oscura, casi negra, con manchas color marrón anaranjado. Se ha encontrado una alta variabilidad en la cantidad de manchas y su distribución. Así, por ejemplo, en la variedad Negra Oro de CULTESA (variedad negra yema de huevo saneada, es decir, desprovista de virus) predomina el color anaranjado con manchas morado-rojizas, esto suele producirse también de forma espontánea en campo. Algunos agricultores llaman a estas papas de color claro que aparecen en la cosecha como Blanca Negra, y parece que dependen de las condiciones de estrés a las que ha estado sometido el cultivo. Los ojos son ligeramente profundos, aunque al aumentar los tubérculos los ojos son mucho más profundos. La forma de la papa es redonda principalmente en los tubérculos más pequeños, oval en los intermedios e incluso alargados en aquellos de gran tamaño. Al brotar los grelos son violetas con manchas de color blancas.

Las Papas Negras son una exquisitez y una rareza que nos han dejado los agricultores tinerfeños. Con un toque cremoso al cocinarlas, no son tan harinosas como el resto de las variedades antiguas. Su gran inconveniente es su corto periodo de brotación (entre 15 y 45 días), lo que las convierte en un producto de primor, pues se estropean rápidamente tras su cosecha. Y las

principales zonas de producción son en la zona Norte desde el Rosario hasta Acentejo; y en la zona Sur desde el Valle de Güímar hasta Abona,

Bonita Negra: Las papas Bonitas Negras son las que presentan probablemente el colorido más atractivo de todas las papas tinerfeñas. La piel de los tubérculos es de color morado-rojizo muy oscuro y al lavarlos se vuelve brillante, no presentando generalmente colores secundarios. La carne es de color amarillo claro. La forma es normalmente redonda, algo comprimida, aunque esta variedad presenta bastante cantidad de tubérculos de forma alargada en forma de barrilete. Los ojos son ligeramente profundos y los grelos son color violeta pálido con la parte final de color blanco. El periodo hasta la brotación o su duración en el almacén son similares a las otras bonitas. Y las principales zonas de producción son el Valle de La Orotava y las Medianías desde Icod el Alto hasta La Guancha.

Bonita Blanca: Las papas de la Bonita Blanca o Marrueca son de color canelo claro con muy pocas manchas morado-rojizo claras, principalmente en la parte de arriba del tubérculo, en cejas y ojos. La textura de la piel es intermedia, es decir, ni muy áspera ni muy suave. La carne es amarillo claro. Los ojos son ligeramente profundos, y la forma es predominantemente redonda, aunque en algunas ocasiones aparecen tubérculos comprimidos, e incluso algo oblongos. Los “grelos” son morados con la punta de color blanco. Esta papa dura aproximadamente unos cuatro meses sin grelarse, algo menos que las azucenas, pero presentando en general una buena conservación. Y las principales zonas de producción son las mismas que la Bonita Negra.

Bonita Colorada: Los papas son predominantemente redondas, algunas algo comprimidas o irregulares en su forma, con la carne de color crema pálido, ojos ligeramente a medio profundos y los grelos de color morado con ligeros toques blanquecinos. La piel del tubérculo es morado-rojizo, con ojos y cejas coloreados más intensamente, y un color secundario ligeramente salpicado de anaranjado o marrón. Esta variedad es fácilmente confundible con la Colorada de Baga. Principalmente las zonas de producción son el Valle de La Orotava y las Medianías desde Icod el Alto hasta La Guancha.

Bonita Ojo (de) Perdiz: La forma de las papas es redonda, algo comprimida, obteniendo a veces papas de forma oblonga, y en general los ojos ligeramente profundos. Los grelos son de color morado terminando en blanco. La piel del tubérculo es canelo claro, con manchas moradas rojizas en las cejas de los ojos o de forma ligeramente salpicada, aunque existe una variedad altamente salpicada que los agricultores conocen como llagada. La carne es amarillo claro. Para muchos agricultores los términos llagada y ojo de perdiz son sinónimos. Sin embargo, en comarcas paperas como La Guancha, San Juan de la Rambla e Icod El Alto se diferencia la bonita llagada de la Bonita Ojo de Perdiz. Y las principales zonas de producción son las mismas que la Bonita Negra y Bonita Blanca.

Colorada de Baga: La piel de la papa es de color morado-rojizo pálido, con manchas salpicadas de color marrón, y tacto suave. La forma del tubérculo es predominantemente redonda, aunque muchas veces existen papas con formas oblongas, y sobre todo se originan ligeras protuberancias entre los ojos, lo que se conoce como forma ligeramente tuberosada. La carne es de color crema. La brotación es tardía, y los grelos son de color violeta y la parte terminal blanca. Es una papa que dura mucho después de ser cosechada y posee un alto contenido de materia seca, de tal manera que los agricultores dicen que cuando está para ser sembrada es cuando mejor está de

comer. Es decir, puede durar desde la cosecha en junio hasta enero del siguiente año sin problemas para ser consumida si sus condiciones de conservación son medianamente buenas. En cuanto a las principales zonas de producción son las mismas que la Bonita Negra, Bonita Blanca y Colorada.

Borralla o Melonera: Los tubérculos de esta variedad son oblongos si se mira en una posición y aplanados si se mira por el otro, siendo redondos cuando las papas son pequeñas. Los ojos son ligeramente profundos, con la carne amarilla y los grelos de color rosado con pocas manchas a lo largo y en el ápice. El color de la piel es marrón claro con ligeros tonos anaranjados, y ligeramente salpicado de rosado, sobre todo en la zona de los ojos. Es una papa con un periodo hasta la brotación largo, y con alto contenido en materia seca, de tal manera que dicen que cuando se come con un guiso de carne o en salmorejo se “chupa” toda la salsa. Las principales zonas de producción son las montañas de Anaga y Teno.

Peluca Blanca: Tubérculo de color rosado, salpicado de manchas naranjas y marrones. En algunas ocasiones aparecen variantes con colores azulados. El color de la carne es crema, y en algunos tubérculos podemos encontrar anillos de color rosado o violáceo. La forma es oblonga aplanada, con los ojos de la parte superior del tubérculo algo ladeados. Los grelos son morados con el ápice blanco. Los ojos son ligeramente profundos o superficiales. Es una papa que se grela a los 90 días aproximadamente, por lo que hay que tener ciertos cuidados con su conservación. Durante muchos años ha sido la papa más apreciada para el consumo de los que padecían diabetes, ya que según los consumidores tradicionales presenta un bajo contenido en azúcares. Otras Pelucas son la Peluca Negra y la Peluca Rosada. Y las principales zonas de producción van desde La Esperanza hasta Buenavista

Venezolana o Andina Negra: Tubérculos redondos de color morado rojizo en su totalidad con un ligero salpicado marrón, o como anteojos alrededor de los ojos de la papa. La piel es de tacto suave, hecho este que puede servir para diferenciarla en algunas ocasiones de la Azucena Negra. Los ojos son superficiales, con los grelos de color blanco, con pocas manchas de color violeta a lo largo del mismo. Es una papa de introducción no muy antigua, probablemente de la zona productora de Mérida en Venezuela, pero es muy valorada por su gran rusticidad durante el cultivo, su buena productividad y porque no se deshace al cocinarla. Se usa mucho para hacer las famosas papas con costillas. También es conocida como la Andina Blanca. Es una de las papas más distribuidas por toda la isla, incluso algunas zonas del sur.

4. EXIGENCIAS CLIMÁTICAS Y EDAFICAS.

4.1. Temperatura

La papa pertenece al grupo de cultivos de climas frío-templados, donde el cero de vegetación se encuentra entre los 5 y los 7°C, y su temperatura óptima del suelo para que empiece la tuberización está alrededor de 18°C.

El desarrollo de los tubérculos empieza a caer cuando la temperatura del suelo está por encima de los 20°C, y las temperaturas superiores a 29°C, hacen que el crecimiento de los

tubérculos se detenga prácticamente. Aproximadamente a partir de los -2°C , los tubérculos sufren el riesgo de helarse (Rousselle, 1999).

Cuando las temperaturas medias diarias están alrededor de los 21°C , los rendimientos son mayores. Por otro lado, las bajas temperaturas son importantes ya que inciden en la acumulación de carbohidratos y a la materia seca, en los tubérculos. Con estas temperaturas nocturnas, se ralentiza el proceso de respiración, la materia seca se quema menos, y se almacena en los tubérculos en forma de almidón.

Con altas temperaturas, el desarrollo de los brotes de la papa de siembra es más rápido. Con las bajas temperaturas, el número de tubérculos por planta es mayor, sin embargo, las altas temperaturas facilitan el desarrollo de tubérculos mayores. Cabe destacar, la fisiopatía conocida como crecimiento secundario en los tubérculos, asociado a etapas de sequía seguidas de lluvias.

Por otro lado, la fotosíntesis está influenciada por la temperatura e intensidad de la luz. La temperatura óptima de crecimiento no siempre se corresponde con la temperatura óptima para la producción de tubérculos. Esto puede ser causado por la gran influencia que tiene la temperatura sobre la distribución de la materia seca y sobre el modelo de crecimiento de la planta de la papa puesto que los carbohidratos producidos pueden destinarse tanto al crecimiento del tubérculo como de la vegetación

4.2. Luminosidad

Tanto la intensidad como la duración de la luz afecta a la papa. La planta de la papa se desarrolla antes, si la intensidad de la luz es alta, la tuberización se inicia antes y el engrosamiento de los tubérculos también, además del crecimiento máximo de los tallos y tanto los rendimientos como la materia seca aumentan. Pero hay que tener en cuenta, que, si las intensidades son muy altas, la planta puede morir prematuramente y el tamaño de las papas pueden verse limitados por esta muerte precoz.

4.3. Suelo

La papa requiere de suelos ligeros o semi-ligeros, con un subsuelo profundo. Soporta a pH ácidos, entre 5,5 y 6. En los suelos alcalinos se pueden producir con mayor intensidad los ataques de “sarna”, aunque en los últimos años han aparecido variantes de sarna ácida.

5. FISILOGIA.

Lectura recomendada en documento anexo: Revisión de Ecofisiología de la papa. Domingo Ríos Mesa y Belarmino Santos.

5.1. Fenología

La fenología del cultivo se realiza de acuerdo a los estados fenológicos y las diferentes fases, en función de diferentes modelos fenológicos o modelos de cultivo. En estos apuntes explicaremos brevemente el modelo LINTUL-POTATO, descrito por Kooman *et al.* (1996).

5.1.1 Fases del cultivo

- **Fase 0:** entre la fecha de plantación (P_t) y la emergencia del cultivo (E_{50}).
La emergencia del cultivo se determina realizando conteos periodicos del número de plantas emergidas a partir de la plantación y considerando que la E_{50} se produce al superarse el 50 % del número final de plantas emergidas.
- **Fase 1:** Entre la emergencia (E_{50}) y el inicio de la tuberización (I_t).
El inicio de la tuberización estima mediante la curva de crecimiento de los tubérculos, usando para ello, dependiendo de los cultivares, la función polinómica o exponencial que se adaptara mejor a la primera fase de crecimiento del tubérculo (Goudriaan y Monteith, 1990). Se considera como comienzo de la tuberización el momento en que el cultivo ha acumulado más de 1 g m^{-2} de materia seca de tubérculos.
- **Fase 2:** Entre el inicio de la tuberización (I_t) y el momento en el que un 90 % de los asimilados producidos al día se trasloca al tubérculo (At_{90}).
Este estado fenológico se determina mediante las curvas de tasas de crecimiento relativo de los tubérculos, interpolando para calcular el día en que el 90 % de los asimilados se dirigía al tubérculo. Este momento es definido como el final del crecimiento del área foliar.
- **Fase 3:** Desde el fin de la Fase 2 (At_{90}) al final del crecimiento del cultivo (t_{50}). Es el día en que la fracción de suelo cubierto o de radiación interceptada se reduce al 50 % del total. Se puede considerar como el punto de senescencia, o día en que más del 50 % de las plantas están completamente secas.

5.2. Componentes del rendimiento

Los tallos principales vienen definidos como aquellos cuyo origen son los brotes que proceden de las yemas del tubérculo madre (Bleasdale, 1965). Cada uno de estos tallos principales, después de la degeneración del tubérculo madre, origina una planta independiente con su propio sistema radical. De este modo, el número de tallos principales por unidad de superficie junto con el número de tubérculos por tallo y el peso medio de un tubérculo forman los componentes del rendimiento de un cultivo de papa.

Estudios realizados en el Reino Unido permitieron concluir que la cosecha total y la distribución de calibres de los tubérculos vienen determinados por el número de tallos por unidad de superficie. Se gún Allen (1978), demostró que el número de tubérculos y su peso medio están determinados por el número de tallos principales por unidad de superficie, la variedad y las condiciones ambientales. Se ha demostrado que la cosecha está altamente correlacionada con la densidad de tallos, hasta un valor límite cercano a la densidad de tallos óptima. La producción final varía en función de la densidad de plantación, y por lo tanto de modo indirecto, del número de tallos principales por m².

En general, y a pesar de algunas excepciones, se observa que a medida que aumenta el número de tallos principales por unidad de superficie tiende a disminuir el número de tubérculos por tallo pero aumenta el número de tubérculos por unidad de superficie. Así, una vez superada la densidad de tallos que permite maximizar la producción de tubérculos, al garantizar un máximo de radiación PAR interceptada a lo largo del ciclo, el tamaño de los tubérculos tiende a disminuir. Por tanto, el número óptimo de tallos en un cultivo de papa de siembra será superior al de un cultivo de papa de consumo ya que los calibres comerciales del primer tipo de tubérculos son inferiores a los del segundo.

En condiciones de secano, si bien el uso del número de tubérculos por tallo principal puede ser un factor determinante del rendimiento, es más conveniente el uso del número de tubérculos y de tallos principales por unidad de superficie, y que estos parámetros pueden ser utilizados en modelos de predicción con mayor nivel de seguridad, ya que proporcionan una mayor información sobre los efectos de competencia dentro de la cubierta del cultivo o por los asimilados entre los tubérculos en desarrollo.

Wurr *et al.* (1992) utilizando diferentes cultivares comerciales de papa, entre ellos Cara, determinaron que el tamaño del tubérculo de siembra influye sobre la cosecha final, al afectar el número de tallos por unidad de superficie y la distribución de tamaños de los tubérculos. Con una densidad de plantación de 4 tubérculos semilla por m² obtienen 52 tubérculos y 21 tallos por m² para el cv. Cara, encontrando que este cultivar es particularmente sensible a las variaciones de tamaño del tubérculo semilla y a las condiciones de cultivo. Por tanto, el agricultor debe fijar una dosis de siembra que tenga en cuenta todos los factores que van a determinar el número de tallos por unidad de superficie para ajustarlo al número objetivo que le garantice un rendimiento y calibre adecuado.

6. CULTIVO CONVENCIONAL. ALGUNAS CONSIDERACIONES PARA EL CULTIVO ECOLOGICO

6.1. Características, cuidado y preparación del tubérculo de siembra.

El estado de la semilla a la hora de la siembra debe ser óptimo para garantizar el desarrollo ideal del tubérculo. La etapa más delicada del cultivo es el espacio comprendido entre la siembra y la emergencia.

La semilla debe permanecer libre de cualquier plaga o enfermedad, y mantener un especial cuidado con las enfermedades peligrosas que se encuentran en el suelo, para evitar la contaminación de la superficie mediante la semilla.

En cuanto al calibre, deberá ser lo más uniforme posible para obtener tanto la emergencia de la planta como el cultivo en sí de la manera más uniformemente posible.

Cabe destacar, que siempre que sea posible debe utilizarse una semilla certificada puesto que la etiqueta oficial o el precinto nos asegura una semilla controlada. A la hora de hacer recomendaciones al agricultor, es importante, que este guarde la factura de compra de la semilla y la etiqueta de los sacos adquiridos.

El abanico de calibres o tamaños de la semilla certificada está comprendido entre los 28 y 65 mm para las variedades normales, y entre 25 y 60 mm para aquellas variedades en que su longitud es más del doble que su anchura.

Normalmente, el troceado de semilla se debe realizar entre 5 y 15 días antes de la plantación, para que cicatrice la herida, es decir, se endurezca la superficie de corte, pero otros muchos agricultores trocean la semilla casi antes de sembrar.

En el norte de la Isla de Tenerife, cuando se cultivan papas bonitas, es normal realizar el troceado de las mismas en el momento de la siembra. En ocasiones, se cubre el corte con azufre, cemento o cal.

En Canarias, dependiendo de la zona en la que se encuentre, el troceado se realiza de forma muy variable. El troceado, en su mayoría se realiza cuando los tubérculos tienen un calibre grande, mientras que la plantación con tubérculos enteros se realiza con la llamada papa de “a una”. La principal desventaja del troceado es el riesgo de transmisión de enfermedades.

En algunas localizaciones se sigue realizando el llamado “desculado”, que consiste en el corte basal del tubérculo, es decir en el lugar de inserción del estolón (Ríos et al, 1999).

Generalmente, cuando llega el momento de la siembra se eliminan los brotes que se han desarrollado durante el almacenamiento. Con esta práctica se perseguía acelerar y dar uniformidad de emergencia de los nuevos brotes. Esta operación se realiza en función del tamaño y color de los brotes, cuando éstos son largos, finos y blancos se suprimen para darles consistencia a los nuevos (Ríos et al,1999).

6.2. Preparación del terreno

La preparación del terreno se realiza entre 15 y 60 días antes de la siembra, donde se ara la superficie en profundidad y se puede incorporar tanto el abonado de fondo como las enmiendas que sean necesarias.

Se puede realizar mediante dos formas, por un lado, está la siembra manual, donde normalmente se asurca y se planta el mismo día. Y la siembra mecanizada, donde al mismo tiempo que se asurca se planta (Plan Insular de la Papa de Tenerife (PIPT, 2012).

6.3. Fertilización del terreno

Conseguir rendimientos óptimos del cultivo, pero teniendo en cuenta las exigencias de calidad de los tubérculos en relación con cada tipo de producción, es uno de los principales objetivos de la fertilización. La papa se clasifica entre las plantas más exigentes en cuanto a nitrógeno, fósforo y potasio. Aunque son de igual importancia el calcio, magnesio y azufre (Rousselle, 1999).

Una aproximación a la cantidad de abono a aportar sería a partir de la cosecha esperada y de las cantidades de nutrientes que se sacan del sistema (extracciones del cultivo). La normativa (RD 1051/2022) obliga a que los aportes de nitrógeno, fósforo y potasio se deben referir a las extracciones y a la cosecha esperada, no pudiendo superar un 20% esas cantidades en el caso del N y del 30% en el del fósforo. Los datos de las extracciones se encuentran en la bibliografía aunque no suelen ser datos fijos sino intervalos ya que los valores dependen de factores como podrían ser el cultivar y la duración del ciclo de cultivo. En la tabla 8 se presentan los valores de extracciones de los macronutrientes nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, obtenidos de varias fuentes. Los datos se presentan como kg de nutriente extraídos por cada tonelada de cosecha.

Tabla 8: Extracciones de un cultivo de papas (Horneck y Rosen, 2008; Haifa, 2019; Koch et al., 2020)

Nutriente	Nitrógeno (N)	Fósforo (P ₂ O ₅)	Potasio (K ₂ O)	Calcio (CaO)	Magnesio (MgO)
kg/tonelada	3,5 a 5,0	1,2 a 2,0	5,0 a 10,0	0,80	0,55

Existen bastantes estudios donde se observa la absorción de nutrientes durante el ciclo de cultivo de la papa. En la figura 10 se presenta un ejemplo donde se observan los patrones de absorción de nitrógeno, fósforo, potasio y calcio en un cultivo en EEUU.

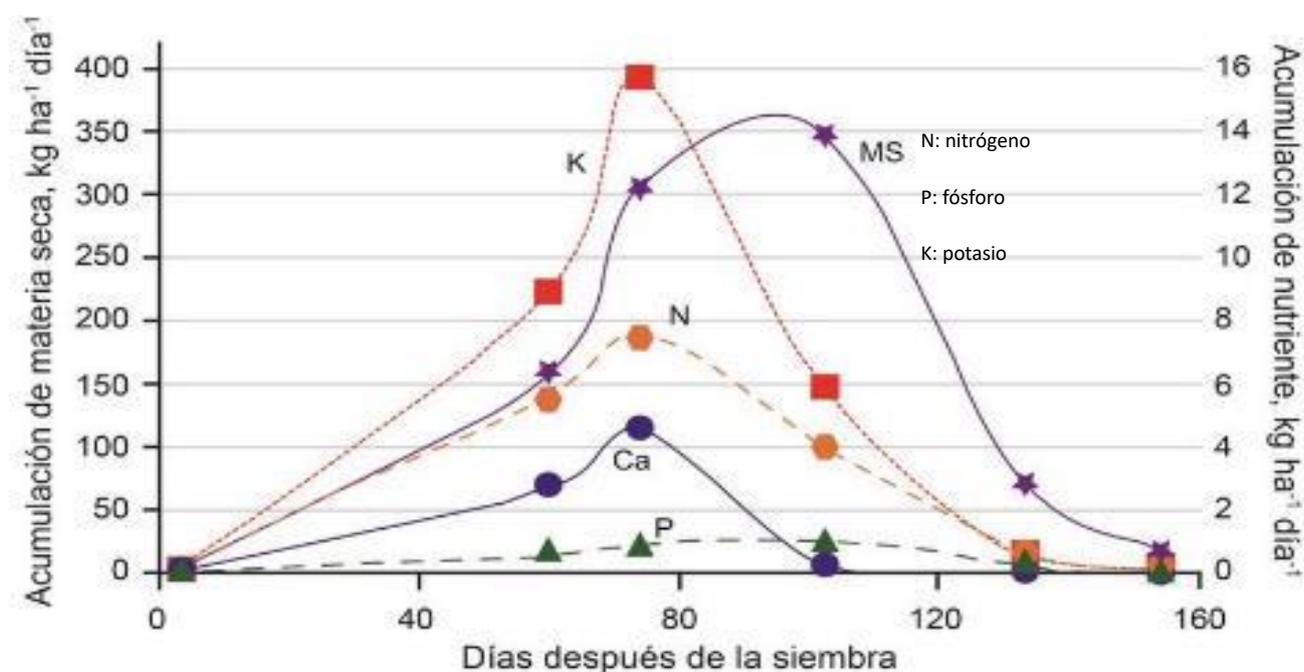


Figura 10: Acumulación de nutrientes y comportamiento del crecimiento de la planta en función de los días tras la emergencia del cultivo (cv. Russet Burbank). (adaptado de Horneck y Rosen, 2008).

En general, la absorción máxima de los nutrientes principales se realiza al mismo tiempo, coincidiendo con la formación de tubérculos. En función de eso, habría que ajustar las cantidades de nutrientes a aportar en función de esas absorciones: Por ejemplo, la aplicación de N antes de la siembra se estaría aplicando mucho antes que la planta tenga sus máximas necesidades y que pueda ser lavado por las lluvias o por el riego. Para evitar esto debe aplicarse una fuente de N que tarde en solubilizarse (N en forma orgánica o N estabilizado) o realizar los aportes de forma escalonada con la fertirrigación.

La papa responde de buen grado a la aplicación de nutrientes, bien mediante estiércol o bien en forma de fertilizantes minerales.

Cabe destacar que, la aplicación de estiércol no solo beneficia al cultivo en cuanto al aporte de elementos que contiene, sino que también mejora la estructura y la capacidad de retención de humedad del suelo (Alonso, 2002).

El estiércol se añade al terreno unos meses antes y hasta 15 días antes de la plantación, se distribuye de manera homogénea y se entierra con la preparación del terreno. En algunas ocasiones, también se aporta en la siembra directamente en el surco, una vez colocada la semilla (PIPT, 2012). El aporte de nutrientes del estiércol es una parte significativa de las necesidades del cultivo: en la zona sur de Tenerife se usan estiércoles procedentes de explotaciones avícolas de carne que a una dosis mayor de 20 t/ha ya proporcionan más del 100% de los macronutrientes que necesita la papa.

La aplicación de fertilizantes se debe realizar en base a los datos que nos dé un análisis de tierra, pero los datos de extracción de elementos minerales en función de la producción obtenida nos dan una idea de las cantidades de nutrientes que requiere el cultivo.

En condiciones normales, la relación N:P:K que se recomienda es 1:1:2 aunque cada suelo es diferente, y dependerá de sus condiciones; por ejemplo, en suelos de bastante materia orgánica, el nitrógeno debe ser bajo; en suelos que fijen P y K, éstos deben ser aplicados en más alta cantidad, y en suelos ricos en K, se debe disminuir la cantidad aportada de este elemento (Alonso, 2002).

Suarez et al. en 1997, elaboraron la siguiente tabla de recomendaciones de abonado por saco de 50 kg de semilla para la zona Norte en seco (Tabla 9).

Tabla 9: Cantidades de abono recomendadas por saco de semilla de 5 Kg (Suárez et al, 1997)

ABONO	EN LA SIEMBRA	EN LA ARRIENDA
Nitrato amónico cálcico	12 kg/saco de semilla	6 kg/saco de semilla
Superfosfato de cal	13 kg/saco de semilla	
Sulfato de potasa	6 kg/saco de semilla	7 kg/saco de semilla

6.4. Asurcado

El cultivo de la papa normalmente se siembra en surcos, pero en algunos países en llano. La ventaja de los surcos es que no se debe profundizar demasiado durante la plantación ya que luego

se puede aumentar el lomo del surco de manera que los tubérculos que se formen queden tapados con una capa de tierra suficiente.

Realizar esta práctica protege a los tubérculos de la luz directa del sol que produce verdeo, las elevadas temperaturas que producen segundos crecimientos, las bajas temperaturas que producen tubérculos helados, y los daños de insectos en climas cálidos, como la polilla.

La ubicación de la formación de los estolones dependerá de la posición que ocupe el tubérculo madre en el suelo.

La posición que ocupan los tubérculos depende del lugar y la longitud de los estolones. La longitud depende tanto de las condiciones de la planta (variedad, horas de luz, temperatura, etc.) como del tamaño del surco.

El surco debe ser más alto y ancho cuanto más superficial se ponga la semilla. El surco no solo debe ser alto, sino que además debe ser ancho en la parte superior. (Alonso, 2002).

6.5. Plantación

La fecha de plantación depende de la zona en la que se encuentre, ya que depende del estado de humedad del suelo. La plantación se realiza cuando el suelo está en tempero. Cabe destacar que, en la parte sur de Tenerife, y en la plantación de mediados de verano, lo que se conoce como papa tardía, se realiza un riego de plantación “minado”, de unos 60-70 mm, con manguera o por aspersión.

A la hora de plantar hay importantes diferencias entre la zona sur y la zona norte de la isla, no solo por las condiciones externas de cada término, sino también por la evolución tan diferenciada que ha experimentado el cultivo en cada zona. En la vertiente sur de la isla, donde el cultivo se dedicó en mayor importancia a la exportación en el pasado, la mecanización de las labores es general. En cambio, en la vertiente norte, donde el cultivo se centró en el autoabastecimiento, la integración de métodos técnicos es casi nula, observándose un avance de la mecanización en los últimos años (Rodríguez, 1986).

En cuanto a la profundidad de siembra, dependiendo de la variedad y tipo de suelo, debe estar entre los 10-15 cm. El marco de plantación también depende de la papa de siembra que se vaya a utilizar y de la ubicación, encontrando parámetros entre 60-75 cm entre surcos en el norte y entre 40-50 cm en el sur, con una distancia entre plantas que va desde 20 a los 30 cm, con una densidad de plantación de 12 plantas/m² en la zona sur hasta 3,5 plantas/m² en las plantaciones del norte, primordialmente en las papas de color.

En Canarias, la plantación mecanizada está condicionada por el tamaño de la explotación, siendo más común en las islas de Gran Canaria y en el sur de Tenerife, donde están las fincas de mayor superficie y mejor topografía. Sin embargo, en los últimos años la mecanización en el norte de Tenerife se ha incrementado de manera considerable.

Por último, las fechas de plantación son en base a la ubicación del cultivo. Por ejemplo, la plantación se realiza principalmente entre enero y febrero, y la recolección entre junio y julio en las medianías del norte, mientras que en el sur es entre noviembre y diciembre en las cotas más bajas de las medianías, se recolecta entre abril y mayo, y en las zonas altas del sur se siembra entre junio

y septiembre, y se recolecta en diciembre. Y en las cotas bajas del norte, se planta entre octubre y diciembre, y se recolecta entre marzo y abril (PIPT, 2012).



Figura 10. Calendarios de producción en Canarias. Fuente: PIPT (2012)

6.6. Aporcados:

Arrendado: El arrendado es la primera labor que se le hace al cultivo. Antiguamente se realizaba de forma manual, con la azada, o con animales de carga, y aún a día de hoy muchos agricultores siguen realizando de la misma manera. Se hace a poco de aflorar las plantas sobre la superficie de la tierra, alrededor de tres semanas de haber realizado la siembra, haciendo hincapié que se debe realizar de forma precisa con sumo cuidado, tratando de evitar dañar las raíces. Con esta práctica se elimina cualquier hierba que hubiera podido crecer y se afloja la tierra alrededor de las plantas en el caso de que hubiera llovido; primordialmente se busca evitar la pérdida de humedad del suelo. En los últimos años, han aparecido herbicidas y la agricultura a tiempo parcial, han causado la supresión del arrendado (Gil, 1997; López, 2001).

En la zona Sur de Tenerife, por el sistema de cultivo que se utiliza, no se realizan aporcados.

Sachado: Esta práctica consiste en colmar de tierra el tallo de la papa, arrimándose por los lados, quedando así la rama abrigada del viento y la tierra libre de malas hierbas, creándose un “camellón” de gran volumen, donde se aprovecha el mayor número de estolones para la formación de tubérculos, conseguir una cosecha abundante, y soportar adecuadamente las lluvias.

Cabe destacar lo importante de esta práctica, y es la antigua costumbre de repasar de vez en cuando, los “camellones” con la azada y tener siempre las papas bien cubiertas y limpias (Gil, 1997; López, 2001).

En cuanto a la fecha que se realiza, se suelen hacer dos aporcados, el primero está comprendido entre 15 y 30 días después de la plantación. Y el segundo, se suele hacer cuando la planta alcanza de 15 a 25 cm de altura. En las plantaciones de jable en el sur de Tenerife, los aporcados no se realizan. Tampoco se suele utilizar cuando la plantación es mecanizada, ya que la papa se entierra a mayor profundidad. Habitualmente la eliminación de malas hierbas, se realiza con los diferentes aporcados. Cabe destacar que en las papas de color es habitual realizar un tercer aporcado, conocido como “llegarle tierra o encolmar”, aunque cada vez se utiliza menos. (López, 2001; PIPT, 2012).

6.7. Control de malas hierbas

Principalmente hay dos formas de controlar las malas hierbas, mediante un proceso mecánico o un proceso químico.

En el control mecánico, las diferentes labores de aporcados que tiene lugar durante el cultivo (arrendar, raspar, arrimar tierra...) hacen de labores de deshierbado. Una vez cerrado el cultivo, con el suelo completamente ocupado por el follaje de las papas, no suelen haber más problemas de malas hierbas.

Y en el control químico, se emplean productos herbicidas de acción de contacto o residual. Son aplicados principalmente en preemergencia o en la primera semana después de la emergencia (PIPT, 2012). A la hora de aplicar herbicidas selectivos en el cultivo de la papa, hay que tener en cuenta que algunos cultivares comerciales y casi todos los locales son sensibles a esos herbicidas, en especial la metribuzina .

6.8. Riego

Casi exclusivamente, el riego es una labor que se realiza en el sur de la isla, aunque si hay falta de precipitaciones, se recomienda su utilización como riego de apoyo en el norte, para completar los requerimientos de agua del cultivo.

En el sur, se utiliza un sistema de riego por aspersión alta con aspersores de alto caudal. La dosis y la frecuencia de riego dependerá de las condiciones externas de la zona, así como de los requerimientos de la variedad cultivada como de las costumbres del agricultor. Según estimaciones, se aplica una medida de 36000-40000 l/ha en un cultivo que dura entre 4-5 meses (Rodríguez, 1999).

6.9. Algunas consideraciones para el cultivo ecológico de la papa

Establecer un programa de rotación de cultivos al menos a tres años, preferiblemente cuatro. En la rotación pueden usarse otros cultivos como los cereales (trigo, avena, cebada) y leguminosas (chochos, judías y chicharos)

El cultivo de la papa responde muy bien a la aportación de estiércol. Mantener un mínimo en el suelo del 3% de materia orgánica.

7. FISIOPATÍAS DE LA PAPA

7.1. Corazón Negro

Se produce por la asfixia de los tejidos del tubérculo, bien por temperaturas elevadas o encharcamientos del terreno en el campo, o en transporte y almacenaje por temperaturas muy altas y mala ventilación, de manera que el suministro de O₂ al tubérculo no se produce en las cantidades necesarias. Los síntomas son una decoloración oscura de color gris, púrpura o negro intenso del

corazón, pudiendo a veces llegar hasta la piel, con una separación clara entre zona afectada y sana. Posteriormente puede ser invadidos por bacterias y hongos. Su control en campo requiere evitar los encharcamientos, y en almacén las altas temperaturas y la falta de ventilación.

7.2. Corazón hueco

Se trata de una cavidad que aparece en el centro del tubérculo, en forma de lente cóncavo, estrella, con los bordes angulares con apariencia de rajadura. Se asocia a alta velocidad de crecimiento del tubérculo, siendo más importante en los grandes y existiendo susceptibilidad varietal. Se debe a altos aportes nitrogenados, cambios bruscos en el contenido hídrico del suelo, etc. Su control se basa en un equilibrado abonado y riego. Aportar K disminuye su incidencia.

7.3. Crecimientos secundarios

Pueden ser de tres tipos (Lugt, 1960):

- a) tubérculos deformados con crecimiento de los brotes o yemas laterales, o de la yemas apicales (sobrecrecimientos).
- b) tubérculos secundarios en rosario (gemación).
- c) tubérculos recién formados que producen brotes o rebrotes antes de la cosecha.

Esta fisiopatía se debe a sequía hacia la mitad del ciclo seguida de lluvias, muy habitual en los secanos del norte de Tenerife o a un mal manejo del riego. También está influenciada por el genotipo.

7.4. Agrietamiento.

Puede ser producido por daños mecánicos en la cosecha o manipulación, originando posteriormente pudriciones, o como accidente fisiológico producido por el crecimiento que origina una presión interna que excede la capacidad de resistencia del tejido a la tensión superficial (grietas secas). El control del agrietado se basa en mantener una humedad adecuada del suelo, sin originar cambios bruscos y no excederse en la abonada en N. Es habitual en secano cuando llueve después de la sequía y en regadío cuando el calendario de riegos no es el adecuado.

7.5. Verdeo

Se produce por la exposición a la luz de los tubérculos, que se verdean debido a la formación de clorofila en los leucoplastos. El tejido verde tiene un alto contenido en solanina, no siendo aptos para el consumo. Hay diferencias varietales, ya que algunas tuberizan más alto. Su control se basa en adecuar el asurcado y aporcado a la variedad, y en almacén guardar las papas en la oscuridad.

7.6. Mancha de Hierro

Se producen manchas de color ferroso diseminadas en la pulpa del tubérculo. Se ha determinado su correlación con el contenido del Ca del suelo y con que estos sean arenosos, existiendo diferencias varietales (la variedad Barna lo ha producido mucho en Tenerife).

7.7. Lenticilosis

Las lenticelas de los tubérculos se agrandan cuando están en suelos encharcados o con mucha humedad antes de la cosecha, o cuando las papas de almacenan con alta HR. El alargamiento de las lenticelas adquiere una apariencia de costra, dando mala apariencia y constituyendo una vía de entrada de patógenos (cuando en Gran Bretaña se producen encharcamientos, hay más riegos en la semilla de pie negro o Erwinia por su entrada por las lenticelas).

8. RECOLECCIÓN

El primer signo que advierte de la proximidad de la cosecha es el amarilleamiento y tumbado de la rama, pero el estado óptimo de madurez del tubérculo es el que determina el momento adecuado. Para captar ese estado es preciso frotar la piel del tubérculo, cuando aún está bajo la tierra y comprobar que no se desprende, si lo hace será preciso esperar, pues aún la papa está “raspona” (Gil, 1997; Rodríguez, 1999).

La calidad de la cosecha se ve afectada por el arranque del cultivo, cuando este todavía no está maduro. La piel del tubérculo es inmadura, débil, poco suberificada y las paredes de las células que están justo debajo de la epidermis son mucho más delgadas que en un tubérculo maduro. Esta es la razón por la que las papas se “pelan” cuando se recogen tempranamente, además de tener una cierta tendencia a desprenderse de los estolones. Por lo general, un arranque temprano suele provocar más daños en la piel y una mayor disposición a un ataque de patógenos, tales como hongos y bacterias. En producciones de primor, con relativa frecuencia se cosechan antes de que los tubérculos estén totalmente maduros (Maroto, 2002).

El siguiente paso es proceder al corte de la rama y retirarla del terreno. Es una práctica corriente en algunas zonas el cortar, arrancar o quemar la parte aérea de la planta, bien sea de forma mecánica o a través de métodos químicos (mediante herbicidas autorizados para el cultivo), siempre antes de la recolección. Entre esta operación y extracción de los tubérculos del terreno por una o dos semanas, durante las cuales los tubérculos, aparte de ir “sazonándose” en la tierra, se irán separando de los estolones. En la actualidad, esta labor casi no se realiza, lo que se hace es dejar que la rama, sin cortar, se seque en el terreno hasta el momento óptimo de madurez y luego se coseche (Gil, 1997).

La cosecha se realiza, en la mayoría de los casos, de forma manual, con la azada, aunque en ocasiones era común llevarla a cabo con arado tirado por bestias; todo dependía de la accesibilidad

y el tamaño del terreno. Hoy en día se tiende a la recogida mecánica, aunque, en algunos lugares puntuales en el norte de la isla, se sigue realizando manualmente (Gil, 1997). Esta era lo normal hasta principios del siglo XXI, lo que se ha ido modificando al ir adaptándose las cosechadoras. En el sur, el uso de cosechadoras adaptadas es generalizado, mientras que en el norte buena parte de la producción es cosechada mecanizadamente. Sin embargo, para evitar daños a los tubérculos, al ser suelos con enormes cantidades de piedra, es necesario adecuar las zarandas, protegiéndolas con cauchos o materiales similares, así como limitar la velocidad de trabajo.

En postcosecha se enumeran una serie de recomendaciones que se deben tener en cuenta en la recolección, para evitar mermas o destríos en la conservación y comercialización.

9. POSTCOSECHA

Una vez cosechada, la producción se lleva a un almacén. El almacenamiento de los tubérculos no implica una mejora en la calidad del producto recolectado en campo, pero se puede hacer mucho para minimizar las pérdidas en el almacén.

El objetivo del manejo en el almacén es el de mantener al tubérculo en las mejores condiciones posibles y evitar, en todo lo posible, las pérdidas en cantidad y calidad.

El tubérculo de la papa es una parte viva del tallo que contiene gran cantidad de agua. Como ser vivo que es, precisa una serie de necesidades ambientales para mantener los procesos vitales. A temperatura entre los 3 y 5°C la respiración del tubérculo es muy débil y además el desarrollo de hongos y bacterias es mínimo, por lo que la papa se conserva bien y durante mucho tiempo a estas temperaturas. Para un almacenaje de larga duración la temperatura debe estar entre los 3 y 5°C, y a una humedad relativa alrededor de 90-93%. Para la conservación de papa para el consumo se deben tener en cuenta estos factores, y para frenar la brotación se puede aplicar un producto inhibidor de la misma, y por tanto se puede conservar la papa de consumo durante 7-8 meses (Alonso, 2002).

Las condiciones más idóneas para un buen almacenaje son muchas y variadas. A continuación se exponen aquellas con mayor importancia:

- Efectuar la recolección con tierra húmeda.
- No cosechar, cargar ni almacenar las papas con lluvia.
- Procurar no cosechar con temperaturas altas ni con inferiores a los 8°C.
- Cosechar cuando los tubérculos estén maduros.
- No dejar papas expuestas al sol.
- Evitar caídas bruscas de los tubérculos de más de 30 cm de altura.
- Almacenar papas secas, sin tierra, sana y completamente curada.
- No permitir la entrada de luz en el almacén, evitando así que no se produzca verdeo en los tubérculos.
- No apilar a más de 3,5 m de altura.

La temperatura óptima para que no se produzca la brotación, debe estar entre los 4 y 6°C, la cual se produce a partir de los 8 y hasta los 31°C, donde se interrumpe la brotación, mientras que a

los 40°C, el tubérculo muere. Los tubérculos que se conservan a alta humedad, brotan entre los 18 y 22°C, pero no lo hacen cuando están sometidos a temperaturas por debajo de los 4°C o a muy altas, más de 30°C. La brotación del tubérculo en el almacén, esta también influida por la concentración del aire. Tal es así, que una concentración baja de oxígeno, acelera la brotación, y es necesaria una ventilación adecuada para el almacenaje. Por otro lado, la aplicación de productos antigerminantes, pueden dar buenos resultados, a excepción de cuando se utilizan a temperaturas en torno a los 18 y 20°C (Bello et al., 2008).

El periodo de almacenaje de la papa, influye en su composición química, aunque el contenido de materia seca puede variar escasamente. Sin embargo, el contenido de nitrógeno cambia ligeramente. Para Rastovki y Van Es (1987), el almacenamiento, lo podemos dividir en cuatro periodos. En las dos primeras semanas, el tubérculo después de recolectarse, cicatriza los posibles daños ocasionados en la recolección; tales como raspaduras, cotes, etc. En este periodo, el tubérculo alcanza la madurez. La temperatura debe estar entre 15 y 18°C, y una humedad entre el 90 y 95%. Se debe ventilar lo menos posible con el fin de conseguir acelerar la cicatrización del tubérculo. Un segundo periodo, denominado “periodo de frío”, donde la temperatura debe decrecer, a razón de $\frac{1}{2}$ -1°C por día, y la humedad relativa debe ser del 90 -95%. Para un tercer periodo, la temperatura óptima, es variable en función del destino de la cosecha: de 2 - 4°C para papa de semilla, de 4 - 5°C para papa de consumo fresco, y 8 – 10°C para prefrito y congelado. En este tercer periodo la humedad relativa debe estar entre el 85 y 90%. Un cuarto periodo, donde la papa se prepara para su utilización, la temperatura debe ser de 10 - 18°C durante 1 a 3 semanas (Bello et al., 2008).

10. COMERCIALIZACIÓN

A continuación se presentan los circuitos seguidos en la comercialización de la papa en Canarias, produciéndose normalmente un solapamiento de funciones entre los diferentes agentes comercializadores:

10.1. Importación de papa de consumo

Los canales de comercialización de la papa de consumo de importación siguen los siguientes pasos: llega a Canarias desde Reino Unido, Israel y Dinamarca principalmente a través de “Grandes mayoristas-representantes”. Estos, a su vez, venden a los “Intermediarios” y a los “Pequeños mayoristas”, que se dirigen a los pequeños detallistas (fruterías, pequeños restaurantes, etc.), y también a los grandes detallistas (que manejan grandes volúmenes de papa como pueden ser grandes superficies o consumidores intermedios como cadenas hoteleras).

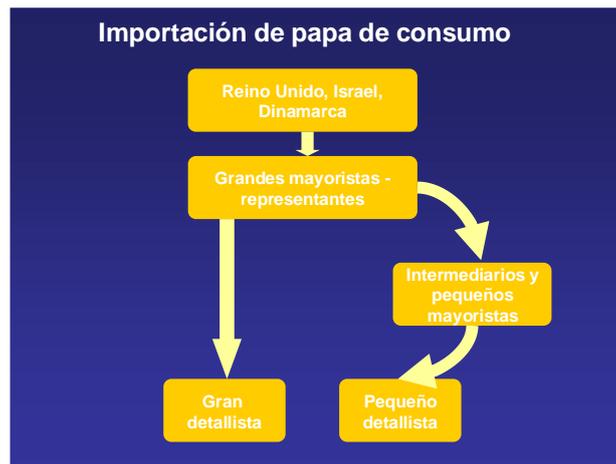


Figura 11 Canales de comercialización de la papa en Tenerife (I). Importación de la papa de consumo (PIPT 2012)

Incluso algunas cooperativas (*Cooperativa Agrícola y Ganadera de Benijos, Cooperativa Agrícola de San Miguel, etc.*) también han importado papas de consumo en el periodo que no han tenido papa de producción local.

10. 2. Importación papa de siembra.

Al igual que ocurre con la papa de consumo de importación y como se puede ver en la Fig. XX, la papa *de siembra* importada procede en su gran mayoría de Reino Unido, Dinamarca e Irlanda. Estos tubérculos llegan a Canarias a través de “Grandes mayoristas-representantes”. Los agricultores, que son los destinatarios finales de la mercancía, la pueden adquirir a través de las cooperativas, de distribuidores (vendedores de inputs agrícolas), de “Intermediarios” o de “Pequeños mayoristas”, que a su vez la han obtenido de los “Grandes mayoristas-representantes”.

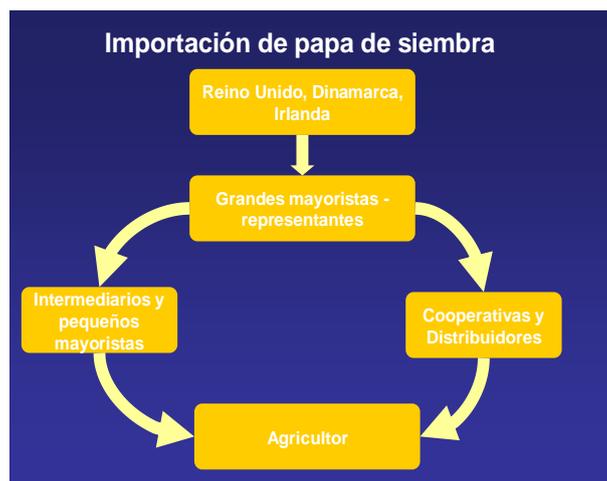


Figura 12. Canales de comercialización de la papa en Tenerife (II). Importación de papa “de siembra” (PIPT 2012)

10.3. Mercado Interior

Los canales de comercialización de la papa de producción local son más intrincados como se deduce de la siguiente figura. En ésta se deja entrever que del productor al consumidor existen muchos intermediarios, ya que el productor puede destinar su producción a “Cooperativas”, “Intermediarios” o *gangocheros* (conocidos en los mercados centrales insulares como *paperos*), “Grandes mayoristas-representantes” con puntos de venta en los mercados centrales, y “Pequeños mayoristas”.

Las “Cooperativas” son agentes clave en el suministro de papa local ya que venden a todos los agentes participantes en el mercado interior, es decir a “Grandes mayoristas-representantes”, “Intermediarios” y “Pequeños mayoristas”. También se da el caso de que las “Cooperativas” comercializan directamente al detalle, principalmente a grandes superficies y supermercados, adaptándose a las condiciones exigidas por éstos.

Los “Grandes mayoristas-representantes” se proveen de papa local tanto a través de las “Cooperativas” como directamente del agricultor y surten a “Intermediarios”, “Pequeños mayoristas” y a grandes detallistas.

Los “Intermediarios” y “Pequeños mayoristas” son los que abastecen a los pequeños detallistas, estableciendo, al mismo tiempo, relaciones comerciales entre ellos y con el resto de agentes participantes.

En los últimos tiempos se ha dado el caso de cooperativas que comercializan gran parte de su producción a través de “Grandes mayoristas-representantes” normalmente como moneda de cambio de la papa *de siembra*.

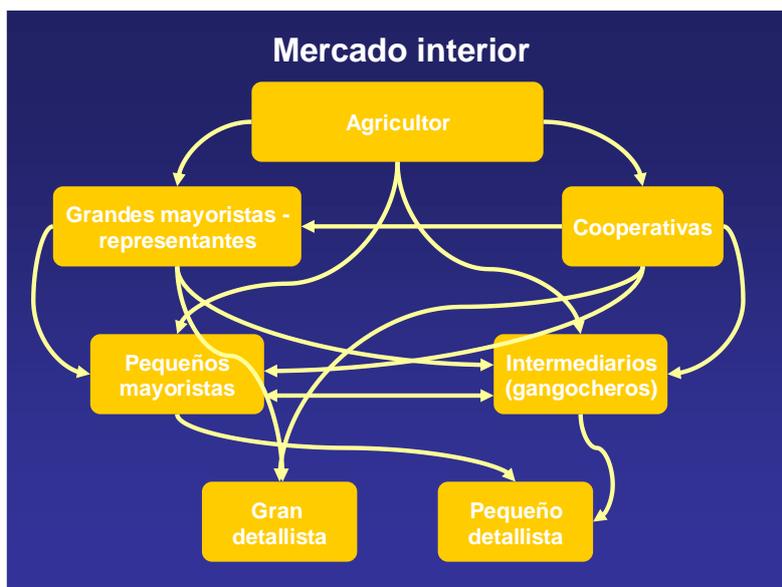


Figura 13. Canales de comercialización de la papa en Tenerife (III). Mercado interior (PIPT 2012)

La comercialización de la papa de color, se mueve por canales más directos, como la venta en mercados del agricultor así como la venta directa en finca o a pequeños detallistas. Se comercializa también a través de “Intermediarios” y una cantidad reducida por las “Cooperativas”.

REFERENCIAS.

- ALONSO ARCE, F. El cultivo de la patata. 2ª Edición revisada y aumentada. Madrid: Mundi-Prensa, 2002.
- BELLO, A.; RÍOS MESA, D.; DÍEZ-ROJO, M.A.; LÓPEZ-PÉREZ, J.A.; ROBERTSON, L. La patata en España. Historia y agroecología del tubérculo andino. Madrid, España; Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural, Centro de Publicaciones, 2008.
- CASAÑAS, R.; RODRIGO, E.M. y C. DÍAZ. La papa en Tenerife. Historia, fisiología, taxonomía, importancia económica, composición química y valor nutritivo. Tenerife, España. Departamento de Química Analítica, Nutrición y Bromatología. Universidad de La Laguna. 2003, p. 119.
- CONRADO ARMAS, G. Evolución agronómica de trece variedades de papas comerciales en el término municipal de La Laguna. Trabajo final de grado. Tenerife, España. Escuela Politécnica Superior de Ingeniería Agraria. Universidad de la Laguna. 2012.
- DEVAUX A.; GOFFART, J.; KROMANN, P.; ANDRADE-PIEDRA, J.; POLAR, V. y HAREAU, G. The Potato of the Future: Opportunities and Challenges in Sustainable Agri-food Systems. *Potato Research* (2021), 64:681-720.
- FAOSTAT. Servicio de datos estadísticos de la Food and Agriculture Organization of the United Nations [en línea]. [Fecha de consulta: junio de 2022]. Disponible en internet en: <https://www.fao.org/faostat/es/#home>
- GIL, J. El cultivo tradicional de la papa en la isla de Tenerife. España: Ed. Asociación Granate, 1997, p. 160.
- GONZÁLEZ PADRÓN, S. Ensayo agronómico de once variedades de papas comerciales (*Solanum tuberosum* L.) en el término municipal de San Cristóbal de La Laguna. Trabajo final de grado. Tenerife, España. Escuela Politécnica Superior de Ingeniería Agraria. Universidad de la Laguna. 2019.
- HAIFA. 2019. Nutritional recommendations for Potato. Disponible en línea en <https://www.haifa-group.com/files/Guides/Potato.pdf>
- HORNECK, D. Y ROSEN, C. 2008. Measuring nutrient accumulation rates of potatoes – tools for better management. *Better Crops*, 92(1): 4-6.
- KOCH, M.; NAUMAN, M. PAWELZIK, E.; GRANSEE, A. Y THIEF, H. 2020. The importance of nutrient management for potato production Part I: plant nutrition and yield. *Potato Research*, 63: 97-119.
- ISTAC. Instituto Canario de Estadística. [en línea]. [Fecha de consulta: junio de 2022]. Disponible en internet en: <http://www.gobiernodecanarias.org/istac/>
- HAWKES, J.G. y FRANCISCO-ORTEGA, J. (1993). The early history of the potato in Europe. *Euphytica* 70:1-7.
- LOBO, M.G.; GONZÁLEZ GARCÍA, C.; CABRERA, R.; RÍOS MESA, D. Development of a Quarantine Postharvest Treatment against Guatemalan Potato Moth (*Tecia solanivora* Povolny). *Agriculture* 2021, 11, 801.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN. [Fecha de consulta: junio de 2022]. [en línea]. Disponible en internet en: <https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/publicaciones/anuario-de-estadistica/2020/default.aspx?parte=3&capitulo=07&grupo=3&seccion=2>
- MAROTO, J.M. Horticultura herbácea especial. 5ª Edición. Madrid: Mundi-Prensa, 2017.
- MARRERO, A. Cultivares tradicionales de papas de Canarias: La otra biodiversidad [en línea]. [Fecha de consulta: junio de 2022]. Disponible en internet en: http://www.rinconesdelatlantico.com/num4/35_papas.html

MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA, RELACIONES CON LAS CORTES Y MEMORIA DEMOCRÁTICA. 2022. Real Decreto 1051/2022, de 27 de diciembre, por el que se establecen normas para la nutrición sostenible en los suelos agrarios. Boletín Oficial del Estado nº 312 de 29/12/2022. 188873–188916. <https://www.boe.es/boe/dias/2022/12/29/pdfs/BOE-A-2022-23052.pdf>

REDONDO ZAERA, M. La papa. El cultivo social por excelencia en horas bajas [en línea]. [Fecha de consulta: junio de 2022]. Disponible en internet en: http://www.rinconesdelatlantico.com/num4/36_lapapa.html

RÍOS MESA, D.J.; DASWANI BORGES, E.; GONZÁLEZ RAMOS, C.; PÉREZ BUENAFUENTE, A.; PÉREZ MARTÍN, E.; RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ, L. Plan Insular de la Papa de Tenerife 2014-2020. Tenerife: Excmo. Cabildo de Tenerife. 2012.

RÍOS MESA, D.J. Las papas antiguas de Tenerife: introducción al cultivo y principales variedades. Tenerife : Centro Conservación de la Biodiversidad Agrícola de Tenerife, Cabildo de Tenerife, D. L. 2012.

RÍOS MESA, D.J. Caracterización morfológica y ecofisiológica de un grupo de cultivares locales de papas de Tenerife. Santiago de Compostela : [s.n.], 2002.

RÍOS MESA, D.J. Selección de tubérculos-semilla en las variedades tradicionales de papa de Tenerife. Tenerife : CCBAT, Germobanco, 2007.

RÍOS MESA, D.J. 2012. 1. Las papas antiguas de Canarias: origen y diversidad. En Afonso-Carrillo, J. (Ed.), Agricultura en Canarias: conciliando tradición y ciencia. pp. 11-41.

RÍOS MESA, D.; SUÁREZ ENCINOSO, T.; HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ, D. y B. SANTOS COELLO. Ensayos de variedades de papa blanca. Información técnica. Tenerife, España: Servicio de Agricultura, Excmo. Cabildo Insular de Tenerife, 1999, p. 29.

RÍOS MESA, D.; GHISLAIN, M.; RODRÍGUEZ, F. y SPOONER, D. What is the origin of the European Potato? Evidence from Canary Landraces. En Crop Science. Madison, EE.UU. Mayo-Junio 2007, nº47, p. 1271-1278.

RODRÍGUEZ BRITO, W. La papa. La agricultura de exportación en Canarias (1940-1980). España, Consejería de Agricultura, Ganadería y Pesca del Gobierno de Canarias, 1986.

RODRÍGUEZ BRITO, W. Canarias: agricultura y ecología. 1ª edición. La Laguna: Centro de la Cultura Popular Canaria, 1992.

RODRÍGUEZ CAÑADAS, X. El cultivo de la papa temprana en Tenerife. Ensayo de clones y variedades comerciales. Trabajo final de carrera. Tenerife, España: Centro Superior de Ciencias Agrarias. Universidad de La Laguna, 1999.

RODRÍGUEZ ROSADO, G. Ensayo comparativo de 12 cultivares comerciales de papa en el municipio de San Cristóbal de La Laguna. Trabajo final de carrera. Tenerife, España: Centro Superior de Ciencias Agrarias. Universidad de La Laguna, 2009.

ROUSELLE, P.; ROBERT, Y.; CROSNIER J. C. La patata. 1ª Edición. Madrid: Ed. INRA-Mundi-Prensa, 1999.

VAVILOV N. I. Estudios sobre el origen de las plantas cultivadas. Ed. ACEM AGENCY, Argentina, 1951.

VIERA Y CLAVIJO J. Diccionario de historia natural de las Islas Canarias. Excmo. Mancomunidad de Cabildos de Las Palmas, Las Palmas de Gran Canaria, 1866.

ZUBELDIA LIZARDUY, A.; LÓPEZ-CAMPOS, G. y A. SAÑUDO-PALAZUELOS. Estudio, descripción y clasificación de un grupo de variedades primitivas de patata cultivadas en las Islas Canarias. Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas, 1955, vol. XV, Cuaderno 225, nº 33, p. 287-324.

EL TOMATE.

1. IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL TOMATE

1.1. Importancia económica del tomate en el mundo

Actualmente, el tomate es la hortaliza más consumida a nivel mundial, tanto en fresco como en conserva, y la de mayor valor económico. Su éxito radica en que es una hortaliza que ha alcanzado una extensa variedad de tipos y en que posee excelentes cualidades para integrarse en la preparación de infinidad de alimentos, ya sean cocinados o crudos. Así, el tomate sirve como materia prima en la industria alimentaria para la fabricación de salsas, zumos, mermeladas, ketchup, etc. En Europa y EE.UU. el tomate (fresco o procesado) tiene una gran importancia económica y de consumo dentro del sector agroalimentario vegetal (Slimestad y Verheul, 2005).

El comercio internacional del tomate está localizado actualmente en dos áreas concretas con alto poder adquisitivo: La Unión Europea y Estados Unidos. Los países que suministran a la Unión Europea son España, Holanda y Marruecos. En el caso de EE.UU. el tomate consumido proviene (al margen de la producción local) de México y Canadá. La producción mundial en el año 2020 fue de 186 millones de toneladas, continuando de forma ascendente desde años anteriores, según la FAOSAT .

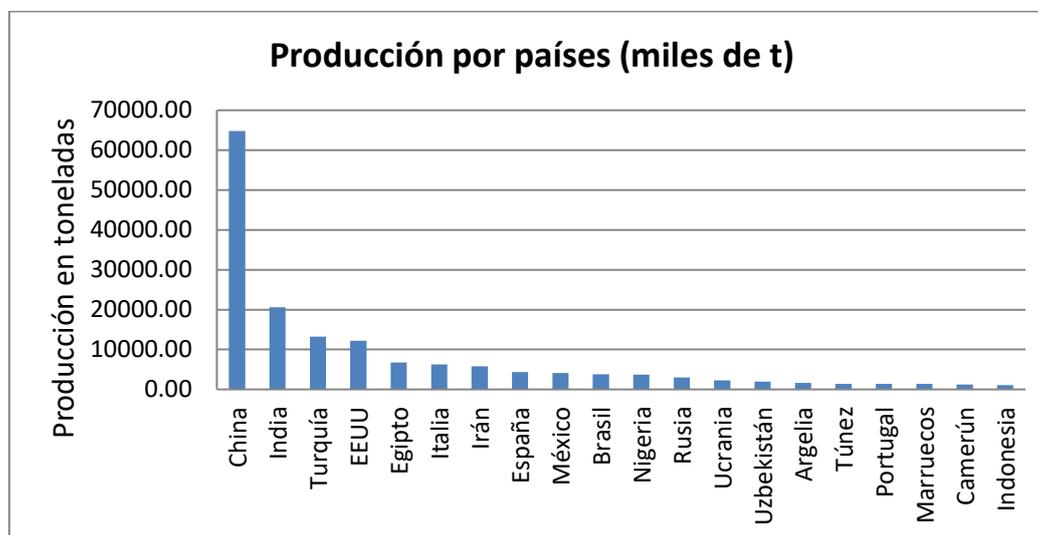


Gráfico 1. Producción mundial de tomate por países 2020. Fuente: FAOSTAT.

Hoy en día, la producción de tomate a nivel mundial se concentra de forma mayoritaria en China, India, Turquía, EE.UU., Egipto, Italia, Irán, España, México, Brasil, Nigeria, Rusia y Ucrania. En la gráfica 1 se dan los datos de producción mundial (FAOSTAT, 2020). En las gráficas 2 y 3 se presentan los de superficie y de rendimiento.

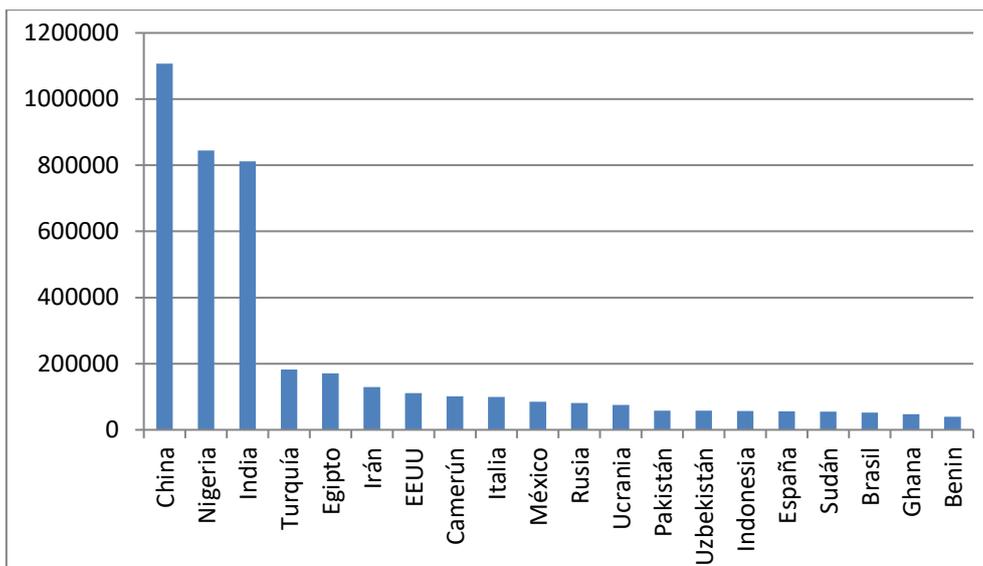


Gráfico 2. Superficie de cultivo de tomate por países 2020. Fuente: FAOSTAT.

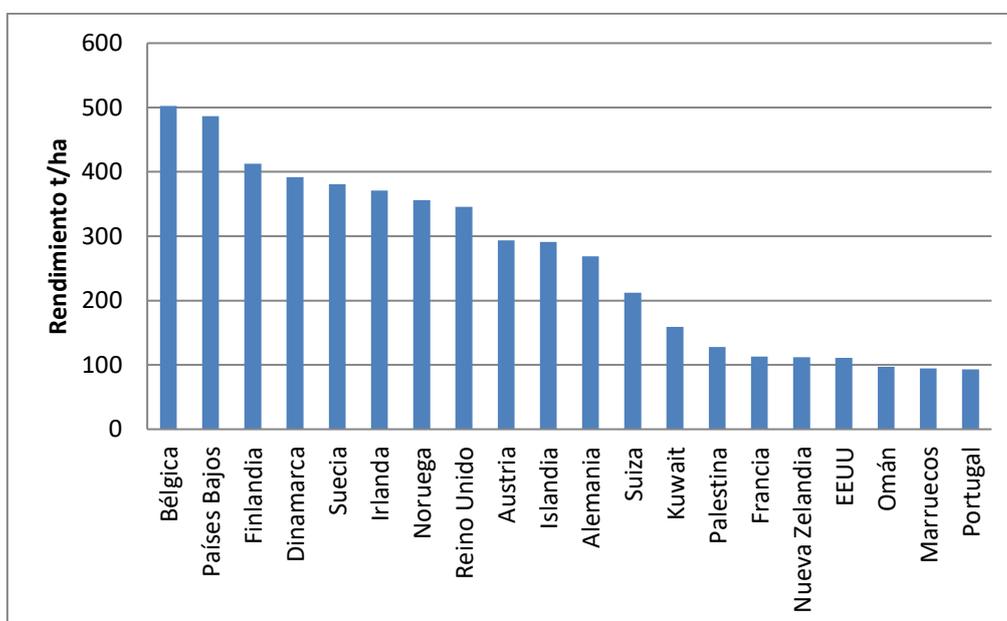


Gráfico 3. Rendimiento del cultivo de tomate por países 2020. Fuente: FAOSTAT.

1.2.Importancia económica en España

En la Gráfica 4 se puede apreciar que la superficie de tomate en España esta entorno a las 57.000 hectáreas en el año 2019, con una ligera tendencia a la baja. Sin embargo, la producción (Gráfica 5) tiene una ligera tendencia al alza, con más de 5.000.000 de toneladas en el año 2019 (Anuario de Estadística. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2020), lo que parece indicar un aumento de los rendimientos por has.

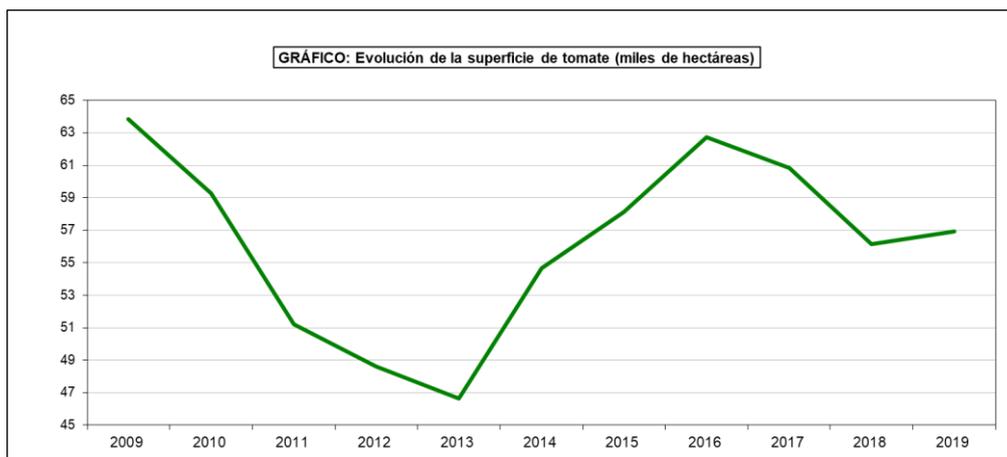


Gráfico 4. Evolución de la superficie de cultivo de tomate en España. (Anuario de Estadística. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2020).

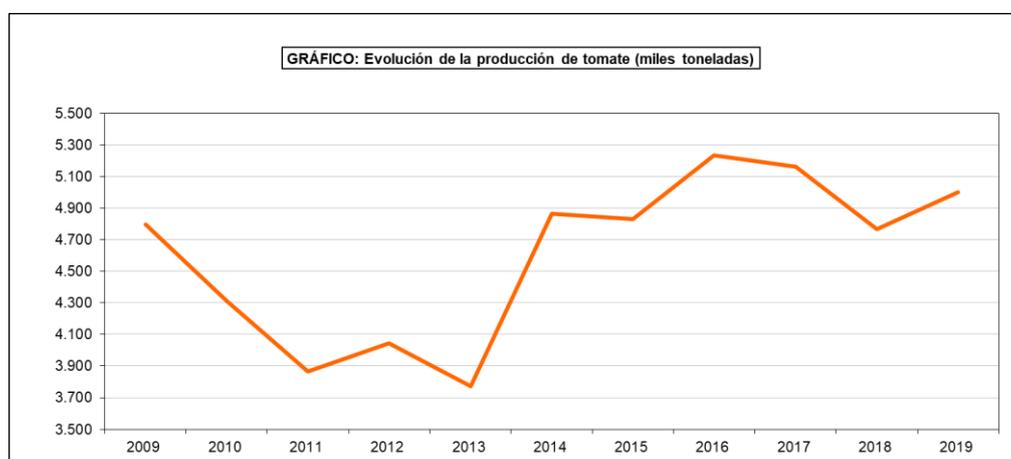


Gráfico 5. Evolución de la producción de cultivo de tomate en España. (Anuario de Estadística. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2020).

1.3. Importancia económica en Canarias

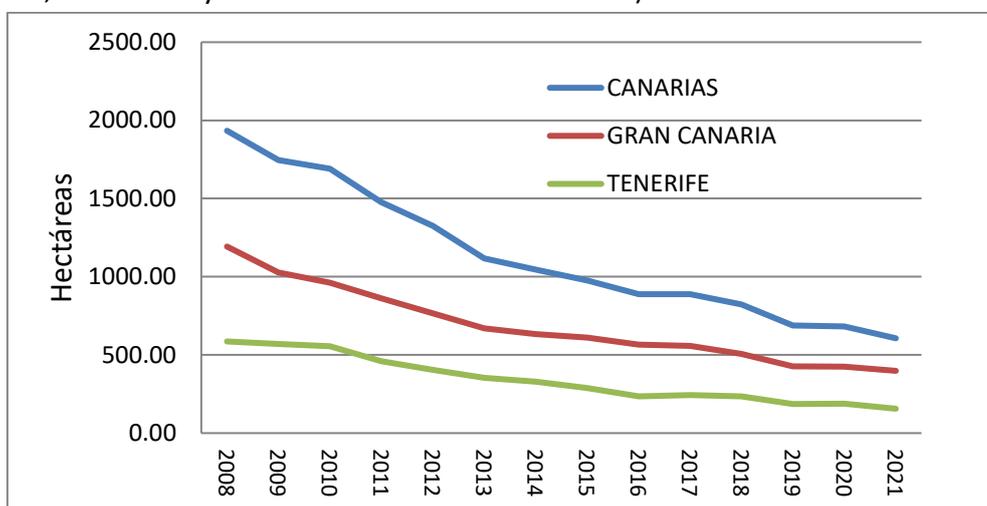
El tomate ha sido uno de los dos cultivos principales de exportación en Canarias en el siglo XX, influyendo mucho en la estructura socio-económica de las Islas. Si bien se encuentran referencias del cultivo del tomate en Canarias desde al menos 1850, no parece que tuviera un gran consumo en las islas, salvo en el caso de las clases más altas. Sin embargo, el tomate empezó a ser bastante popular en Gran Bretaña a finales del siglo XIX. Esto junto con la presencia británica en las islas, sobre todo empresarios de navieras, provocó el comienzo de la exportación del tomate desde Canarias.

El cultivo del tomate en los mercados refleja una pérdida de competitividad a la que han contribuido factores exógenos, como el virus de la cuchara y la consiguiente reducción de rendimientos derivada de la sustitución de variedades ya adaptadas por otras nuevas, o la incidencia más reciente de *Tuta absoluta* que tuvo tan devastadores efectos en la campaña 2009-2010. Pero el principal factor importante que conlleva a esta pérdida es la pasada y actual circunstancia de los mercados. El incremento de la oferta extracomunitaria procedente de Marruecos, de la producción norte-europea en el periodo de exportación canaria y, sobre todo, de una exportación peninsular

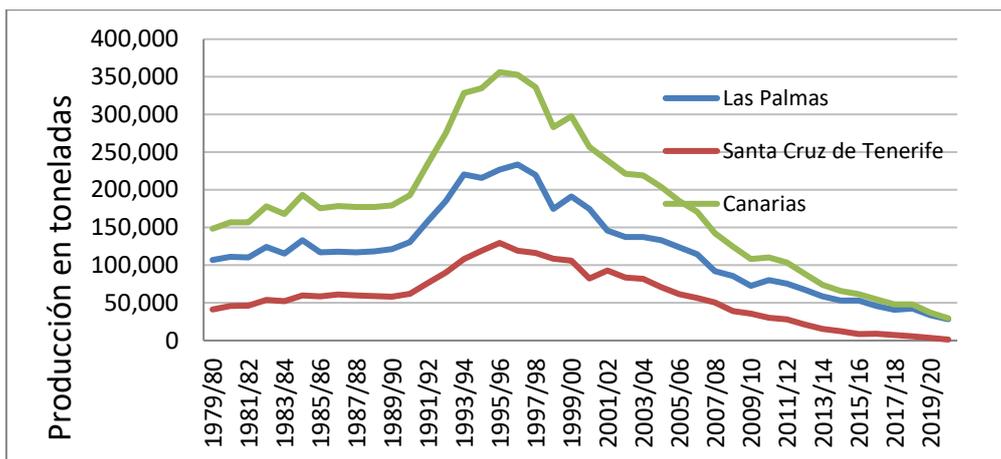
que abarca ya todos los meses del año, provocan la saturación del mercado. La estabilidad de la demanda significa pues un exceso de oferta que empuja a las cotizaciones a descender con frecuencia por debajo de los límites de rentabilidad que determinan unos costes en origen crecientes y unos elevados fletes en el transporte marítimo exigido por la lejanía y la condición insular de Canarias.

Algunas explotaciones que han tecnificado sus invernaderos consiguen rendimientos más altos por unidad de superficie, pero la elevación de costes por hectárea no permite deducir que necesariamente traiga aparejada una reducción del coste de cultivo por unidad de producto. Los rendimientos económicos de una explotación tomatera dependen crucialmente del sentido y el grado de desequilibrio entre oferta y demanda en las semanas en las que su producto participa en los mercados. Así, la evolución de los ingresos y la dirección constante de crecimiento de las diferentes partidas de coste hacen que la mayoría de las explotaciones cierren las campañas en una situación de equilibrio más o menos incierto entre ingresos y costes que, en función de la coyuntura de mercado, se traduce en la alternancia de años de beneficios y años de pérdidas. Sin embargo, cada vez es más difícil que los beneficios obtenidos en las buenas campañas consigan compensar a medio o largo plazo las pérdidas correspondientes a las campañas menos rentables (Cáceres, 2012).

Si observamos la Gráfica 6 se aprecia la tremenda disminución de la superficie de cultivo de tomate en Canarias, que ha pasado de casi 2000 hectáreas en el año 2008 a las poco más de 600 actuales (ISTAC, 2022). Esto es más dramático aún si compramos la exportación de mediados de los años 90 del siglo pasado, donde rondábamos los 350 millones de kilos y las 5000 hectáreas (gráficos 7 y 8; elaboración propia a partir de datos de ACETO, FEDEX y Servicio de Estadística de la Consejería de Agricultura, Ganadería y Pesca del Gobierno de Canarias)



Gráfica 6. Evolución de la superficie de tomate. Canarias. 2008– 2021 (ISTAC, 2022)



Gráfica 7. Evolución de la superficie de tomate. Canarias. 2008– 2021. Fuente: Elaboración propia a partir de la Asociación Provincial de Cosecheros-Exportadores de Tomates de Tenerife (ACETO), la Federación Provincial de Asociaciones de Exportadores de Productos Hortofrutícolas de Las Palmas (FEDEX) y Servicio de Estadística de la Consejería de Agricultura, Ganadería y Pesca.

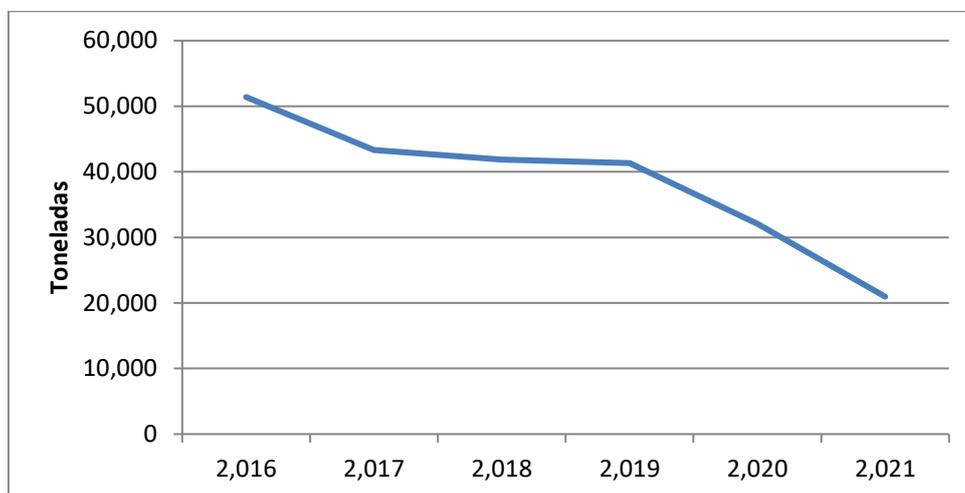


Gráfico 7. Evolución comparativa del volumen de exportación de tomate de Canarias. (Fuente: Federación Española de Asociaciones de Productores Exportadores de Frutas, Hortalizas, Flores y Plantas FEPEX)

Tabla 1: Producción de cultivos en toneladas por isla en 2021 (ISTAC, 2022)

CULTIVOS	Lanzarote	Fuerteventura	Gran Canaria	Tenerife	La Gomera	La Palma	El Hierro	CANARIAS	
	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021
CEREALES	164,2	71,9	791,9	623	107,6	122,6	84,8		1966
LEGUMINOSAS GRANO	34,2	4,9	68,2	88,2	18	36,5	8		258
PAPA	2025,3	2445,4	33046,1	46248,3	2487,8	4237,4	872,4		91362,7
CULTIVOS INDUSTRIALES	803,6	1557,2	891,4	1547	31,3	398	40,8		5269,3
FLORES Y PLANTAS ORNAMENTALES	0	25,5	1104,1	2258,7	11,3	279,7	0		3679,3
CULTIVOS FORRAJEROS	1102,1	1240,8	3389,6	3535,2	505,6	5324,4	4077,2		19174,9
HORTALIZAS	5023,5	4655,5	135611,4	93892,9	3701,1	8562,1	1579,1		253025,6
Col	181,1	147	4086	5125	327	867	123,5		10856,6
Melón	391	110	6019,5	1595,5	0	127	21		8264
Calabacín	513	174	8586,5	12158,5	560	1089	151		23232
Pepino	0	0	10486,8	7030,3	7,5	136,2	6,5		17667,3
Tomate	430,9	1844	40186,8	10085,9	406,6	495,2	306,4		53755,8
Pimiento	150	160	6041	8607	177	453,4	29,6		15618
Fresa y fresón	22,8	9	1130	948	13,2	47,2	15		2185,2
Cebolla	333,9	332,5	1714,5	2595	563,7	757,5	250		6547,1
Habichuelas (Judía verde)	51,6	9	1899	2672,5	280,5	354	20,5		5287,1
CÍTRICOS	109,4	102	11520,7	2894,8	250,6	1128,2	113,4		16119,1
Naranja	86	54,4	8188,2	1775,3	181	756,7	83,6		11125,2
OTROS FRUTALES	405,5	1174,5	107291,9	206784,6	6290,7	136409,5	5931,9		464288,6
Aguacate	13,1	5,5	1953,1	4373,6	185,8	4338,9	103,7		10973,7
Plátano	108,3	90,3	85191,7	185898,7	4679,8	130322,8	2814,6		409106,2
Mango	10,9	30,6	4743,9	2419,7	861,8	567,1	515,6		9149,6
Papaya	73,8	36,8	7847,1	10858,6	188,7	298,4	309,7		19613,1
Piña tropical	55,5	190	240,1	233,3	0	148,7	1831,9		2699,5
VITÍVEDO	2859,6	59,8	527,9	8790,6	190,3	917,6	215		13560,8

2. TAXONOMÍA Y ORIGEN

El tratamiento taxonómico de los tomates y de sus parientes silvestres requiere el estudio de la diversidad y la distribución de las especies, así como su historia natural. La delimitación de las especies permite el conocimiento del grupo (Spooner *et al.*, 2003), siendo esta una hipótesis que va cambiando con el tiempo cuanto más información se encuentra disponible (Peralta *et al.*, 2006).

El tomate pertenece a la familia *Solanaceae*, subfamilia *Solanoideae* y tribu *Solaneae* (Taylor, 1986).

La familia de las Solanáceas (*Solanaceae*) comprende bastantes especies de interés económico así como numerosas plantas medicinales y venenosas. Alberga, actualmente, unas 2300 especies agrupadas en cerca de 100 géneros (Carravedo, 2006).

Su posición genérica dentro de las Solanáceas ha sido controvertida desde el siglo XVIII (Taylor, 1986).

El tomate fue introducido en Europa en el siglo XVI y pronto los botánicos reconocieron la estrecha relación existente entre los tomates y el género *Solanum* (Peralta y Spooner, 2000).

Tournefort en 1694 fue el primero en considerar el cultivo del tomate dentro de un género llamado *Lycopersicon*, determinando que este género era distinto del *Solanum*. En 1700, establece siete géneros, colocando los de fruto blando en un grupo diferenciado (Esquinas-Alcázar y Nuez, 1995).

En 1753, Linnaeus clasificó los tomates dentro del género *Solanum*, y reconoció bajo el nombre específico de *Solanum lycopersicum* aquellos cultivos con frutos multiloculares (que se correspondían al grupo diferenciado por Tournefort) (Peralta y Spooner, 2007).

Jussieu (1789), en su *Genera Plantarum*, mantendría también este criterio, así como Wettstein (1895), en su sinopsis sobre las solanáceas (D'arcy, 1979).

Miller, en 1754, reconsideró la clasificación de Tournefort, y describió formalmente el género *Lycopersicon*, asignando a éste, el tomate. Esta clasificación ha sido aceptada y empleada por numerosos autores modernos (Peralta y Spooner, 2007). En 1768 se propone para el tomate el nombre de *Lycopersicon esculentum* Mill. Esta denominación después ciertas polémicas de carácter taxonómico es ratificada en 1987 en un Congreso Internacional de Botánica celebrado en Berlín (Carravedo, 2006).

En el tomate y especies silvestres relacionadas, el extremo de las anteras se mantiene unido formando un cuello, constituyendo el conjunto de las anteras un cono estaminal característico en forma de botella. De manera asociada, las anteras se abren lateralmente, a diferencia de la dehiscencia terminal o poral característica del género *Solanum*. El polen se libera dentro del cono estaminal y emerge a través del cuello del cono. El reconocimiento del valor taxonómico de este conjunto de caracteres ha permitido diferenciar *Lycopersicon* de *Solanum* (Esquinas-Alcázar y Nuez, 1995).

Recientes investigaciones moleculares, utilizando *outgroups* adecuados, han mostrado que los tomates y las papas están muy relacionados filogenéticamente y vuelven a apoyar la inclusión de los tomates dentro del género *Solanum* (Peralta y Spooner, 2000), y por lo tanto de la denominación *Solanum lycopersicum* L.

Tabla nº 2: Clasificación de *Solanum lycopersicum* L. según Peralta *et al.* (2006), con el color del fruto, el sistema de reproducción y su distribución.

Nombre	<i>Lycopersicon</i> equivalente	Color del fruto	Sistema de reproducción	Distribución
<i>Solanum lycopersicum</i> L.	<i>Lycopersicon esculentum</i> M.	Rojo	Auto-compatible, autógeno, alógamo facultativo	En todo el mundo, en una gran variedad de hábitats

2.1. El tomate y sus especies silvestres.

En la actualidad se han reconocido trece especies de tomates silvestres (Peralta *et al.*, 2005). Once de ellas están distribuidas a lo largo de la costa y en los andes del centro del Ecuador hasta el norte de Chile y las dos restantes son endémicas de las islas Galápagos. La taxonomía del grupo varía entre los diversos autores debido a que existen discrepancias entre las relaciones interespecíficas que se han propuesto, dado que en algunos casos las especies han sido clasificadas usando criterios morfológicos y en otros los criterios biológicos (Rodríguez y Spooner, 2008).

Todos los tomates son diploides ($2n=24$) (Rick, 1979), aunque eventualmente pueden ser tetraploides, y presentan diferentes sistemas de reproducción. Pudiendo ser alógamas autoincompatibles, alógamas facultativas auto-compatibles o autógenas auto-compatibles (Rick, 1986). El sistema de auto-incompatibilidad en tomate es gametofítico y controlado por el mutialélico locus S (Tanksley y Loaliza-Figueroa, 1985). Como los tomates silvestres se pueden cruzar (algunas veces con dificultad) con el tomate cultivado, son de gran importancia en los programas de mejoramiento como fuentes de resistencia a enfermedades y de características agrónomicas deseables (Esquinas, 1981; Rick, 1982; Stevens y Rick, 1986). Incluso, el tomate es considerado como un organismo modelo en estudios genéticos y del desarrollo en plantas (Tanksley y McCouch, 1997).

Tabla 3 : Lista de especies de *Solanum* sección *Lycopersicon*, con sus equivalentes en el género *Lycopersicon*, ahora parte del género *Solanum* (Peralta *et al.*, 2005).

Nombre en <i>Solanum</i>	Equivalente en <i>Lycopersicon</i>	Distribución y hábitats
<i>S. arcanum</i> Peralta	Parte de <i>L. peruvianum</i> (L.) Miller	Norte del Perú, valles andinos internos y costeros; lomas, valles secos también en pendientes rocosas y secas; 100-2800 m.
<i>S. cheesmaniae</i> (L. Riley) Fosberg	<i>L. cheesmaniae</i> L. Riley	Autóctono de las islas Galápagos, Ecuador; variedad amplia de hábitats; desde nivel del mar hasta 500 m.
<i>S. chilense</i> (Dunal) Reiche	<i>L. chilense</i> Dunal	Sur del Perú (Tacna) hasta Norte de Chile; en regiones llanas, rocosas hiperáridas y desiertos costeros; desde nivel del mar hasta 3250 m
<i>S. chmielewskii</i> (C.M.Rick, Kesicki, Fobes & M. Holle)	<i>L. chmielewskii</i> C.M. Rick, Kesicki, Fobes & M. Holle	Sur del Perú (Aurimac) al Norte de Bolivia (La Paz); valles andinos muy secos; 500-3200 m.
<i>S. corneliomuelleri</i> J. F. Macbr.	Parte de <i>L. peruvianum</i> (L.) Millar conocido también <i>L. glandulosum</i> C.F. Mull.	Centro al Sur del Perú, Oeste de zonas bajas de los Andes; tierras deslizables pendientes rocosas; (40) 200-300 m.
<i>S. galapagense</i> S. Darwin & D.M. Peralta	Parte de <i>L. cheesmaniae</i> L. Riley (conocido previamente como var. Minor)	Autóctono de las islas Galápagos; se encuentran principalmente en la lava costera hasta 1 m dentro de la marca de marea y ocasionalmente tierra adentro; desde nivel del mar hasta 50m.
<i>S. habrochaites</i> S. Knapp & D.M. Spooner	<i>L. hirsutum</i> Dunal	Centro del Ecuador al centro de Perú; pendientes occidentales de los Andes; en variedades de tipos de bosques, desde premontaña hasta bosques secos; (40) 200-300 m
<i>S. huaylasense</i> Peralta	Parte de <i>L. peruvianum</i> (L.) Miller	Norte del Perú (Ancash); pendientes rocosas del Callejón de Huaylas junto al río Santa y adyacente al drenaje del río Fortaleza; (940) 700-3000m.
<i>S. lycopersicum</i> L.	<i>L. esculentum</i> Miller	Solamente es conocido por cultivos o escapes; en diferentes hábitats a nivel mundial, muchas plantas escapadas tienen frutos pequeños (cerasiforme); desde el nivel del mar hasta 4000m.

Tabla 3 (cont) : Lista de especies de *Solanum* sección *Lycopersicon*, con sus equivalentes en el género *Lycopersicon*, ahora parte del género *Solanum* (Peralta *et al.*, 2005).

<i>S. neorickii</i> (C.M. Rick, Kesicki, Fobes & M. Holle) D. M. Sooper, G. J. Anderson & R.K. Jansen	<i>L. perviflorum</i> C.M. Rick, Kesicki, Fobes & M. Holle	Sur del Ecuador (Azuay) hasta Sur del Perú (Apurímac); valles interandinos secos, se encuentran con frecuencia sobre bancos rocosos y al lado de las carreteras; (920) 1950-2600 m.
<i>S. pennellii</i> Correll	<i>L. pennellii</i> (Correll) D'Arcy	Norte del Perú (Piura) hasta Norte de Chile (Tarapacá); laderas rocosas secas y áreas arenosas; desde nivel del mar hasta 2300 m.
<i>S. peruvianum</i> L.	<i>L. peruvianum</i> (L.) Millar	Centro del Perú (Ancash) hasta Norte de Chile; formaciones de lomas costeras y eventualmente en desiertos costeros, ocasionalmente como mala hierba en los bordes de los campos en las riveras de valles costeros; desde el nivel del mar hasta 600 m.
<i>S. pimpinellifolium</i> L.	<i>L. pimpinellifolium</i> (L.) Miller	Centro de Ecuador hasta centro de Chile; hábitat costeros secos; 0-500 m.

2.2. ORIGEN Y DOMESTICACIÓN DEL TOMATE

Los tomates silvestres son nativos del oeste de América del Sur, y se distribuyen desde Ecuador hasta el norte de Chile, con dos especies endémicas en las Islas Galápagos (Darwin *et al.*, 2003; Spooner *et al.*, 2005).

Crecen en diversidad de hábitat, y tanto la topografía andina, como los diferentes hábitat ecológicos y la variedad de climas, han contribuido a su diversificación (Peralta *et al.*, 2006).

El vocablo tomate es introducido en la lengua castellana en 1532, procedente de la lengua Náhuatl (Azteca). Tomate viene de *tomatl*, que quiere decir 'agua gorda'. La palabra tomate se propaga por varios idiomas, aunque en Italia lo renombraron *pomodoro*, extendiendo su uso a países como Rusia donde se denomina *pomidor* (Carravedo, 2006).

Se han formado 2 hipótesis en cuanto al lugar original de domesticación. Alfonso de Candolle (1886) utiliza pruebas lingüísticas como 'mala peruviana' o 'Pomi del Perú', empleadas por algunos botánicos del siglo XVI, para sugerir un origen peruano. Él también consideró que el tipo de tomate Cherry 'ceraciforme' era el antepasado de los cultivos que se siembran en todo el mundo, pero recientes investigaciones genéticas han demostrado que las plantas conocidas como ceraciformes son una mezcla de especies salvajes y cultivadas, en lugar de ser los ancestros de los cultivares (Nesbitt y Tanksley, 2002).

La hipótesis mejicana fue avanzada por Jenkins (1948), que también utiliza pruebas lingüísticas, pero no está claro que la planta citada como 'tomalt' por Francisco Hernández (1571-1577) se refiera a la verdadera planta de tomate o a la especie nativa *Physalis* ('tomate' o 'tomatillo' es el nombre común en Méjico para la *Physalis philadephica*, mientras que 'jitomate' se refiere a cultivares con frutos grandes de *Solanum lycopersicum*).

Hoy día aún no se ha resuelto su lugar de origen exacto (Peralta y Spooner, 2007).

El lugar de domesticación, por tanto, es un tema controvertido. Se deben tener en cuenta (Esquinas y Nuez, 1995):

- A la llegada de los españoles a América el tomate está integrado en la cultura azteca y en otros pueblos del área mesoamericana. No ocurriendo lo mismo en la zona andina.
- El tomate no tiene ningún nombre conocido en los idiomas andinos, mientras que el nombre moderno, tiene su origen en la lengua Náhuatl de Méjico.
- No se han hallado restos de esta planta en yacimientos arqueológicos en Méjico ni en las regiones andinas.

Independientemente del lugar donde fue domesticado el tomate, los seres humanos han creado una gran variedad morfológica de los diferentes cultivares usando técnicas de fitomejoramiento (Peralta y Spooner, 2007).

Los españoles introdujeron el tomate en Europa a principios del siglo XVI. Fue cultivado inicialmente sólo como planta ornamental, porque sus frutos eran considerados venenosos (Costa y Heuvelink, 2005). El alcaloide causante de la pretendida toxicidad es la tomatina, que se encuentra principalmente en las hojas y en el fruto verde, pero que se degrada al madurar (Rodríguez *et al.*, 1989). Desde mediados del siglo XVI, se ha cultivado y consumido en Europa del sur, aunque llegó a difundirse en el noroeste de Europa a finales del siglo XVIII (Costa y Heuvelink, 2005).

La primera descripción botánica del tomate la realizó Pier Andrea Mattioli, botánico italiano, en 1554, llamándolo 'pomo d'oro', manzana dorada (de ahí el nombre de pomodoro). Desde entonces aparece descrito en numerosos herbarios como el de Matthias de L'obel en 1581, el de Gerard en Inglaterra en 1597 o el de Salomón en Estados Unidos, en 1710. En Francia, recibió el nombre de 'pomme d'amour' (Esquinas-Alcázar y Nuez, 1995).

En África, hay constancia de su presencia en Egipto y Túnez a finales del siglo XVI. En Asia, en la misma época aparece en Filipinas, para continuar su expansión por China, Japón e India, a finales del siglo XVIII. A partir de esta época se conoce su cultivo, en principio como ornamental, en la costa oriental de Estados Unidos, y no alcanza verdadera importancia hasta principios del siglo XX (Carravedo, 2006).

Los españoles y portugueses difundieron el tomate por el mundo a través de sus colonias ultramarinas.



Figura 1: Primera publicación de ilustración de tomate, *Solanum Lycopersicum*, de Dodoens (1554). (Peralta *et al.*, 2008).

3. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA Y MORFOLOGÍA.

El tomate es una planta perenne de porte arbustivo que se cultiva como anual (Chamarro, 2001), pero cuya duración vegetativa en condiciones climáticas favorables puede prolongarse varios años. La planta puede desarrollarse de forma rastrera, semierecta o erecta, y el crecimiento es limitado en las variedades determinadas e ilimitado en las variedades indeterminadas, pudiendo llegar, en estas últimas, a 10 m en un año (Rick, 1978). La ramificación es generalmente simpodial, con lo que los ejes sucesivos se desarrollan a partir de la yema axilar del eje precedente y la yema terminal da lugar a la inflorescencia o ramas abortivas (Chamarro, 2001).

3.1 La semilla

Las semillas son grisáceas, de forma oval, aplastada y de 3 a 5 mm de diámetro. Está constituida por el embrión, cuyo desarrollo dará lugar a la planta adulta, el endospermo, que contiene los elementos nutritivos para el desarrollo del mismo, y la testa o cubierta seminal, que envuelve y protege a ambos. La superficie está cubierta de vellosidades, pequeñas escamas y restos del tegumento externo que las revestía. En un grano hay de 300 a 350 semillas (Rodríguez *et al.*, 2001).

La semilla conserva su poder germinativo durante 4 o más años si se mantiene en condiciones adecuadas, siendo las temperaturas máximas y mínimas para la germinación 35°C Y

10°C. El tratamiento de las semillas con ácido giberélico o indol acético provoca una aceleración en el crecimiento (Rodríguez *et al.*, 2001). La germinación depende de la variedad, de las condiciones de almacenamiento de las semillas y de las condiciones ambientales. La germinación está, al menos en parte, bajo control genético (Wittington y Fierlinger, 1972), y es más rápida en las semillas más pequeñas. El almacenamiento de las semillas en unas condiciones normales de temperatura y humedad afecta poco a la viabilidad, pero para almacenamientos prolongados se aconseja una humedad del 5,5 %, por debajo de la cual se produce un descenso de la viabilidad (Natile, 1964). El momento de la recolección de los frutos destinados a la obtención de semillas también afecta a la viabilidad de las mismas y, en los frutos que no han alcanzado la madurez fisiológica, siendo menor cuanto más precoz es la recolección. Sin embargo, una vez el fruto ha iniciado la maduración, el momento de la recolección afecta poco a la viabilidad de las semillas. Los tratamientos térmicos fungicidas o desinfectantes para el control de patógenos en las semillas pueden disminuir la capacidad de germinación cuando no se efectúan correctamente, pero en condiciones adecuadas no afecta prácticamente a la viabilidad (Rees, 1970).

3.2 La raíz

El sistema radicular de la planta presenta una raíz principal, pivotante que crece unos 3 cm al día hasta que alcanza los 60 cm de profundidad, simultáneamente se producen raíces adventicias y ramificaciones que pueden llegar a formar una masa densa de cierto volumen. Sin embargo, este sistema radicular, que es el que surge cuando la planta se origina en una semilla, puede ser modificado por las prácticas culturales, y así cuando la planta procede de un trasplante, la raíz pivotante desaparece siendo mucho más importante el desarrollo horizontal (Rodríguez *et al.*, 2001). La raíz puede extenderse superficialmente sobre un diámetro de 1.5 m y alcanzar más de 0.5 m de profundidad. Generalmente, el 70% de las raíces se localizan a menos de 20 cm de la superficie. Todas absorben agua, mientras los minerales se absorben por las raíces más próximas a la superficie (Varga y Bruinsma, 1986).

3.3 El tallo

El tallo principal forma de 6 a 12 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 3 hojas. El aspecto es el de un tallo principal, que crece de forma continua con inflorescencias internodales laterales cada 3 hojas. Cuando este proceso se repite indefinidamente los cultivares se denominan indeterminados y el seudo tallo principal puede crecer más de 10 m por año, con un porte rastrero o trepador. Los brotes laterales, que se desarrollan de las axilas de las hojas, se eliminan y el tallo principal se enrosca alrededor de una cuerda o tutor. (Chamarro, 2001)

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. El sistema de ramificación lateral, como el sistema primario,

experimenta un crecimiento limitado dando a la planta un aspecto arbustivo con simetría circular que requiere menos espacio que los cultivares indeterminados. La floración y fructificación se producen en un periodo de tiempo limitado, lo que provoca la concentración de la producción permitiendo efectuar la recolección mecánica (Picken *et al.*, 1986; Rick, 1978).

El tallo típico tiene de 2-4 cm de diámetro en la base y está cubierto por pelos glandulares y no glandulares que salen de la epidermis. Debajo de la epidermis se encuentra el córtex o corteza cuyas células más externas tienen clorofila y son fotosintéticas, mientras las más internas son de tipo colenquimático y ayudan a soportar el tallo. La capa cortical más interna es la endodermis, que separa el córtex del cilindro vascular. Toda la estructura vascular y las células parenquimáticas que la rodean, el periciclo, se disponen en forma de tubo alrededor de un tejido medular. Existen capas de floema tanto interiores como exteriores a un tubo cilíndrico de fibras de xilema. A medida que se desarrolla el floema secundario, el floema externo forma un cilindro más continuo (Chamarro, 2001). En el extremo del tallo principal se encuentra el meristemo apical, una región de división celular activa donde se inician los nuevos primordios foliares y florales. Tiene forma de cúpula y está protegido por las hojas recién formadas (Picken *et al.*, 1986).

3.4. La hoja

Las hojas del tomate son pinnado compuestas (Chamarro, 2001) que se insertan sobre los diversos nudos, en forma alterna. (Rodríguez *et al.*, 2001). Una hoja típica del tomate tiene de 0,5 m de largo, algo menos de anchura, con un gran foliolo terminal y hasta 8 grandes foliolos laterales, que pueden, a su vez, ser compuestos. Los foliolos son usualmente peciolados y lobulados irregularmente con bordes dentados. Las hojas están recubiertas de pelos del mismo tipo que los del tallo. Las hojas del tomate son de tipo dorsiventral o bifacial. El tejido parenquimático o mesófilo está recubierto por una epidermis superior y otra inferior; ambas están constituidas por una sola capa de células y no contienen cloroplastos. La epidermis del envés o inferior contiene abundantes estomas que facilitan el intercambio gaseoso con el exterior, mientras estos son escasos en la epidermis superior. Debajo y perpendicularmente a la epidermis superior se encuentra el parénquima en empalizada, que está constituida por una o dos capas de células cilíndricas, vacuoladas y estrechamente empaquetadas. Este tejido es rico en cloroplastos, que se encuentran en el citoplasma junto a los espacios intercelulares para facilitar el intercambio gaseoso (Chamarro, 2001).

El primordio foliar aparece, inicialmente, como una pequeña protuberancia sobre la cúpula del ápice. A diferencia de lo que ocurre con la mayoría de las especies, los foliolos se inician en progresión basipétala desde el foliolo terminal hacia el tallo. El foliolo terminal se forma a partir de un meristema marginal a lo largo de los flancos del primordio, en el extremo distal. Los demás foliolos se desarrollan de forma similar, a partir de grupos de células que forman pequeñas protuberancias sobre los flancos del primordio (Coleman y Greyson, 1976; Picken *et al.*, 1986).

3.5. La flor

La flor es perfecta, regular e hipógina y consta de 5 ó más sépalos, de 5 ó más pétalos dispuestos de forma helicoidal a intervalos de 135°, de un número igual de estambres que se alternan

con los pétalos y de un ovario bi o plurilocular. Las flores, en número variable, se agrupan en inflorescencias racemosas (Greyson y Sawhney, 1972).

Las flores se presentan formando inflorescencias que pueden ser de cuatro tipos: racimo simple (normalmente, en la parte más baja de la planta, predominando el tipo de compuesto en la parte superior), cima unípara, cima bípara y cima múltipara; pudiendo llegar a tener 50 flores por inflorescencia (Rodríguez et al., 2001). La primera flor se forma en la yema apical y las demás flores se desarrollan lateralmente por debajo de la primera, alrededor de un eje principal (Varga y Bruinsma, 1986).

La flor está unida al eje floral por un pedicelo articulado que contiene la zona de abscisión, la cual se distingue por un engrosamiento con un pequeño surco producido por una reducción del espesor del cortex. La zona de abscisión está constituida por células pequeñas, indiferenciadas, atravesadas de forma continua por el sistema vascular del pedicelo. La formación de la capa de abscisión implica la degradación de la lámina media y materiales de células adyacentes (Roberts *et al.*, 1984)

En determinadas circunstancias la flor se separa de la planta antes de la apertura de los pétalos, lo que se denomina aborto de la flor, mientras, en otros casos, se produce después de la apertura de los pétalos, lo que se conoce como caída de la flor. A menudo, la última yema de la inflorescencia aborta mientras todavía es muy pequeña y, en determinados casos, puede producirse también el aborto de la primera yema floral, dejando a las del centro de la inflorescencia continuar el desarrollo. En una sola inflorescencia los estadios de desarrollo reproductivo pueden incluir al mismo tiempo pequeños frutos, flores abiertas y yemas florales cerradas (Atherton y Harris, 1986).

Se precisan de 56 a 76 días desde el nacimiento de la planta hasta que se inician los botones florales. Experimentalmente se ha conseguido anticipar de dos a cinco semanas la floración tratando las plantitas durante 1 a 3 semanas con temperaturas de 10 a 16°C (Rodríguez *et al.*, 2001).

Cuando las inflorescencias se producen alternando con cada hoja o dos hojas se dice que la planta es de crecimiento determinado; si la alternancia es más espaciada la planta se dice de crecimiento indeterminado. Normalmente, entre las primeras predomina la precocidad y el porte bajo y las segundas son más tardías y de porte alto (Rodríguez *et al.*, 2001).

La primera inflorescencia se produce, según Went, entre el 8º y 18º nudo, según el tipo de planta y la temperatura.

3.6. El fruto

El fruto del tomate es una baya bi o plurilocular que se desarrolla a partir de un ovario de unos 5-10 mg y alcanza un peso final en la madurez que oscila entre los 5 y los 500 g, en función de la variedad y las condiciones de desarrollo. El fruto está unido a la planta por un pedicelo con un engrosamiento articulado que contiene la capa de abscisión. La separación del fruto en la recolección puede realizarse por la zona de abscisión o por la zona peduncular de unión al fruto. En las variedades industriales la presencia de parte del pedicelo es indeseable por lo que se prefieren cultivares que se separan fácilmente por la zona peduncular (Chamarro, 2001).

El fruto es una baya de color amarillo, rosado o rojo debido a la presencia de licopina y carotina, en distintas y variables proporciones. Su forma puede ser redondeada, achatada o en

forma de pera, y su superficie lisa o asurcada, siendo el tamaño muy variable según las variedades. (Rodríguez *et al.*, 2001).

El fruto adulto del tomate está constituido, básicamente, por el pericarpo, el tejido placentario y las semillas (Chamarro, 2001).

El pericarpo lo componen la pared externa, las paredes radiales o septos que separan los lóculos y la pared interna o columela. Se origina de la pared del ovario y consta de un exocarpo o piel, un mesocarpo parenquimático con haces vasculares y el endocarpo constituido por una capa unicelular que rodea los lóculos (Chamarro, 2001).

El mesocarpo de la pared externa está compuesto principalmente por células parenquimáticas, que son mayores en la región central y disminuyen junto a la epidermis y los lóculos. Las paredes radiales o septos y la columela son, también, fundamentalmente parenquimáticos. La columela suele estar menos pigmentada que las paredes radiales y externa y puede incluir grandes espacios de aire que dan al tejido un aspecto blanquecino. Las células adultas son grandes, de paredes delgadas, mantienen un alto grado de organización estructural, especialmente de las mitocondrias, cromoplastos y retículo endoplasmático. Los plastidios contienen almidón y tienen un sistema tilacoidal grana-intergrana. Las células epidérmicas tienen menos almidón que las células parenquimáticas. La mayor parte de la división celular en el pericarpo tiene lugar durante la primera semana después de la antesis (Asahira *et al.*, 1968) aunque durante la siguiente también se producen divisiones celulares.

La piel o exocarpo consta de la capa epidérmica externa, sin estomas y prácticamente sin almidón, y de dos o cuatro capas de células hipodérmicas de pared gruesa con espesamientos de tipo colenquimático. La epidermis está cubierta por una fina cutícula que se engrosa a medida que se desarrolla el fruto. La zona cuticular, de 4 a 10 μm de espesor, consta de dos regiones: una capa de cutina que cubre las células epidérmicas y una capa cuticular (Wilson y Sterling, 1976). La cutinización penetra en las paredes radiales de la epidermis y puede llegar también a la hipodermis. Una fuerte cutinización puede ser la causa de la resistencia al rajado de algunos cultivares. Los tricomas se desarrollan a partir de la epidermis, dejando en su lugar cicatrices y células epidérmicas fuertemente cutinizadas.

Las cavidades loculares son huecos en el pericarpo. Un fruto normal posee, al menos, dos lóculos. Los lóculos contienen las semillas rodeadas por una masa gelatinosa de células de paredes delgadas de tipo parenquimático que llenan las cavidades loculares cuando el fruto está maduro. Este tejido, formado por una excrecencia de la placenta que rodea gradualmente las semillas, aparece tempranamente durante los primeros 10 días y en los 10 días siguientes llena totalmente la cavidad locular y entra en contacto con las paredes externas y radiales de los carpelos, pero no se une a ellas. En el fruto inmaduro, este tejido es firme y compacto, pero al iniciarse la maduración las paredes celulares comienzan a desintegrarse, se hacen más delgadas y céreas, se aplastan parcialmente y el tejido locular se hace gelatinoso (Chamarro, 2001).

El fruto tiene dos sistemas vasculares principales, uno que se extiende desde el pedicelo por la pared externa del pericarpo y el otro que va a las semillas a través de las paredes radiales y columela.

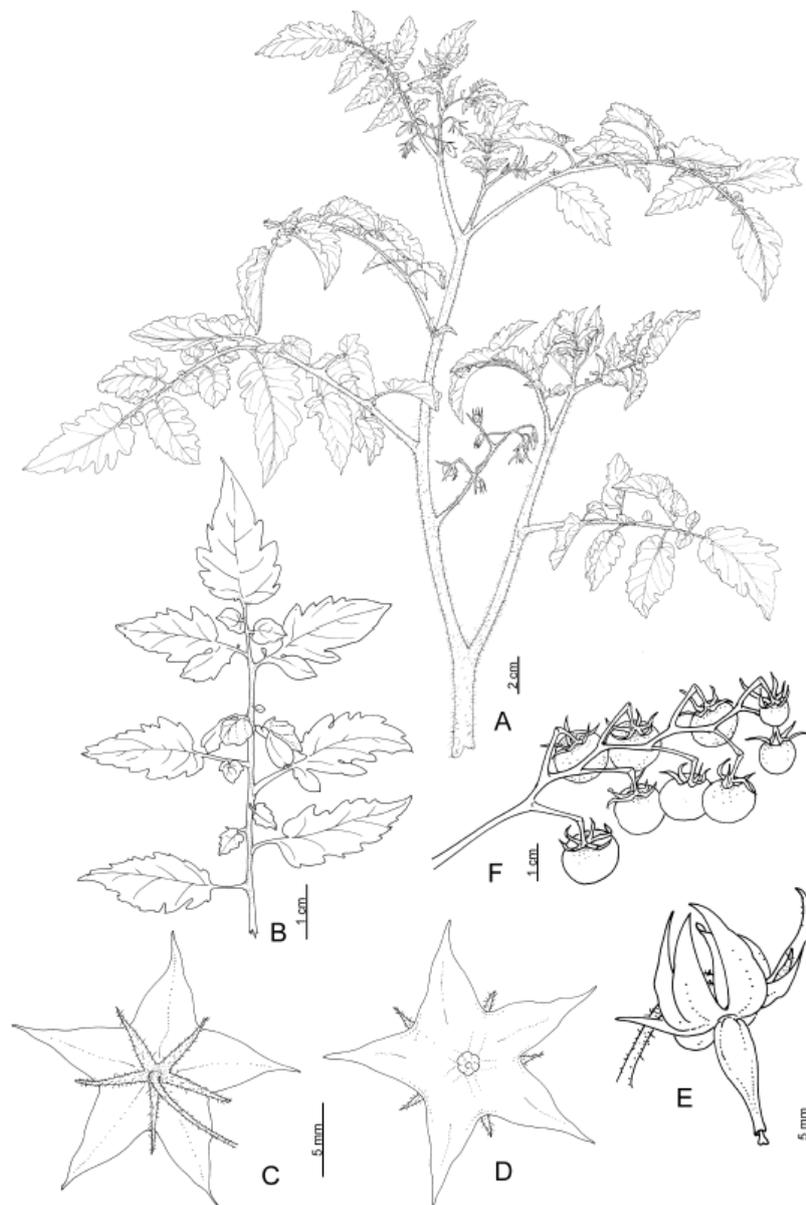


Figura 2: *Solanum lycopersicum*. A. Rama. B. Hoja. C, D, E. Flor. F. Infrutescencia. (Peralta *et al.*, 2008).

4. VARIEDADES.

4.1. Tipos varietales

A lo largo de los años se ha producido una evolución en la producción de tomates, como consecuencia de la variación que han experimentado las demandas en los mercados (Rodríguez *et al.*, 1989).

El tomate cultivado para consumo fresco corresponde básicamente, a la especie *Solanum lycopersicum* L, siendo los criterios principales de la selección las siguientes (CIDH, 1986): características de la variedad comercial (vigor, características del fruto, resistencia a enfermedades), mercado de destino, estructura del invernadero, clima y calidad del agua de riego.

Los adelantos genéticos conseguidos son tan importantes que cada año aparecen variedades nuevas que dejan en el olvido a otras surgidas muy pocos años antes (Rodríguez *et al.*, 1989).

Un paso importante en estos adelantos lo constituyó la aparición de los híbridos, que retienen las características más favorables de las variedades parentales (Rodríguez *et al.*, 1989) y además procura conseguir mejores precios; producción alta y uniforme; adaptación a condiciones climático- ambientales (bajas temperaturas, aguas salinas); resistencia a plagas y enfermedades propias de la zona de cultivo; adaptación al sistema y ciclo de cultivo; buen aspecto en cuanto a forma, color homogeneidad ausencia de deformación; consistencia y resistencia a la manipulación y transporte; y por último calidad interna, es decir textura, jugosidad, sabor y buen aspecto (Cáceres, 2000). Se debe tener en cuenta que para la siembra es necesario adquirir estas semillas de las casa productoras, ya que con estas variedades no es posible la multiplicación a partir del fruto.

Los principales tipos de tomate para consumo en fresco son (Díez, 1995):

BEEFSTEAK: Son plantas indeterminadas y variables en cuanto a precocidad. Son vigorosas hasta el 6º -7º ramillete, a partir del cual pierde bastante vigor coincidiendo con el engorde de los primeros ramilletes. Los frutos son de gran tamaño y poca consistencia (CIDH, 1986). Su forma más común es ligeramente achatado, aunque los hay también redondeados y francamente achatados. Son multiloculares, con hombros de intensidad ligera, media o sin ellos. Presentan una producción precoz y agrupada. Dado el gran tamaño de sus frutos es de interés que presenten resistencia al agrietado y firmeza de la carne, lo cual los hace aptos para el transporte. Por lo tanto se emplean tanto en mercado interior como exterior. En Canarias tiene destino fundamentalmente para el mercado interior (Ríos, 2008, comunicación personal).

AMERICANO: Las plantas suelen ser compactas. Los frutos son generalmente achatados, multiloculares y con presencia de hombros o sin ellos. Dentro de los de crecimiento determinado hay diversos tipos: determinado, semideterminado, rastrero o arbustivo. Hay cultivares adaptados al cultivo tanto al aire libre como en invernadero.

MARMANDE: Hay variedades de crecimiento determinado e indeterminado y con distintos grados de precocidad. Son plantas poco vigorosas que emiten de 4 a 6 ramilletes aprovechables. El fruto se caracteriza por su buen sabor y su forma acostillada, achatada y multilocular. Hay variedades mejoradas que toleran el agrietado y la necrosis vascular. Están bien adaptadas al cultivo al aire libre.

VEMONE: Son híbridos muy vigorosos, con gran variación en cuanto a la precocidad. Se trata de plantas finas y de hoja estrecha, de porte indeterminado y marca de plantación muy densa (CIDH, 1986). Los frutos son de forma redondeada. Se prefieren lisos o ligeramente acostillados, habiendo algunos cultivares de acostillado medio, con 4 o más lóbulos y gran variación en cuanto a la presencia de hombros. Se pueden cultivar tanto en invernadero como al aire libre. Frutos de calibre G que presentan un elevado grado de acidez y azúcar, inducido por el agricultor al someterlo a estrés hídrico. Su recolección se realiza en verde pintón marcando bien los hombros. Son variedades con poca resistencia a enfermedades (CIDH, 1986).

FRANCÉS: Son plantas muy precoces y sus frutos son redondos y ligeramente achatados, con 4 o más lóbulos y con hombros de intensidad ligera o sin ellos. Son resistentes a múltiples enfermedades. Están bien adaptados al cultivo al aire libre, aunque también dan buen desarrollo en condiciones de invernadero (CIDH, 1986).

MONEYMAKER: Se trata de plantas vigorosas, de porte abierto y generalmente indeterminado. Sus frutos son redondos, lisos, generalmente sin hombros, aunque algún cultivar los presenta muy ligeros. Son de calibre M y MM y con buena formación en ramillete. Hay variedades con frutos de 2-3 lóculos y otros algo mayores con 3-5 lóculos. Tienen introducidas múltiples resistencias.

COCKTAIL: Plantas muy finas de crecimiento indeterminado. Frutos de peso comprendido entre 30 y 50 g, redondos, generalmente con 2 lóculos, sensibles al rajado y usados principalmente como adornos de plato (CIDH, 1986).

COCKTAIL APERADO: Frutos de tamaño muy pequeño, aperados, lisos, sin cicatrices. Su consumo es en fresco, aunque por sus características es un tomate de industria.

CEREZA (CHERRY): Plantas vigorosas de crecimiento indeterminado. El número de frutos por racimo es muy variable oscilando entre 15 y más de 50, con inflorescencias muy largas. Los frutos son redondos y con peso entre algo menos de 10 g y algo más de 30 g. Hombros verdes poco marcados o sin ellos.

LARGA VIDA: La introducción de los genes Nor y Rin es la responsable de su vida larga vida, confiriéndole mayor consistencia y conservación de los frutos de cara a su comercialización, en detrimento del sabor. Generalmente se buscan frutos de calibres G, M o MM de superficie lisa y coloración uniforme anaranjada o roja. Añaden a la alta productividad y resistencia a enfermedad las características de la larga conservación de sus frutos (CIDH, 1986).

RAMILLETE: De recién introducción en los mercados, resulta difícil definir que tipo de tomate es ideal para ramillete, aunque generalmente se buscan las siguientes características: frutos de calibre M, de color rojo vivo, insertos en ramillete en forma de espina de pescado. Muchas de estas variedades se recolecta también para tomate suelto (Ríos, 2008, comunicación personal)

TIPO PIMIENTO: Plantas de crecimiento determinado o indeterminado. Los frutos son en forma de pimiento alargado. Son compactos y carnosos. Se usan para consumo en fresco o conserva casera.

Tabla 4. Tipos de tomate para fresco (Adaptado de Díez, 1995).

Tamaño fruto	Acostillado del fruto	Tipo de crecimiento	Tipo	Fotografía tipo
Frutos gruesos calibre G y GG > 67 mm	Desde liso a medio fuerte	Indeterminado	Beefsteak	
Frutos gruesos calibre G y GG > 67 mm	Medio o fuerte	Indeterminado o determinado	Marmande	
Frutos medianos calibre M 57-67mm	Liso o ligero	Indeterminado	Canario Vemone Moneymaker	
Frutos pequeños calibre MM 47-57mm	Liso o ligero	Determinado	Francés	
Frutos pequeños calibre MMM <47 mm	Lisos	Indeterminado	Cocktail (redondo)	
Frutos muy pequeños <30 mm	Lisos	Indeterminado	Cocktail (aperado) Cherry	

4.2 Cultivares comerciales

En todo el mundo, se encuentran registradas más de 1700 cultivares de tomate. Las compañías de semillas ofrecen al agricultor semillas de distintos tipos de tomates, los cuales se han seleccionado en base a su producción, vida media, sabor, sistema de cultivo productivo y época de siembra. En el mercado español hay más de 900 cultivares ofrecidos por 39 casas comerciales.

Dentro de los cultivares comerciales, estos suelen agruparse en función de su forma y/o tamaño. Losilla (2005) al hablar sobre la segmentación varietal en tomate, provocada por la gran demanda del producto y surtida por las casas comerciales, señala hasta 15 segmentos:

- Canario suelto
- Cocktail
- Beef
- Pera
- Cocktai pera
- Larga vida o tipo Daniela
- Cherry
- Pintón
- Pera en ramillete
- Cherry pera
- Ramo o ramillete
- Cherry en ramillete
- Super sabor
- Mini pera
- Cherry pera en ramillete

Marín (2021) clasifica los cultivares de otra forma

Cultivares de porte indeterminado

Calibre grueso (calibre dominante GG y G): 160 cultivares

Calibre medio (calibre dominante G y M y tomate tipo ‘canario’): 77 cultivares.

Pera: 105 cultivares.

Cherry y Cereza (frutas con peso entre 6 y 30g/unidad, aprox.): 61 cultivares.

Cherry Pera (frutas tipo Pera con pesos entre 6 y 30 g/unidad, aprox.): 91 cultivares.

Ramillete (los frutos del racimo maduran más o menos al mismo tiempo y tienen larga vida, calibres tipo ‘Canario’. Se corta y comercializa preferentemente en racimo): 67 cultivares

Ramillete Pera (igual que Ramillete pero con frutos tipo Pera): 19 cultivares.

Ramillete Mini(tomate tipo Cherry, Cherry Pera o San Marzano que se cortan y comercializan de forma preferente en racimo): 80 cultivares

Marmande o Asurcado: 46 cultivares.

Corazón de Buey: 20 cultivares.

Tomate Rosa: 19 cultivares

Tomate de colgar (tomate redondo, con capacidad de larga conservación en determinadas condiciones): 5 cultivares

San Marzano (tomate alargado, en forma de pera estirada, parecida a la de un pimiento, de pulpa firme): 14 cultivares

Cultivares de crecimiento determinado:

Para consumo en fresco: 59 cultivares

Para industria: 83 cultivares

Céspedes *et al.* (2009) comentaron los resultados de dos encuestas realizadas a agricultores de Almería sobre nuevas tendencias en material vegetal. En la primera encuesta, de 2000, el 98% de los encuestados empleaban cultivares de tomate redondo suelto tipo ‘larga vida’, siendo Daniela el más cultivado (78%). En el 2005, se había producido una diversificación del subsector. El tipo varietal más empleado era el ramillete, con un 45% de las encuestas, siendo Pitenza el cultivar más empleado con diferencia. El siguiente tipo fue el tipo suelto, con un 40%, sin un cultivar destacado (como curiosidad, en la segunda encuesta se englobaba Daniela como cultivar tipo suelto, al considerarse que la larga vida era una característica cada vez más extendida entre el resto de tipos varietales). El tipo pera era cultivado por un 8% de los encuestados, mientras que el 6% se dedicaba a cherry. El cultivo de supersabor o marmande se comenzaba a establecer con un 1% de los encuestados.

En un estudio de 2016, la mayoría de los tomates cultivados para el mercado fresco en Almería se distribuyeron en los tipos larga-vida (22%), cherry (20%), rama (18%) y pera (14%); y como tipos minoritarios el corazón de buey (0.29%) y el cocktail (0.63%) (García et al, 2017). Según estos autores, la mayoría de los cultivares de tomate portan genes de resistencia frente a enfermedades: el 88% de todos los cvs disponibles en el mercado tienen una o más resistencias. Del total de plantas en vivero del año 2014, el 93% eran resistentes a uno o más hongos, el 80% al menos a un virus, el 61% a nematodos y un 5% a bacterias. y/o bacterias.

4.2.1 La evolución varietal en Canarias

Las exigencias de los mercados de destino, el Reino Unido y países del Centro y Norte de Europa marcaron el tipo de tomate que se plantaría en Canarias: fruto redondo de 40 a 60 mm de diámetro ecuatorial, el que se conocería luego como **tomate canario**. Estas exigencias del mercado, su lejanía de Canarias y la progresiva introducción de plagas y enfermedades han marcado la evolución varietal del tomate.

La primera variedad introducida por empresarios británicos fue 'Perfección', en 1885 en Gran Canaria y en 1887 en Tenerife. Desde principios del siglo XX se trabajó con los cultivares 'Ailsa Craig' o Roja, 'Eveshan Wonder' o Blanca, 'Príncipe de Gales', 'Manzana Negra' o 'Manzana de Palo' y 'Cruce de Palo y Blanco'.

En los años 60 comenzaron a utilizarse nuevos cultivares, como 'Stonnors Exhibition', 'All Round' y 'Money Maker' que dominaron el escenario hasta mediados de los años 70, con una menor presencia de variedades obtenidas en las islas, como "Especial de Fuerteventura".

A finales de los años 70 se comenzaron a introducir híbridos comerciales con tolerancias genéticas a problemas fitosanitarios como solución a enfermedades, destacando 'Meltine' plantándose además otras como 'Sonato', 'Sobeto', 'Estrella', 'Diego', 'Angela', 'Restino', 'Andra', 'Bornia', que desbancaron a 'Money Maker' o 'All Round'.

La lejanía de los mercados favoreció la introducción de las variedades tipo Larga Vida (Long Shelf Life, LSL) que poseían una mejor conservación en postcosecha genética, favoreciendo el transporte a larga distancia. En 1987 se comenzó a cultivar 'Novy', con gen LSL, seguido de 'Cristina' o 'Victoria', 'Lorena' o 'Elena'. Desde 1992, el cultivar Daniela, con genes de LSL, dominó el mercado de variedades en Canarias, sobre todo en Tenerife, estando en las campañas inmediatamente anteriores a la 1999-2000 en casi un 90% del total de lo plantado.

La irrupción en Canarias del virus de la cuchara en el año 1999 cambió totalmente la estructura varietal, comenzándose a buscar cultivares tolerantes a esta enfermedad, una de las pocas formas de control efectivo, destacando entre otras 'Boludo' y 'Doroty'. En la campaña 2007-2008 estos dos cultivares supusieron dos tercios del mercado de semillas de tomate en Canarias. Algunos exportadores, sobre todo en Gran Canaria cultivaban 'Mariana'. Por otra parte, algunos agricultores siguieron plantando variedades no tolerantes, como 'Dominique', 'Thomas' o 'Pitenza'.

A fecha de septiembre del 2022, y tras realizar una encuesta a las casas comerciales y viveros (sin publicar), las variedades comerciales de tomate más utilizadas en Canarias son:

Tomate tipo canario o 'exportación': Bateyo (Seminis), Boludo (Seminis), Doroty (Seminis), Duratom (Fitó), Ninette (racimo, Hazera)

Tipo ensalada (cuello blanco): Roque (Seminis), Calabardina (Seminis), Delos (Fitó),

Tipo ensalada (cuello negro): Virgilio (Clause), Vernal (Enza Zaden), Gransol (Rijk Zwaan), Basilea (Seminis)

Otros tipos: Santawest (Cherry Pera Seminis), Maremagno (Marmande, Nunhems), Marmande (Marmande, Diamond Seeds), Bielsa (Pera, Fitó)

Una característica de la estructura varietal de tomate en Canarias, debido a la especialización en un tipo de tomate es la falta de producción de otros tipos: tomate en racimo, pera o cherry, que ocupan cada vez mayor parte de las demandas de los consumidores, que podría ser una de las razones de la pérdida de mercado de nuestra producción. Por otra parte, y también desde el punto varietal se podría haber protegido la denominación tomate canario o 'Canary Tomato' para ayudar a tener un mercado diferenciado.

CULTESA. La Universidad de La Laguna y el CCBAT realizaron una labor de mejora del tomate canario entre los años 2009 y 2012 mediante un proyecto de investigación 'Selección y mejora de las variedades tradicionales de tomate de Canarias' financiado por la Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información



Fotografía 1. Tomate Orone preparado para su venta diferenciada

Actualmente, diversas organizaciones están intentando proteger la denominación de tomate canario, y por lo tanto tener una Indicación Geográfica Protegida del Tomate de Canarias que garantice su diferenciación en los mercados. Las variedades que se están barajando son dos tomates de tipo liso redondo con mucho sabor: Orone (obtención de CULTESA con el `proyecto de investigación citado con anterioridad) y Tolentino.

4.2.2. Variedades locales de tomate en Canarias

Las variedades de tomate locales, tradicionales o antiguas, son aquellas que han sido cultivadas durante décadas por los agricultores de una zona, y que las han ido seleccionando en función de las características que han considerado más deseables. Así, fueron apareciendo variedades locales de tomate adaptadas a las condiciones ambientales y a las prácticas de cultivo locales. En los cultivares locales de tomate, los agricultores producen sus propias semillas. Muchas de estas variedades hoy consideradas en tomate, son obtenciones europeas del siglo XX que se han dejado de producir por las casas comerciales. Con la aparición de las semillas comerciales, muchos agricultores fueron sustituyendo los cultivares tradicionales por las nuevas obtenciones de las casas de semillas.

La recuperación de este tipo de tomates constituye un elemento necesario para salvaguardar los recursos fitogenéticos de Canarias. Debido a la importancia del cultivo en nuestras islas, la hibridación de material vegetal traído de otras zonas, la adaptación a nuestras condiciones y el trabajo de las personas que han conservado estas variedades existe un amplio abanico de variedades locales en todas las islas. El Centro de Conservación de la Biodiversidad Agrícola de Tenerife (CCBAT) del Cabildo de Tenerife conserva actualmente 74 entradas de tomate en sus instalaciones de todas las Islas. Un ejemplo de estos tomates locales son los siguientes (Afonso *et al.*, 2012):

Tomates cagones o bicácaros: En La Palma se conoce por *tomates bicácaros* a aquellos tomates de pequeño tamaño que nacen asilvestrados en márgenes de huertos y caminos, y que en Tenerife reciben el nombre de *tomates cagones*. Se trata, en realidad de un grupo heterogéneo de tomates de gran rusticidad, y de tamaño pequeño, pero variable. Los agricultores no recuerdan su cultivo, pero se han aprovechado históricamente para preparar frituras y comer en crudo. Asimismo se han conservado en racimos una vez secados.

Blanco: Es una variedad de tomate originaria de Inglaterra y de principios del siglo XX (Eveshan Wonder). El fruto es redondo, de tamaño mediano, piel lisa y color verde blanquecino cuando no está maduro del todo, tomando una tonalidad muy roja cuando madura. Presenta una cierta resistencia al frío y al transporte. Aún tratándose de una variedad antigua, presenta un buen rendimiento, habiendo sido una de las frutas preferidas del mercado inglés y probablemente una de las que originó el nombre de *tomate tipo canario*. En la actualidad no se cultiva, aunque se han podido recuperar semillas de esta variedad.



Fotografía 2. Tomate Blanco

Manzana negra: Al igual que el tomate *blanco*, es una variedad antigua de origen inglés. El fruto es redondo, algo aplastado y de color verde muy oscuro justo antes de madurar, mientras que en la madurez es rojo con sombras muy negruzcas. Los agricultores dicen que se trata de un fruto muy macizo, 'de mucha masa'. Tiene una buena resistencia al frío, al sol y al embarque, aunque fue considerado un tomate de bajo rendimiento. Es de gran tamaño, por lo que no tuvo buena aceptación en el mercado inglés, y quedó relegado en épocas pasadas a aquellos mercados que solicitaban frutos grandes, como Suiza, Bélgica, Holanda, Francia Alemania y el norte de la Península.



Fotografía 3. Tomate Manzana Negra

Manzano blanco: Realmente se trata de un cruce entre las variedades *blanco* y *manzana negra*, por lo que tiene características intermedias entre ambas. Se trata de un fruto de tamaño grande, entre redondo y algo alargado, con numerosos asurcamientos, muchas divisiones, y muy macizo. Para la época en que se cultivó -primera mitad del siglo XX- se podía considerar un tomate de alto rendimiento, resistente al frío y al transporte. Esta variedad se comenzó a cultivar para ir sustituyendo al *manzana negra*, por sus mejores características productivas.



Fotografía 4. Tomate Manzano Blanco

Tomate de invierno: Cultivado tradicionalmente en la costa de La Galga, en el municipio de Puntallana, actualmente sólo es cultivado por unas pocas familias para autoconsumo. Conocido además por tomate *de La Galga* o *arrugao*, es de porte mediano, de fruto dulce, achatado, acostillado e irregular, y presenta una carne no muy firme. A mediados del siglo XX su cultivo llegó a tener cierta importancia, llegándose incluso a exportar en *huacales*.

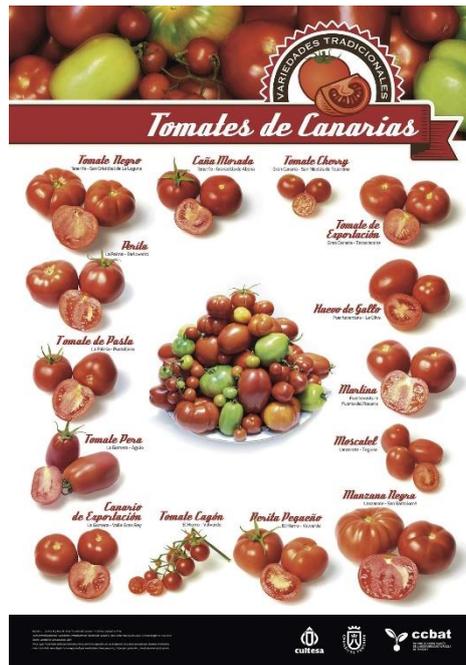


Figura 3. Poster de Tomates de Canarias (Amador et al., 2014)

5. CONDICIONES EDAFOCLIMÁTICAS

5.1. Temperatura

El tomate es una planta que se adapta bien a una gran variedad de climas, salvo en aquellos en los que se produzcan heladas, ya que resulta sensible a las mismas. No obstante, existen tres factores climáticos que influyen considerablemente sobre el cultivo: temperatura, humedad y luminosidad (Rodríguez *et al.*, 1989).

Se trata de una planta termoperiódica, presentando mejor crecimiento cuando las temperaturas son variables que cuando son constantes, aunque varía con la edad de la planta, siendo óptimas diferencias térmicas de 6-7 °C (Castilla, 1995).

La temperatura influye en la distribución de asimilados. Las altas temperaturas (25 °C) favorecen el crecimiento foliar, ocurriendo lo contrario con temperaturas inferiores a 15°C. Además, temperaturas altas (26/20 °C) provocan la caída de la flor y limitan el cuajado (30/20 °C) durante el periodo de fructificación (Castilla, 1995).

Las temperaturas óptimas del cultivo están relacionadas con la iluminación, siendo recomendable una mayor temperatura con mayor radiación (Calvert y Slack, 1975).

También hay que indicar que temperaturas de suelo inferiores a 12°C son críticas para el desarrollo radicular, con repercusión en el crecimiento de las partes aéreas (Abdehafeez *et al.*, 1971).

Tabla 5: Temperaturas fisiológicas en el cultivo del tomate (Serrano, 1985).	
Denominación	Valores ideales
Cero vegetativo	12 °C
Germinación	Mínima: 10 °C
	Óptima: 25-30 °C
	Máxima: 35 °C
Desarrollo vegetativo	Óptima diurna: 23 °C
	Óptima nocturna: 17 °C
Floración	Óptima diurna: 23-26 °C
	Óptima nocturna: 15-18 °C
Temperatura del suelo	Mínima: 12 °C
	Óptima: 20-24 °C
	Máxima: 34 °C

5.2. Humedad

La humedad interviene en el crecimiento de los tejidos, en la transpiración, fecundación de las flores y desarrollo de enfermedades criptogámicas (Rodríguez *et al.*, 1989). Según Maroto (1995) se consideran más adecuadas las humedades en torno al 65 %. Valores extremos de humedad reducen el cuajado del tomate; y valores muy altos, favorecen el desarrollo de enfermedades criptogámicas y, junto con una baja iluminación, reducen la viabilidad del polen (Castilla, 1995).

Para Rodríguez *et al.*, (2001) las humedades medias son preferibles no superiores a los 60%, con suelos no encharcados, ya que la humedad influye sobre el crecimiento de los tejidos, transpiración, fecundación de las flores y desarrollo de las enfermedades criptogámicas. Humedades por encima del 90% son favorables para el desarrollo de estas enfermedades.

Otras referencias (Peet y Welles, 2005) trabajan con otro parámetro, el déficit de presión de vapor (DPV). El déficit de presión de vapor tiene la ventaja sobre la humedad relativa que integra la temperatura y que es más asimilable a la demanda evaporativa del cultivo. En invernaderos de Holanda se suele trabajar con DPV de entre 0,35 y 1 kPa en el día y entre 0,2 y 0,7 kPa, estando el óptimo para la nutrición y la fotosíntesis entre 0,4 y 0.8 kPa. Heuvelink y Dorais (2005) señalan que el cierre de los estomas comienza a 2.5 kPa.

En zonas más cálidas, como en el sureste peninsular es normal trabajar con 3 a 5 kPa sin demasiados problemas, lo que podría indicar una adaptación de la planta (Castilla, 1995). Santos *et al.* (2006) encontraron en invernadero de malla en cultivos de tomate de invierno, DPV entre 0,4 y 1,3 kPa en días normales, mientras que en días de tiempo sahariano los valores escalaban hasta máximos de 3,5 kPa, con 1 kPa de valor mínimo.

5.3. Radiación y fotoperiodo

El tomate puede considerarse prácticamente una planta de fotoperiodo neutro, con una baja influencia de la duración del día es menor que en otros cultivos, debiéndose tener en cuenta solamente para la maduración homogénea de los frutos (Rodríguez *et al.*, 2001). En condiciones de iluminación suplementaria se ha encontrado que se necesita al menos 6 horas de oscuridad y que con fotoperiodos de más de 12 horas, puede bajar la fotosíntesis neta (Heuvelink y Dorais, 2005).

La densidad de plantación, el sistema de poda y el entutorado deben de optimizar la intercepción de radiación por el cultivo, especialmente en época invernal cuando la radiación es más limitante (Castilla, 1995). La luminosidad o la radiación incidente tiene gran influencia tanto en la fotosíntesis, el crecimiento de los tejidos, floración y maduración de los frutos. El tomate responde muy bien a iluminaciones fuertes, pese a que su energía de saturación es relativamente baja (Maroto, 2002). Heuvelink y Dorais (2005) señalan una radiación mínima de aproximadamente 1 MJ/m² La radiación es muy importante desde el punto de vista de la cantidad, con una relación lineal, suponiendo cada 100 MJ un aumento de 2 kg en la producción (Cockshull, 1988).

Se considera, para el tomate y en general para hortalizas de fruta, una radiación de trabajo superior a 8.46 MJ/m² y día para no tener bajadas de productividad (Nisen *et al.*, 1988). Las bajas radiaciones provocan una gran competencia por los asimilados, por lo que la floración y el cuajado bajan mucho (Calvert, 1964). en condiciones de baja iluminación (mallas sucias y/o meses invernales), se provoca un ahilamiento de la planta joven que provoca un alargamiento de los entrenudos, disparándose el crecimiento longitudinal de la planta, no deseable al disminuir la carga de fruta manejable (la planta llega a la parte alta del entutorado tradicional y baja con un bajo nº de racimos (Heuvelink y Dorais, 2005).

A este factor en Canarias no se le da excesiva importancia, ya que las zonas donde están ubicados los cultivos tiene suficiente iluminación e incluso actualmente se emplean mallas que disminuyen su grado en un 10-15% (Pérez, 1990). Sin embargo, Santos *et al.* (2006) encontraron en ciclo de invierno en invernaderos de malla en el sureste de Tenerife, una radiación media de 11.2 MJ/m².día, con valores inferiores al mínimo de 8,46 MJ/m².día durante los meses de diciembre y enero. En cuanto a la radiación instantánea, los valores alcanzaron entre 500 y 1000 W/m².

Por otra parte, desde el punto de vista de la calidad, una iluminación suficiente ayuda a una coloración uniforme del fruto (Dorais *et al.*, 2001). Sin embargo, una iluminación insuficiente puede provocar la caída de la flor, y si se da al principio de la época de cultivo, la proporción de frutos huecos es elevada (80-90%) y la materia seca del fruto en las primeras recolecciones baja (igual o menor al 5%). El sombreado, el descenso en la duración de la luz y la eliminación de las hojas disminuyen el contenido en azúcares en el fruto. Este factor influye en el desarrollo del color de los tomates al intervenir en la síntesis de licopeno (Chamarro, 1999).

Sin embargo, una iluminación insuficiente puede provocar la caída de la flor, y si se da al principio de la época de cultivo, la proporción de frutos huecos es elevada (80-90%) y la materia seca del fruto en las primeras recolecciones baja (igual o menor al 5%). El sombreado, el descenso en la duración de la luz y la eliminación de hojas disminuyen el contenido en azúcares en el fruto, siendo un factor importante dentro de los que más influyen en el sabor y aromas del tomate

(Escobar et al, 2015). La cantidad de luz incidente influye en el desarrollo del color de los tomates al intervenir en la síntesis de licopeno (Chamarro, 1995).

5.4. Anhídrido carbónico

La aportación de CO₂ (fertilización carbónica) permite compensar el consumo de las plantas y garantiza el mantenimiento de una concentración superior a la media en la atmósfera del invernadero; así la fotosíntesis se estimula y se acelera el crecimiento de las plantas. Del enriquecimiento en CO₂ del invernadero depende la calidad, la productividad y la precocidad de los cultivos. Hay que tener presente que un exceso de CO₂ produce daños debidos al cierre de los estomas, cesando la fotosíntesis y pudiendo originar quemaduras.

En el cultivo del tomate las cantidades óptimas de CO₂ son de 700-800 ppm. Sin embargo, el cultivo en Canarias se realiza habitualmente bajo invernaderos de mallas, lo que hace casi imposible una fertilización carbónica. Si las condiciones de ventilación dentro del invernadero no son óptimas, se produce la reducción del CO₂, y sería conveniente evitarla, especialmente en condiciones de alta radiación (Hanan, 1990).

En Canarias, y en general en los sistemas más normales en la horticultura mediterránea no se le ha dado excesiva importancia, como en el caso de la luminosidad, debido a su excesivo costo de inversión y a su mantenimiento (Pérez, 1990), ni al uso de mallas que ventile el cultivo (Ríos, 2008, comunicación personal). Sin embargo, el correcto manejo de la ventilación de los invernaderos de plástico puede ayudar a evitar las bajadas en la concentración de CO₂.

5.5. Suelo

En cuanto a requerimientos edáficos, La tomatera es un planta que no es muy exigente en lo referente a suelo, excepto en drenaje, prefiriéndolos sueltos de textura silíceo-arcillosa y ricos en materia orgánica, aunque se desarrolla bastante bien en suelos arcillosos enarenados (CIDH, 1986). su sistema radicular poco profundo le permite adaptarse a los suelos pobres y de poca profundidad con tal de que tenga asegurado un buen drenaje (Rodríguez *et al.*, 2001).

El porcentaje de materia orgánica que se cree suficiente para el cultivo es de 1,5 a 2%, siendo un valor que podríamos considerar bueno un 2.5% (Rodríguez *et al*, 1997).

Prefiere terrenos con pH entre 5 y 7 (Nonnecke, 1989), aunque se adaptar sin demasiados problemas a suelos de pH relativamente alcalino o calizos (Castilla, 1995, Maroto, 2002).

Es un cultivo bastante tolerante a la salinidad (Ayers y Westcost, 1976) tanto del suelo como del agua (CIDH, 1986), siendo su periodo más sensible durante la germinación y el desarrollo inicial de la planta (Baéz, 2004). El tomate tolera también valores altos de cloruros y sodio (sin problemas con valores menores de 15 meq/l en el extracto saturado) y de boro (Casas y Casas, 1999).

Hasta valores de CE_{es} inferiores a 2.5 dS/m no hay descensos de productividad, mientras que con 5 dS/m, la bajada de productividad potencial es sólo del 25% (Ayers y Westcot, 1986). La tolerancia a la CE presenta un componente varietal además de la fuerte influencia del sistema de riego: así Magán et al. (2004) trabajando con el cultivar Daniela encontraron que tenía que alcanzarse una CE en tablas de lana de roca de 3,74 dS/m para que se comenzara observar una

bajada de la productividad. También influye el manejo agronómico y el estado fenológico: Casas y Casas (1999) señalan en Almería que se comienza con CE de solución de suelo (extraídas con sondas de succión de 2 a 2,5 dS/m al principio del cultivo, subiendo hasta 3,5-4,0 dS/m en condiciones de baja demanda evaporativa para mantener la calidad).

Existen muchísimas referencias de la influencia de salinidad sobre la calidad del cultivo. Mizrahi *et al.*, (1988) señala que el sometimiento de una plantación de tomates a riegos con agua salina mejoraba el sabor de los frutos, incrementando su contenido en sólidos solubles y azúcares, pero los rendimientos y el tamaño medio de los frutos disminuían. Sin embargo, si los riegos se efectuaban con agua salina de CE 3 dSm⁻¹ solamente en las últimas fases del cultivo, no se constataban efectos negativos sobre los rendimientos, ni el tamaño medio de los frutos.

6. CICLOS DE CULTIVOS

6.1. Ciclos de cultivo

Como en otras hortalizas, el tomate puede cultivarse durante todo el año en Canarias, jugando con las vertientes, la altura sobre el nivel del mar y el tipo de invernadero usado.

En el caso del tomate de exportación, normalmente se consideran tres periodos de plantación: temprano con plantaciones en el mes de agosto, medio tiempo con plantación en el mes de septiembre y tardío en el mes de octubre.

La planta en semillero permanece unas tres semanas, a las que habría que añadir al menos otras tres si se opta por el injerto. Aproximadamente a los tres meses tras la plantación en terreno definitivo, comienza la producción, por lo que la recolección de los tempranos comienza a final de octubre, la de los de medio tiempo en el mes de noviembre y los tardíos, algo más lentos por las temperaturas más bajas, a comienzos de enero. Plantando en las tres épocas se logra tener tomate de calidad a lo largo de toda la zafra. Si la plantación a tres fechas se combinara con el uso de cultivares adaptadas a esos ciclos se lograría una mejora de la productividad y de la calidad de la fruta cosechada.

La recolección se alarga mientras se mantienen los mercados (esto comienza a mediados de noviembre y termina entre finales de abril y principios de junio).

7. LABORES DE CULTIVO

Las labores de cultivo han evolucionado a lo largo del tiempo, y como es natural dependen de diversos factores, como el tipo de suelo, las condiciones ambientales o la variedad de la que se trate. Abordaremos el cultivo en invernadero no sólo porque presenta mayores dificultades, sino por tratarse de la técnica de mayor desarrollo.

7.1. Preparación del terreno.

Las labores preparatorias del terreno deben facilitar una buena infiltración del agua y una buena aireación, que permita un desarrollo radicular adecuado en extensión y profundidad (Castilla, 1995). Se debe realizar un pase de subsolador seguido de un pase de cultivador, incorporando las enmiendas necesarias. Sin embargo, la labor se realiza normalmente con rotocultor o con cavadoras o azadas mecánicas. En algunos casos estas labores se complementan con otros aperos, como subsoladores. Estas labores no se realiza todos los años en todas las explotaciones. En esos casos se realiza sólo una pequeña labor en la zona donde se va a plantar ('rayuela'). Aprovechando la parada de cultivo, se puede aprovechar para realizar una biofumigación o biosolarización de la parcela, sobre todo cuando tenemos problemas importantes de enfermedades de suelo.

Es recomendable antes de empezar el cultivo, realizar análisis fitopatológicos, tanto de suelos como de agua, así como una serie de medidas para mejorar la hermeticidad del invernadero para impedir la entrada de insectos-plaga (Gázquez, 2005). Una vez realizadas las labores previas al cultivo, se deben aplicar a lo largo del periodo de vegetación una serie de labores para conseguir que la planta se desarrolle en las mejores condiciones posibles para que sus producciones sean abundantes (Rodríguez *et al.*, 1997), las cuales se detallan a continuación.

Desde el punto de vista de control de plagas, es importante mantener el invernadero limpio de restos vegetales y malas hierbas al menos 4 semanas antes del trasplante y así romper el ciclo del artrópodo, sobre todo cuando una parte de su ciclo se hace en el suelo (Santos y Perera, 2010). En estos casos, puede ser recomendable una labor para enterrar las pupas que están en las zonas más cerca de la superficie.

7.2 Siembra

Para lograr una buena nascencia, debido al alto coste de la semilla (una unidad de semilla de una variedad tolerante al TYLCV supera los 0.20 €), prácticamente toda la planta de tomate se hace en vivero para su posterior trasplante.

Los semilleros suelen realizarse en bandejas alveolares de poliestireno expandido, con cepellón troncopiramidal o troncocónico. El sustrato más empleado es una mezcla de turba rubia (80%) y turba negra (20%), enriquecida con fertilizantes (Castilla, 1995) o mezclas comerciales optimizadas para ese tipo de alveolo. Las bandejas más utilizadas en Canarias son de poliestireno expandido de 247 lóculos, utilizando como sustrato, mezclas comerciales de turba. La siembra se realiza en sembradoras neumáticas en viveros comerciales y de forma manual en las propias explotaciones. Hasta que comienza la nascencia las plantas se colocan en cámaras de germinación con condiciones controladas (25 °C, 90% de humedad) durante 3 días en viveros comerciales o en locales protegidos de la luz solar (pequeñas explotaciones).

Una vez comenzada la nascencia se pasan a invernadero con una temperatura mínima de 11 °C. Tras un periodo de unos 30-35 días de la siembra, la planta con 3 hojas verdaderas (unos 12 cm de altura) está en condiciones de trasplante al terreno.

Puede ser conveniente una sola fertilización en todo el proceso de semilleros, normalmente con un abono rico en fósforo en mezclas no enriquecidas con nutrientes. Para frenar el desarrollo del semillero se suele recurrir a tratamientos con cobre.

7.3 Injerto.

En la actualidad, uno de los métodos empleados en la lucha frente a problemas fitopatológicos de suelo es el injerto de hortalizas. La mayor parte de los patrones de tomate disponibles en el mercado también incorporan el gen Mi-1 de resistencia a los nematodos del género *Meloidogyne* además de otros genes de resistencia frente a enfermedades causadas sobre todo por hongos (fusariosis, verticilosis, corky root, colapso), bacterias, hongos y virus. El injerto es una herramienta de control eficaz que además aumenta el vigor, la producción y el rendimiento de las plantas injertadas, normalmente al alargar el ciclo de cultivo y subir ligeramente el calibre (Ríos y Santos, 2001). Este hecho se debe a que a diferencia de los cultivares de tomate tradicionales, la mayoría de los patrones comerciales de tomate son híbridos. Se han usado híbridos interespecíficos entre *S. lycopersicum* × *S. habrochaites* (anteriormente, *Lycopersycum hirsutum*) u otras especies silvestres de *Solanum*, que son las responsables del aporte de mayor vigor a los patrones.

Por otra parte, el injerto aumenta el coste de la planta, ya que requiere no sólo el coste de la semilla del patrón sino el injerto y las labores necesarias, multiplicando el coste por dos. antieconómico (Tabares y Álamo, 2002). Dichos autores concluyeron en su estudio que si en el injerto se emplea una misma densidad de tallos que en un cultivo normal (distinto marco y poda) no existe diferencia respecto a productividad, calibre y calidad, pero si se logra un acercamiento de costos con las ventajas inherentes a las resistencias que aporta el patrón.

Normalmente se suele sembrar el injerto una semana antes que la variedad que hará de púa, al ser más lentos en la nascencia (esto puede variar en función del patrón elegido). Cuando injerto y púa tienen el mismo diámetro, se corta áquel por debajo de los cotiledones para evitar rebrotes y se injerta la púa de forma que coincidan sus dimensiones. Para asegurar el injerto se usan diversos tipos de trabas y de agujas. Tras un tiempo a alta humedad relativa para favorecer el prendimiento se colocan en túneles de plástico a 21-22º y alta humedad relativa con poca luz. A los 7 días ya se ha producido el prendimiento. Se suele plantar el injerto a una densidad de 1 a 1,5 plantas/m², llevando luego la planta a 2 o 3 tallos, terminando con densidades de tallos similares a las de planta franca.

A la hora de elegir un patrón comercial como portainjerto debe tenerse en cuenta los posibles problemas patológicos de suelo que puede haber y el vigor que se quiere adicionar al cultivar que se usará como púa. En los principios de esta técnica, los patrones tenían un porcentaje de germinación relativamente bajo y problemas de compatibilidad con algunos cvs. Estos inconvenientes ya prácticamente no existen. Los patrones más utilizados en Canarias podrían ser (por orden alfabético):

Arnold (Syngenta): ToMV/ Fol:0,1/ For/ Pl/ Va/ Ff:1-5 / Ma/Mi/ Mj. Vigor alto

Balancefort (Seminis): ToMV/ Fol:0,1/ For/ Pl/ Va/ Vd/ Ma/Mi/ Mj. Vigor medio.

Beaufort (Seminis): ToMV/ Fol:0,1/ For/ Pl/ Va/ Vd/ Ma/Mi/ Mj. Vigor moderado.

Forzapro (Vilmorin): ToMV/Fol: 0,1 / For/ Va/ Pi / Ma/Mi/Mj. Vigor medio-alto.

Kardia (Syngenta): ToMV/ Fol:0,1/ For / Pl / Va / Ma/Mi/Mj. Vigor alto

Multifort (Seminis): ToMV/ Fol:0,1/ For/ Pl/ Va/ Vd/ Ma/Mi/ Mj. Vigor medio.

Vitalfort (Seminis): ToMV/ Fol:0,1/ For/ Pl/ Va/ Vd/ Ma/Mi/ Mj. Vigor alto.

Abreviaturas resistencias: ToMV: virus del mosaico del tomate. Fol: *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*. For: *F. oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici*. Va: *Verticillium albo-atrum*. Vd: *Verticillium dahliae*. Ff: *Fulvia fulva*. Pl: *Pirenochaeta lycopersici*. Pi: Phytophthora infestans. Ma; Mi; Mj: *Melodogyne arenaria*, *M. incognita* y *M. javanica*

7.4 Trasplante

El terreno debe estar previamente preparado, así como marcado el lugar que va a ocupar la planta, normalmente cerca de un emisor. La siembra se realiza a mano, procurando no enterrar demasiado la planta debiéndose abrir un hoyo del tamaño adecuado para que quepa el cepellón. Previamente se realiza un primer riego para que el terreno tenga una humedad adecuada para el prendimiento y un buen contacto del cepellón trasplantado con el suelo circundante, que permita un buen desarrollo radicular. Debe dejarse el cuello de la planta a nivel con el suelo e inicialmente no conviene aplicarle tierra (Rodríguez *et al.*, 1997).

En las zonas donde se cultiva para exportación se hacen plantaciones tempranas (julio-agosto), semitempranas (septiembre-octubre) y tardías (noviembre-diciembre), mientras que en las dedicadas a mercados interiores o locales se concentran en enero-febrero o marzo-abril-mayo (Rodríguez *et al.*, 1997).

7.5 Densidad y marco de plantación:

El marco de plantación se establece en función del desarrollo vegetativo de la planta (influido principalmente por el tipo de cultivar elegido), del tipo de poda y entutorado empleado, del tipo y fertilidad del suelo, de la disposición y tipo de riego, y de la climatología de la zona, principalmente la radiación disponible (Castilla, 1995). Peet y Welles (2005) señalan que los marcos de plantación en el Norte de Europa suelen ser filas pareadas, separadas 0.5 m entre sí y con pasillos de 1.1 m entre filas pareadas, dando densidades normales de 2.5 plantas/m², con la posibilidad de densidades superiores a 3 plantas/m² en latitudes más al sur. Salas (2002) da unas densidades en función del tipo de tomate (ver tabla 6).

Aunque las densidades más utilizadas en Canarias, están comprendidas entre 15.000 y 25.000 plantas/ha, no se ha podido determinar con exactitud cuál es la densidad óptima, variando ésta según la zona de cultivo, vigor de la planta, etc. (Rodríguez *et al.*, 1997). Para Rodríguez *et al.* (1984), en Canarias las densidades más usuales en invernadero son 2,2 y 2,5 plantas /m², empleándose usualmente líneas 'pareadas' para poder pasar las plantas de una línea a otra, utilizándose el siguiente marco de plantación: se colocan dos filas a 50-60 cm, se deja un pasillo de 95-120 cm y luego se disponen de otras dos filas alejadas también 50-60 cm. La separación entre plantas en una misma línea es de 50 cm (Cáceres, 2000). Ríos (1999) determinó para la isla de Tenerife densidades de plantación desde 1.4- hasta 3.2 plantas/m², presentando las densidades más

bajas la zona suroeste (Guía de Isora), donde la menor ventilación de los invernaderos hace que se produzcan mayores problemas de botrytis. En esta zona los marcos de plantación suelen estar por debajo de las 2 plantas/m², siendo habitual encontrar densidades de 1.4 plantas/m², aunque normalmente conducidas a dos tallos. En la zona sur, principalmente Arico, Granadilla y Fasnía, el constante viento ha hecho que los marcos de plantación sean más estrechos, estando normalmente por encima de las 2 plantas /m². Los marcos de plantación más empleados son los siguientes:

- Tajos de 1,2 m de ancho con pasillos de 0,5 m. Entre líneas 0,75-0,8 m y 0,5 m entre plantas.
- Tajos de 0,95 m de ancho con pasillos de 0,6 m. Entre líneas 0,75 m y entre plantas 0,5 m.
- Tajos de 1 m de ancho con pasillos de 0,5 m. Entre líneas 0,7 m y entre plantas 0,5 m.

Tabla 6: Densidades de plantación más frecuentes en función del tipo de tomate (Salas, 2002)

Tipo tomate	Densidad inicial plantas/m ²	Densidad final tallos/m ²
Acostillado verde	1,5 – 2,0	1,5 – 2,0
larga vida – racimo	1,5 – 2,0	1,5 – 4,0*
Pera grueso	2,0	2,0
Cherry	2,0 – 4,0	2,7 – 4,5
Cherry ramillete	1,7 – 3,0	3,0 - 3,3
Midi-Pera	1,7	3,3
Planta injertada	1,0	2,0 – 3,0

*: En condiciones de agua salina y alta temperatura se van a densidades más altas para bajar la incidencia de necrosis apical, aunque se limite el tamaño de la fruta

El marco de plantación de referencia más empleado suele ser 2 plantas por m², con líneas separadas en el entorno de 1 m y las plantas separadas en la fila aproximadamente 0,5 m. Esta disposición varía ligeramente, con marcos de 2,5 plantas/m² en cultivos tardíos o de ciclo corto, donde no hay un desarrollo tan grande, mientras que en el caso de cultivos tempranos o de ciclo largo se suele ir a marcos más amplios de 1,7 plantas/m², a base de ampliar los pasillos para facilitar las labores y convirtiendo las líneas de la ‘burra’ en líneas pareadas. Una vez desarrollado el cultivo, se utilizan como pasillos los espacios entre líneas alternas, usando los alambres de la línea sin tránsito como ‘burra’ donde se cruzan los brazos *cuando* comienza la bajada de la planta. La tendencia normal es a ampliar marcos para facilitar las labores y la aireación del cultivo.

7.6 Poda de formación y entutorado.

Es una práctica imprescindible para las variedades de crecimiento indeterminado, que son las cultivadas mayoritariamente en invernadero. El sistema de poda y entutorado debe permitir la mayor accesibilidad de los operarios a esta parte terminal de la planta para las diversas faenas de cultivo (Van de Vooren *et al.*, 1986).

Existen diversos sistemas de entutorado destacando el sistema holandés (hilo vertical), que consiste en colocar un entramado de alambre que pasa paralelamente a la línea de plantación a una altura de 1.8 a 2,25 m, soportando en los pies derechos de tubos galvanizados del cual penden hilos de rafia o hilo de polipropileno a los cuales van atadas las plantas, sujetas de un extremo a la zona

basal de la planta mediante un nudo flojo o un clip y del otro al alambre. (Rodríguez *et al.*, 1997), y dejándola caer por gravedad al final (Gázquez, 2005).

Aproximadamente 1 mes después de realizado el trasplante, se comienza la poda de formación, dejando uno o dos tallos, que se entutoran con hilo de polipropileno. En el caso de usar injertos se suele dejar un mayor número de tallos, aunque el óptimo esté sobre 3 tallos/m² para aprovechar el aumento de vigor del procedimiento. Los tipos básicos de podas son dos, a un tallo y a dos tallos. En la primera se eliminan todos los brotes axilares del tallo principal, permitiendo el crecimiento indefinido de la guía principal hasta su eventual despunte. En la poda a dos tallos se deja crecer uno de los brotes axilares, normalmente por encima o por debajo del 1º racimo, disponiendo de dos guías o tallos.

Conforme la planta va creciendo, se va liando o sujetando al tutor mediante anillas hasta que la planta alcance el alambre. Luego se deja que la planta baje por gravedad. Para ello se suele llevar al alambre vecino o se usa un hilo auxiliar paralelo al alambre. Con eso se evitan roturas y estrangulamientos.

Recientemente se está introduciendo una técnica conocida como descolgado, entutorado danés, entutorado alto, ‘descuelgue holandés’ o ‘high wire’, que consiste en entutorar los tallos con hilos que parten de perchas colgadas de un alambre a una altura entre 2.5 y 3.5 m, que permiten ir desenrollando el tutor de forma progresiva, sin que la planta se deslice. El hilo se une a la base del tallo mediante un clip que evite el deslizamiento. Según va la planta creciendo, se va desenrollando el tutor y se traslada una pequeña distancia en el alambre, inclinando el hilo y la planta con él. Previamente a esta operación se deshojan las dos o tres hojas inferiores. La zona apical de la planta se mantiene siempre en el dosel de la cubierta, mejorando la cosecha al aumentar la intercepción de luz por las hojas e incrementa la eficiencia en las labores de cultivo al facilitar el deshojado, la recolección de frutos y la correcta aplicación de productos fitosanitarios. El sistema supone un aumento de costes por el uso de carros que permiten el trabajo en alto y la necesidad de tener una muy buena mejor organización en el trabajo.

7.7 Deshijado o destallado

Esta labor consiste en la eliminación de todos los brotes axilares para mejorar el desarrollo del brote principal. Debe realizarse con la mayor frecuencia posible, (semanalmente en épocas de crecimiento activo y quincenalmente en épocas frías) para evitar la realización de heridas graves y no perder demasiada cantidad de fotoasimilados (Gázquez *et al.*, 2005).

Los cortes deben ser limpios para evitar la posible entrada de enfermedades, recomendándose como tamaño óptimo entre 5 y 10 cm de brotes así como el uso de cicatrizantes en época de riesgo. El uso de cicatrizantes también se recomienda en deshojados en condiciones húmedas.

Hay que tener en cuenta que el desarrollo de los brotes compite con el llenado de fruta. Últimamente se está desarrollando un sistema donde se va dejando un hijo adicional por cada racimo emitido en el tallo principal. Los hijos a su vez, se despuntaban sobre el 1º racimo. Se

consiguen así aumentos de producción de un 20 a 30% siempre que las plantas estén en condiciones óptimas de cultivo y se observa una bajada en el calibre medio.

Normalmente, tanto los residuos de destallado como de deshojado se dejan unos días en el suelo para favorecer la migración de los enemigos naturales de esos restos al cultivo, retirándose luego.

7.8 Deshojado

Consiste en eliminar las hojas inferiores, para lograr facilitar la aireación y mejorar la coloración de la fruta, así como la eliminación de inóculo de enfermedades, normalmente localizadas en esas hojas. Se considera que una planta de tomate vegeta perfectamente con 14-18 hojas activas. Para un buen deshojado hay que tener en cuenta que el racimo que se está cogiendo debe estar ya limpio. El racimo que está cambiando de color debe tener una hoja por debajo. Normalmente se deshojan de 2 a 3 hojas cada vez.

En primavera apenas se realiza esta operación porque se necesita proteger los frutos de la radiación directa y tener la máxima área foliar para refrigerar el ambiente del invernadero. Normalmente se suelen eliminar las hojas senescentes periódicamente, de hecho en los entutorados con perchas es de obligado cumplimiento para poder bajar las plantas y evitar que se produzca acumulación de hojas que provoque ataques importantes de *Botrytis* (Gázquez, 2005).

Suelen realizarse deshojados más drásticos para adelantar la maduración de la fruta o cuando las condiciones climáticas son favorables a la aparición de botritis, una vez se haya secado el follaje. No se recomienda deshojar cuando el cultivo esté mojado para evitar problemas de botritis en las heridas, cuando hayan condiciones favorables para microrrayado o cuando se esperan altas temperaturas para evitar golpes de sol.

7.9 Despunte de plantas

Se trata de eliminar el brote apical, con lo que al frenar el desarrollo vegetativo se induce un cambio en los repartos de asimilados que son destinados ahora a los frutos, aumentando el calibre de los mismos. El momento del despunte depende de las condiciones ambientales, sabiendo que un fruto recién cuajado tarda en recolectarse 1,5 (verano) a 3 meses (invierno), y suele programarse para que transcurrido este tiempo finalice el cultivo.

7.10 Despunte de inflorescencias y aclareo de frutas

El objetivo de estas prácticas es dejar en los racimos un número suficiente de fruta, aumentando el calibre de los frutos, homogeneizando el tamaño de cada fruta del racimo y aumentando su calidad (Gázquez, 2005). Se suele realizar sobre todo en variedades de tomate para racimo (dejando 5-6 frutos) o en las que tiendan a cuajar un gran número de flores, así como en variedades de calibre grande (dejando entre 3 y 4 frutos). El aclareo de frutos debe ser lo más pronto posible una vez hayan cuajado, para mejorar el llenado de los restantes. Esta técnica se usa poco en Canarias pero puede ser rentable en los casos anteriores (cvs de racimo y/o calibres grandes).

7.11 Escardas

Es una labor fundamental para impedir que los insectos vectores de virus se alojen en ellas, además de la importancia cuando la planta aún es pequeña y la competencia entre raíces puede ser mayor. Las escardas suelen efectuarse a mano (Rodríguez *et al.*, 1997).

Existen varios productos herbicidas selectivos en tomate (aunque con diferencias varietales de sensibilidad), siendo el más utilizado el metribuzin, una vez enraizadas las plantas y en preemergencia temprana de las malas hierbas. En cultivos ya deshojados se pueden utilizarse herbicidas no selectivos en el caso de infestación grave, en aplicación dirigida.

El uso de acolchado con mallas negras anti malas hierbas de agrotexil (anti-rooting) o de plástico negro, bien en las líneas de cultivo o en todo el suelo se está utilizando como medida principal de control de malas hierbas. En cultivo biológico puede ser especialmente interesante el uso de mallas anti malas hierbas en pasillos para evitar las escardas tras lluvias. La escarda manual o con herramientas de mano está en retroceso

7.12 Polinización.

En condiciones de invernadero, la polinización puede tener problemas, sobre todo en cubierta plástica o de vidrio o en malla en los primeros racimos,. Esto se intentó solucionar con el uso de fitohormonas para favorecer el cuaje o mediante aparatos vibradores que aplicados a los alambres del entutorado permitían que el polen se liberara y llegara a los estilos de las flores.

A mediados de los años 90 del pasado siglo se comenzó con la introducción de colmenas de abejorros tanto del *Bombus terrestris* como del *Bombus canariensis* (éste para Canarias ya que no se puede introducir *B. terrestris* porque se hibridan) en los invernaderos. Esto supuso aumentos de la productividad de hasta el 30%, sobre todo en las plantaciones tempranas con trasplante en pleno verano. Asimismo, ésta práctica hace que los tratamientos fitosanitarios sean menos nocivos y mucho más controlados, para no perturbar a los abejorros, y permitiendo los primeros pasos de la lucha integrada (Rodríguez *et al.*, 1997).

Las colmenas de abejorros se introducen cuando aparecen las flores del 1º racimo, colocando una colmena por cada 2500-4000 m² (en función del tipo de tomate, más densos en variedades cherry, menos denso en tomate de calibre grande). La vida útil de las colmenas es de 7 semanas, teniéndose que cambiar con una frecuencia algo mayor de 5-6 semanas, para que no hayan bajadas de cuaje.

Hay que reseñar que nuevas investigaciones hacen referencia a la relación del virus del mosaico del pepino PepMV, con la introducción de colmenas tanto de *Bombus terrestris* como de *Bombus canariensis* en los invernaderos. Se transmite fácilmente por contacto entre plantas y mecánicamente por las manipulaciones de las labores culturales, ahora bien, no se conocen con exactitud los mecanismos de la transmisión que intervienen en la dispersión del virus por *Bombus* spp., habiéndose puesto de manifiesto que pueden transportar partículas infectivas del PepMV (Lacasa, 2003).

8. FISIOPATÍAS

Las alteraciones fisiológicas o fisiopatías son un conjunto de anomalías en el aspecto y en las cualidades organolépticas de los frutos, que no son debidas a organismos patógenos y que pueden considerarse como desviaciones del metabolismo normal que conducen a la aparición de desórdenes y a un adelanto de la senescencia (Recasens, 2000).

Necrosis apical o Blossom end rot (BER)

En el extremo apical del fruto se desarrolla una necrosis, creándose una zona incolora al principio, que más tarde pasa a color marrón oscuro, de forma circular, deprimida y con bordes bien marcados. Las causas no están bien definidas, pero se sabe que están relacionadas con la deficiencia de calcio localizada en la parte distal de la fruta, la elevada conductividad eléctrica del suelo y los excesos o carencias de agua (Peet, 2005). Este autor señala la participación de la radiación solar, la temperatura del aire y del suelo, la humedad relativa, la disponibilidad de agua, la salinidad, las relaciones entre nutrientes y el desarrollo del xilema en la fruta. El calcio se mueve de forma pasiva en la planta, acumulándose en las zonas de mayor transpiración, con más estomas. En momentos de alta demanda evaporativa, la inmensa mayoría del flujo de agua (y por ende de calcio) va a las hojas donde se concentran los estomas. Los órganos en formación, y el fruto en particular no tienen casi estomas por lo que el flujo de calcio es mínimo.

Aunque la aparición de BER en tomate se atribuye principalmente a una falta de suministro de calcio, se conoce muy poco acerca de la bioquímica molecular y los mecanismos implicados. La identificación de proteínas de frutos afectados ha revelado la inducción de proteínas que participan en los procesos antioxidantes de las vías de las pentosas fosfato y del ciclo ascorbato-glutatión. Se sugiere que estas dos vías bioquímicas actúan como especies reactivas de radicales libres en frutas BER afectadas, limitando la propagación del ennegrecimiento de la fruta entera (Casado-Vela, 2005). Peet (2005) señala que el problema aparece al comienzo de la fase de crecimiento rápido de la fruta.



Fotografía 5. Necrosis apical o Blossom end rot

Para evitar las carencias de calcio, debe realizarse un manejo adecuado del riego y la fertilización, sobre todo el primero (Peet, 2005):

- Regar en los momentos del día con menor demanda evaporativa, evitando el mediodía. En Cultivos sin suelo, se suele dar riegos al anochecer.
- Aumentar la frecuencia de riego, si es posible, para favorecer la toma de agua por la planta.
- Bajar la concentración total de abono para favorecer la toma de agua por la planta.
- Bajar los aportes de cationes antagonistas al Ca (K, Mg y NH_4^+). En la medida de lo posible eliminar los aportes del último.
- Evitar el cultivo de cultivares sensibles al BER, sobre todo en épocas donde se esperan condiciones de alta demanda evaporativa.

Fruto hueco:

Los frutos afectados son de poco peso y de forma algo cuadrangular, presentando una zona hueca entre la pared y los tejidos portadores de la semilla (Rodríguez *et al.*, 1997). Este problema es conocido en Canarias como frutos 'zocate', impropios para la importación, y se manifiesta con la aparición de frutos con cavidades locales excesivas, con o sin semilla y sección poligonal (Ríos, 2003). Dicha anomalía no tiene una causa conocida con exactitud. Sin embargo, parece que los factores ambientales perturban la normalidad de la polinización (Pellicer, 1998).

Rajado del fruto:

El rajado radial o longitudinal que suele partir de la cicatriz pendular o de la pistilar. Provocado por alteraciones en el régimen hídrico, que se acentúa ante bajadas de CE, abonados muy nitrogenados o grandes saltos térmicos (Gázquez, 2005).

Jaspeado del fruto o Blotchy ripening:

Es una alteración en la coloración uniforme del fruto, con la aparición de un jaspeado verde en diferentes zonas. Se produce por desequilibrios en la relación K/N, acentuándose con bajas relaciones, con deficiencias en potasio y boro, con CE bajas en suelo y sustrato, con niveles bajos de radiación en plantas muy vigorosas, con bajas temperaturas y al inicio de las recolecciones en marzo y abril. La aplicación excesiva de N amoniacal favorece también esta fisiopatía, siendo frecuente tras aportaciones excesivas de estiércol fresco. Hay sensibilidad varietal por ésta alteración (Cadenas, 2003). No aparece en los frutos verdes (Seaton y Gary, 1936) y se presenta normalmente en los racimos más bajos (Cooper, 1960).

Mancha solar o amarilleo del cuello:

Consiste en la aparición de una zona amarilla claramente delimitada en la región peduncular del fruto maduro (Picha, 1987). Los factores que afectan a su expresión son nutricionales, ambientales y genéticos (Francis *et al.*, 2000).

Madurez irregular del tomate (Tomato Irregular Ripening, TIR): I

Los síntomas que aparecen son pequeñas manchas en forma de estrella de color dorado en el extremo de la fruta, además quedan zonas sin madurar formando manchas irregulares o bandas. A veces la maduración del fruto comienza por la zona del cáliz. Otro síntoma interno es la coloración verduzca de la carne, pasando a blanco cuando la fruta madura y provocando una dureza en estas zonas. El agente causante de la fisiopatía es la larva de mosca blanca (*Bemisia tabaci*, biotipo B) que pica las hojas de la planta produciendo una reacción de color en los frutos. El momento de la picadura afecta a los frutos que en ese mismo momento se están desarrollando (Santos y Ríos, 2004).



Fotografía 6. Madurez irregular del tomate (Tomato Irregular Ripening, TIR).

Deformaciones en fruto:

Son varios los factores agroclimáticos susceptibles de perturbar la deformación de las flores y del polen, así como la liberación de este último. Estos factores que afectan al fruto son un suelo demasiado frío (carencia de fósforo), periodos diurnos cortos y poco luminosos, un exceso de nitrógeno, una humedad elevada o una atmósfera demasiado seca, o temperaturas ambientales demasiado bajas durante la noche.

Una de las deformaciones más frecuentes en cultivo suele ser la aparición de tomates mucronados conocidos como ‘pico’ o ‘apezonamiento’. Esta deformación tiene un claro componente varietal, apareciendo con bajas temperaturas.



Fotografía 6. Deformación de fruto: pico o apezonamiento.

Cicatriz estilar leñosa o ‘Catface’:

Los tomates con esta fisiopatía presentan grandes cicatrices y agujeros en el extremo pistilar del fruto. En ocasiones, el fruto tiene forma arriñonada con largas cicatrices (Iglesias, 2007). Esta enfermedad no parasitaria es bastante frecuente y afecta particularmente a los frutos de los cultivos precoces, que se desarrollan en condiciones desfavorables (temperaturas demasiado bajas) durante su floración y su cuajado.



Fotografía 7. Cicatriz estilar leñosa o 'Catface.

Ruseting o microrrayado

Es una alteración de aspecto áspero y leñoso que produce suberificaciones y pequeñas hendiduras sobre los frutos (Pellicer, 1998; Delgado, 2001). Las causas de esta alteración se atribuyen a temperaturas diurnas altas (acompañadas de baja humedad relativa) y nocturnas bajas, periodos de baja luminosidad, débiles conductividades eléctricas de las soluciones nutritivas. Existe una sensibilidad varietal (Blancard, 2002).



Figura 7: Microcracking. (Fuente: fotografía propia, 2011)

Quemaduras de sol:

Las fuertes radiaciones solares pueden producir la quemadura solar o golpe de sol en la parte de los frutos expuestos al mismo. Este mal puede venir aumentando cuando se produce defoliación o marchitez de las hojas por otras enfermedades (Rodríguez *et al.*, 1997). Una mancha deprimida de color beige claro denuncia la anomalía, siendo más sensibles a las lesiones por el sol los frutos verdes que los frutos maduros (Pellicer, 1998; Saltveit, 2005).

8. RECOLECCIÓN Y RENDIMIENTO

La recogida del fruto para consumo en fresco se realiza casi exclusivamente a mano, siendo la operación con mayor repercusión económica en los costes de cultivo. Las operaciones complementarias deben mecanizarse, lo que no es fácil en los invernaderos de bajo coste y este

hecho implica una gran incidencia de la mano de obra en los costes del cultivo (Cañero *et al.*, 1994). La recolección comienza, según las variedades, entre los 60-80 días desde el trasplante, y tiene lugar durante un periodo de tiempo bastante largo, a veces de 7 meses. En Canarias, la recolección empieza sobre el mes de octubre pudiendo durar hasta finales de marzo, abril e incluso mayo.

El tomate para consumo en fresco suele recogerse en estado 'verde-maduro' o 'pintón' (4-6 de la figura 4), en función de la lejanía del mercado al que se vaya a destinar. Los rendimientos totales son muy variables, dependiendo de las condiciones de cultivo. Las medias globales de producción del tomate en Canarias, particularmente en Tenerife, se hallan entre los 7 y 10 kg de fruta exportable por metro cuadrado, teniendo en cuenta los tres ciclos, y se considera que para que un cultivo produzca beneficios debe producir más de 6 kg/planta exportables (Ríos y Santos, 2001).

Uno de los parámetros más importantes en la calidad gustativa de la fruta es el estado de maduración en la que se encuentre la fruta. Aunque tras la recogida en verde-maduro, la fruta evoluciones a rojo, el contenido en sólidos totales disueltos no alcanza los valores de la fruta recogida en estados posteriores (7-9) (Escobar *et al.*, 2015).

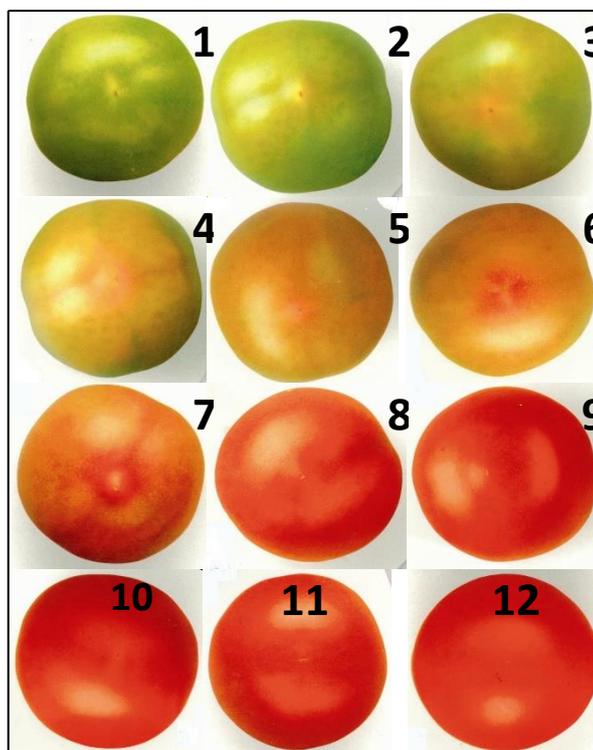


Figura 4. Escala de color 'Kleur-stadia-tomaten'

9. POSTCOSECHA Y COMERCIALIZACIÓN.

Para establecer las condiciones de conservación frigorífica del tomate, debe tenerse en cuenta el estado de maduración, así la temperatura óptima para un fruto maduro fisiológicamente esta entre 12.5 y 15°C, cuando su color es rojo claro, de 10 a 12.5°C, y cuando está maduro entre 7 y 10°C. En los últimos años se han realizado numerosos trabajos de conservación del tomate.

Los tomates son sensibles al daño por frío a temperaturas inferiores a 10°C si se les mantiene en estas condiciones por dos semanas o a 5°C por un período mayor a los 6-8 días. Sus síntomas son alteración de la maduración (incapacidad para desarrollar completo color y sabor, aparición irregular del color o manchado, suavización), picado (depresiones en la superficie), pardeamiento de las semillas e incremento de pudriciones (especialmente moho negro por *Alternaria*). El daño de frío es acumulativo y puede iniciarse en campo antes de cosechar (Suslow y Cantwell, 1995).

Estos últimos autores recomiendan una humedad alta, entre 90-95%, para maximizar la calidad postcosecha y prevenir la pérdida de agua. Los periodos prolongados a humedades más altas o la condensación pueden incrementar las pudriciones de la cicatriz del pedúnculo y de la superficie del fruto.

A continuación se presentan esquemáticamente los procesos de empaquetado y comercialización del tomate.

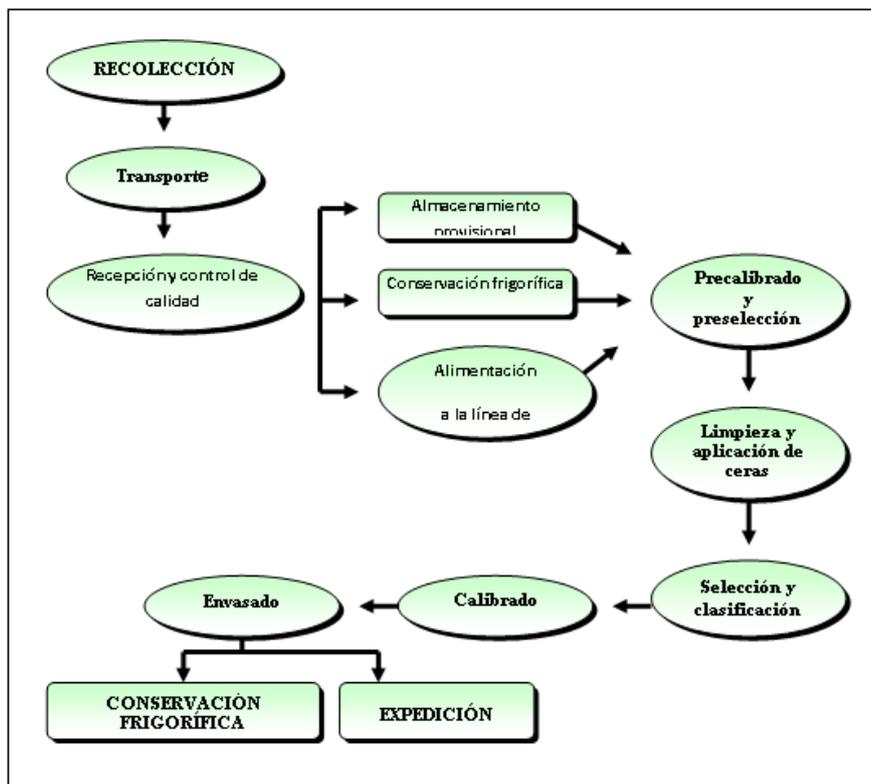


Figura 5. Esquema del procesado del tomate para consumo en fresco (Riquelme, 1999)

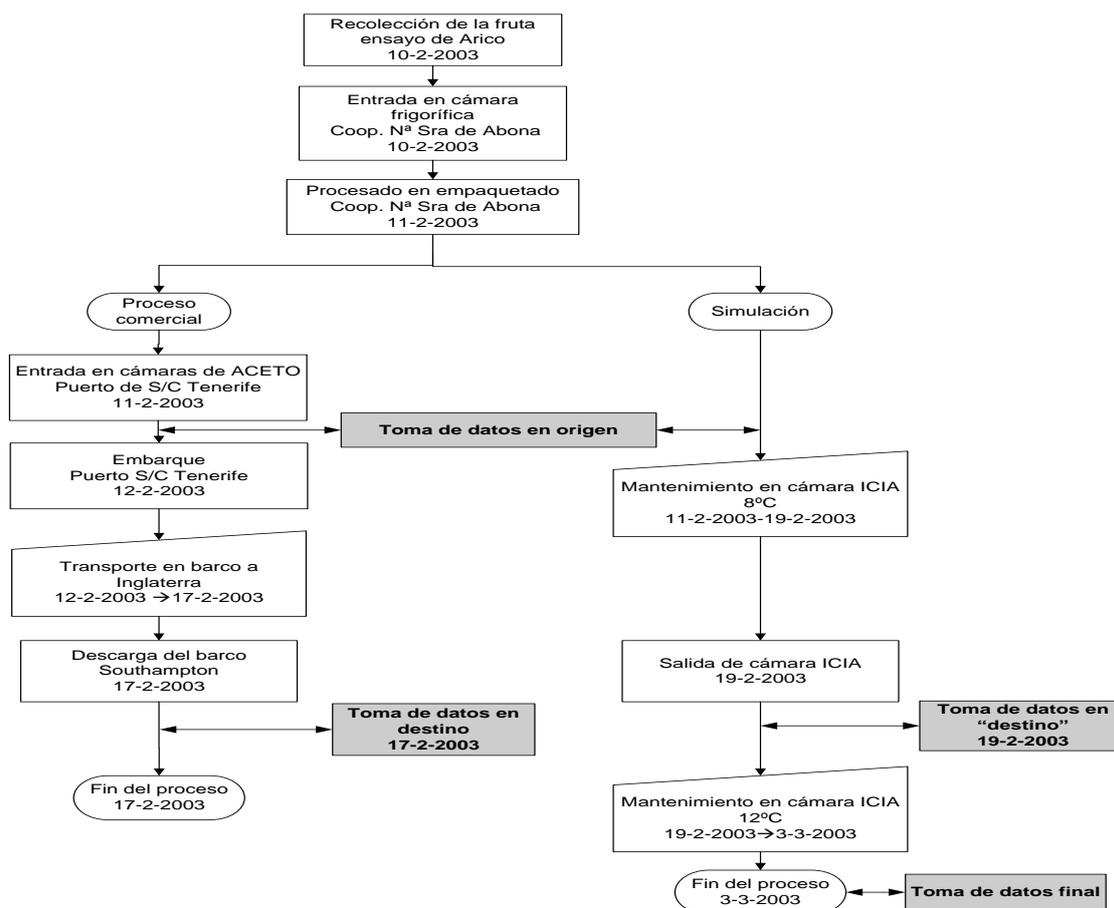


Figura 5. Esquema del procesado y comercialización del tomate de exportación canario seguido en los ensayos de variedades del Servicio Técnico de Agricultura del Cabildo Insular de Tenerife (Santos *et al.*, 2003).

REFERENCIAS.

- AMADOR, L. SANTOS, B. Y RÍOS, D. (2012). Variedades tradicionales de tomates de Canarias. Editado por CULTESA. 233 pp.
- AMADOR DÍAZ, L., RODRÍGUEZ GALDÓN, B., RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, E., DÍAZ ROMERO, C., PARRILLA GONZÁLEZ, M., RÍOS MESA, D. 2010. **Contenido de licopeno en cultivares locales de tomate de las Islas Canarias**. Póster. 28th International Horticultural Congreso. Lisboa, Portugal. 22-27 de agosto de 2010.
- AMADOR L., GONZÁLEZ, C., ALCOVERRO, T., RÍOS, D. 2010. **Comportamiento productivo de un grupo de cultivares locales de tomate "Manzana negra" de Canarias**. Póster. XL Seminario de Técnicos y Especialistas en Horticultura. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. San Fernando de Henares (Madrid). 13-17 de diciembre de 2010.
- ASAHIRA, T.; HOSOKI, T.; SHINIA, K. 1968. **Studies on fruit development in tomato**. Citado por CHAMARRO, J., **Anatomía y fisiología de la planta**, en NUEZ, F. (dir y coord.), 2001, **El cultivo del tomate**. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 71 p.
- ATHERTON, J.G.; HARRIS, G.P. 1986. **Flowering**. En **The tomato crop. A scientific basis for improvement**.
- ATHERTON, J. G. y RUDICH (Ed.). 1986. p. 204.
- ATHERTON J.G. y RUDICH J. **The Tomato Crop. A Scientific Basis for Improvement**. (EDS.). 661 p.
- CABRERA, V, SANTOS, B., D.J. RÍOS, L.B. TRUJILLO, V. CALABUIG y J.P. GONZÁLEZ. 2009. **Comparación de dos métodos de poda en entutorado danés (descolgado) en cultivo de tomate de exportación en Tenerife (Canarias)**. **Avance 1º Campaña experimental (2009-2010)**. En: Martín, M. y P. Hoyos (coord). XXXIX Seminario de Técnicos y Especialistas en Horticultura. Puerto de La Cruz. Tenerife 2009.

- CÁCERES HERNÁNDEZ, J.J. 2000. **La exportación de tomate en Canarias. Elementos de una estrategia competitiva**. Ediciones Canarias. Santa Cruz de Tenerife. 366p.
- CARRAVEDO FANTOVA, M. 2006. **Varietades autóctonas de tomates de Aragón**. Centro de Investigación de Tecnología Agroalimentaria de Aragón. Zaragoza. 238 p.
- CÉSPEDES, A.J.; J. PÉREZ, J.C. GAZQUEZ y I.M. CUADRADO. 2009. **Nuevas tendencias en las técnicas culturales y varietales de la horticultura intensiva almeriense**. 607-630. En MARTÍN, M, J.C.
- CHAMARRO LAPUERTA, J. 2001. **Anatomía y fisiología de la planta**. En: Nuez, F. (dir. y coord.). **El cultivo del tomate**. Ediciones Mundi- Prensa. Madrid: p 45-91.
- CÉSPEDES, A.J.; J. PÉREZ, J.C. GAZQUEZ y I.M. CUADRADO. 2009. **Nuevas tendencias en las técnicas culturales y varietales de la horticultura intensiva almeriense**. 607-630. En MARTÍN, M, J.C.
- CIDH (Comisión para la investigación y defensa de las hortalizas) ,1986. **Cultivo del tomate**. Horticultores de México. En [http:// www.cid.org.mx/monografias/tomate.html](http://www.cid.org.mx/monografias/tomate.html) [Fecha de consulta: 10-01-2011].
- COSTA, J. M. y E. HEUVELINK. 2005. **Introduction: the tomato crop and industry**. En: HEUVELINK, E. **Tomatoes. Crop production science in horticulture: 13**. CABI publishing. London: 1-21.
- COLEMAN, W.K.; Y GREYSON, R.I. 1976. **The growth and development on the leaf in tomato (*Lycopersicon esculentum*)**. Citado por CHAMARRO, J., **Anatomía y fisiología de la planta**, en NUEZ, F. (dir y coord.), 2001, **El cultivo del tomate**. Ediciones Mundi- Prensa. Madrid. 58 p.
- D'ARCY, W. G. 1979. **The classification of the Solanaceae**. En: HAWKES, J. G.; R. N. LESTER y A. D. SKELDING (eds.). **The biology and taxonomy of the Solanaceae**. *Academis Press, New York & London*: 3-47.
- DARWIN, S. C., S. KNAPP, e I. E. PERALTA. 2003. **Tomatoes in the Galápagos Islands: morphology of native and introduced species of *Solanum* section *Lycopersicon* (Solanaceae)**. *Syst. Biodiv.*, 1: 29-54.
- DÍEZ NICLOS, M. J. 1995. **Tipos varietales**. En: NUEZ, F. **El cultivo del tomate**. Ediciones Mundi- Prensa. Madrid: 94-129 p.
- ESCOBAR, I.; BERENQUER, J.J.; NAVARRO, M. Y CUARTERO, J.2015. **La calidad gustativa y nutricional como atributos para liderar el mercado de tomate en fresco**. CSIC y Caja Rural de Granada. Granada. 81 p.
- ESQUINAS-ALCAZAR, J. T. 1981. **Genetic resource of tomatoes and wild relatives**. Rep. Inter. Board Pl. Genet. Res. No. AGP. IBPGR-80-103. International Board for Plant Genetic resources, Rome.
- ESQUINAS-ALCÁZAR, J.; NUEZ, F. 2001. **Situación taxonómica, domesticación y difusión del tomate**. En: Nuez, F. (dir y coord.) 2001., **El cultivo del tomate**. Ediciones Mundi- Prensa. Madrid: 14-42 p.
- FAOSTAT 2020. **Datos sobre alimentación y agricultura**. Organización de las Naciones Unidas para La alimentación y La Agricultura (FAO).
- GARCÍA, M^ªC.; RUIZ, L.; De CARA, M., SIMÓN, A.; MARTÍNEZ, A. Y JANSSEN, D. 2017. La resistencia genética de variedades comerciales de tomate a enfermedades. 222-231. En MARTÍN, M, J.C. GÁZQUEZ, P. HOYOS, P. MUÑOZ y D. RÍOS. **XLVI Seminario de Técnicos y Especialistas en Horticultura. Valladolid**. 2016. Ministerio de Medio Ambiente y Medior Rural y Marino. Madrid.
- GÁZQUEZ, P. HOYOS, P. MUÑOZ y D. RÍOS. **XXVII Seminario de Técnicos y Especialistas en Horticultura**. Almería 2007. Ministerio de Medio Ambiente y Medior Rural y Marino. Madrid.
- GRIERSON, D.; KADER, A. 1986. **Fruit ripening and quality**. En: HO, L.C. y HEWITT, J.D. **The tomato crop. A scientific basis for improvement**. Editado por ATHERTON, J. G. y RUDICH. 1986. p. 204.
- JENKINS, J. A. 1948. **The origin of the cultivated tomato**. *Econ. Bot.*, 2: 379-392.
- HEUVELINK, E. y M. DORAIS. 2005. **Crop growth and yield** 85-144. En: Heuvelink; E (Ed.). **Tomatoes. Crop production science in horticulture 13**. CABI Publishing. Oxford. 339 pp.
- LOSILLA, R. 2005. **Los especialistas de la segmentación en tomate**. *Frutas y Hortalizas*, 105: 20-33.
- NESBITT, T. C. y S. D. TANKSLEY. 2002. **Comparative sequencing in the genus *Lycopersicon*: implications for the evolution of fruit size in the domestication of cultivated tomatoes**. *Genetics*, 162: 365-379.
- LOSILLA, R. 2005. **Los especialistas de la segmentación en tomate**. *Frutas y Hortalizas*, 105: 20-33.

- MARÍN, J. 2021. **Vademecum de semillas. Portagrano. Variedades hortícolas**. Jose Marín Rodríguez. Almería. 477 p.
- MARTIN RODRÍGEZ, G. y CACERES HERNÁNDEZ, J.J. **Canary tomato export prices. Comparison and relationships between daily seasonal patterns**. Spanish journal of agricultural research, 4. págs. 882-893
- NISEN, A., M. GRAFIADELLIS, R. JIMÉNEZ, G. LA MALFA, P.F. MARTÍNEZ, A. MONTEIRO, H. VERDOLT, O. VILLELE, C.H. ZABELTITZ, J.C. DENIS, W. BAUDOIN y J.C. GARNAUD. 1988. **Cultures protégées en climat méditerranéen**. FAO. Roma
- NUTILE, G.E. 1964. **Effect of dessication on viability of seeds**. Citado por CHAMARRO, J., **Anatomía y fisiología de la planta**, en NUEZ, F. (dir y coord.), 2001, **El cultivo del tomate**. Ediciones Mundi- Prensa. Madrid. 49 p.
- PEET, M.M.: 2005. Irrigation and fertilization. 171-198. PEET, M.M. y G. WELLES. 2005. **Greenhouse tomato production**. 257-304. En: Heuvelink; E (Ed.). **Tomatoes. Crop production science in horticulture 13**. CABI Publishing. Oxford. 339 pp.
- PEET, M.M. y G. WELLES. 2005. **Greenhouse tomato production**. 257-304. En: Heuvelink; E (Ed.). **Tomatoes. Crop production science in horticulture 13**. CABI Publishing. Oxford. 339 pp.
- PERALTA; SPOONER, D. M. 2005. **Morphological characterization and relationships of wild tomatoes (Solanum L. Section Lycopersicon)**. Monogr. Syst. Bot., 104: 227-257.
- PERALTA, I.; S. KNAPP y D. M. SPOONER. 2006. **Report of the tomato genetics cooperative**. *TGC Report*, 56: 6-12.
- PERALTA, I.E. y D. M. SPOONER. 2000. [Classification of wild tomatoes: a review](#). *Kurtziana* 28:45-54.
- PERALTA, I.; S. KNAPP y D. M. SPOONER. 2005. [New species of wild tomatoes \(Solanum section Lycopersicon: Solanaceae\) from northern Peru](#). *Syst. Bot.*, 30:424-434.
- PERALTA, I. E. y D. M. SPOONER. 2007. [History, origin and early cultivation of tomato \(Solanaceae\)](#). En: RAZDAN, M. K. y A. K. MATTOO (eds.) **Genetic Improvement of Solanaceous Crops**. *Science Publishers*, 2: 1-27.
- PÉREZ, J; SANTOS B.; RÍOS D.J.; CRUZ J.L. 2009. **Absorción de macronutrientes en tomate de exportación cultivado en picón (ceniza volcánica) en Tenerife (Islas Canarias)**. XXXIX Seminario de Técnicos y Especialistas en Horticultura. Puerto de La Cruz 2009. Ministerio de Medio Ambiente y Medior Rural y Marino. En prensa
- PICKEN A. J. F.; STEWART K. y KLAPWIJK D. 1986. **Germination and vegetative development**. En ATHERTON J.G. y RUDICH J. **The Tomato Crop. A Scientific Basis for Improvement**. (EDS.). 661 p.
- ROBERTS, J.A.; SCHINDLER, C.B.; TUCKER, G.A. 1984. **Ethylene- promoted flower abscission and possible involvement of a inhibitor**. Citado por CHAMARRO, J., **Anatomía y fisiología de la planta**, en NUEZ, F. (dir y coord.), 2001, **El cultivo del tomate**. Ediciones Mundi- Prensa. Madrid. 61 p.
- REES, A.R. 1970. **Effect of heat-treatment for virus attenuation on tomato seed viability**. Citado por CHAMARRO, J. **Anatomía y fisiología de la planta**, en NUEZ, F. (dir y coord.), 2001, **El cultivo del tomate**. Ediciones Mundi- Prensa. Madrid. 49 p.
- RICK, C. M. 1978. **The tomato**. *Sci. Amer.*, 239: 67-76.
- RICK, C. M. 1979. **Biosystematic studies in Lycopersicon and closely related species of Solanum**. En: HAWKES, J. G.; R. N. LESTER y A. D. SKELDING (eds.) **The biology and taxonomy of taxonomy of Solanaceae. Linnean Society Symposium Series 7**. *New York: Academis Press*: 667-677.
- RICK, C. M. 1982. **Genetic relationships between self incompatibility and floral traits in tomato species**. *Biol. Zentralb*, 101: 185-198.
- RICKS, C. M. 1986. **Reproductive isolation in the Lycopersicon peruvianum complex**. En: D'ARCY, W. G. (de.) **Solanaceae, Biology and Systematics**. *New York: Columbia University Press*: 477- 495.

- RÍOS, D. 1999. **Apuntes del cultivo del tomate**. Curso del Servicio de Agricultura del Cabildo Insular de Tenerife. Cooperativa de N^a Sra. De Abona. 21p.
- RÍOS, D.; SANTOS, B. 2001. **El tomate de exportación en Tenerife**. Curso del Servicio de Agricultura del Cabildo Insular de Tenerife. Cooperativa de Guía de Isora.
- RÍOS MESA, D., SANTOS COELLO, B., DÍAZ EXPÓSITO, D., 2002. **Ensayos de variedades de tomate de exportación. Campaña 2001-2002**. Servicio de Agricultura. Cabildo Insular de Tenerife.
- RÍOS MESA, D., SANTOS COELLO, B., DÍAZ EXPÓSITO, D., GARCÍA PLASENCIA, N., 2003. **Ensayos de variedades de tomate de exportación. Campaña 2002-2003**. Servicio de Agricultura. Cabildo Insular de Tenerife.
- RÍOS, D., SANTOS, B., DÍAZ, D.; GARCÍA, N. 2003. **Ensayos de Cultivares de tomate de exportación en Tenerife. II Comportamiento postcosecha**. Agrícola Vergel, 262: 504-511.
- RÍOS, D.; SANTOS, B. 2005. **Comparación del comportamiento de cultivares de tomate de exportación sensibles y tolerantes al TYLCD en Tenerife**. Agrícola Vergel, 281: 440-447.
- RODRIGUEZ, F. y D. SPOONER. 2008. **Métodos filogenéticos basados en secuencias de ADN: aplicación en tomate**. En: Ríos Mesa, D. y Hernández Abreu, J. M. (eds.) **La Biodiversidad Agrícola. Conservación, Caracterización y Políticas. Actas del Simposio Internacional de Conservación de la Biodiversidad Agrícola**. 1^a Ed. CCBAT. Santa Cruz de Tenerife: p 19-29.
- RÍOS, D., SANTOS, B., SIVERIO, C., AMADOR, L., PARRILLA, M., CEBOLLA-CORNEJO, J. 2009. **Caracterización morfológica preliminar de un grupo de cultivares locales de tomate de Canarias**. XXXIX Seminario de Técnicos y Especialistas en Horticultura. España. Tenerife.
- RODRIGUEZ, R.; TABARES J. M.; MEDINA, J A. 2001. **Cultivo moderno del tomate**. 2^a edición. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 255p.
- SANTOS, B.; D. RÍOS y D. DÍAZ. 2002. **Ensayos de tomate de exportación. Campaña 2001-2002**. Servicio de Agricultura. Cabildo de Tenerife. 54 p.
- SANTOS, B.; RÍOS, D.; DÍAZ, D.; GARCÍA, N.; 2003: **Ensayo de variedades de tomate de exportación. Campaña 2002-2003**. Información Técnica, Abril, 2003. Servicio Técnico de Agricultura del Excmo. Cabildo de Tenerife. 35 p
- SANTOS, B.; RÍOS, D.; SOLAZ, C.; ARMAS P.; CUBAS, F; DÍAZ, C; HERNÁNDEZ, T.; 2004: **Ensayo de variedades de tomate de exportación. Campaña 2003-2004**. Información Técnica, Abril, 2004. Servicio Técnico de Agricultura del Excmo. Cabildo de Tenerife. 31p
- SANTOS, B. y RÍOS, D. (2006). **La maduración irregular del tomate: ¿una nueva fisiopatía del tomate en Canarias?**. Phytoma, Junio7-julio 2006.
- SANTOS, B., D. RÍOS y R. NAZCO. 2006. **Climatic conditions in tomato screenhouses in Tenerife**. Acta Horticulturae, 719: 215-222.
- SANTOS B. y S. PERERA. 2010. **Medidas de control de la polilla del tomate (Tuta absoluta)**. Servicio de Agricultura y D. Rural. Cabildo de Tenerife. 16 p.
- SALAS, M^a.C. 2002. **Densidades de plantación, poda y entutorado en cultivo de tomate protegido**. *Horticultura Internacional*, Extra 1: 98-108
- SPOONER, D.M.; ANDERSON, G.J.; JANSEN, R.K. (1993). **Chloroplast DNA evidence for the interrelationships of tomatoes, potatoes, and pepinos (Solanaceae)**. Amer. J. Bot., 80: 676-688.
- SPOONER, D. M., I. PERALTA y S. KNAPP. 2005. **Comparison of AFLPs with other markers for phylogenetic inference in wild tomatoes *Solanum* L. section *Lycopersicon* (Mill.) Wettst.** Taxon 54: 43-61.
- SPOONER, D.M.; W. L. A. HETTERSCHIED; R.G. VAN DEN BERG y , W. BRANDENBURG. 2003. **Plant nomenclature and taxonomy: An horticultural and agronomic perspective**. *Hort. Rev.*, 28:1-60.
- STEVENS, M. A. y C. M. RICK. 1986. **Genetics and breeding**. En: ATHERTON, J. G. y RUDICH, J. (eds.) **The tomato crop: A scientific basis for improvement**. *Chapman and Hall*: 35-109.

- TANKSLEY, S. D. y F. LOAIZA-FIGUEROA. 1895. **Gametophytic self-incompatibility is controlled by a single major locus on chromosome 1 in *Lycopersicon peruvianum*.** *Proceedings of the National Academy of Sciences, U.S.A.* 82: 5093-5096.
- TANKSLEY, S. D. y S. R. MCCOUCH. 1997. **Seed banks and molecular maps: unlocking genetic potential from the wild.** *Science*, 277: 1063-1066.
- TAYLOR, I. B. 1986. **Biosystematics of the tomato.** En: ATHERTON, J. G. y J. RUDICH. **The tomato Crop. A scientific basis for improvement.** Chapman and Hall, London & New York: 1-30.
- VARGA, A.; BRUINSMA, J. 1986. **Tomato.** En "Monseline, S.P. (Ed). Fruit set and development. Citado por CHAMARRO, J., **Anatomía y fisiología de la planta**, en NUEZ, F., 2001, **El cultivo del tomate.** Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. p. 51, 60.
- VILLALBA MORENO, E. 2007. **El cultivo del tomate en Tenerife y Gran Canaria.** Ediciones Idea. Santa Cruz de Tenerife. 184 p.
- WILSON, L.A., STERLING, C. 1976. **Studies on the cuticle of tomato fruit. I.** Citado por CHAMARRO, J., **Anatomía y fisiología de la planta**, en NUEZ, F. (dir y coord.), 2001, **El cultivo del tomate.** Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 71 p.
- WITTINGTON, W. J.; FIERLINGER, P. 1972. **The genetic control of time to germination in tomato.** Citado por CHAMARRO, J., **Anatomía y fisiología de la planta** en NUEZ, F. (dir y coord.), 2001, **El cultivo del tomate.** Ediciones Mundi- Prensa. Madrid. p. 48.

ANEXO TOMATE: TÉCNICAS DE CULTIVO DE TOMATE EN CANARIAS

1. TIPOS DE CULTIVO DEL TOMATE EN CANARIAS. CONVENCIONAL, SIN SUELO Y ECOLOGICO.

En Canarias se podría considerar que se siguen tres sistemas de cultivo, principalmente: el que denominaremos cultivo convencional, realizado en suelo con lucha química dirigida, el cultivo sin suelo y el cultivo biológico.

El sistema más habitual se basa en cultivos en suelo con una fertirrigación y un control de plagas y enfermedades donde se utilizan productos químicos de síntesis. Se utiliza fertilización con material orgánico (normalmente cada dos años) en fondo y fertirrigación en cobertera con abonos químicos de síntesis. La lucha contra plagas y enfermedades en muchas de las explotaciones se realiza con manejo integrado de plagas, asesorados normalmente por técnicos de las cooperativas y empaquetados- Desde hace unos años, se ha introducido los sistema de calidad por exigencias de los compradores, principalmente los protocolos GlobalGAP, BRC o UNE).



Fotografía 1: Cultivos sin suelo en Guía de Isora

El cultivo sin suelo se basa en el uso de sustratos (fibra de coco, lana de roca, picón), normalmente en contenedores de 4-6 plantas sin reciclaje de la solución nutritiva drenada. El principal sustrato utilizado ha sido la fibra de coco, tras un uso inicial importante del picón, de origen local. La falta de conocimientos técnicos y sobre todo la presión comercial de otros sustratos, relegó al picón a una posición marginal. Por lo demás es igual el manejo del cultivo es similar al tipo convencional, aunque con una mayor cualificación técnica.

El cultivo biológico, consiste muy resumidamente en no utilizar ni fertilizantes ni fitosanitarios de origen químico de síntesis, así como en el uso primordial de estrategias que favorezcan la fertilidad natural del terreno (abonos verdes, rotaciones de cultivo, etc.). La fertilización es fundamentalmente de fondo con productos orgánicos compostados y abonos inorgánicos de origen natural. El control de plagas y enfermedades se basa en la lucha biológica, el uso de fitosanitarios de origen natural y en el aumento de la resistencia natural del cultivo. La producción de tomate biológica está bajo el control del Consejo Regulador de la Agricultura Ecológica de Canarias.



Fotografía 2: Cultivos en producción biológica (Arico)

2. TIPOLOGÍA DE LOS INVERNADEROS

El invernadero más utilizado en tomate es de tipo parral o Almería, de cubierta plana, normalmente de tubería metálica de acero galvanizado. En algunos más antiguos los puntales o pilares perimetrales son metálicos y los pies derechos de madera de eucalipto. Es relativamente difícil encontrar invernaderos con toda la estructura de madera.

La altura media ha ido subiendo con el tiempo, desde los 2.2-2.5 m de los primeros años hasta una media de 3.5-4 m en la actualidad, con invernaderos de 6-7 m de altura “preparados” para plantar cultivos altos como plátanos o para realizar descolgado. Esta altura adicional sobre el cultivo disminuye los daños por roce de fruta por el viento, hace de colchón térmico y permite

técnicas de cultivo como el descolgado, recomendándose desde el punto de vista técnico ir a una altura de 3.5-4 m que permite el descolgado (más 4 que 3.5 m) y tener el colchón térmico y de ralentización del viento.



Fotografía 3: invernaderos tipo parral de cubierta plana (interior arriba, exterior abajo)

3. CALENDARIOS DE PRODUCCIÓN.

Normalmente se consideran tres periodos de plantación en tomate de exportación: temprano con plantaciones en el mes de agosto, medio tiempo con plantación en el mes de septiembre y tardío en el mes de octubre.

La planta en semillero permanece unas tres semanas, a las que habría que añadir al menos otras tres si se opta por el injerto. Aproximadamente a los tres meses tras la plantación en terreno definitivo, comienza la producción, por lo que la recolección de los tempranos comienza a final de octubre, la de los de medio tiempo en el mes de noviembre y los tardíos, algo más lentos por las temperaturas más bajas, a comienzos de enero. Plantando en las tres épocas se logra tener tomate de calidad a lo largo de toda la zafra. Si la plantación a tres fechas se combinara con el uso de cultivares adaptadas a esos ciclos se lograría una mejora de la productividad y de la calidad de la fruta cosechada.

La recolección se alarga mientras se mantienen los mercados (esto comienza a mediados de noviembre y termina entre finales de abril y principios de junio). Los barcos contratados por los exportadores terminan a mediados de mayo. La exportación posterior ha de realizarse normalmente con contenedores refrigerados, mucho más caros.

4. OPERACIONES DE CULTIVO

4.1 De la siembra al transplante

Para lograr una buena nascencia, debido al alto coste de la semilla (una unidad de semilla de una variedad tolerante al TYLCV ronda las 0.16-0.20 €), los semilleros suelen realizarse en bandejas de

poliestireno expandido de 247 lóculos, utilizando como sustrato, mezclas comerciales de turba. La siembra se realiza en sembradoras neumáticas en viveros comerciales y de forma manual en las propias explotaciones. Hasta que comienza la nascencia las plantas se colocan en cámaras de germinación con condiciones controladas (viveros comerciales) o en locales protegidos de la luz solar (pequeñas explotaciones). Una vez comenzada la nascencia se pasan a invernadero donde tras un periodo de unas 3 semanas se pasan a terreno definitivo. Normalmente se realiza una sola fertilización en todo el proceso de semilleros, normalmente con un abono rico en fósforo. Para frenar el desarrollo del semillero se suele recurrir a tratamientos con cobre.



Fotografía 4: Tomates en bandeja de semillero.

Previamente a la siembra se realizan labores, normalmente con rotocultor o con cavadoras o azadas mecánicas. En algunos casos estas labores se complementan con otros aperos, como subsoladores. Esta labor no se realiza todos los años en todas las explotaciones. En esos casos se realiza una pequeña labor en la zona donde se va a plantar (“rayuela”). En ese momento se aporta el estiércol y las enmiendas. En muchas explotaciones se termina esa labor con la realización de un pequeño surco donde se realizará la siembra.

Realizada la rayuela se colocan los laterales y se realiza la desinfección, normalmente y de forma rutinaria con un nematicida y de forma más reducida y cuando han habido problemas el año anterior con metam sodio, separados uno del otro 15 días. Una vez transcurrido el plazo de seguridad del último fitofármaco empleado se realiza la siembra. La siembra se realiza a mano, procurando no enterrar demasiado la planta. Previamente se realiza un primer riego para que el terreno tenga una humedad adecuada para el prendimiento.



Fotografía 5: Realización de "rayuela", colocación del yeso y de los laterales de riego

El marco de plantación más empleado suele ser 2 plantas por m^2 , con líneas separadas en el entorno de 1 m y las plantas separadas en la fila aproximadamente 0,5 m. Esta disposición varía ligeramente, con marcos de 2,5 plantas/ m^2 en cultivos tardíos o de ciclo corto, donde no hay un desarrollo tan grande, mientras que en el caso de cultivos tempranos o de ciclo largo se suele ir a marcos más amplios de 1,7 plantas/ m^2 , a base de ampliar los pasillos para facilitar las labores y convirtiendo las líneas de la "burra" en líneas pareadas. La tendencia normal es a ampliar marcos para facilitar las labores y la aireación del cultivo.

Una vez desarrollado el cultivo, se utilizan como pasillos los espacios entre líneas alternas, usando los alambres de la línea sin tránsito como "burra" donde se cruzan los brazos *cuando* comienza la bajada de la planta..

Una técnica de cultivo que ha tenido bastante éxito es el uso de injertos. Se usan como pies normalmente injertos interespecíficos con otras especies de *Lycopersicum*. Estos injertos además de proporcionar bastante resistencia a problemas fitosanitarios telúricos (enfermedades de suelo y nematodos), suministran un vigor adicional que aumenta los calibres y alarga el ciclo de cultivo de la planta. Normalmente se suele sembrar el injerto una semana antes que la variedad que hará de púa, al ser más lentos en la nascencia. Cuando injerto y púa tienen el mismo diámetro, se corta áquel por debajo de los cotiledones para evitar rebrotes y se injerta la púa de forma que coincidan sus dimensiones. Para asegurar el injerto se usan diversos tipos de trabas y de agujas. Tras un tiempo a alta humedad relativa para favorecer el prendimiento se colocan en túneles de plástico a 21-22º y alta humedad relativa con poca luz. A los 7 días ya se ha producido el prendimiento. Se suele plantar el injerto a una densidad de 1 a 1,5 plantas/ m^2 , llevando luego la planta a 2 o 3 tallos, terminando con densidades de tallos similares a las de planta franca.

4.2 Entutorado y podas

Aproximadamente 1 mes después de realizado el transplante, se comienza la poda de formación, dejando uno o dos tallos, que se entutoran con hilo de polipropileno sujeto de un extremo a la zona basal de la planta mediante un nudo flojo o un clip y del otro a un alambre situado a una altura de 1,8-2,2 m. En el caso de usar injertos se suele dejar un mayor número de tallos,

aunque el óptimo esté sobre 3 tallos/m² para aprovechar el aumento de vigor del procedimiento. Conforme la planta va creciendo, se va liando o sujetando al tutor mediante anillas hasta que la planta alcance el alambre. Luego se deja que la planta baje por gravedad. Para ello se suele llevar al alambre vecino o se usa un hilo auxiliar paralelo al alambre. Con eso se evitan roturas y estrangulamientos.



Fotografía 6: Cultivo de tomate llegando al alambre

El descolgado, entutorado danés, entutorado alto, “descuelgue holandés” o “high wire”, consiste en entutorar los tallos con hilos que parten de perchas colgadas de un alambre a una altura entre 2.5 y 3.5 m, que permiten ir desenrollando el tutor de forma progresiva, sin que la planta se deslice. El hilo se une a la base del tallo mediante un clip que evite el deslizamiento. Según va la planta creciendo, se va desenrollando el tutor y se traslada una pequeña distancia en el alambre, inclinando el hilo y la planta con él. Previamente a esta operación se deshojan las dos o tres hojas inferiores. La zona apical de la planta se mantiene siempre en el dosel de la cubierta, mejorando la cosecha al aumentar la intercepción de luz por las hojas e incrementa la eficiencia en las labores de cultivo al facilitar el deshojado, la recolección de frutos y la correcta aplicación de productos fitosanitarios. El sistema supone un aumento de costes por el uso de carros que permiten el trabajo en alto y la necesidad de tener una muy buena mejor organización en el trabajo.

Otras labores muy relacionadas con la poda y el entutorado son:

Despunte: En función del ciclo, del tamaño de la fruta o de otros factores, a una determinada altura se procede a despuntar los tallos principales, favoreciendo el desarrollo de los racimos ya formados así como el tamaño de la fruta. En cultivos tempranos se suele despuntar a muy poca distancia del suelo, mientras que en cultivos tardíos se despuntan casi cuando comienzan a “bajar”

Deshojado: Consiste en eliminar las hojas inferiores, para lograr facilitar la aireación y mejorar la coloración de la fruta, así como la eliminación de inóculo de enfermedades, normalmente localizadas en esas hojas. Se considera que una planta de tomate vegeta perfectamente con 14-18

hojas activas. Para un buen deshojado hay que tener en cuenta que el racimo que se está cogiendo debe estar ya limpio. El racimo que está cambiando de color debe tener una hoja por debajo. Normalmente se deshojan de 2 a 3 hojas cada vez.

Suelen realizarse deshojados más drásticos para adelantar la maduración de la fruta o cuando las condiciones climáticas son favorables a la aparición de botritis, una vez se haya secado el follaje. No se recomienda deshojar cuando el cultivo esté mojado para evitar problemas de botritis en las heridas, cuando hayan condiciones favorables para microrrayado o cuando se esperan altas temperaturas para evitar golpes de sol.

Destallado: Consiste en la eliminación de todos los brotes axilares para mejorar el desarrollo del brote principal. Debe realizarse con la mayor frecuencia posible, (semanalmente en épocas de crecimiento activo y quincenalmente en épocas frías) para evitar la realización de heridas graves y no perder demasiada cantidad de fotoasimilados. Los cortes deben ser limpios para evitar la posible entrada de enfermedades, recomendándose como tamaño óptimo entre 5 y 10 cm de brotes así como el uso de cicatrizantes en época de riesgo. El uso de cicatrizantes también se recomienda en deshojados en condiciones húmedas.

Hay que tener en cuenta que el desarrollo de los brotes compite con el llenado de fruta. Últimamente se está desarrollando un sistema donde se va dejando un hijo adicional por cada racimo emitido en el tallo principal. Los hijos a su vez, se despuntaban sobre el 1º racimo. Se consiguen así aumentos de producción de un 20 a 30%.

Normalmente, tanto los residuos de destallado como de deshojado se dejan unos días en el suelo para favorecer la migración de los enemigos naturales de esos restos al cultivo, retirándose luego.

4.3 Otras operaciones de cultivo

Colocación de colmenas: El uso de colmenas de abejorros (*Bombus canariensis*) para favorecer la polinización de las flores en la década de los 90 del pasado siglo supuso una verdadera revolución en la agricultura de tomate de Canarias. En principio se registraron aumentos de la productividad de un 30%, sobre todo en plantaciones tempranas. Por una parte, dejaron de usarse hormonas para favorecer el cuaje y por otra se se han tenido que utilizar fitosanitarios que respetasen a los abejorros, aumentando la seguridad alimentaria de la producción. Las colmenas de abejorros se introducen cuando aparecen las flores del 1º racimo, colocando una colmena por cada 2500-4000 m² (en función del tipo de tomate, más densos en variedades cherry, menos denso en tomate de calibre grande). La vida útil de las colmenas es de 7 semanas, teniéndose que cambiar con una frecuencia algo mayor de 5-6 semanas, para que no hayan bajadas de cuaje.

Escardas: Existen varios productos herbicidas selectivos en tomate, siendo el más utilizado el metribuzin (p.c. Sencor) una vez enraizadas las plantas y en preemergencia temprana de las malas hierbas. En cultivos ya deshojados se pueden utilizarse herbicidas no selectivos en el caso de

infestación grave, en aplicación dirigida. El uso de mallas negras anti malas hierbas de agrotexil (anti-rooting) o de plástico negro, bien en las líneas de cultivo o en todo el suelo se está utilizando como medida principal de control de malas hierbas. En cultivo biológico puede ser especialmente interesante el uso de mallas anti malas hierbas en pasillos para evitar las escardas tras lluvias. La escarda manual o con herramientas de mano está en retroceso



Fotografía 7: Aunque normalmente se acolcha sólo la línea de cultivo, en cultivos ecológicos se usa el acolchado en el pasillo

Despunte de inflorescencias y aclareo de frutas: El objetivo de estas prácticas es dejar en los racimos un número suficiente de fruta para que el tamaño y calidad de ésta aumenten. Se suele realizar sobre todo en variedades de tomate para racimo (dejando 5-6 frutos) o en las que tiendan a cuajar un gran número de flores, así como en variedades de calibre grande (dejando entre 3 y 4 frutos). El aclareo de frutos debe ser lo más pronto posible una vez hayan cuajado, para mejorar el llenado de los restantes.

5. MANEJO DEL RIEGO Y LA FERTILIZACIÓN

El tomate es una planta que responde muy bien tanto al riego como a la fertilización. En el manejo de estos dos parámetros intervienen el estado fenológico del cultivo, la producción esperada, el clima particular (en función de la zona y del tipo de invernadero) y el suelo donde se desarrolla el cultivo.

En una encuesta de explotaciones realizada en Tenerife en 2008 se obtuvieron consumos de 4000 a 7000 m³/ha según zonas y ciclos de cultivo. El 100% de las explotaciones comerciales usan riego localizado por goteo. Se han medido consumos medios de 2,9 L/m².día, con puntas de consumo de 4,3 L/m².día y mínimos durante el periodo de recolección de 1.9 L/m².día.

Con respecto al manejo durante el cultivo, tras el trasplante se suele dejar que la planta pase algo de estrés hídrico los primeros 15 días para favorecer un buen y profundo enraizamiento. Seguidamente se pueden establecer unos coeficientes de cultivos por los que multiplicar la evapotranspiración de referencia (ET_0) calculada mediante estaciones agrometeorológicas y obtener la evapotranspiración del cultivo (ET_c). En ensayos realizados en Tenerife se obtuvieron los siguientes coeficientes de cultivo, bastante similares a los usados en otras zonas productoras.

Tabla1 : Coeficientes de cultivo para tomate de exportación	
edad planta	Coefficiente de cultivo considerado
<15 días tras el trasplante (d.t.t.)	--
15-30 dtt	0,50
30-45 dtt	0,70
45-60 dtt	0,85
>60 dtt	1,05
Cultivos en producción en el mes de noviembre	1,10
enero y febrero	0.80
marzo y abril	0.90

La particularidad del K_c para cultivos en producciones en noviembre es por las condiciones de alta demanda evaporativa junto con una alta producción suelen provocar problemas en muchos años. Una vez terminado el primer gran golpe de producción, se mantiene el riego entre 0,7 y 1. ET_0 en función de la producción.



Fotografía 8: Tanque evaporimétrico Clase A colocado a la altura del cultivo para dar recomendaciones de riego.

Es recomendable regar diariamente, aunque la frecuencia de riego depende fundamentalmente del suelo con el que estemos trabajando. Se estima que debe aportarse riegos cuando los tensiómetros marcan más de 20-30 cb (en función de la retención de agua por el suelo). En suelos muy pesados puede resultar necesario regar en días alternos mientras que en suelos muy ligeros habrá que regar incluso dos veces al día. En cultivos con problemas de muerte súbita o

colapso se suele recomendar aumentar el intervalo entre riegos para que el cuello de la planta esté relativamente seco (también se recomienda alejar el gotero de la planta, con el mismo fin).

Particularizando en la importancia del manejo del riego, durante la fructificación es importante que haya un suministro extra en los momentos de alta carga de fruta y alta demanda evaporativa para evitar problemas de necrosis apical. También puede ser muy importante para mantener la calidad de la fruta, sobre todo en cuestiones referentes a calibres y firmeza.

En cuanto a la fertilización, en fondo normalmente se aplica como enmienda yeso para desplazar el sodio del complejo de cambio (problema común a todos los suelos de tomate) y materia orgánica, bien todos los años o en años alternos. Las dosis de materia orgánica no suelen ser muy altas, prefiriendo materiales bastante comportados.

Los aportes en cobertera se realizan mediante fertirrigación. Existen numerosas fórmulas, pero todas se basan en las necesidades cualitativas de elementos en función del estado vegetativo:

En los primeros momentos (desde el transplante hasta el cuaje del primer racimo) las necesidades principales son el enraizamiento y el crecimiento vegetativo. Suelen usarse fórmulas con altas cantidades de fósforo. Un posible equilibrio podría ser 1:1,5:1 a 1:2:1 (N:P₂O₅:K₂O). Se suelen dar cantidades superiores de fósforo para parar el crecimiento excesivo de las plantas por las altas temperaturas o bajas luminosidades (mallas sucias).

Desde el cuaje del primer racimo hasta la llegada al alambre (antes de que comience la recolección) se aumentan las demandas de potasio para el desarrollo de los 5-6 racimos que está engordando las plantas. El equilibrio típico para esta época es un 1:1:1. En estos momentos comienzan clásicamente los aportes de calcio, aunque es recomendable la aplicación de calcio desde el comienzo del cultivo de forma que el equilibrio N/CaO esté entre 0,5 y 0,9 en función de la demanda de la planta.



Fotografía 9: Las relaciones entre nutrientes, principalmente nitrógeno, potasio y calcio influyen mucho en la producción y calidad del tomate

Durante el resto del cultivo se suelen ir a equilibrios con altos contenidos de potasio para favorecer una buena calidad de la fruta (color y llenado). Un ejemplo sería un equilibrio 1:0,6-0,8:1,3-1,5. Debe seguirse aportando calcio con un equilibrio algo menor que en periodos anteriores. Aportes excesivos de potasio favorecen fruta de tamaño pequeño, mientras que aportes altos de nitrógeno favorecen problemas de calidad (color y llenado deficiente) así como mayor probabilidad de aparición de enfermedades fúngicas y bacterianas.

Con respecto a la cantidad total, debe recordarse que la planta de tomate soporta sin mermas de cosecha conductividades del agua de riego (incluido el abono) hasta 2,2-2,5 dS/m. Por lo tanto los aportes de abono tendrán como límite el resultado de restar el valor deseado de CE (normalmente entre 1,7-1,8 y 2,2-2,4 dS/m) el valor de la CE del agua de riego tras eliminar los bicarbonatos posibles mediante la adición de ácidos. Normalmente esto supone aportes entre 0,4 y 0,7 gramos de abonos/litro de agua, sin superar 1 g/L. En el caso de épocas de clima caluroso, especialmente cuando hayan probabilidades de necrosis apical debe tenderse a CE inferiores, mientras que con tiempo frío, se puede subir a los valores mayores para evitar problemas de calidad de la fruta.



Fotografía 10: Sistema para lograr abonos líquidos fermentados aprovechando una antigua tanquilla de tratamientos.

En Agricultura Ecológica, se suele trabajar con composts, utilizando patentkali (sulfato de potasio y magnesio), fosfato natural blando (fosfato tricálcico) y cenizas (potasio) como aportes puntuales. Normalmente se realizan al menos una aplicación de patentkali y/o cenizas para aportar potasio y varias aplicaciones de compost a lo largo del cultivo (mínimo 2: en plantación y en el 6-7º racimo). Se suelen aplicar entre 2 y 4 kg/m² de compost durante la campaña. Se están utilizando en algunas explotaciones diversos fertilizantes líquidos orgánicos de producción local (tés de compost, abonos líquidos fermentados, etc) aplicándose de forma periódica por el sistema de riego.

6. FISIOPATÍAS MÁS IMPORTANTES

Dentro de las fisiopatías o enfermedades no parasitarias más frecuentes en Canarias tendríamos.

Necrosis apical: ya explicada. Corrección: manejo apropiado del riego

Abanderado o “blotchy ripening”: coloración no uniforme, causada normalmente por una nutrición pobre en potasio, o una carencia inducida de este elemento (frío, lluvia, etc.)

Frutos huecos, zocates: Problemas de llenado de fruta, también por deficiencia de potasio en condiciones de alta carga de fruta y temperatura fría.

Rajado de fruta: Cambios bruscos en la CE del entorno radicular (lluvia) provoca un aumento demasiado rápido de la fruta.

Microrrayado de fruta, “hielo”. Cambios bruscos de humedad ambiental que provoca un rajado de la piel de la fruta, que se suberiza. Evitar deshojados con condiciones favorables.

Problemas de mala polinización: frutos deformes, cuadrados, cicatriz estilar leñosa (frutos regañados o cat face)

Alta salinidad: retraso en la germinación, bajo número de flores, disminución del cuajado, disminución tamaño de fruta, necrosis apical, aumenta calidad de la fruta.

7. PROBLEMAS FITOSANITARIOS

El tomate es un cultivo con bastantes problemas fitosanitarios, tanto por enfermedades causadas por virus, bacterias, hongos y nematodos como plagas de ácaros e insectos. De forma resumida, en la siguiente tabla se señalan las más importantes en Canarias:

Tabla 2: Principales problemas fitosanitarios en tomate en Canarias		
Insectos	Nematodos	Cladosporiosis
Moscas blancas <i>Bemisia tabaci</i> , <i>Trialeurodes vaporariorum</i>	<i>Meloidogyne</i> spp	<i>Fulvia fulva</i> = <i>Cladosporium fulva</i>
Orugas <i>Tuta absoluta</i> <i>Spodoptera littoralis</i> <i>Spodoptera exigua</i> <i>Helicoverpa armigera</i> <i>Heliothis peltigera</i> <i>Autographa gamma</i> <i>Chrysodixis chalcites</i>	Hongos	Bacterias
	Oidiopsis <i>Leveillula taurica</i> <i>Oidium neolycopersici</i>	<i>Clavibacter michiganensis</i> <i>Pseudomonas corrugata</i>
	Podredumbre gris y blanca <i>Botrytis cinerea</i> <i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	<i>Erwinia carotovora</i>
		Virosis
		TVLCV PepMV
Afidos <i>Aphis gossypii</i> <i>Myzus persicae</i>	Mildiu <i>Phytophthora infestans</i>	ToCV
		ToTV
Trips <i>Frankliniella occidentalis</i>	Alternariosis <i>Alternaria dauci</i> f.sp. solani	TSWV
Minadores <i>Lyriomyza trifolii</i> <i>Lyriomyza huidobrensis</i>	Podredumbres de cuello y raíz <i>Phytophthora nicotianae</i> vd. <i>parasitica</i> <i>Pythium</i> <i>Rizoctonia solani</i> <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>radicis lycopersici</i>	PVY
		CMV
Ácaros		TBSV
Eriofidos <i>Aculops lycopersici</i>		ToMV
Arañas rojas <i>Tetranychus urticae</i> <i>Tetranychus evansi</i> <i>Tetranychus turkestanii</i>	Enfermedades vasculares <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>lycopersici</i> <i>Verticillium albo-atrum</i> <i>Verticillium dahliae</i>	

Fuente: Normas Técnicas Específica de Producción Integrada para el Tomate en las Islas Canarias

10. PRODUCCIONES Y RENDIMIENTOS

Las medias globales de producción del tomate en Canarias y, en particular, en Tenerife están aproximadamente en los 7 y los 10 kg de fruta exportable por metro cuadrado, teniendo en cuenta los tres ciclos. El porcentaje de fruta comercial depende de diversas causas (roces por viento, fruta deforme, con necrosis apical) pero se puede estimar aproximadamente en $\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{3}$ de la producción total, estaríamos entre 10 y 15 kg/m². Se considera que para que un cultivo temprano produzca beneficio debe producir más de 6 kg/planta exportables. Los buenos agricultores suelen superar 7-8 kg/planta exportables.

En la tabla 3 se presenta una estructura de costes en el sector donde se observa que los costes de mano de obra suponen el 50% del total de cultivo calculada por Caceres *et al.* (2012). En

la actualidad los costes se han disparado por el aumento de manera significativa de los precios de los diferentes insumos, por lo que sería necesaria una revisión.

Tabla 3. Estructura de costes de explotación tomatera por unidad de producto y superficie

Conceptos	€/kg	€/ha
Mano de obra	0,2869	26.453
Fitosanitarios	0,0434	4.000
Fertilizantes	0,0271	2.500
Agua de riego	0,0414	3.819
Aprovisionamientos	0,0670	6.174
Amortizaciones	0,0576	5.313
Otros	0,0466	4.300
Subtotal cultivo	0,5701	52.559
Subtotal empaquetado	0,2203	20.308
Subtotal otros	0,0661	6.095
Total costes	1,1198	103.237

Fuente: Cáceres et al., (2012)

En cultivos biológicos, la productividad es algo menor que en cultivo convencional con una productividad media en el entorno de 6 kg/m² exportables (aunque las mejores explotaciones tienen promedios en el entorno de los 10 kg/m², siempre considerando los tres ciclos), y aunque los costos son algo mayores, el precio superior teóricamente lo compensa, recibiendo normalmente el agricultor más beneficio por metro cuadrado cultivado. Sin embargo, al ser el mercado mucho más pequeño, tiende a haber saturaciones de mercado y bajadas de precio.

En el caso de los cultivos sin suelo, las medias de producción suelen superar los 8 kg/planta exportables en plantación temprana, aunque los costos suelen ser algo más altos que en cultivo convencional. Normalmente con este tipo de cultivo se suele intentar conseguir tomates de gran calidad.

11 POSTCOSECHA

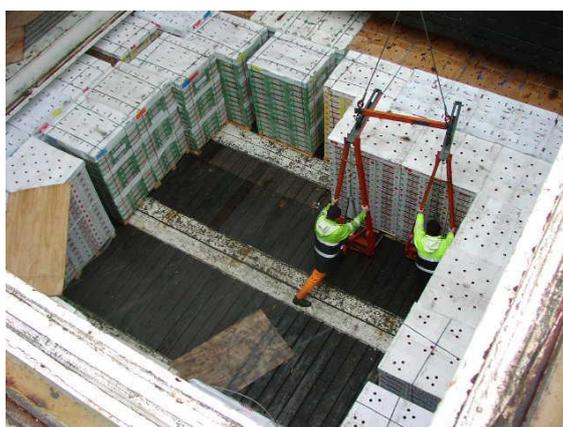
El comportamiento en postcosecha del tomate de invierno es fundamental, por lo que los parámetros que influyen, tanto en cultivo como tras la recolección son de una importancia fundamental.

Ya se ha visto dentro del manejo del cultivo, que el uso de variedades con genes de larga vida (LSL) se ha debido a la necesidad de mantener una calidad en los mercados de destino. Por otra parte, es necesaria una fertilización donde se prime un buen llenado de la fruta (equilibrio adecuado N/K) y unas condiciones climáticas que favorezcan ese llenado.



Fotografía 11: Tomates en cajas de campo antes de llevarlos al empaquetado

Una vez recolectado la fruta en cajas de campo de plástico con agujeros de una capacidad de 15-20 kg se llevan al empaquetado donde se eliminan los destríos, se limpian, se seleccionan en dos calidades I y II y en varios calibres GG, G, M, MM y MMM, de mayor a menor tamaño. Una vez clasificados se colocan en cajas de 6 kg, llamadas “cestos” o “bultos”. Estas cajas, paletizadas se envían a puerto donde pasan aproximadamente 1 día, se colocan en barcos refrigerados a 8-9°C y tras 4-5 días llegan a los puertos de destino, fundamentalmente Rotterdam para los mercados del continente (Holanda, Alemania, países del este, Escandinavia...) y Southampton para Inglaterra.



Fotografía 12: Descarga de pallets de fruta (Southampton)

Los tomates no aptos para la exportación se suelen destinar bien al mercado local, normalmente los calibres más grandes o se usan como alimento para el ganado, normalmente caprino. El uso de la fruta de destrío, junto con la posibilidad de usar los restos de cultivo ha hecho que algunos agricultores de tomate tengan explotaciones ganaderas para aprovechar esos subproductos, bien de ovino de carne (oveja canaria de pelo, normalmente) o de caprino de leche (normalmente en explotaciones más grandes).



Fotografía 13: Uso de tomates de destrío para alimentación de ganado caprino

Los principales factores que afectan a la postcosecha son la recolección cuidadosa en el momento óptimo de madurez (función del cultivar y del mercado de destino), un rápido transporte al empaquetado, una manipulación cuidadosa y el respeto de la cadena de frío en el barco.



Fotografía 14: Los tomates se empaquetan por calibres y por colores, como en la foto

REFERENCIAS

- Cáceres Hernández, J.J. 2000. La exportación del tomate en Canarias. Elementos para una estrategia competitiva. Ediciones Canarias. La Laguna. 366 p.
- Cáceres, J.J.; J.I. González, G. Martín, S. Morini, J.S. Nuez, E.D. Pérez, y J.M. Ramos. 2012. Análisis de costes, precios y competitividad en la agricultura canaria de exportación. Memoria Científica. Proyecto de Investigación PI2008/126. Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información.
- Carreras, G. 1940. Mapa agrónomo nacional. Memorias agro-comerciales. Producción y comercio agrícola de exportación en las Islas Canarias.
- Cultivo del tomate. El Liberal de Tenerife. 17-8-189, p. 3.
- Casas, A. y Casas, E. 1999. Análisis de suelo-agua-planta y su aplicación en la nutrición de cultivos hortícolas en la zona peninsular. 2ª ed. Caja Rural de Almería. Almería. 249 p.
- Castilla, N. 2005. Invernaderos de plástico. Tecnología y manejo. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 462 p.
- Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. Gobierno de Canarias. 2008. Plan estratégico para el sector del tomate de exportación de Canarias. 39 p.
- De León, F.M. 1850. Memoria sobre el estado de la agricultura en la provincia de Canarias. En. Guerra, R.A. Ed. 2005. El estado de la agricultura en Canarias. Ediciones Idea.
- Dupuis, I. y B. Santos. 2006. Los residuos en la horticultura intensiva. Diagnóstico y Gestión. Información Técnica. Servicio de Agricultura. Cabildo de Tenerife. 8 p. Disponible en línea en <http://www.agrocabildo.org/publicaciones>
- Escobar, I.; J.J. Berenguer, M. Navarro y J. Cuartero. 2012. La calidad gustativa y nutricional como atributos para liderar el mercado de tomate en fresco. Caja Rural de Granada. Granada. 82 p.
- Fariña, P. y M. Coello. 2000. Algunas aportaciones sobre el trabajo femenino en las explotaciones tomateras del sureste de Tenerife. Sureste, 2: 25-39.
- García, M. 1969. Cultivo del tomate de invierno. Ministerio de Agricultura. 75 p.
- Gobierno de Canarias. Orden de 19 de febrero de 2004, por la que se aprueban las Normas Técnicas Específica sde Producción Integrada para el Tomate en las Islas Canarias. Boletín Oficial de Canarias núm. 41, lunes 1 de marzo de 2004.
- González, N. 2005. Los inicios del tomate, plátano y turismo en Canarias. Apuntes histórico-económicos, Anuario de Estudios Atlánticos, 51: 431-473
- Heuvelink, E. (Ed). 2005. Tomatoes. Crop production science in horticulture 13. CABI Publishing. Londres. 339 p
- Jiménez, M. 1984. El tomate. 2ª Ed. Centro de Capacitación y Experiencias Agrarias.
- Kolp, N. 1890. Diario de Tenerife, 13-9-1890, p. 1-2.
- Márquez, J. 2005. Más de un siglo exportando tomates a Gran Bretaña. PROEXCA. Gobierno de Canarias. 52 p.
- Monzón, V.M. 1961. Organización de una casa exportadora de tomates. Memoria de reválida de Profesor Mercantil. Disponible en línea en <http://mdc.ulpgc.es/cdm/>
- Ministerio de Agricultura. 1973. Resumen de actividades. Capacitación y Extensión Agraria. 1972. Publicaciones de Extensión Agraria. 215 p.
- Miralles, F. 1975. Plagas y enfermedades más comunes en el cultivo de tomate en Tenerife. Servicio de Defensa contra plagas e inspección fitopatológica. Ministerio de Agricultura. 14 p.
- Pérez, J., B. Santos, D. Ríos, J.L. Cruz y L. Trujillo. 2008. Absorción de macronutrientes en tomate de exportación cultivado en picón (ceniza volcánica) en Tenerife (Islas Canarias). Actas de Horticultura 50, 241-246
- Rodríguez, R., J.M. Tabares y J.A. Medina. 1997. Cultivo moderno del tomate. 2ª Ed. Mundi-Prensa. 255 p.
- Ríos, D.; B. Santos, D. Díaz y C. Solaz. 2001. Ensayos de tomate de exportación. Campaña 2000-2001. Servicio de Agricultura. Cabildo de Tenerife. 37 p. Disponible en línea en <http://www.agrocabildo.org/publicaciones>
- Santos, B. y S. Perera. 2010. Medidas de control de la polilla del tomate. Información Técnica. Servicio de Agricultura. Cabildo de Tenerife. 16 p. Disponible en línea en <http://www.agrocabildo.org/publicaciones>
- Santos, B. 2006. Cómo se hacen las recomendaciones de riego de tomate . Información Técnica. Servicio de Agricultura. Cabildo de Tenerife. 10 p. Disponible en línea en <http://www.agrocabildo.org/publicaciones>

- Santos, B., D. Ríos y R. Nazco. 2006. Climatic conditions in tomato screenhouses in Tenerife. Acta Horticulturae, 719: 215-222
- Santos, B. A. Guanche y C. Ramos. 2008. Ensayos de variedades de tomate de exportación. Campaña 2007-2008. Información Técnica. Servicio de Agricultura. Cabildo de Tenerife. 28 p. Disponible en línea en <http://www.agrocabildo.org/publicaciones>.
- Servicio de Extensión Agraria. 1981. Memoria Anual 1981. Junta de Canarias.
- Tabares, J.M. y F. Rodríguez. 1975. Estudio comparativo de nuevas variedades de tomates para invernadero. Serie Horticultura nº 75/1. Granja Agrícola Experimental. Cabildo Insular de Gran Canaria.
- Rodríguez, F., J.M. Tabares y M. Alamo. 1976. Estudio comparativo de sistemas de riego en invernadero. Serie Horticultura nº 76/4. Granja Agrícola Experimental. Cabildo Insular de Gran Canaria
- Tabares, J.M. 2005. Resumen. Resultados experimentales y reflexiones sobre el cultivo del tomate. Granja. Revista Agropecuaria, 12: 37-44
- Tabares, J.M. 2005. El cultivo del tomate en Canarias, su evolución y futuro. Cabildo Insular de Gran Canaria. Disponible en línea en: http://portal.grancanaria.com/portal/RWcab/DOCUMENTOS/1/0_7402_1.pdf
- UNE 155000. 2008 Hortalizas frescas. Producción Controlada. Requisitos generales. Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). Madrid. 43 pp.
- UNE 155102. 2009 Hortalizas frescas. Producción Controlada. Tomate. Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). Madrid. 26 pp.
- Vargas, R. 1951. Enfermedades y plagas del tomate. Granja Agrícola Experimental. Cabildo Insular de Gran Canaria. 51 p. Disponible en línea en <http://mdc.ulpgc.es/cdm/>
- Villalba, E. 1976. Estudio del cultivo del tomate en Tenerife y Gran Canaria. Cámara Oficial de Comercio de Santa Cruz de Tenerife. Santa Cruz de Tenerife. 146 p

EL PIMIENTO

1. IMPORTANCIA DEL CULTIVO

1.1. EN ESPAÑA Y OTROS PAÍSES PRODUCTORES.

La producción mundial de pimiento verde en 2017, según los datos de la FAO fue de 36.092.631 millones de kilos cuya superficie que se dedicó en 2017 fue de un total de 1.987.059 hectáreas, con un rendimiento medio por metro cuadrado de 1,82 kilos de pimiento (FAOSTAT, 2019). En 2020, la producción fue de 36.09 mT (millones de toneladas). China produjo el 43% del total, seguido a gran distancia por Méjico (7.8%), Indonesia (7.7%), Turquía (7.3%), y España con un 4.1% (www.tridge.com). (Figura 1). El principal exportador a nivel mundial es España con 125.47 millones de dólares, un 24% de las exportaciones mundiales, seguido de Méjico, con un 23% y Países Bajos con un 17% (www.tridge.com). En la figura 2 se presentan los flujos principales de exportación.

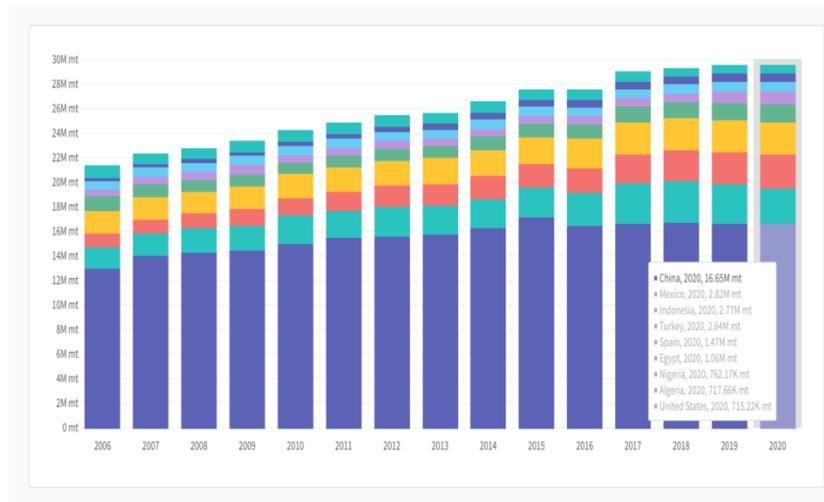


Figura 1: Evolución de la producción mundial de pimiento (www.tridge.com).

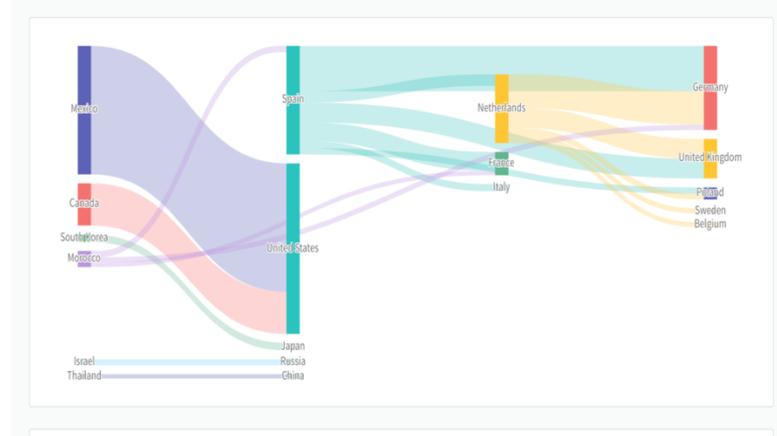


Figura 2: Flujos de exportación mundiales de pimiento (www.tridge.com).

El pimiento (*Capsicum annum L*) verde, rojo o amarillo, es una de las hortalizas de mayor consumo en España y cultivada, sobre todo en los invernaderos del área mediterránea y, principalmente, en la provincia de Almería donde ocupa una superficie de unas 8.500 ha, cerca del 70 % de la superficie total nacional cultivada en invernadero para consumo fresco y sabor dulce. Su adaptación al clima del invernadero permite su cultivo durante todo el año por lo que su calendario de comercialización abarca los doce meses, y cada día se comercializa pimiento procedente de España en cualquier mercado nacional o internacional.

Tras el cultivo del tomate es la especie hortícola de invernadero de mayor consumo con una producción de 1.271.721 de toneladas. Unas 13.460 ha están dedicadas a la producción de pimiento para consumo en fresco en invernadero y el resto en seco y regadío al aire libre para obtener, además, de frutos para consumo en verde variedades autóctonas empleadas en el procesado industrial, como ocurre en las regiones de Navarra, Castilla-La Mancha, Galicia, Extremadura, Murcia, Valle del Ebro, Valle del Guadalquivir, La Rioja, Aragón y Andalucía que, además de la obtención de frutos para conservas y pimentón, también cultivan aunque en menor porcentaje variedades para consumo en fresco, esencialmente tipos de carne gruesa como son Lamuyo y California (Reche, 2010).

Tabla 1 Distribución de la producción de pimiento en Comunidades Autónomas de España (2018).

Comunidades Autónomas	Superficie (hectáreas)				Rendimiento (kg/ha)			Producción (toneladas)
	Secano	Regadío		Total	Secano	Regadío		
		Aire libre	Protegido			Aire libre	Protegido	
GALICIA	–	562	628	1.190	–	52.949	61.690	68.499
P. DE ASTURIAS	50	20	–	70	8.000	15.000	–	700
CANTABRIA	1	5	1	7	12.000	12.600	50.400	126
PAÍS VASCO	68	107	38	213	5.559	12.513	29.053	2.821
NAVARRA	–	971	29	1.000	–	29.400	35.000	29.562
LA RIOJA	–	198	3	201	–	29.000	41.000	5.865
ARAGÓN	–	135	3	138	–	15.719	47.000	2.263
CATALUÑA	2	208	46	256	4.600	21.826	41.555	6.461
BALEARES	–	75	36	111	–	22.800	41.000	3.187
CASTILLA Y LEÓN	–	104	12	116	–	16.733	29.708	2.097
MADRID	–	12	2	14	–	27.000	50.000	424
CASTILLA-LA MANCHA	17	972	1	990	5.529	41.648	48.000	40.624
C. VALENCIANA	–	444	386	830	–	39.086	105.537	58.092
R. DE MURCIA	–	281	1.268	1.549	–	78.194	112.000	163.989
EXTREMADURA	–	784	12	796	–	40.842	200.800	34.430
ANDALUCÍA	6	1.851	10.799	12.656	8.667	30.522	72.025	834.336
CANARIAS	3	63	196	262	8.500	40.883	79.865	18.245
ESPAÑA	147	6.792	13.460	20.399	6.603	36.379	76.053	1.271.721

Las importaciones de pimiento intraeuropeas han crecido en los últimos 10 años un 36%, mientras que se importa un 19% menos de los países productores extracomunitarios, y estas son las cifras de los principales productores y exportadores de pimiento en el mundo (Aenverde, 2019).

1.2. IMPORTANCIA Y PRODUCCIÓN EN CANARIAS

El pimiento es un cultivo hortícola con una importancia relativa importancia en Canarias y el 12º en Tenerife. En Canarias en 2021 había 225 ha, con una superficie relativamente constante desde 2013 en el entorno de las 230 – 250 ha. La mayor parte del cultivo se hace bajo invernadero (aproximadamente un 75%). En Tenerife hay 109 ha de pimiento, con un crecimiento constante en los último 10 años.

Desde el punto de vista de la producción, En Canarias se observa que la producción de pimiento se mantiene durante todo el año, con una producción anual ronda las 17.031 toneladas (Figura 4). Se dividen de manera que, en la provincia de Santa Cruz de Tenerife está alrededor de las 6.455 toneladas y en la provincia de Las Palmas de Gran Canaria alrededor de las 10.576 toneladas. En los últimos años se ha experimentado un aumento de la producción del pimiento en Canarias (ISTAC, 2019). Desde el 2019, la provincia occidental ha igualado a la oriental (Tabla 2)

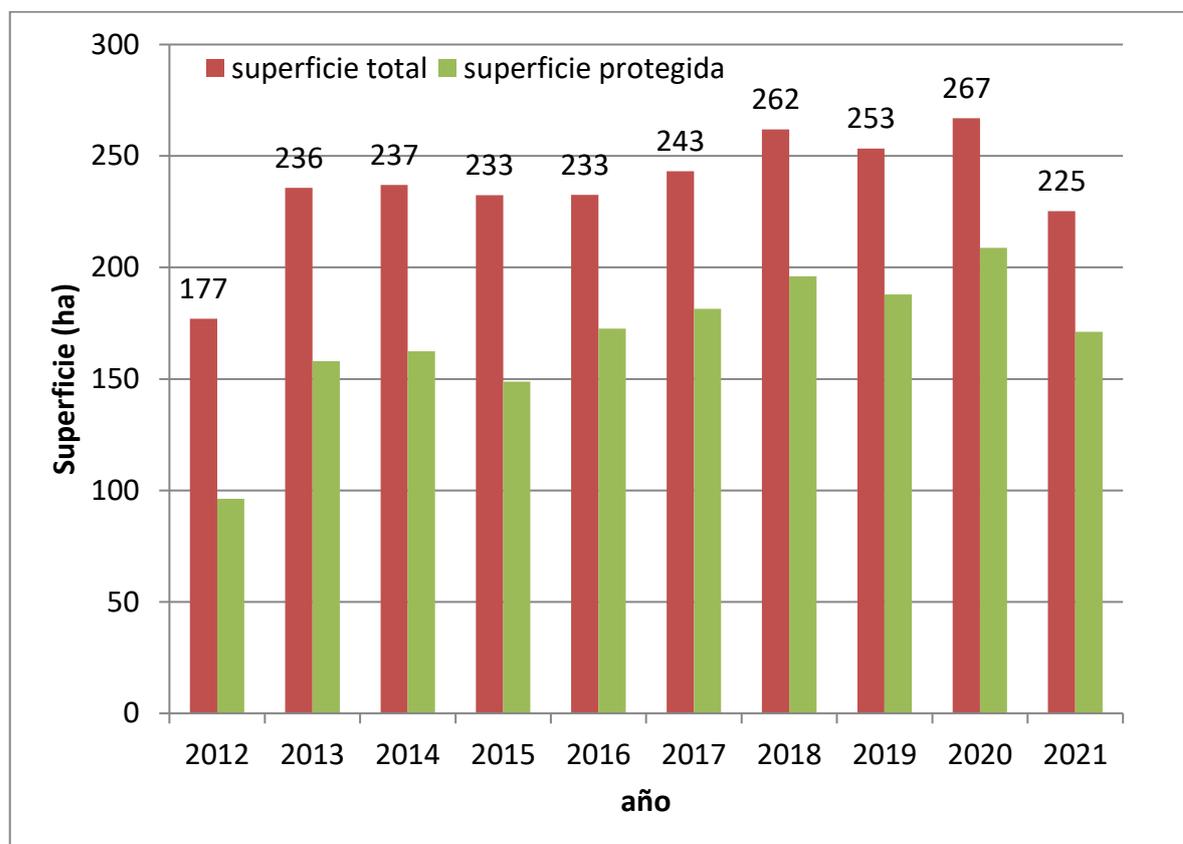


Figura 3: Evolución de la superficie de pimiento en Canarias (ISTAC, 2022).

Tabla 2: Evolución de la superficie plantada según islas (ISTAC, 2022)-

	Lanzarote	Fuerteventura	Gran Canaria	Tenerife	La Gomera	La Palma	El Hierro	Canarias
2021	6.0	3.4	85.1	115.3	4.6	10.4	0.5	225.3
2020	13.0	3.3	125.0	109.6	4.6	10.9	0.5	266.9
2019	13.0	3.3	132.2	88.9	4.6	10.8	0.5	253.3
2018	13.5	3.3	135.8	92.7	4.6	11.5	0.5	261.9
2017	11.5	3.3	130.5	81.2	5.0	11.2	0.5	243.2
2016	17.1	2.7	122.5	72.5	5.0	12.3	0.5	232.6
2015	13.1	2.0	130.3	69.3	5.0	12.3	0.5	232.5
2014	17.2	2.1	118.5	81.6	5.0	12.1	0.5	237.0
2013	26.6	3.0	122.6	66.1	5.0	11.9	0.5	235.7
2012	28.0	2.0	65.0	66.1	5.7	11.7	0.5	177.0
2011	16.0	2.0	69.0	64.3	2.7	10.2	0.5	164.7

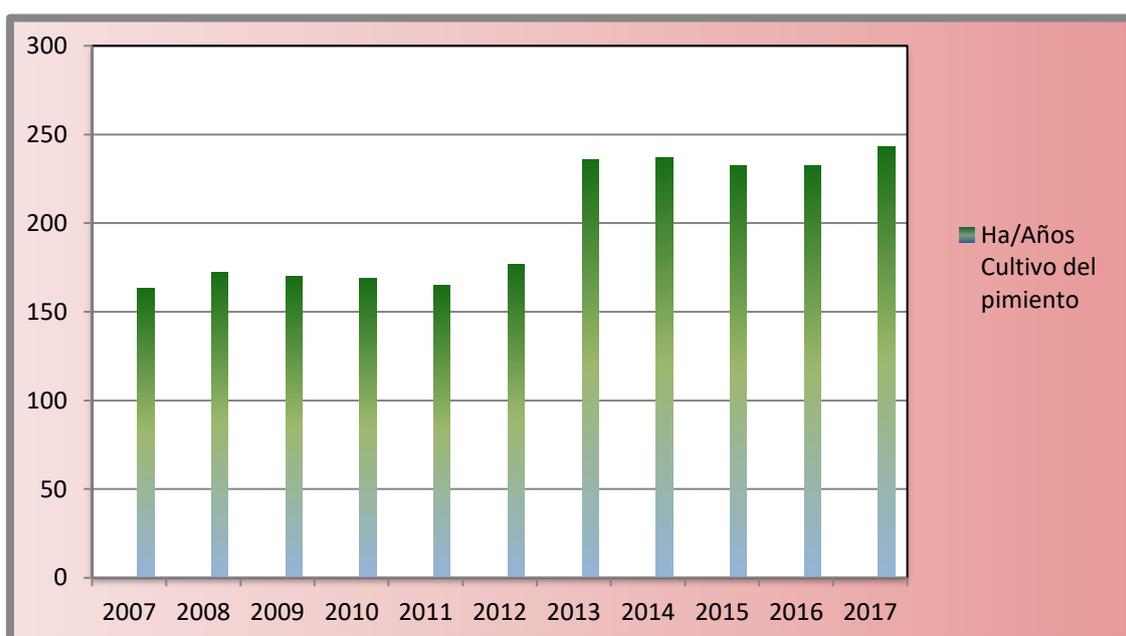


Figura 4: Evolución de la superficie de pimiento en Canarias (ISTAC, 2019)

En la figura 5 podemos observar la relación que hay entre la producción de pimientos en Canarias frente al total de hortalizas que se producen en nuestras islas según los datos recogidos por el ISTAC.

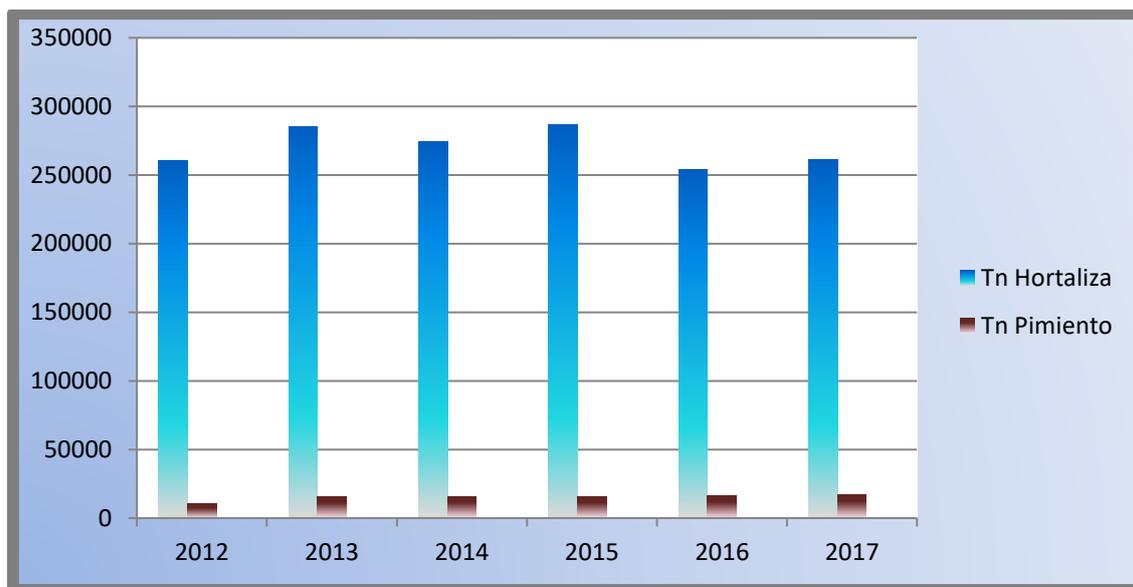


Figura 5: Evolución de la producción total de hortalizas y de pimiento en Canarias (ISTAC, 2019)

2. ORIGEN E HISTORIA DE LA ESPECIE

Capsicum annuum a la que pertenecen la mayoría de las variedades de pimientos dulces, agridulces y algunos picantes cultivados en el mundo, particularmente en Europa y América del Norte; *Capsicum frutescens* que comprende la mayoría de las variedades picantes cultivadas en América y Asia y, en menor medida en Europa, y *Capsicum chinense*, *Capsicum baccatum* y *Capsicum pubescens* cultivadas casi exclusivamente en México (*C. chinense*) y en Los Andes (*C. baccatum* y *C. pubescens*). Todas las especies del género, excepto la silvestre *C. anomalum*, de origen euroasiático, son originarias de América, y constituyen uno de los primeros grupos de plantas domesticados por el hombre, encontrándose restos de *capsicum* en las cuevas de Guitarrero y Pachamamay (Perú) datados entre 8600 y 8000 a.C., y en el valle del Tehuacaán (Mexico), datados entre 6500 y 5500 a.C. (Nuez et al, 1996). Mc Leod et al (1982) sugieren que el género *Capsicum* se originó en Bolivia sud-central desde donde emigró a los Andes y a la Amazonia y, que en esta primera emigración, fueron definiéndose diversas especies, fruto de la adaptación a hábitats diversos. Los genetistas coinciden en que la región andina es el centro primario de origen de *Capsicum* pudiéndose considerar México como otro centro de origen secundario, colonizado por el género en épocas remotas, probablemente con la ayuda de las aves que transportarían las semillas.

El pimiento llegó a España, de la mano de Cristóbal Colón, en 1493, y la posibilidad de sustituir a la carísima pimienta (*Piper nigrum L.*) procedente de oriente, y la facilidad de cultivo en nuestras condiciones ecológicas, fueron las causas de su rápida expansión en España, a lo largo del siglo XVI. De la mano de los portugueses, el pimiento llega a la India y en 1542, se conocían ya tres tipos de pimiento en esa región (Nuez et al, 1995). Previamente, los lusitanos habían aclimatado la planta en sus posesiones africanas de Angola y Mozambique, donde cultivaron variedades picantes de *C. frutescens* y *C. chinense*. Desde España, el pimiento se difunde rápidamente por las posesiones españolas, o de la casa de Habsburgo en Europa. Así llega a Italia en 1526 (Fernández de Oviedo, 1535) y desde allí, a los países de la antigua Yugoslavia, y a Centroeuropa, según García et al (2015).

3. TAXONOMÍA Y MORFOLOGÍA

3.1. Taxonomía

La familia *Solanaceae* está compuesta por alrededor de los 98 géneros y los 2700 especies. En esta familia se incluyen especies alimenticias tan importantes como la papa o patata (*Solanum tuberosum*), el tomate (*Solanum lycopersicum*), la berenjena (*Solanum melongena*) y los chiles, ajíes o pimientos (*Capsicum*). Muchas plantas ornamentales muy populares pertenecen a las solanáceas, como *Petunia*, *Schizanthus*, *Salpiglossis* y *Datura*, incluyendo muchos organismos modelos para investigar cuestiones biológicas fundamentales a nivel celular, molecular y genético, tales como el tabaco y la petunia (Nuez et al., 1995). Según este autor, la taxonomía de la especie pimiento más cultivada, *C. annum*, sería:

Orden: *Solanales*

Familia: *Solanaceae*

Subfamilia: *Solanoideae*

Tribu: *Capsiceae*

Género: *Capsicum*

Especie: *Capsicum annum* L.

La taxonomía dentro del género *Capsicum* es compleja, debido a la gran variabilidad de formas existentes en las especies cultivadas y a la diversidad de criterios utilizados en la clasificación. La primera descripción detallada del pimiento es la que Gonzalo Fernández de Oviedo realiza en el Sumario de la natural y general historia de las Indias. Por otra parte, los botánicos pre-linneanos describieron muchas especies diferentes y variedades de pimiento. Fuchs en 1542 reconoce tres taxones, Bauhin en 1623 reconoce ocho, Tournefort en 1700 veintisiete y Miller en 1754 dieciocho. Linneo tomó un punto de vista más conservador y en su obra *Species Plantarum* (1753) reconoce sólo dos especies: *Capsicum frutescens* y *C. annum*. Posteriormente en *Mantissa* (1767) añade dos especies más: *C. baccatum* y *C. grossum*. En la expedición botánica de Ruiz y Pavón, se descubre una nueva especie en 1799, a la que llama *C. pubescens*. En 1798, Willdenow encuentra en América del sur otra especie a la que llama *C. pendulum* (Nuez et al, 1996).

En tiempos más modernos hay que resaltar el trabajo de Hunziker, el cual en 1956 realizó la que posiblemente sea la mejor sinopsis hecha del género. Hunziker considera que el género está dividido en tres secciones, *Tubocapsicum* y *Pseudoacnistus*, con una sola especie cada una, y *Capsicum*, que incluye 24 especies. Un análisis posterior considerando nuevos descubrimientos sugiere que la sección *Capsicum* incluiría 22 especies silvestres y 3 variedades, así como 5 especies domesticadas y 4 variedades relacionadas con estos taxones (Hunziker, 1979).

Tabla 4. Clasificación de especies basada en modificaciones y adiciones al trabajo original de Hunziker de 1956 (Mendoza, 2000).

Especies silvestres		Especies domésticas	
<i>C.biforum</i> A.T.Hunz.		<i>C.annum</i> L.	
<i>C.chacoense</i> A.T.Hunz.		<i>C.bacatum</i> L.	
<i>C.geminifolium</i> (Dammer) A.T.Hunz.		<i>C. cardenasii</i> Heiser & Smith	
<i>C.schottianum</i> (Sendt.)		<i>C. chinense</i> Jacq.	
<i>C.villosum</i> Sendt.		<i>C.frutescens</i> L.	
Pudiendo nombrar hasta 15 especies silvestres más.		<i>C.pubescens</i> R.&P.	
			

Según Mendoza (2006), podemos clasificar el pimiento en siete principales especies de *Capsicum* cultivadas diferenciadas por las características de la flor:

- *C. annuum* L. De corola blanca, flores solitarias, frutos de diferente forma, tamaño y color, de sabor dulce y picante. Es la especie de pimiento más cultivada en el mundo y de una gran importancia económica para muchos países, tanto los pimientos de sabor dulce como los de sabor picante. En la cuenca mediterránea los principales cultivos son sobre todo procedentes de variedades dulces.
- *C. frutescens* L. De corola blanca, dos flores por nudo. (Ají picante).
- *C. baccatum* L. De corola blanca y frutos de forma variada.
- *C. pendulum* Willd (*C. peruvianum* Haz). De corola blanca, con partes amarillas y verdes, un fruto por nudo.
- *C. chinensi* Jack. Corola generalmente amarillenta o verdosa, frutos verdes rojos en la madurez y negruzcos al secar. De sabor picante.
- *C. macrocarpum* Cav. Corola diminuta y blanca, fruto pequeño, rojo y picante.
- *C. pubescens*. Corola violácea, frutos carnosos, verdes, rojos, ovals y esféricos, picantes y con semillas negras.

En la tabla 4 podemos ver numerosas especies estrictamente silvestres y especies domesticadas del género *Capsicum* .

3.2. Morfología de la planta

Para la morfología de la planta seguiremos a Reche (2010). Se cultiva como una planta herbácea anual. Su aspecto es lampiño, de tallos erguidos y de crecimiento limitado, con altura y forma de desarrollo muy variables en función del cultivar y de las condiciones del cultivo. El sistema radicular de *capsicum annum* L. consta de una raíz axonomorfa de la que se ramifica un conjunto de raíces laterales. La ramificación adopta al principio una forma de punta de flecha triangular, con el ápice en el extremo del eje de crecimiento. Posteriormente se forma una densa borla de raíces que profundiza en el suelo hasta unos 30-60 cm, aunque la distribución no es uniforme, con una mayor densidad en la parte superficial. Horizontalmente el crecimiento se extiende hasta unos 30-50 cm del eje. El desarrollo de un buen sistema radicular potencia el vigor y la productividad. (Nuez et al, 1996).

El tallo principal tiene un crecimiento determinado, alcanzando alrededor de 1,65 m dependiendo de la variedad. El tallo desarrolla su primera ramificación cuando la plántula ha alcanzado un desarrollo de 15 a 20 cm, donde se produce la primera flor o flor de corona. En el momento en el que se ha formado la flor o vástago floral en la terminación el brote se produce la evolución de otros nuevos axilares a las hojas que lo culminan, creciendo con marcada dominancia apical. La sección transversal del tallo es variable según las zonas de la planta, siendo más redondeado en la base y más angular conforme se va ascendiendo. El desarrollo del tallo se ve muy influenciado por la iluminación diaria total, siendo este efecto más importante que la calidad de la luz y el fotoperiodo. De consistencia tierna al principio, lignificándose más tarde según se desarrolla pero no lo suficiente para mantenerse erguido como planta adulta y con muchos frutos, por lo que necesita tutores.

Por otro lado, tenemos las hojas que constituyen los órganos laterales del tallo, donde la mayoría de los autores enfatiza la profunda relación filogenética y estructural entre el tallo y las hojas, considerando a ambos como partes de una unidad, el brote. El pimiento tiene hojas simples, de forma lanceolada o aovada, formadas por el peciolo, largo, que une la hoja con el tallo y la parte expandida, el limbo. Este es de borde entero o apenas sinuado en la base. Los tejidos del peciolo son semejantes a los del tallo y su disposición es alterna a lo largo del mismo. El limbo de una hoja adulta mide unos 15 cm de largo y 10 cm de ancho con un peciolo que alcanza 8-10 cm de longitud. Las hojas sirven a la planta para llevar a cabo las funciones de la respiración, transpiración y función fotosintética (Nuez et al, 1995). Una superficie foliar insuficiente reduce la producción de la planta al limitarse la fotosíntesis, pero si es excesiva reduce la producción de la planta al aumentar el efecto de sustancias inhibitoras según Beevers (1969).

Las flores en el pimiento son hermafroditas, siendo la misma flor la que produce los gametos femeninos y masculinos que presentan un pedúnculo de 10 a 20 mm de longitud, con 5 a 8 costillas. Su tamaño es variable y presenta una estructura anatómica semejante a la del tallo vegetativo, suele nacer una por nudo, aunque en ocasiones puedan presentarse más de una. Cada flor está constituida por un cáliz formado por 5-8 sépalos en forma de tubo con una superficie rugosa y color verde amarillento. La corola formada por 5-8 pétalos soldados por la base de color blanco-verdoso, ver foto 1.



Foto 1 Flor del pimiento

El androceo que consta de 5-8 estambres cuyo filamento de 1,8-3,5 mm de longitud lleva en su extremo una antera de 1,2 mm de ancho y 2,4 mm de largo. Cada antera está formada por 2 lóbulos o tecas donde se encuentran los sacos polínicos. El gineceo, formado por 2-4 carpelos soldados que consta de una parte basal u ovario supero y el estilo o filamento con una longitud de 3,5-6,5 mm y el estigma o región terminal del estilo donde se produce la polinización. La estructuras del estigma y del estil están especialmente adaptadas o a facilitar la germinación y penetración del tubo polínico durante la polinización. La polinización es autógama, aunque pueden presentarse un porcentaje de alogamia que no supera el 10%.

A excepción de algunos *Capsicum* sp, de interés ornamental, donde toda la planta tiene valor, en la gran mayoría del pimiento cultivado el único órgano que tiene importancia económica es el fruto. Se define botánicamente como una baya. Se trata de una estructura hueca, llena de aire, con forma de cápsula. La baya está constituida por un pericarpo grueso y jugoso y un tejido placentario al que se unen las semillas. El tejido placentario se desarrolla a lo largo de la sutura de los carpelos. Sobre su superficie se desarrollan los óvulos para dar lugar a las semillas según Costa (1995). La unión del extremo del pedúnculo y los tejidos desarrollados a partir del receptáculo floral puede ser de forma cóncava, convexa o plana. La sección transversal varía desde circular a poligonal

y su sección longitudinal puede ser rectangular, circular, espiral o irregular. A veces, con depresiones y de variadas formas, tamaño y color.

Tiene normalmente entre 2, 3 y 4 lóculos, de peso variable dependiendo de la variedad cultivada y de diferentes colores, del verde al rojo, pasando por el amarillo, con un ápice en punta, redondeado o hendido. Su base está formada por el cáliz soldado a la piel con o sin hombros, ver foto 2. Una particularidad de los frutos del pimiento es que el pedúnculo parece prolongarse y penetrar en el interior del fruto formando el conjunto de la placenta y las numerosas semillas que la rodean y son la fuente principal, junto con los tabiques incompletos o seudotabiques que lo dividen interiormente, de la mayor o menor concentración de capsicina, alcaloide responsable del picor de los frutos en las variedades picantes según Reche (2010).



Foto 2 Fruto del pimiento

4. FISIOLÓGÍA DE LA ESPECIE

4.1. Germinación

La semilla se desarrolla a partir del primordio seminal, cuya forma es aplastada hemidiscoidal con una superficie relativamente lisa, sin aspecto pubescente o tomentoso, de color amarillento y constituido por el endodermo, el embrión y la cubierta (Cavero et al, 1995a).

Las semillas están separadas de la carne, concentradas en la parte más gruesa del fruto, insertas en una placenta cónica en forma de huso, unidas a una expansión o prolongación del pedúnculo que penetra en el cáliz. El número de semillas depende de la polinización y así mismo del tamaño del fruto (Reche, 2010). El rendimiento en semillas varía mucho con el cultivar. En las variedades de carne gruesa son necesarios unos 100 kg de frutos maduros para obtener 1 kg de semillas, mientras que en las de carne fina bastaría con 25 kg de frutos. El vigor germinativo de las semillas es mayor cuando son colectadas de frutos pacificados que de frutos maduros o entreverados. Bajo condiciones de almacenaje normales, las semillas de pimiento permanecen viables durante 5-8 años, aunque hay considerable variación entre cultivares. (Cavero et al, 1995a).



Foto 3 Germinación de las semillas en semillero

Los cultivares de *C.annuum* no presentan fenómenos acusados de latencia de las semillas. Presentan un comportamiento ortodoxo a la deshidratación, siendo el contenido de humedad óptimo para la conservación entre 4 y 6%. La conservación con estos niveles de humedad y temperaturas entre -10°C y -20°C permite mantener viabilidades superiores al 85% durante un periodo entre 40 y 150 años (IBPGR, 1983).

Sobre la germinación inciden varios factores, destacando la necesidad de humedad y aireación, así como un rango térmico entre 20 y 30° C. A temperaturas próximas a 30°C la germinación es más rápida que con temperaturas más bajas. A 35°C no se produce germinación (Cavero *et al*, 1995a).

4.2. Crecimiento vegetativo

Se trata de una fase bien definida en el pimiento, donde podemos distinguir 3 subfases:

- Desarrollo de la plántula hasta la primera ramificación.
- Fase de rápido desarrollo de brotes y formación de flores.
- Fase de lento crecimiento y desarrollo de frutos. En la que se produce una intensa división en todos los órganos de la planta, iniciándose el desarrollo de los tejidos secundarios. El punto de partida es la ramificación del tallo, cuando la plántula ha alcanzado una altura entre 15-20 cm (Nuez *et al*, 1996). Ver foto 4.



El sistema de ramificación de *capsicum* sigue un único modelo básico, aunque con diversas variaciones. Después de que el brote ha sido terminado por una flor o vástago floral, nuevos brotes vegetativos emergen de las axilas de las hojas de la cima y uno a más continuará creciendo condicionados por la dominancia apical dependiente de hormonas. Después que el crecimiento del brote ha producido un número específico de órganos florales, vuelve a iniciarse una continuación vegetativa del proceso. Este ciclo se repite a lo largo del periodo de crecimiento. Una vez que se inicia la fase reproductiva el crecimiento es antocládial, mediante repetida producción de hojas y flores se alcanza un equilibrio vegetativo/reproductivo más o menos constante a lo largo de toda la estación de crecimiento (Child, 1979). Adicionalmente, el grado de determinación del crecimiento de los tallos principales y/o secundarios conduce a una gran diversidad de tipos morfológicos.

La sección transversal del tallo principal es, en las zonas más elevadas, cuadrangular, pentagonal o hexagonal, presentando costillas en los ángulos. En las zonas más bajas se muestra más redondeado, en relación con el crecimiento secundario en grosor (Nuez *et al*, 1996).

4.3. Floración y fructificación

Las flores se desarrollan a partir de ápices reproductores, tras un proceso de inducción controlado por factores externos e internos. El factor exógeno más importante que determina la diferencia floral es la temperatura, especialmente la temperatura nocturna (6-12°C), especialmente cuando la plántula se encuentra a esta temperatura durante 2-4 semanas, favorece la formación de gran número de flores (Deli y Tiessen, 1966).



Foto 5 Deformación en el fruto

La coincidencia de bajas temperaturas durante el desarrollo del botón floral (entre 15°C y 10°C) da lugar a la formación de flores con varias anomalías, como la formación de múltiples ovarios que pueden evolucionar a frutos distribuidos alrededor del principal, ver foto 5, pétalos curvados y sin desarrollar, etc. Las bajas temperaturas también inducen la formación de frutos de menor tamaño, que pueden presentar deformaciones, reducen la viabilidad del polen y favorecen la formación de frutos partenocárpicos. Las altas temperaturas provocan la caída las flores y frutos (Ecoterrazas, 2013).

Para que la inducción del desarrollo floral sea normal la intensidad luminosa tendrá que estar en torno a los 3000 lux, por debajo de este valor el crecimiento es atrofiado (Quagliotti, 1979).

Según Child, (1979) la mayoría de las plantas antocladiales parecen ser foto-periódicamente neutras, sin embargo, algunos cultivares de pimiento prefieren el fotoperiodo corto o normal (Cochran, 1942).

El genotipo tiene una gran influencia tanto en el ritmo de floración como en el número de flores producido (Hirose, 1965). Sabemos que la floración está bajo control hormonal, nombrando las giberelinas que retrasa la maduración de los frutos y poseen una marcada acción masculinizante, determina el alargamiento de los entrenudos y por tanto el crecimiento en longitud de los tallos y las auxinas que se producen especialmente en los brotes terminales de las plantas y desde allí se trasladan al resto de la planta y ejercen una gran importancia en el cuaje de las flores (Reche, 2010).

El pimiento tiene una fecundación autógama debido a la posición del estigma frente a la posición de los estambres, aunque puede haber cierta alogamia en variedades de pimiento cuyo estigma sobresale de la anteras, dándose este caso en variedades no domesticadas, siendo los principales agentes polinizadores el viento y los insectos (Reche, 2010). Ver foto 6 y 7.



Foto 6. Polinización por abeja (Vista desde arriba)



Foto 7 Polinización por abeja (Vista lateral).

Una vez sobre el estigma, el grano de polen permanece inactivo durante al menos varias horas (Hirose, 1965). La temperatura óptima de germinación del polen está entre 20 y 25°C, permaneciendo viable durante un par de días a dicha temperatura, siendo la viabilidad del polen almacenado condicionado por la temperatura, humedad relativa del ambiente y genotipo, principalmente (Dempsey, 1966).

Una vez que llega el polen sobre el estigma del pistilo, la capa interna del grano se rompe y se produce una tensión violenta de sus tejidos y el contenido del grano de polen hace hernia por dicha abertura y produce el tubo polínico, en cuyo extremo se encuentra el núcleo vegetativo y detrás de él la célula lenticular reproductora. A continuación el polen penetra por medio del tubo polínico hasta llegar al ovulo produciéndose la fecundación. (Reche, 2010).

4.4. Fructificación

No todas las flores se desarrollan a frutos. El término cuajado indica que se ha iniciado el desarrollo del fruto. La proporción de cuajado depende de los siguientes factores: En primer lugar existe una correlación negativa entre el número de frutos en desarrollo y el cuajado de nuevas flores. Marcelis y Hofman-Eijer (1997) sugirieron que las fluctuaciones cíclicas en la producción podrían explicarse por fluctuaciones cíclicas en el cuajado. Normalmente, el cuajado se produce en varios frutos más o menos al mismo tiempo. La presencia de esos frutos en desarrollo inhiben el cuaje y posterior desarrollo de nuevos frutos por la competencia por los asimilados así como por la producción de fitohormonas. Las flores iniciadas en ese momento normalmente abortan. Sólo cuando los frutos que se están formando llegan casi a su tamaño final y su fuera como sumideros baja es cuando se produce el cuaje de nuevos frutos. Eso explica por qué a un nudo con frutos le sigue otro sin ellos.

Además de las relaciones fuente-sumidero, hay una serie de factores exógenos que pueden inducir el aborto de flores: como la reducción de la intensidad luminosa (Wien et al., 1989), la combinación entre sequía y alta intensidad lumínica (Jaafar et al., 1994), aunque quizás el factor externo más importante es la temperatura (Nuez et al 1995). A temperaturas diurnas superiores a 30 °C el cuajado es muy escaso, aumentando este a medida que la temperatura baja hasta un óptimo de 20 °C. Podemos decir que cuando la temperatura es menor de 10 °C durante la floración, la fructificación si se produce es partenocárpica y los frutos así formados son de pequeño tamaño y

sin semillas. Una planta joven sometida durante la noche a una temperatura de 12 °C produce un mayor número de flores que esa misma planta sometida a temperaturas nocturnas de 18°C, las bajas temperaturas nocturnas (8-10 °C) reducen la viabilidad del polen, pero favorecen la formación de frutos partenocárpicos. No hay técnicas de cuajado salvo el manejo de temperatura para que se produzca el cuajado del fruto: en pimiento California la temperatura tiene que ser mayor de 16 °C y en Lamuyo mayor de 10 °C. Desde la fecundación de la flor hasta el fruto para recolectar en verde suele transcurrir entre 20-30 días, dependiendo del clima y variedad y otros tantos para el color amarillo y rojo (Reche, 2010).

4.5. Maduración

En el pimiento se han demostrado respuestas positivas a los tratamientos con etileno y también un incremento del etileno endógeno a partir del punto de viraje verde a rojo. Sin embargo, el incremento del nivel respiratorio y el acoplamiento entre etileno y respiración varía considerablemente con el cultivar. Los pimientos de fruto pequeño, más primitivos, son climatéricos, mientras que los pimientos de carne no pueden considerarse como estrictamente climatéricos (Saltveit, 1977). Durante la maduración del fruto se producen cambios cuantitativos en su composición asociados a cambios cualitativos del color, sabor, textura y olor. En la mayoría de variedades de fruto verde, disminuye la concentración de clorofilas y aumenta la de pigmentos carotenoides. Esta sustitución parece estar inducida por el fitocromo, interviniendo el etileno y el ácido abscísico. El sabor del fruto maduro integra un importante conjunto de procesos, la mayoría asociados a hidrólisis enzimáticas, donde se produce la degradación hidrolítica del almidón y de las pectinas, carbohidratos importantes en el pimiento, aumentando el sabor dulce. (Nuez et al, 1995).

Un factor que juega un papel decisivo es la temperatura, siendo por lo común necesarias temperaturas entre 15 y 35°C para una adecuada maduración, tardando entre 15-20 días para pasar de color verde a rojo comercial (Reche, 2010).

5. VARIEDADES Y GRUPOS VARIETALES

Es relativamente complicado en cierta manera de establecer una clasificación sencilla de manejar los diferentes cultivares: por su forma, tamaño, color y por el sabor de su carne en picantes o dulces, y según su destino para industria o procesado y para consumo en fresco. La clasificación de cultivares internacionalmente más aceptada es la Pochard (1966) referida únicamente a cultivares de fruto grande y dulce. (Tabla 5). Por ser estos más corrientes en Europa y en algunas otras partes del mundo y por basarse en criterios sencillos, dicha clasificación resulta muy práctica.



Foto 8: Diversidad de formas y colores en cultivares de pimiento (López et al, 2017).

Tabla 5 Clasificación de Pochard (1966).

Tipo	Forma del fruto	Cultivar
Tipo A	Sección longitudinal cuadrangular (largo=ancho)	A-1. Pulpa espesa, liso no deprimido. <i>Yolo wonder</i> . A-2. Bastante espesa, muy deprimido. <i>Quadrazo de Asri</i> . A-3. Asurcado,deprimido. <i>Dulce cuadrado</i> . A-4. Pulpa delgada,peso<100g <i>Serveka</i> .
Tipo B	Sección longitudinal rectangular (largo>ancho)	B-1. Largo/ancho<2. <i>Trompa de Vaca, Lamuyo</i> . B-2. Largo/ancho>2. <i>Dulce España</i> . B-3. Forma troncocónica. Peso aprox. 100g <i>Ruby King</i> . B-4. Peso<100g <i>Dulce Aurora</i> .
Tipo C	Sección longitudinal triangular	C-1. Muy alargado, puntiagudo. Cuerno de toro. <i>Dulce italiano</i> . C-2. Muy alargado,obtuso. Dulce de Argelia. C-3.Alargado medio,parte superior ancha. Najerano. C-4.Fruto corto. <i>Datler,Csardas</i> .
Tipo F	De fruto aplastado	<i>Topepo-paprika</i> .
Tipo N	De fruto subsférico	<i>Pimiento de Bola o Ñora</i> .
Tipo P	De fruto cordiforme	Morrón de conserva

En cuanto a los pimientos picantes, o como se denomina genéricamente “ajés” o “chilis”, también del mismo género y especie que los pimientos dulces, son frutos más o menos largos y delgados, siendo los más pequeños, generalmente, muy picantes (Reche, 2010).

Otra forma de agrupar los cultivares es por la forma del fruto y el grosor de la carne. Es una manera sencilla de clasificarlos y está muy cercana a la clasificación comercial habitual, de la empleada por los agricultores (Gamayo, 2011, García et al, 2014, López et al, 2017, Marín, 2019,) Según estos autores, los 4 grupos principales de pimientos serían:

- Tipo Lamuyo: Serían cultivares con fruta de forma rectangular semilarga, correspondiente al grupo B1 de Pochard. La superficie es lisa, normalmente con tres o cuatro lóbulos o “cascos”, de carne gruesa. Existe material con maduración en rojo o en amarillo. Es apto para crudo, asar, freír o rellenar. Casi toda la producción se destina al mercado nacional. Tienen una buena conservación y aguantan bien el transporte.
- Tipo California: se trata de pimientos de sección cuadrada, cuya longitud (7-10 cm) es similar a la anchura (6-9 cm), de carne más o menos gruesa. Correspondería al tipo A1 de Pochard. La superficie es lisa, con tres o cuatro lóbulos. La carne suele ser más gruesa que el material de tipo Lamuyo. Además de haber material vegetal que madura a rojo, existe material con maduración en amarillo o en naranja. Estos cultivares se utilizan para exportación (el 95% en Murcia). Es apto para crudo, asar, freír o rellenar. Tienen una buena conservación y aguantan bien el transporte.
- Tipo Dulce Italiano: Serían pimientos alargados, estrechos, acabados en punta, de carne fina. La superficie es ligeramente irregular con 2 o 3 lóbulos poco marcados. La carne es más fina que los dos tipos anteriores. Existe material con maduración en rojo, amarillo y naranja. Normalmente es apreciado para frito. El destino más frecuente es el mercado nacional. Presenta buena conservación y transporte.

Además de estos tipos principales, estarían los cultivares los de tipo Padrón, con forma y tamaño similar a las variedades tradicionales de esa zona de Galicia. Los frutos son de unos 10 cm de largo, cilíndricos y apuntados en el ápice, con la superficie ligeramente rugosa o asurcado, de piel delgada, con dos/tres lóbulos. La carne fina y dulce, pero que puede virar a sabor picante, sobre todo, cuando sobrepasan determinado crecimiento (López et al, 2017).

Otro grupo cada vez más numeroso de cultivares, son los “mini”, “snack” o “sweet bite”. Las hortalizas “snack” o minihortalizas, tienen la connotación de comida saludable y se adaptan a nuevos formatos y mercados. Entre estas hortalizas, en los últimos años ha destacado el pimiento. Los cultivares son de forma cónica y cortos (7-10 cm) y 3 cm de ancho, con superficie lisa y acabados en punta (González et al, 2017).

Además existen en el mercado cultivares de tipo tipo Kapyra y blancos, similares en forma a los dulces italianos, pero picantes. Otro grupo importante de material comercializado por el nº de cultivares son los picantes, de diferentes formas y colores (Marín, 2019).

Tabla 6: Porcentaje de superficie por tipos de pimiento en la campaña 2008 – 2009 en la zona sureste de España (Gamayo, 2011).

Tipo pimiento	Almería		Alicante - Murcia	
	%	Cultivares más utilizados	%	Cultivares más utilizados
California Rojo	52	Melchor, Compas, Godzila, Byli, Olvera, Elvis, Aifos	33	Coyote, Requena, Aguila, Traviata, Gacela, Solario
California amarillo	13	Prometeo, Realtos, Giacomo, Carleza, Tonetty	13	Limona, Velez, Tercio, Disco, Capino
California naranja	2	Sympathy, Paramo, Orangery, Arancia		
Lamuyo Rojo	25	Ebro, Soberano, Tejas, Gaston, Mogan, Weno	51	Herminio, Almuden, Niagara, Filon, El Pilar
Lamuyo amarillo	1	Sanja, Pekin, Spiro	2	Gold Quee, Spiro, Cardhu,
Dulce Italiano	6	Aneto, Palermo, Beret, Lukkino, Werta, Padua		
Otros	1		1	

Con respecto a la importancia de cada tipo varietal, consultado a Marín (2019) donde se hace un listado del material vegetal ofertado en España, en 2019 había un total de 510 cultivares de pimiento: el 46% de tipo California, el 21% de tipo Lamuyo, el 14% Dulce Italiano y el resto de otros tipos, incluyendo portainjertos.

Gamayo (2011) hizo un estudio con las superficies cultivadas en la campaña 2008 – 2009 (Tabla 6). En la zona de Almería predominaba el tipo California (65% de la superficie cultivada), seguido a bastante distancia por el tipo Lamuyo (25%) que además se concentraba en una zona muy determinada. El tipo Dulce Italiano ocupaba un 6% de la superficie. En Murcia y el sur de Alicante, el tipo varietal dominante fue Lamuyo (53%), seguido de California (46%).

García et al (2014), analizando el mercado de la zona de Almería y la costa de Granada en 2012, midieron la demanda de cultivares por tipos. En ese año, se comercializaban 497 cultivares de pimiento. 224 fueron de tipo California, 103 de tipo Lamuyo, 74 Dulce Italiano, 38 picantes y 65 de otros tipos. De esta oferta solo se cultivan aproximadamente la mitad en conjunto, pero con la misma prelación: el 40% de los cultivares que se sembraron eran de tipo California, el 15% de tipo Lamuyo y el 11% de tipo Dulce Italiano. Gómez (2014) indica en Almería que el 70% del mercado está copado por cultivares tipo California.

García et al (2014) indicaban que la característica principal dentro de cada grupo que marca la elección por parte de los agricultores es la resistencia a virosis (tobamovirus, TSWV y PVY) que facilita el trabajo en producción integrada. El uso de material resistente a virosis y a oídio y nematodos (estas dos últimas características más recientemente) es especialmente interesante ya que los mercados son cada vez más estrictos con limitaciones al uso de productos fitosanitarios (Gómez, 2014). Este autor indica que los cultivares deben cumplir determinados requisitos de calidad, como son la forma, tener un color intenso con brillo, la resistencia a la fisiopatía del rajado

o “cracking” y estar en un tamaño determinado, además de ser productivos. El 80% del mercado de Almería busca fruta de tamaño intermedio. Por otra parte, los criterios de calidad organoléptica también empiezan a ser importantes en la elección de cultivares (González et al, 2017).

La diferenciación por color también varía según grupos varietales. Teniendo en cuenta las novedades (cultivares que se comercializan por primera vez), Marín (2019) listó en tipo California, donde más esfuerzo se está haciendo en selección por las casas comerciales, una oferta de 139 cultivares de maduración en rojo (con 39 novedades), 81 en amarillo (con 24 novedades) y 16 en naranja (3 novedades). En el tipo Lamuyo solo hay oferta en color rojo (93 cultivares con 13 novedades) y en amarillo (13 cultivares con 3 novedades). En pimiento Dulce Italiano, hay 67 cultivares de maduración en rojo (con 7 novedades), 4 en amarillo (2 novedades) y 2 naranjas, novedades los dos en el año. Gómez (2014) comentó que el 50% del pimiento California que se comercializa es en rojo, un 30% en amarillo, un 20% en verde y un 2% en naranja.

En Canarias, las preferencias de mercado se van hacia el pimiento tipo Lamuyo (Tabares y Guillén, 2010, Mercatenerife, 2020), aunque se está cultivando algo de tipo California (Trujillo et al, 2014) para algunas experiencias de exportación y para elaboración de bandejas con pimientos de 3 colores. Los otros tipos son testimoniales para mercados restringidos, más allá del cultivo tradicional de variedades locales picantes. Ríos y Sánchez (1999) ya señalaban la importancia de la resistencia a problemas fitopatológicos como una de las razones de la evolución varietal en Tenerife, de la misma forma que en Gran Canaria (Tabares y Guillén, 2007).

En la Granja Agrícola Experimental del Cabildo de Gran Canaria se han estado ensayando cultivares de pimiento tipo Lamuyo y California con tolerancia a virosis, en concreto a TSWV, en ciclos de otoño – invierno durante una serie de años.. En el primer tipo han ensayado 7 cultivares en 2007, en los que destacaron Condal, Zar Cardhu y Lemans, mientras que en el segundo, fueron Bierzo y Godzila, encontrando diferencias varietales en la respuesta al frío (Tabares, 2007). En 2008, con cultivares tipo Lamuyo se observó el buen comportamiento de Crucero (Tabares, 2008). Este cultivar también tuvo un buen comportamiento en la campaña siguiente, junto con Pascal, aunque este cultivar presentaba problemas de deformidades por frío (Tabares y Guillén 2009) En el último ensayo Crucero, Pascal y Niagara tuvieron un buen comportamiento (Tabares y Guillén, 2010). Estos autores observaron el buen comportamiento del cultivar Godzila frente al frío.

En Tenerife, se han hecho también experiencias con material vegetal por parte del Cabildo Insular de Tenerife. En un ciclo de otoño – invierno, con 13 cultivares Lamuyo y 7 California, Guanche et al (2009) observó que el comportamiento global de ambos tipos era similar, constatando la mejora de la tolerancia al frío del material vegetal del segundo tipo. Los mejores cultivares tipo Lamuyo fueron Crucero, Oliva y Heraclio, con buenas producciones, destríos aceptables y buen tamaño. En lo referente a los tipos California, Enrique, Yako y Coloso tuvieron el mejor comportamiento global.

En un segundo ensayo en la campaña 2013 – 2014, Trujillo et al (2014) volvieron a observar la similitud de producciones entre los 8 cultivares ensayados de tipo Lamuyo y los 6 Californias, sin diferencias significativas entre los dos grupos, aunque los 5 primeros cultivares por producción fueron del segundo tipo, con más de 10 kg/m². Tomando los datos por grupos, no hubo grandes

diferencias entre los cultivares Lamuyo, con producciones entre 10.3 y 11.6 kg/m², aunque un cultivar (Belomonte) tuvo una cantidad de producción de 2ª categoría menor que el resto. En el caso de los tipo California, tampoco hubieron diferencias en producción (10.5 – 11.3 kg/m²), sin grandes problemas por frío, salvo en el cultivar Abadía.

En una encuesta realizada en 2021 a viveros y a las empresas distribuidoras de semilla, los cultivares más usados en Tenerife serían:

Lamuyos Rojos: Loreto (Syngenta; Tm3; PVY, 0,1,2); Almuden (Syngenta; Tm0; TSWV); Herminio (Syngenta; Tm0); Galileo (Syngenta; Tm0; TSWV); Makko (Enza Zaden; Tm3; TSWV); Segura (Fitó; Tm3; TSWV; Cr, St); Alcudia (Fitó; TSWV); Crucero (Rijk Zwaan; Tm3; TSWV); Fragata (Rijk Zwaan; Tm2; TSWV); Lapillo (Seminis; TSWV; Xxv); Brito (Seminis; Tm3; TSWV).

Lamuyos Amarillos: Eppo (Syngenta; TSVW, CMV).

Italianos: Padua (Rijk Zwaan; Tm2; TSWV); Italico (Seminis; Tm0); Perotti (Fitó; Tm3; TSWV).

Otros: Dulcinea (padrón; Diamond Seeds; Tipo Padrón; Sin tolerancias. Sin capsicina).

6. CONDICIONES EDAFOCLIMÁTICAS

6.1. Temperatura

El pimiento es una planta exigente en cuanto a temperatura, más que el tomate pero menos que la berenjena, como plantas hortícolas dentro de la familia de las solanáceas (Jurado y Nieto, 2018). Dependiendo del estado en el que se encuentre la planta requiere mayor o menor temperatura.

Para la germinación de las semillas hay que tener en cuenta su capacidad germinativa que varía según el tipo de pimiento, la temperatura del suelo debe rondar entre los 22-26°C de día y los 16-18°C de noche (Rico, 1983).

En lo referente al desarrollo vegetativo, se considera que no debería bajarse de 15°C (Matarín y Morales, 2018; Reche, 2010). Estos mismos autores señalan como temperaturas óptimas diarias entre 20°C, mientras que las nocturnas deberían estar entre 16° y 18°C. La máxima estaría en 32°C.

Las temperaturas bajas durante el desarrollo del botón floral provocan que las flores que se forman sean morfológicamente diferentes a las producidas a altas temperaturas, con un acortamiento y engrosamiento de los pistilos, formación de ovarios adicionales que pueden evolucionar a pequeños frutos y fusión de anteras (Jurado y Nieto, 2008). Este fenómeno que se observa a temperaturas por debajo de 18°C, junto con la bajada de la viabilidad del polen a esos valores, hacen que comiencen a aparecer frutos partenocárpicos en su totalidad o en parte de la fruta. Temperaturas en el entorno de los 8 – 10°C hacen que el polen sea inviable (Jurado y Nieto, 2008). Normalmente esas frutas terminan teniendo un tamaño pequeño y una forma achatada (Aloni et al, 1999)., conocida de forma popular como “agalletado” o “fruta galleta”. Este problema tradicionalmente ha sido más importante en pimientos tipo California que en Lamuyo (Gamayo,

2011) lo que dificultó mucho su uso en ciclos de otoño – invierno en Canarias (Ríos y Sánchez, 1999). El nuevo material vegetal disponible en California es mucho menos sensible a este tipo de deformaciones (Trujillo et al, 2014). El problema de estas deformidades tiene también una explicación fuente – sumidero, ya que se agrava tras recolecciones severas (Aloni et al, 1999).

Por otra parte, las temperaturas altas provocan una reducción en el cuaje final de la fruta por la abscisión de flores y frutos recién cuajados, con temperaturas diarias por encima de 34°C y/o temperaturas nocturnas por encima de 21°C. (Rylski y Spigelman, 1982). Erickson y Markhart (2001) encontraron que la causa principal era la inhibición del desarrollo del polen (16-18 días después de la antesis). Esto puede sucediendo ocurrir por una alta producción de etileno o por problemas de transporte de asimilados. La duración del periodo a altas temperaturas influye en este fenómeno, siendo el problema más grave al principio, al aclimatarse con el tiempo. Por otra parte, temperaturas por encima de los 35°C pueden provocar un fuerte estrés hídrico que haga cerrar los estomas, se reduzca la fotosíntesis y se produzca una caída de botones florales o frutos recién cuajados (Reche, 2010). Por encima de 40°C, la planta comienza ya a sufrir quemaduras.

En función de lo anterior se recomienda un intervalo de temperaturas óptimo de 26 – 28°C durante el día y 18 – 20°C durante la noche (Jurado y Nieto, 2008, Reche, 2010; Matarín y Morales, 2018). La diferencia entre temperaturas diurnas y nocturnas es bastante importante para un crecimiento y fructificación correctos. Reche (2010) señala que los óptimos diarios para la fecundación son algo más bajos (24 – 26°C).

Con esos condicionantes, en cultivo de pimiento en ciclos de primavera – verano, el control de las altas temperaturas es fundamental (y en nuestras condiciones en ciclos de otoño con trasplantes tempranos). El método más habitual en las condiciones mediterráneas y en Canarias es el sombreado en invernaderos de plástico mediante encalado de la cubierta (Castilla, 2005). El blanqueo se da a mediados de junio, cuando las temperaturas dentro del invernadero empiezan a alcanzar los 40°C al mediodía y la probabilidad de lluvias es baja, para no tener que repetir la operación tras una tormenta, que la lavaría. A veces es necesario realizar un segundo encalado a mediados de julio (Reche, 2010). Con blanqueados que provocan un 33% de sombreado y ventilación natural, la temperatura se puede mantener por debajo de los valores límite, de forma tan efectiva y con menos costes que otras técnicas de disminución de temperatura (fog-system, ventilación forzada) (Gazquez et al, 2006).

6.2. Humedad

Cuando se habla de humedad ambiental en cultivos protegido se suele manejar la humedad ambiental. Sin embargo, hay que estar trabajando de forma conjunta con la temperatura para cuantificar muchos de los efectos negativos o positivos de este parámetro Otra forma de trabajar con la humedad ambiental es la cantidad de agua que el aire a una temperatura dada podría contener antes de alcanzar la saturación. El déficit de presión de vapor (DPV) expresaría al ser la diferencia entre la presión de vapor en la atmósfera y la presión de saturación. El DPV es la expresión más útil desde el punto de vista técnico para expresar la humedad (Castilla, 2005).

En líneas generales, el pimiento exige una humedad ambiental del 50 al 70 % para el desarrollo vegetativo y del 60 % durante las primeras etapas del crecimiento de la planta. En el periodo de crecimiento puede admitir humedades algo superiores al 70 % pero en las etapas de floración debe ser inferior al 70 % para evitar contrario riesgo de ataque de enfermedades producidas por hongos y bacterias (Reche, 2010).

Por debajo de un 50% pueden haber problemas de cuaje ya que el polen no queda fijado en el estigma generando frutos pequeños y deformes (Reche, 2010). No se ha visto ningún efecto negativo sobre el cuaje a DPV de hasta 2.1 kPa (Erickson y Markhart, 2001). Sin embargo, los problemas de necrosis apical pueden ser mucho mayores (Savvas et al, 2008). Muñoz et al (2004) obtuvieron la mitad de afección manteniendo un DPV de 1.5 kPa frente a no controlar la humedad y llegar a valores de 3 kPa.

Por otra parte, la planta de pimiento, excepto en la floración y fecundación, no es demasiado sensible a humedades relativas altas, siendo menos sensible que el tomate (Matarín y Morales, 2018), Por encima de 85% se dificulta la polinización al unirse los granos de polen, disminuyendo la dehiscencia de las anteras. Los bajos DPV provocan que la turgencia en el pericarpio de la epidermis del fruto aumenta, pudiendo provocar problemas de rajado (cracking) (Savvas et al, 2008).

Los problemas de baja humedad suelen ser más graves al principio del ciclo de otoño-invierno en trasplantes tempranos, donde puede ser recomendable instalar algún sistema de control climático o simplemente regar los pasillos al mediodía, teniendo cuidado cuando empiece la floración de no sobrepasar los valores del 85% para evitar el apelmazamiento del polen (Matarín y Morales, 2018). Estos autores señalan la dificultad de bajar las humedades excesivas más allá del control del riego y el manejo de la ventilación.

6.3. Luminosidad

El fotoperiodo tiene una cierta influencia en el cultivo del pimiento, sobre el momento de la floración y el crecimiento, ya que en los meses de escasa luminosidad provoca la reducción de la fecundación por la caída de flores o deficiencia en la viabilidad del polen (Reche, 2010).

Nisen et al. (1988) citan 8.46 MJ/m².día como exigencia mínima de radiación para cultivos hortícolas termófilos como el pimiento. El máximo de actividad fotosintética se alcanza con 24 MJ/m².día. Sanchez et al (2008) encontraron una que se necesitaba al menos 7 MJ/m².día para inducir la floración.

Valores bajos de radiación provocan en primer lugar el alargamiento de los entrenudos formando tallos delgados disminuyendo su lignificación (Reche, 2010). Esto puede ser un problema luego ya que se romperían las ramas en caso de alto rendimiento (Matarín y Morales, 2018). Además en el cuajado se forman frutos huecos y manchas en los frutos maduros (Reche, 2010).

En condiciones invernales es recomendable usar marcos de plantación amplios para paliar los problemas de baja radiación además de limpiar las cubiertas para subir al máximo posible su transmisividad (Santos et al, 2006). Es importante el momento de eliminar el blanqueo en invernaderos en ciclo de otoño – invierno,

Niveles muy altos de luminosidad disminuyen el crecimiento de las hojas provocando que formen manchas en los frutos por quemaduras del sol (Reche, 2010). Este autor también indica que valores altos también pueden provocar problemas de coloración. La posibilidad de manchas por quemaduras es otra de las razones del blanqueamiento de los invernaderos de pimiento (Matarín y Morales, 2018). El aumento del tamaño de las hojas en invernaderos con blanqueo también ayuda a disminuir los problemas de quemaduras.

6.4. Suelo

El pimiento prefiere suelos de textura media, areno-limosos y franco-arenosos (Reche, 2010). Aunque pueden explorar hasta 60 cm de profundidad, lo normal es que el 70% de las raíces están en los primeros 20 cm (Matarín y Morales, 2018).

Se adapta bien a suelos con un 2 – 3% de materia orgánica (Reche, 2010). En lo referente al pH, su óptimo estaría entre 6.5 y 7.0 aunque en suelos enarenados de Almería puede producir perfectamente con valores de hasta 8.0 (Jurado y Nieto, 2008).

Se trata de un cultivo sensible al exceso de humedad y no tolera suelos con problemas de mal drenaje. Un drenaje deficiente puede ocasionar una disminución del sistema radicular lo que provoca un mal desarrollo de la planta y por ende, bajos rendimientos. En el peor caso, la asfixia radicular puede llegar a acabar con la planta y/o favorecer la aparición de enfermedades radiculares como *Phytophthora capsici* (Jurado y Nieto, 2008, Reche, 2010).

Los problemas derivados de las enfermedades de suelo han hecho que el pimiento sea un cultivo donde el cultivo sin suelo sea atractivo a priori. Los sustratos más utilizados son la perlita y la fibra de coco (López et al, 2017). Sin embargo, Alarcón (2019) señala que ha habido bastantes fracasos por problemas radiculares, siendo muy importante la elección de sustrato buscando que no haya cambios bruscos de humedad sin llegar al encharcamiento.

En cuanto a la salinidad, el pimiento se considera un cultivo sensible o moderadamente sensible (Ayers y Westcott, 1994; De Pascale et al, 2003). Además del efecto osmótico, la acumulación de sodio y cloruros en las hojas disminuye la conductancia estomática y la tasa fotosintética (Rubio et al, 2010).

Según Ayers y Westcott (1994), la CE del agua para un rendimiento potencial del pimiento del 100% (CE umbral) sería 1.5 dS/m en el estrato saturado. A partir de ese valor el rendimiento potencial va bajando hasta llegar a 0 con una CE de 8,6 dS/m. Según Rhoades (1992) la CE umbral es de 1.7 dS/m con una bajada del 12% por cada unidad de CE, hasta llegar a 0 en 9,9 dS/m, valores muy similares a los calculados por De Pascale et al (2008). Estos autores ajustaron una función similar para la bajada de peso seco de la parte aérea, observando un impacto bastante mayor. Regando con 4.4 dS/m, la bajada de producción sería del 46% en el peso seco y del 25% en la producción total. En otras referencias en cultivo sin suelo el valor de CE umbral sube hasta 2.8 dS/m (Sonnenveld y Van der Burg, 1991). Navarro et al. (2010) encontró una bajada del 32% de producción comercial trabajando con salinidades equivalentes a regar con una solución 15 mM de NaCl.

Con un aumento de la salinidad se disminuye la capacidad de la planta en extraer agua, necesaria para el desarrollo de la planta (Martínez et al., 2011). Por lo tanto la salinidad disminuye el rendimiento, afectando primero al peso medio del fruto y luego al número de frutas por planta (Chartzoulakis y Klapaki, 2000, Navarro et al., 2002). Estos autores señalaron que la tolerancia a la salinidad puede depender del cultivar, siendo en general las nuevas obtenciones menos tolerantes que las antiguas.

La salinidad además provoca problemas de necrosis apical de fruta o blossom end rot (BER) al que el pimiento es muy sensible (Navarro et al., 2010, Muñoz et al, 2004). A diferencia de otros cultivos, la salinidad no mejora ni la firmeza en verde (Navarro et al., 2010) ni los sólidos totales disueltos (Navarro et al., 2002, Navarro et al., 2010). Savvas et al (2007) encontraron que la salinidad empeoraba la incidencia de necrosis apical y que aumentar la frecuencia de riego aliviaba el problema salvo con CE muy altas.

7. LABORES CULTURALES.

7.1. Ciclos de cultivo

En España el cultivo del pimiento se realiza sobre todo bajo invernadero lo que hace que la producción pueda extenderse durante todo el año, pudiendo responder de esta manera la alta demanda de este producto en nuestro mercado. Normalmente las mayores densidades de plantación suelen darse desde agosto hasta mayo, mientras que los semilleros y los trasplantes suceden desde mayo hasta diciembre evitando de esta manera las épocas de temperaturas bajas (Reche, 2010).

Tabla 7 Ciclos de cultivo en relación al tipo de pimiento y época de plantación (Reche, 2010)

Época	ciclo	Tipo más cultivado	Plantación	Recolección
Primavera	Extratemporal	California	Mayo/junio	Sept/diciembre
	Extratemporal	Lamuyo	Enero/febrero	Abril/mayo
Verano	Temprano	California y Lamuyo	Julio a ½ agosto	Octubre/enero
	medio	California y lamuyo	½ agosto a ½ septiembre	Diciembre/marzo
Otoño	Tardío	California, Lamuyo y dDulce Italiano	½ septiembre a ½ octubre	Enero/junio
Otoño/invierno	Muy tardío	California	½ octubre a ½ diciembre	Enero/junio

Debido a las mejoras introducidas en la climatización del cultivo, las plantas pueden soportar temperaturas de hasta 50°C en los meses de julio y agosto. No obstante los ciclos de cultivo más habituales coinciden con plantaciones tempranas a final de primavera y principios de verano y a principios de otoño para seguir después en enero o febrero los cultivos de melón o sandía. Pese a que se emplean todos los tipos de pimiento en la mayoría de los ciclos de cultivo y que las empresas comerciales de semillas obtienen semillas para todas las épocas hay que tener en cuenta que las

variedades tipo california son más exigentes en temperatura que los tipo lamuyo y dulce italiano, siendo este último más resistente a temperaturas más frías. Según la duración del ciclo de cultivo en pimiento estos son un ejemplo de la diversidad de fechas de trasplante y recolección.

Los ciclos largos abarcan desde julio/agosto hasta mayo/junio, con una duración de 250 a 300 días y los de ciclo corto, bien de otoño o de primavera, su duración es de unos 180 días. (Reche, 2010). Según las fechas de plantación pueden considerarse estos ciclos de cultivo:

En provincias como Murcia, Alicante, Valencia y Baleares los ciclos más habituales, relacionados con la época de inicio de la recolección, se presentan en la tabla 8 (Matarín y Morales, 2018):

Tabla 2 Ciclos más habituales en diferentes provincias

Ciclo	Plantación	Recolección
De otoño	Desde agosto a septiembre	Noviembre a mayo
De invierno	Desde septiembre a octubre	Enero a junio
De primavera	Desde noviembre a diciembre	Marzo a agosto
Tardío	Enero a marzo	Mayo a septiembre

En Canarias, se planta pimiento durante todo el año, como en otros cultivos, trabajando con las orientaciones y las alturas. En las zonas costeras del Sur de las islas se puede plantar pimiento en invernadero de forma interrumpida durante todo el año, salvo en el caso de los cultivares más sensibles a la temperatura, como los tipos California, en especial los más antiguos. En ciclos de otoño – invierno, el pimiento se planta en invernaderos de plástico mientras que en primavera – verano se pueden utilizar invernaderos de malla, teniendo que encalar los cultivos en plástico.

7.2. Marcos de plantación

La densidad de plantación va a depender de la frondosidad y vigor de la planta, del ciclo de cultivo, del sistema de poda a utilizar, del invernadero, del sistema de cultivo, etc. Se debe procurar conjugar la máxima producción (hasta un cierto valor, a mayor densidad, mayor producción) con un buen manejo de las labores y una óptima iluminación del cultivo (Reche, 2010). Este autor señala una serie de cuestiones a tener en cuenta:

- Los marcos de plantación en líneas simples normalmente hacen que la planta esté más aireada y mejor iluminada, además de facilitar las labores se realizan mejor. Los marcos de plantación en líneas pareadas con pasillos adecuados pueden aumentar la densidad sin que las labores se compliquen demasiado.
- La densidad de plantación en épocas luminosas será mayor que en otoño – invierno. En años lluviosos, además las densidades elevadas aumentan la posibilidad de enfermedades.
- Las plantas de cultivares tipo Dulce Italiano y Lamuyo poseen mayor envergadura que las plantas tipo California.
- A mayor densidad de tallos, mayor producción. Sin embargo la precocidad es menor así como el calibre de los frutos, la ventilación es menor y mayor riesgo de enfermedades. Al

contrario, si se reduce la densidad, la producción por planta sube pero la producción por metro cuadrado es menor. También se incrementa el tamaño de los frutos.

Así es habitual que con cultivares de poco vigor se incremente la densidad a 2.5 a 3.0 plantas por m² y con variedades frondosas entre 1.5 y 2 plantas/m². Para lograr esas densidades se suelen utilizar bastantes, marcos de plantación teniendo en cuenta la poda, con distancias entre plantas de 0.3 a 0.75 m, entre líneas simples de 0.7 a 1.0 m y anchos de pasillos en líneas pareadas entre 1 y 2 m (Reche, 2010).

Jurado y Nieto (2008) también trabajan con densidades entre 2.0 y 3.0 plantas/m², jugando además con el valor en tallos/m² en el caso de poda holandesa de 4.0 a 6.0 tallos/m². Las distancias entre plantas están entre 0.33 y 0.5 m entre plantas y 1 a 2 m entre líneas.

López et al (2017) para Murcia, cita los 2 marcos más normales 1 m entre filas y 0.4 entre plantas, que supone 25000 plantas/ha para invernaderos en suelo no calefactados. En invernaderos calefactados, la densidad sube a 30000 - 36000 plantas/ha. Este marco suele ir unido a poda holandesa.

7.3. preparación del terreno, plantación y trasplante

(Fotografías en la presentación)

7.3.1. Preparación del terreno

El laboreo del suelo tiene por objetivo fundamental conseguir una estructura adecuada para que las plantas nazcan y se desarrollen en las mejores condiciones posibles. Es necesario tener un buen enraizamiento para conseguir un buen desarrollo de la planta desde el momento de su implantación. Hay una serie de condiciones que deben reunir un suelo para una productividad adecuada, como tener una profundidad en el entorno de 60 cm para una buen desarrollo radicular, un buen drenaje y así evitar problemas de encharcamientos o facilitar el lavado de sales (López et al., 2017). Se suele realizar un subsolado del suelo para romper los horizontes endurecidos, consiguiendo airear el suelo y una buena estructura, mejorando su permeabilidad, trabajando entre 40 y 70 cm de profundidad cada vez que se cultiva un invernadero por primera vez o cada 2 – 3 años (Nuez et al, 1996).

Según (Nuez et al, 1996) en cuanto a la aportación de estiércol, y teniendo en cuenta que es necesario conocer el estado nutricional del suelo, mediante analítica, se suele aportar entre 5 a 10 kg/m², aproximadamente 50 días antes de la plantación. López *et al*. (2017) indican una cantidad menor, en el entorno de los 3 kg/m² de estiércol bien hecho en invernaderos con cultivo reiterado. En Canarias con 2-3 kg/m² es suficiente. En todo caso, esos aportes cambian si se hace una biofumigación antes del cultivo para control de enfermedades telúricas. Existen actualmente, según estos autores, tres alternativas de tratamientos de desinfección: la biofumigación, el uso de fitosanitarios y la desinfección mediante vapor.

7.3.2. Plantación

Según Nuez et al (1995) para el pimiento, existen 2 técnicas de plantación, la siembra directa en la parcela del cultivo y la siembra en semillero con trasplante a terreno definitivo. La primera técnica, se utiliza en pimientos destinados a la industria, al aire libre, con altas densidades de plantación (Cavero et al, 2001).

La siembra en semillero es el sistema más idóneo bajo invernadero. El elevado precio de las semillas, la uniformidad del cultivo necesaria para una buena producción y la creciente tecnificación de los cultivos que obliga a la especialización ha hecho que prácticamente todo el material vegetal es producido por semilleros especializados (López et al, 2017).

En estos semilleros, la siembra está totalmente mecanizada. Se utilizan normalmente bandejas de poliestireno, normalmente de 247 alveolos con alvéolos troncopiramidales de 3x3 o 4x4 cm. El sustrato utilizado está constituido por una mezcla de turbas y vermiculita. Las bandejas pasan a una cámara de germinación, en donde se mantienen entre 48 y 72 horas a una temperatura entre 22-25°C y una humedad relativa del 85-90%. De allí se trasladan al semillero, constituido por un invernadero cubierto dotado de caballetes o soportes, donde se depositarán las bandejas, y que está dotado de una instalación de riego por aspersión; allí se desarrollarán las plántulas hasta el momento del trasplante, transcurriendo entre 45 y 60 días desde la siembra, dependiendo de la época del año (López et al, 2017).

Durante el tiempo en semillero se emplea una solución nutritiva completa y rica en fósforo para potenciar su desarrollo; siendo equilibrios N-P₂O₅-K₂O 1-1-1, 1-1-2, ó incluso 1-2-2. Normalmente es necesario incorporar una solución de microelementos. La conductividad ideal de la solución nutritiva es de 1,1 a 1,5 dS/m (López et al, 2017).

7.3.3. Injerto

El injerto en pimiento es una forma de sortear los estreses ambientales bajo el punto de vista del manejo integrado ecológico. En España el injerto nace principalmente como alternativa al uso masivo de productos químicos para la desinfección del suelo (De Miguel y Martín, 2007). En el cultivo de pimiento se ha demostrado que el injerto ha aumentado la productividad, siendo junto a la biosolarización una de las técnicas más interesante para paliar los problemas de infecciones de origen telúrico en los cultivos de la zona (nematodos, *Phytophthora capsici*) además de poder manejar estrés abióticos como la salinidad (López et al, 2016).

El pimiento solo es compatible con otras especies del género *Capsicum*. Presenta mala afinidad con otras solanáceas e incluso con algunos taxones de su misma especie, por lo que la compatibilidad patrón / púa es mucho más importante que en otras hortalizas. Se usan patrones específicos, existiendo material vegetal con resistencia a *P. capsici* y a nematodos (Marín, 2019). Los patrones se siembran antes que los cultivares que harán de púa. El injerto se realiza mediante el método japonés, en bisel. Tras injertar las plantas, estas permanecieron en una cámara climática durante 15 días, con una temperatura de 25 °C, 95% de humedad relativa para asegurar el éxito del injerto (López et al, 2016).

7.3.4. Trasplante

El trasplante se realiza con el cepellón para facilitar el enraizamiento y con ayuda de un plantador se hace el hoyo con una profundidad necesaria para una plántula de unos 12 cm. Hay que tener especial cuidado en el momento del trasplante siendo recomendable los días nublados o bien plantar en el atardecer o amanecer, además de adelantarnos a los meses de mayo, junio y julio, evitando las altas temperaturas y así reducir la deshidratación y el estrés en el momento del trasplante (Reche, 2010). En cultivos de trasplante invernal sin embargo, hay que evitar la plantación con bajas temperaturas pues las plantas no arraigarán adecuadamente. En el caso de cultivares tipo California, hay que asegurar una temperatura mínima ambiente de 14°C (López et al, 2017).

Si se efectúa el trasplante en sustratos, hay que hidratar el saco antes de plantar y luego realizar los agujeros de drenaje. A continuación, se trasplanta el pimiento quedando enterrados los cotiledones, quedando una porción de tallo libre de cepellón enterrada, con el fin de paliar los problemas de “pie de elefante”; a la vez que el tallo emite un nuevo sistema radicular que permite explorar las capas altas del sustrato (López et al, 2017).

Según Nuez et al (1995) los sistemas de plantación tradicionales los más utilizados son: en caballón, en surcos y en llano y si se realiza en enarenado, única y exclusivamente en llano.

- Plantación en caballón: Sobre el terreno se realizan pequeños caballones de 20 cm de altura y las plantas orientadas al mediodía, se le aplica un riego abundante para situar la planta con ayuda de las raíces. La densidad de plantación es de 3 a 4 plantas/m², con un marco de 1-1,10 m entre caballones y 0,25-0,33 m entre plantas.
- Plantación en surcos: Se realizan surcos en el terreno de unos 30 cm de profundidad donde se colocaran las plantas para luego realizar el aporcado. Para este sistema es útil el riego localizado o el acolchado en las filas plantadas, permitiendo un mayor control sobre las malas hierbas. La densidad de plantación es similar al método anterior.
- Plantación en llano: Al tratarse de terreno sin modificar, es idóneo para utilizar riego localizado. Podemos situar los laterales a 1 m de distancia entre ellos y la distancia entre plantas puede variar de 0,33 a 0,60 m, con una densidad de 2,5 a 3 plantas/m². Este sistema presenta múltiples ventajas y es el utilizado en la práctica.
- Plantación en llano en enarenado: Se retira la arena donde están situadas las líneas de plantación y se colocan los cepellones en la tierra enterrándolos más de la mitad, se da un riego ligero para el buen contacto entre raíces y suelo. A los 20 días se mueve la arena para evitar quemaduras en las plantas debido a la temperatura de esta (Cánovas, 1993). El marco de plantación más utilizado es 1x0,5 entre plantas, con una densidad de 2 plantas/m².

La época de plantación se realiza en diferentes fechas, dependiendo de la zona climática y del mercado al que va destinado el producto (Castilla, 2005).

7.4. Labores culturales

7.4.1. Reposición de marras

Después de realizar el trasplante, al cabo de una semana es necesario observar el cultivo pues podemos detectar plantas que no han conseguido enraizar adecuadamente ya sea porque son plantas defectuosas o fueron dañadas en el momento del trasplante. Estas plantas son sustituidas por otras y para ello es adecuado tener en cuenta un porcentaje de marras a la hora de hacer el semillero, colocando siempre semillas de más. Estas plántulas pensadas para la reposición tienen que estar en unas condiciones de temperatura y humedad adecuadas para ser efectiva la reposición de marras (Mateo,2005).López et al (2017) recomiendan tener en cuenta al encargar la planta que habrá una media de un 5% de fallos en el trasplante.

7.4.2. Aporcado

El aporcado consiste en cubrir ligeramente con tierra o arena los pies de las plantas para reforzar el tronco según van creciendo, normalmente a los 10 días de la plantación. Así se favorece la emisión de un mayor número de raicillas secundarias y conseguir un mejor enraizamiento de las plantas, así como un sistema radicular más potente, evitando el contacto continuo de la humedad con el cuello de la planta. En un principio el aporcado en terreno enarenado se empleaba para proteger la planta directamente del agua y construir regueras para el riego en sistemas de riego a manta y se limitaba a cubrir los hoyos abiertos para la plantación. Dependiendo de la mano de obra disponible es una operación que, a veces, no se practica, sobre todo en cultivos que se riegan por goteo y en suelos enarenados ya que en épocas calurosas las temperaturas alcanzadas por la arena pueden provocar quemaduras en el frágil tallo (Reche, 2010; Matarín y Morales, 2018). Esta labor puede ser recomendable en algunos casos para separar los emisores del cuello de las plantas (López et al, 2017).

7.4.3 Entutorado y poda

Las plantas de los cultivares híbridos de pimiento grueso suelen alcanzar gran altura y fructificar abundantemente en invernadero. El entutorado es una técnica conducente a evitar que las plantas cargadas de frutos se tumben, o que las ramas, como consecuencia del peso, se quiebren o se doblen y los frutos toquen el suelo. Con el entutorado se facilita también la ventilación de la planta, los tratamientos y la recolección (Nuez et al 1995). En general, para el entutorado, es necesaria la existencia alambres colocados por encima de las líneas de plantas se sitúan a la suficiente altura, dependiendo de la estructura del invernadero, para no entorpecer el crecimiento de la planta ni la ejecución de labores o paso de maquinaria. Estos alambres deben de apoyarse en puntos fijos o apoyos verticales para evitar que la estructura del invernadero corra riesgos a causa

del peso de los frutos y plantas, sobre todo cuando se está en plena producción (Reche, 2010). Matarín y Morales (2018) y Reche (2010) señalan tres tipos de entutorado:

- El entutorado vertical u holandés: las plantas se van liando a las correspondientes rafias verticales que parten de los alambres del entutorado horizontal en altura y se atan a la base del tallo. Se realiza mediante rafias colgadas del emparrillado de la misma forma que en los cultivos de pepino, berenjena y tomate. Se seleccionan entre 3 o 4 tallos por planta que se van liando en la rafia, aunque actualmente se suele trabajar con 2 – 3 tallos por planta. López et al (2017) explican el proceso para dos tallos: consiste en elegir de los tres brotes que emergen de la cruz, dos opuestos, suprimiendo el tercero, por encima de una hoja que hará función de tira-savias. Estos dos brotes se llevan en forma de V hacia el emparrado superior guiado por sendos hilos. Normalmente tanto el pimiento que sale de la cruz como los del primer y tercer piso floral se suprimen. Si el trasplante se efectúa a partir de últimos de diciembre, este tercer piso floral se puede dejar con el objeto de lograr precocidad. Todos los demás se dejan fructificar. Si la planta es vigorosa, lo cual ocurre habitualmente en pimiento con calefacción, tendremos que dejar fructificar los frutos laterales que nacen de los pisos respetados, dejando una hoja por encima de éste. Tras el cuaje del fruto axilar, se procede a la supresión del mismo; de no hacer esta operación, se corre el riesgo de que por exceso de savia se expulse la flor de los dos brazos de formación. Los frutos que se recolectan de las plantas entutoradas bajo este sistema, presentan una mayor homogeneidad, grosor y uniformidad de coloración. Este tipo de tutores empezó a extender en Almería a mediados de los noventa del siglo pasado. Esta actividad requiere un esfuerzo de mano de obra muy importante y suele utilizarse sólo en cultivo en sustrato y/o en invernaderos calefactados (López et al, 2017).
- El entutorado horizontal es el más utilizado en Almería donde se denomina “enfajado”. Para llevar la plantase se usan una serie de pares de rafias colocadas de forma horizontal a diferentes alturas entre las que va la planta (López et al, 2017). Se inicia cuando el cultivo del pimiento alcanza unos 20 cm de altura, se colocan 2 hileras de rafia por encima de la bifurcación de tallos, por cada fila de plantas. Estas dos hileras paralelas de rafia abrazan cada fila de plantas del cultivo (Matarín y Morales, 2018). Los extremos de las dos rafias se sujetan en maderos o tubos verticales bien fijados al suelo, normalmente de una altura de 1.3 – 1.5 m (López et al, 2017). Después de la colocación del primer par de rafias se irán colocando en el emparrillado líneas de rafia vertical cada 1,5 – 2,0 metros de distancia que posteriormente se sujetan a las rafias horizontales. Su función será la de ejercer la tensión suficiente para que las hileras de rafia horizontal permanezcan lo suficientemente tensas para evitar los vuelcos de las plantas y por lo tanto el quiebre de tallos. Según va creciendo la planta se siguen tirando pares de hilos horizontales en función del crecimiento del cultivo, colocándolos a una distancia una de la otra de 20 – 25 cm- Normalmente con 5 – 6 hileras suele ser suficiente para un cultivo (López et al., 2017). Estos autores señalan que en la poda en entutorados horizontales se tiende sólo a suprimir los brotes axilares surgidos debajo de la primera cruz y evitando una profusión foliar que dificultaría el cuaje de las primeras flores.

- Entutorado con mallas. Es peculiar en plantaciones de pimientos. Consiste en colocar mallas de plástico verticales, en la línea de cultivo, de tal forma que las brotaciones y hojas se van apoyando y entremetiendo al crecer e introducirse por los agujeros que hay entre las cuadrículas de la malla. Esta malla se fija al alambre de entutorado y a tubos o palos fijados al suelo en los extremos de las líneas. La malla tiene cuadrícula normalmente de 20 o 25 cm con suficiente ancho para cubrir la vegetación de las hileras de plantas (Reche, 2010).

En algunos cultivos, suelen hacerse sistemas mixtos, donde se combinan el liar los tallos principales en tutores verticales con la colocación de rafias horizontales (Reche, 2010, López et al, 2017).

La poda es una operación más o menos necesaria, intensa y frecuente, según el entutorado elegido y el vigor del cultivar de pimiento elegido de pimiento (Jurado y Nieto, 2008). Según estos autores la poda sería:

- Eliminar las hojas y brotes secundarios que salgan en el tallo principal del fuste, por debajo de la “cruz” de las dos primeras ramas de la planta. Esta labor debe realizarse después de que la planta haya desarrollado las primeras ramas de la “cruz” para no debilitar demasiado la planta.
- En el caso de plantas muy vigorosas, puede ser recomendable eliminar alguna rama con flores de la zona interior del follaje, para aumentar la ventilación y la iluminación, mejorando el cuaje de frutos, un color más uniforme y disminuyendo el riesgo de desarrollo de enfermedades.
- En cualquier caso la poda debe ser paulatina y nunca demasiado severa, sobre todo en épocas de fuerte insolación, al objeto de evitar parones vegetativos y quemaduras en los frutos que quedan expuestos directamente a la luz solar.

Guevara et al (2018) diferencian varios tipos de poda:

- Poda de formación: aunque la planta del pimiento crece inicialmente con un único tallo, pronto se bifurca para formar 2 e incluso 3 tallos, que se bifurcan, posteriormente, en 2 brazos, normalmente, cada una de ellas, entonces se produce la eliminación parcial de ramas secundarias, con lo que se concentra la producción en 2-3 brazos a partir de la primera bifurcación. Este sistema de poda, de supresión de rama, ha de estar supeditado a la rentabilidad del cultivo y mano de obra disponible. Dentro de la poda de formación, separamos la supresión de brotes en el tronco; eliminando todas las brotaciones que nacen en el tallo principal de la planta, con el objetivo de formar un tronco fuerte y favorecer el crecimiento y desarrollo de las ramas portadoras de frutos. Si no se suprimen dichos brotes, la planta puede sufrir retraso en el desarrollo. Y la supresión de hojas en el tronco eliminando aquellas hojas que estén en la parte baja de la planta, rozando el suelo, o que puedan ser foco de plagas y enfermedades. La poda de formación es más necesaria para variedades tempranas o precoces de pimiento, que producen más tallos que las tardías.
- Poda de producción o fructificación: la poda se realiza mediante aclareos de hojas, flores y frutos. Se eliminan aquellas hojas que ya no son funcionales, envejecidas o enfermas. En

cuanto a las flores, se eliminan aquellas que aparezcan en la primera cruz o los frutos recién cuajados en las primeras cruces cuando se número es excesivo. También se deben eliminar frutos dañados por plagas o enfermedades y todos aquellos que no tengan las características adecuadas de calidad. Y por último los despuntes de plantas muy vigorosas y con excesiva vegetación para forzar la aparición de nuevas flores y adelantar la maduración de los frutos. Se realiza durante todo el periodo productivo, aumentando la aireación en el interior de la planta, la ventilación y la iluminación en el interior de la planta.

- Poda de regeneración: se realiza al final del cultivo y forzar una nueva brotación tras el ciclo vegetativo de la planta y conseguir una segunda cosecha. Se eliminan la mayor parte de la vegetación envejecida, afectada por plagas y enfermedades y se suprimen todas las ramas que no han dado producción.

Tanto López et al (2017) como Gamayo (2011) señalan que las podas señaladas por Guevara et al (2018) no son nada frecuentes.

Jurado y Nieto (2008) también hablan de la poda o aclareo de frutos. El primer fruto que se forma suele estar en la “cruz” y suele alcanzar un gran tamaño, haciendo de sumidero de asimilados y parando el desarrollo vegetativo del cultivo Normalmente cuando las condiciones ambientales no son las óptimas. Se elimina ese primer fruto para favorecer el desarrollo vegetativo. Por el contrario, con buena climatología y en cultivares muy vigorosos puede ser recomendable no aclarar ese primer fruto para lograr un mayor equilibrio de la planta.

7.4.5. Manejo de malas hierbas

Reche (2010) indica que aunque las condiciones de invernadero favorecen el desarrollo de malas hierbas que no solo compiten por el agua y los nutrientes sino que en algunos casos son huéspedes de enfermedades del pimiento, no suelen ser problemáticas al ser controladas por las labores de desinfección periódicas bien con productos químicos, con vapor de agua o con biosolarización. El uso de herbicidas en invernadero además tiene una serie de riesgos sobre todo con altas temperaturas y fitosanitarios con baja presión de vapor que puedan causar fitotoxicidades. Por otra parte, en las explotaciones donde se realiza aporcado, esta labor se aprovecha también como escarda (Jurado y Nieto, 2008).

Una opción bastante interesante en el caso de tener problemas de malas hierbas es el acolchado parcial con láminas de plástico negro en la zona mojada por los emisores (Matarín y Morales, 2018). Estos autores indican que es fundamental el control sobre todo en los primeros estadios del cultivo cuando la competencia puede ser más fuerte.

7.5. Riego

El pimiento se puede considerar un cultivo sensible a muy sensible a la falta de riego (Bruce et al, 1989). La planta tiene un sistema radicular poco profundo que obtiene el 70-80% del agua de los primeros 30 cm. Esta característica, junto con una alta densidad estomática explica esta sensibilidad

(Ben Gal et al, 2008). Por esta razón, Rincón (2003) señala la importancia de la correcta dotación de riego durante el cultivo, evitando tanto excesos como defecto: los excesos de humedad en el suelo impiden la germinación y el buen desarrollo de las raíces al dificultarse el aporte de oxígeno, ocasionando asfixia radicular. Por el contrario, una deficiente humedad del suelo puede producir deshidratación de los tejidos, retraso de crecimiento y menor desarrollo vegetativo y la caída de flores, disminuyendo la producción (Reche, 1997). Según Castilla (2005), los parámetros que van a determinar el momento y volumen de riego son:

- Tensión del agua en el suelo: Alonso et al. (2016) ensayando diferentes consignas de arranque de riego en función de los tensiómetros (-10, -20 y -30 kPa), encontraron que, aunque no hubieron diferencias significativas entre producciones comerciales (7.8 kg/m² en el tratamiento con -30 kPa frente a 9.8 kg/m² con -10 kPa), el tratamiento de -25 kPa tuvo una buena producción (9.3 kg/m²) y eficiencia de uso del agua (24 kg/m²). Smittle et al. (1994) observaron que -25 kPa fue el tratamiento más favorable (en este caso en pimiento al aire libre) obteniendo una mayor producción comercial que tensiones más altas.
- Evapotranspiración del cultivo: En el caso de regar teniendo en cuenta la evapotranspiración, Allen et al. (1998) para pimientos trasplantados en la zona mediterránea y transplantado en abril-junio y con un ciclo de 125 días, señalaron un coeficiente de cultivo inicial ($K_{c_{ini}}$) de 0.6 (durante 30 días), subiendo hasta 1.05 ($K_{c_{max}}$) (desde el día 31 hasta el 105) que se mantendría hasta el día 115 (1.15 en el caso de que estuvieran entutorados). Finalmente, el $K_{c_{final}}$ ($K_{c_{end}}$) sería 0.9 hasta el fin de cultivo. Orgaz et al (2005) calcularon un $K_{c_{ini}}$ de 0.2, subiendo a un $K_{c_{max}}$ de 1.3 y terminando con un $K_{c_{end}}$ de 0.9. Soto (2019) trabajando en invernadero y en cultivo sin suelo, y dos densidades de plantación, obtuvieron un $K_{c_{ini}}$ bastante bajo (0-1 – 0-15 en función de la densidad de plantación) que subió hasta una $K_{c_{max}}$ de 0,94 para densidad de 1.4 plantas/m² y de 1.28 para 2.4 plantas/m², manteniendo este valor hasta el final del cultivo.
- Eficacia de riego:(Cisneros,2003) define la eficacia de riego como el porcentaje de agua disponible para el cultivo que el suelo almacena después de un riego, en relación a la cantidad total de agua que se aplicó.
En riego localizado, la eficiencia de aplicación puede variar entre 80% a un 95%. Para riego por aspersión la eficiencia oscila entre un 70% y 80% (COFUPRO, 2010). Los sistemas de riego por goteo, bien diseñados y con un mantenimiento adecuado, son capaces de propiciar altos rendimientos. La eficiencia en el diseño debe ser del 90% al 95% y para eso se debe cuidar y mantener el sistema de obstrucciones y revisar el rendimiento del emisor, pues este podría ser muy variable. Mendoza (2013), menciona que la eficiencia del riego por goteo es del orden del 80% al 90%.
- Calidad del agua de riego: En Murcia, López et al (2017) señala para pimiento de trasplante en enero, consumos en el entorno de 8500 m³/ha. Alarcón y Egea (2000) sube a 10000 m³/ha para trasplante a final de enero y 204 días de ciclo en cultivo sin suelo. Jurado y Nieto (2008) en pimiento en ciclo de otoño invierno en Almería hablan de dotaciones en el entorno de 4000 m³/ha. En cuanto al consumo diario, sería recomendable regar por las mañanas o al atardecer evitando las horas de mayor calor y los contrastes de temperatura del agua y el

suelo, usando dosis de riego según Serrano (1982), de entre 2,0 a 3,5 L/m² y día. Soto (2019) señaló valores máximos de hasta 3.5 L/m² para una densidad de 2.4 plantas/m². Fernández et al (2005) encontraron una eficiencia de uso del agua (WUE) de 17 a 16 g/m.

7.6. Fertilización

López et al (2017), señalan que el pimiento es exigente en nitrógeno, respondiendo favorablemente cuando se aplica de manera equilibrada. Un exceso inicial de nitrógeno puede ser peligroso, siendo recomendable esperar a que haya un cierto número de frutos cuajados para aumentar los aportes. aportación de abonos. En cambio, una insuficiencia nitrogenada da lugar a hojas pequeñas y fruta pequeña, al tender aun cuajado demasiado rápido. Sin embargo, Alarcón (2019) señala que este cultivo es muy exigente en nitrógeno durante las primeras fases del cultivo, para decrecer tras la recolección de los primeros frutos verdes. A partir de entonces, un exceso provocaría retraso en la maduración y frutos con escaso aroma y vida postcosecha.

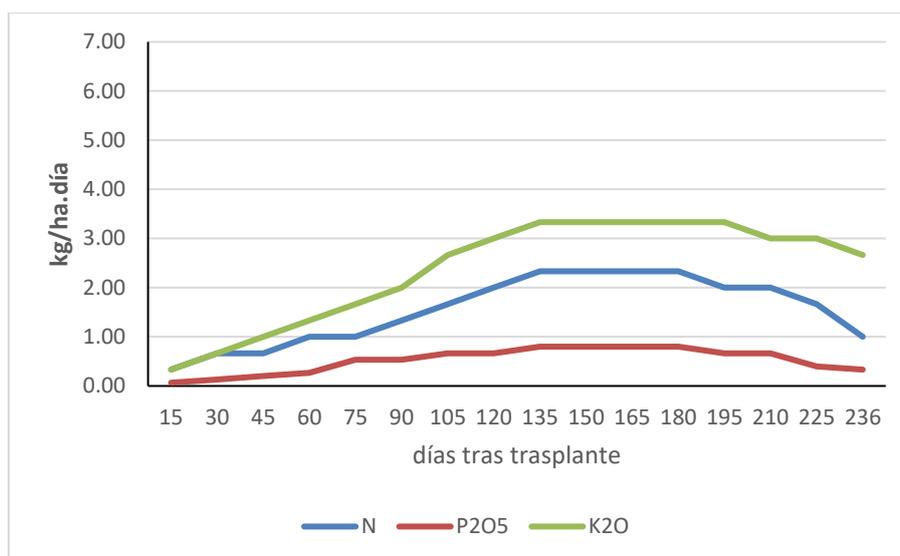
En cuanto a fósforo, no es demasiado exigente, aunque debe aplicarse continuamente desde el principio del cultivo para estimular el desarrollo radicular. Hay que tener en cuenta que las carencias pueden dar lugar a una lignificación de los tallos insuficiente que provoca que se quiebren las ramas en las operaciones de cultivo y por el peso de los frutos desarrollados (sobre todo en invernadero). Un contenido suficiente en fósforo además parece favorecer la inducción floral. El aporte de potasio favorece un mayor peso y calidad comercial de la fruta. Es el mayor elemento nutricional más importante a partir de la aparición de los primeros frutos (López et al, 2017).

En cuanto a elementos secundarios, el calcio proporciona mayor resistencia a los tejidos, y es usado en pimiento para dar más consistencia a la pared del fruto y, en la medida de lo posible, evitar la aparición de necrosis apical (BER: Blossom end rot) (López et al., 2017). Alarcón (2019) no recomienda que se pase del 20% de total del nitrógeno aportado en forma amoniacal para evitar este problema, como señalan otros autores.

Mompó y Pomares (2010) indican unas extracciones de 3.0-4.0 kg/t de N, 1.2 – 1.7 kg/t de P₂O₅ y 5.5 – 6.0 kg/t de K₂O. Segura y Contreras (2015) afinaron los datos en función del tipo de pimiento, dando 3.8 kg/t de N, 0.5kg/t de P₂O₅ y 6.3 kg/t de K₂O y para pimientos tipo Lamuyo y 3.0 kg/t, 0,5 kg/t y 5.3 kg/t, respectivamente para tipo California.

Como dosis orientativas, Mompó y Pomares (2010) indican 270 – 290 UF/ha de N, 90– 120 UF/ha de P₂O₅ y 350-400 UF/ha de K₂O para un cultivo en invernadero y una producción de 5.5-6.5 kg/m². Rincón (2003) recomiendan 373 UF/ha de N, 56 UF/ha de P₂O₅, 485 UF/ha de K₂O, 65 UF/ha de Ca y 26 kg/ha de Mg para pimiento en ciclo largo en la zona del Campo de Cartagena. Bar Yosef 205 UF/ha de N, 71 UF/ha de P₂O₅ y 406 UF/ha de K₂O, en un ciclo de otoño invierno de 110 días.

Rincón (2003) estudiaron la absorción con el tiempo de nutrientes, indicando en la tabla X, y teniendo en cuenta que se trata de las condiciones de suelo, agua y ciclo del pimiento en Murcia. Bar Yosef (1999) también da un patrón, con un comportamiento similar.



Gráfica 5: Cantidad de nutrientes a aportar en fertirrigación en pimiento en invernadero en el Campo de Cartagena de plantación en diciembre (Rincón, 2003)

Ríos y Santos (2007) señalan dos fases en la fertirrigación para pimiento, desde trasplante hasta cuajado, un equilibrio 1:2:1:0.9 (CaO), con un aporte medio de 0.4 - 0.5 g/L de abono. Durante la recolección, el equilibrio cambia a 1:1:1:0.6 (CaO). Subiendo los aportes a 0.5 g/L de abono.

En cultivo sin suelo, Sonnenveld y Straver (1994) en lana de roca, recomiendan 16 mmol/L de NO_3^- , 1,25 mmol/L de H_2PO_4^- , 7.25 mmol/L de K^+ , 3.63 mmol/L de Ca^{2+} y 2.0 mmol/L de Mg^{2+} , con una CE de 2.2 dS/m. Alarcón (2019) propuso 2 soluciones, una hasta el inicio de la recolección y otra después del comienzo de la misma: 10 – 14 mmol/L de NO_3^- , 1.5 – 1.2 mmol/L de H_2PO_4^- , 5 – 6.5 mmol/L de K^+ , 5 - 6 mmol/L de Ca^{2+} y 1.5 – 2.0 mmol/L de Mg^{2+} , correspondiendo el primer valor de cada nutriente a la 1ª solución y el segundo a la que debería aplicarse tras la recolección.

Alarcón (2019) recomiendan una solución nutritiva para cultivo en suelo, con 10-11 mmol/L de NO_3^- , 1, .6 – 2-0 mmol/L de H_2PO_4^- , 3.5 mmol/L de K^+ , 4 - 5 mmol/L de Ca^{2+} y 2 – 2.5 mmol/L de Mg^{2+} , prácticamente durante todo el cultivo. Esta solución se usa también en suelos enarenados en Almería (Contreras et al., 2018).

Casas y Casas (1999) también dan pautas de fertirrigación, pero basadas en los niveles en el extracto saturado:

- Los niveles de nitratos en el extracto saturado del suelo oscilan entre 7.0-8.0 meq/L en plena producción. En el inicio de la floración se consideran valores adecuados 4.0-6.0 meq/L y una relación N/K entre 2.2-2.4, que se elevará a 3.0-3.2 en producción. Con relaciones mayores en el inicio del cultivo se puede llevar a graves problemas en la floración, sobre todo con CE bajas.
- Los valores de potasio deben oscilar al principio del cultivo en el entorno de 1.5 meq/L, que se irán subiendo progresivamente hasta 2.5 meq/L en producción. Se considera niveles claramente deficitarios los valores inferiores a 0.5 meq/L. Valores superiores a 3.0-3.5 meq/L pueden provocar carencias inducidas de calcio y magnesio, siendo el pimiento muy sensible a las carencias en este elemento.

- El calcio se intenta mantener al principio del cultivo en 8 – 10 meq/L, si se está forzando el potasio en la nutrición, siendo 4.0 meq/L el nivel más bajo deseable. Se intenta que la relación K/Ca esté entre 0.17 y 0.20 en primavera-verano. Los valores superiores a 0.4 indican problemas de carencia de calcio. En otoño invierno, con menores problemas de alta demanda hídrica se pueden ir a relaciones K/Ca de 0.3 – 0.35 sin problemas y bajar la concentración a 7 – 8 meq/L de calcio.

Martínez et al. (2006) compararon el desarrollo de un cultivo de pimiento en ciclo de otoño invierno con fertirrigación estándar contra un programa con una aportación de 4 kg/m² de estiércol de restos vegetales y 20 g/m² de Patent P-K (0-2-15-5(MgO)-19(CaO)), en fondo. En cobertera se aplicaron 75 g/m² de sulfato potásico de mina desde fructificación y 60 g/m² de abono comercial a base de hemoglobina (14.3%N) a partir de floración. Esta abonada se aportó con la aplicación de Trichoderma y sin ella. Se encontró que no hubieron diferencias significativas en producción total, pero si en la comercial, aunque en valores normales (6.6 – 7.0 kg/m²). La calidad en todos los casos fue similar.

A la hora de controlar la fertilización y para evitar algunas fisiopatías, suele ser necesario tomar muestras foliares para hacer un seguimiento, bien por sospechar de algún desequilibrio o para confirmar una buena programación de la fertilización. Casas y Casas (1999) señalan que en este cultivo no es frecuente encontrar sintomatologías claras de problemas nutricionales por lo que pueden ser especialmente importantes los análisis foliares. Estos autores obtuvieron unos valores para toma de hojas, tomando 10 - 15 hojas, eligiendo la quinta hoja empezando por arriba (Limbo y peciolo) que se presentan en la tabla 14.

Tabla 14: Valores de referencia en análisis foliares en pimiento Casas y Casas (1999)

Elemento	Deficiente	Normal	Excesivo
N (%)	< 2.7	3.3 – 5.0	---
P (%)	< 0.25	0.3– 0.6	> 0.8
K (%)	< 2.5	4.5 – 5.5	---
Ca (%)	< 1.0	1.5 – 3.5	---
Mg (%)	< 0.49	0.75 - 1.3	---
Na (%)	---	<0.04	>0.07
Cl (%)		<0.75	>2.6
Fe (ppm)	< 66	100 - 150	
Mn (ppm)	< 45	>100 - 120	---
Cu (ppm)	<4	6 - 15	---
Zn (ppm)	< 30	40 - 60	---
B (ppm)	<25	35 -45	>90

7.7. Cultivo Ecológico. Alternativas, Rotaciones y Asociaciones

La alternancia con rotación de cultivos puede reducir o evitar el desarrollo del ciclo de patógenos que atacan al cultivo (Reche, 2010). Según este autor, en todo caso, debe tenerse en cuenta que:

- El pimiento no debe de seguir a otra solanácea.
- No repetir el pimiento en el mismo suelo. Si ha habido problemas de *Phytophthora* o de tobamovirus, no plantar hasta pasado varios años,
- El pimiento debe de seguir a una cucurbitácea o a una leguminosa como sería una judía verde.
- Por sus exigencias de nutrientes procurar ponerlo en los primeros años del retranqueo y al principio de la rotación de cultivos
- Es muy importante que las parcelas permanezcan libres de plantas por lo menos 1-2 meses al año para lograr un vacío sanitario (Santos et al, 2017).

Al contrario de las alternativas, en las asociaciones de cultivos ambas especies comparten el mismo suelo, repartiéndose los fertilizantes y el agua de riego según sus exigencias propias. En la actualidad no es habitual en cultivos de pimiento el sistema de asociaciones. En lo concerniente a pimiento, cuando se asociaba a otra especie hortícola, se plantaba a marcos muy amplios en líneas separadas 3-4 metros y en las que se intercalaban tomates, judías, berenjenas o pepinos. Una asociación típica de aquellos años era plantar pimientos intercalados con judías verdes de mata baja de tal forma que cuando se arrancaban las judías se iniciaba la recolección del pimiento. Al aire libre es habitual la asociación de pimientos con judía verde. También, y aunque no son recomendables las asociaciones, hay agricultores que aún practican la asociación de pimientos con sandía (Reche, 2010).

8. ACCIDENTES Y FISIOPATÍAS (fotografías en la presentación)

8.1. mancha apical (blossom-end rot)

El pimiento es muy sensible a la fisiopatía conocida como mancha apical, planchado o necrosis apical del extremo apical (Blossom end rot BER en inglés) (Bruce et al, 1980). Se caracteriza por el desarrollo de una mancha parda, primero húmeda y luego seca, en las proximidades al ápice del fruto (Van Derwerken y Wilcox-Lee, 1988).

Se causa principalmente por una deficiencia local de calcio durante los estados iniciales de desarrollo del fruto (Marcelis y Ho, 1999; Ho y White, 2005). Esta carencia suele estar asociada a condiciones de alta demanda hídrica, donde el flujo de calcio va a los órganos de alta transpiración causando una deficiencia local en los órganos en crecimiento, como los frutos (Wiersum, 1966, Ho et al, 1993). En estas condiciones, el suministro de calcio no reduce el BER ya que no alcanzará a la fruta en crecimiento (Navarro et al, 2005). Marcelis y Ho (1999) sugirieron que la carencia de Ca se podría deber más a las condiciones de rápido crecimiento que a problemas de transporte.

Sin embargo, otros autores como Saure (2014) señalan que la deficiencia de calcio en fruta se observa después de los primeros síntomas de la fisiopatía. En frutos que están desarrollando el

BER no se observa la deficiencia en calcio. La fisiopatía es causada por una serie de estrés abióticos como salinidad, alta intensidad lumínica, altas temperaturas o altos niveles de NH_4^+ en la nutrición, que suben la concentración de las especies reactivas de oxígeno, lo que provoca un estrés oxidativo que termina con la muerte de las células. La deficiencia en Calcio se podría considerar una consecuencia y no un efecto de la fisiopatía. Savvas et al (2008) indican que la aparición del BER está asociada a problemas de metabolismo de los azúcares en los tejidos del fruto en desarrollo.

Las causas que pueden aumentar la incidencia de la fisiopatía serían fluctuaciones importantes en el nivel de humedad en el suelo (por defecto o por exceso), la competencia en la absorción radicular de calcio por la presencia de potasio, magnesio o nitrógeno amoniacal o la reducción del sistema radicular (Nuez et al, 1996).

Se ha observado una relación directa entre la aparición de esta fisiopatía y DPV muy altos (Savvas et al, 2008, Muñoz et al, 2004). La salinidad alta también aumenta la gravedad del BER (Adams y Ho, 1992; Ho et al, 1995; Navarro et al, 2010; Sonneveld y Van der Burg, 1991; Savvas et al, 2007). Savvas et al (2008) indican que la aparición de BER en pimiento está asociada a altas relaciones K/Ca en el ambiente radicular y que niveles bajos de Mn también pueden estar implicados en la aparición de BER en pimiento.

Marcelis y Ho (1999) encontraron que la incidencia de BER podía ser más alta cuando había una tasa alta de crecimiento inicial o un alto número de semillas por fruto.

Para prevenir este fenómeno es recomendable dar riegos suficientes pero no en exceso, abonar correctamente y en la medida de lo posible, utilizar cultivares tolerantes (Nuez et al., 1995). Hochmuth y Hochmuth (2015) señalan que para disminuir la afección por BER hay que reducir la posibilidad de que aparezcan las condiciones que predisponen a esta fisiopatía:

- Manejo del riego. El sistema de riego debe haberse diseñado para suministrar el riego suficiente durante los periodos de alta demanda. Se recomienda el uso de equipos de control de la humedad del suelo para garantizar unos valores uniformes durante el día y la noche. El manejo de riego con frecuencia alta baja la incidencia de la fisiopatía, sobre todo con valores de salinidad no muy altos (Savvas et al, 2007).
- Manejo de la fertilización nitrogenada. Una fertilización con demasiado nitrógeno favorece un crecimiento excesivo del follaje. Las plantas con un desarrollo vegetativo excesivo parecen ser más sensibles a la deficiencia de calcio. Marti y Mills (1991) y Bar-Tal et al (2001) señalaron que el nitrógeno amoniacal compite con el calcio (además que con el potasio y el magnesio) en la absorción radicular. Bar-Tal et al (2001) encontraron una muy buena correlación inversa entre la incidencia de BER y la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$
- Aplicación de calcio. Salvo que los niveles de calcio en el suelo y/o en la solución nutritiva sean muy bajos, la fisiopatía estará causada por los problemas de distribución pasiva en la planta del nutriente. Subir los niveles de calcio en la nutrición o aplicarlo de forma foliar no suele ser una medida útil.
- Manejo del ambiente radicular. Cualquier problema que restrinja el crecimiento de las raíces puede provocar problemas de absorción de agua y por tanto la aparición de BER. Debe

evitarse la compactación, las suelas de arado y cualquier problema fitosanitario que afecte a las raíces.

- Manejo del ambiente: Las medidas que eviten subidas excesivas de la demanda hídrica como el manejo del invernadero (sombreados, aumento de la humedad relativa). Martínez et al (2001) encontraron en un ensayo que la incidencia de BER era bastante menor en un sistema de nebulización fina que mantenía la humedad relativa del invernadero a un mínimo del 65% frente a un testigo sin control. Savvas et al (2008) señalan algo similar con mínimos del 80%. El uso de acolchados que mantengan la humedad en el suelo (negros en condiciones frías o blancos en cálidas), bajarán la posibilidad de aparición de la fisiopatía.

Bauxauli et al (1996) señalaron que los cultivares de tipo Italiano suelen tener una menor incidencia de BER que otros tipos varietales. Morley et al. (1993) encontraron diferentes susceptibilidades a la deficiencia de calcio según cultivares. Rhim y Jebari (2008) encontraron diferencias entre cultivares en su tolerancia a esta fisiopatía, indicando que podría ser debido a diferentes formas de absorción interna de calcio. Marín (2019) señala la presencia de al menos 4 cultivares de pimiento comercializados en España con tolerancia a esta fisiopatía.

8.2. agrietamiento o rajado del fruto (fruit craking)

El agrietamiento es uno de los problemas más graves en cultivo comercial ya que hace que la fruta pase a categorías inferiores. Además del agrietamiento radial o concéntrico causado por aportes irregulares de agua al cultivo existe uno más ligero a nivel de la cutícula, conocido como “russeting”. Este problema, bastante grave en invernadero se produce en el cambio de color, a diferencia de los otros agrietamientos que ocurren en frutos maduros, generalmente en cultivos al aire libre, cuando se producen humedades excesivas en la parcela (Jurado y Nieto, 2008).

El “russeting” ocurre debido a que la transpiración nocturna con bajas temperaturas y alta humedad relativa hace que aumente la turgencia de las células del pericarpio. Se ha visto que el cracking se favorece por bajos DPV nocturnos, siendo más frecuentes en meses invernales. Una salinidad moderada parece reducir la incidencia de esta fisiopatía (Savvas et al, 2008). La resistencia al agrietado es un carácter determinado genéticamente, existiendo cultivares comerciales con estas características (Jurado y Nieto, 2008; Marín, 2019).

8.3. Asfixia radicular

El pimiento es una especie particularmente sensible a la inundación del suelo (Reche, 2010). Las hojas sufren un amarilleamiento, seguido de marchitez e incluso muerte de la planta. El encharcamiento producido por el riego aparece en zonas de textura pesada con una mala nivelación. En estas condiciones con las raíces debilitadas es frecuente observar infecciones producidas por hongos del género *Phytophthora*, *Verticillium* y *Fusarium*. (Nuez et al., 1996).

8.4. Infrutescencias

Las infrutescencias son malformaciones del fruto debido a la formación de pequeños frutos en el interior de un fruto aparentemente normal. Estas infrutescencias se desarrollan a partir de la

base de la placenta o, menos comúnmente, a partir del pericarpio. En algunas variedades suele estar asociada al desarrollo de frutos partenocárpicos, lo que a su vez es producido por temperaturas bajas que impiden la fecundación normal de los óvulos sin evitar el desarrollo del fruto. Se ha observado diferencia varietal en la producción de esta fisiopatía (Nuez et al, 1996).

8.5. Partenocarpia

Esta fisiopatía es producida principalmente cuando las condiciones durante el cuajado de frutos a baja temperatura como se habló en la parte de condiciones climáticas de esta Revisión. El fruto queda de forma achatada, sin placenta ni semillas. Este fenómeno es un inconveniente para cultivares de fruto grande (tipos California y Lamuyo), ya que estos resultan alterados en tamaño y forma. Sin embargo, no suele tan problemático en variedades de fruto de carne fina, estrechos y alargados, cuya utilización es facilitada por el bajo o nulo contenido en semillas (Matarín y Morales, 2018).

En los sistemas de cultivos sin suelo la sensibilidad es mayor debido a temperaturas más bajas del sistema radicular, hipoxia y posibles podredumbres que induce niveles de fitohormonas las flores (Baixauli, 2002).

8.6. Quemaduras de sol (*sun scald*).

Los síntomas son representados como una lesión blanco pardusca, ligeramente hundida que se desarrolla en la parte expuesta al sol, principal causante de dicho daño debido a la exposición de los frutos al sol tras periodos prolongados. El tejido afectado se deseca completamente donde es frecuente observar el desarrollo de otros agentes micóticos secundarios, como *Alternaria* spp., que pueden inducir la subsiguiente podredumbre del fruto. Las diferencias varietales suelen estar relacionadas con el grado de protección de los frutos por el follaje (Nuez et al, 1996).

8.7 . *Stip*

Los síntomas son manchas cromática amarillas o marrones en el pericarpio de los frutos, que afectan a la calidad visual de estos, causando su rechazo en el mercado. Esta anomalía se presenta debido a alteraciones en los niveles de calcio y magnesio, altas concentraciones de nitrógeno en la solución nutritiva del suelo o la alta radiación (Guévara et al, 2018).

9. RECOLECCIÓN.

La recolección suele comenzar entre los 70 y 90 días tras el trasplante (López et al, 2017). El pimiento se puede recolectar en verde, amarillo o rojo. El color del fruto de pimiento no cambia una vez recolectado al contrario del tomate, por lo tanto si queremos coger frutos rojos hay que dejarlos que cambien de color en la propia planta. Su madurez fisiológica, diferente de la madurez comercial, se consigue cuando las semillas se endurecen y se colorea el interior de la carne (Reche, 2010). Cuando se recolecta en verde, hay que cortar en el inicio de la maduración fisiológica, cuando

aparece un brillo metálico en la fruta y en el aumento de la consistencia de la fruta (López et al, 2017).

La recolección se realiza a mano o con tijera, cuidadosamente cortando por encima del fruto para dejar un poco de pedúnculo. Se ha comprobado que un pimiento cortado con pedúnculo se deteriora más tarde que otro que no lo tenga. El calibre mínimo suele ser de 50 mm si el pimiento es de forma cuadrada y de 30 mm si es puntiagudo. (Delgado, 1999, López et al, 2017).).

Las horas del día convenientes para la recolección son al atardecer o por la mañana temprano, cuando los frutos están más frescos y se arrancan con facilidad de la planta, antes de que el sol comience a calentar el ambiente del invernadero y afecte a los frutos apareciendo ablandamientos y posterior pudrición. Si se hace con temperaturas altas los frutos se encuentran muy calientes, soportando peor el transporte, los ligeros golpes o rozaduras provocan la aparición de hongos y bacterias. Tampoco se recomienda recolectar frutos húmedos ya que, posteriormente, en almacén y con temperaturas elevadas pueden ser afectados por hongos y bacterias. Una vez recolectados se situarán en lugares resguardados del sol y del calor hasta llevarlos al almacén de la explotación para su primera selección. (Reche, 2010).

Para que el fruto de pimiento se conserve en perfectas condiciones durante los 2 ó 3 días que debe durar el transporte, es conveniente que cuando se estén empaquetando, la temperatura del fruto oscile alrededor de 10°C, teniendo que bajar de los 25°C a los que suele estar al entrar en las naves de empaquetado. El pimiento no se adapta bien al *hidro-cooling*, pues la humedad favorece el desarrollo de enfermedades infecciosas; tampoco. Sí es aconsejable el método *air cooling*, o sea, una refrigeración a presión dinámica con aire frío húmedo producido por una cortina de agua o sistema de evaporación directa que eleva la humedad relativa del sistema (López et al, 2017).

9.1. Criterios de clasificación

Las normas de calidad para la comercialización del pimiento son las establecidas en el Reglamento (CE) nº 1221 de la Comisión de 5 de diciembre del año 2008 y que entró en vigor el día 1 de julio del año 2009.

En pimiento se puede clasificar en varias maneras teniendo en cuenta diferente información del mismo. A continuación nombraremos distintos sistemas de clasificación.

Clasificación según su forma en los cuatro tipos comerciales siguientes:

- Pimientos dulces largos
- Pimientos dulces cuadrados no picudos,
- Pimientos dulces cuadrados picudos (tipo peonza)
- Pimientos dulces aplastados (tipo tomate).

9.1.1. Clasificación según la calidad del pimiento.

1. Categoría I: Se clasificarán los pimientos que tengan buena calidad y madurez según sus características de desarrollo, forma y color propias de la variedad o tipo comercial al que pertenezcan, con buena firmeza y exento de manchas.
2. Categoría II: Aquellos pimientos que no se pueden clasificar en la categoría I pero que cumplen los requisitos mínimos para catalogarse como comercial presentando defectos como malformaciones o defectos de desarrollo, quemaduras de sol o heridas leves cicatrizadas, ligeras grietas secas y superficiales, tiendo menor firmeza que los de la categoría I pero no que presenten marchitez.

La calidad del pimiento está muy influenciada por su color y presencia física. Los daños producidos antes de la recolección van a influir en su calidad y apreciación comercial, daños por insectos o enfermedades, podredumbre apical, quemaduras del Sol, daños por plaguicidas, etc, y, posteriormente tras la cosecha, pueden aparecer otra serie de defectos por su mala manipulación. La normalización es el proceso mediante el cual los productos aparecen en el mercado clasificados de manera uniforme, de acuerdo con su nivel de calidad (Reche, 2010).

9.1.1. Clasificación según su calibre

Dependiendo del tipo de pimiento, su clasificación viene determinado por el diámetro máximo perpendicular al eje, en caso de pimientos aplastados se entenderá el diámetro máximo de la sección ecuatorial, siendo 20mm en pimientos dulces largos, 40mm Pimientos dulces cuadrados no picudos y pimientos dulces cuadrados picudos, 55mm Pimientos dulces aplastados, los calibres mínimos, pudiendo a su vez clasificarlos por su tamaño.

GG.....	110-120 mm
G.....	90-110 mm
M.....	70-90 mm
P.....	50-70 mm

La clasificación por calibres también se puede realizar por pesos, como indican López et al (2017) que dan una guía de paso en la tabla 15.

Normalmente se clasifica mediante una máquina compuesta de una cinta de alimentación, con dedos de goma que tratan al producto delicadamente. Posteriormente pasa por un singulador especial para medición óptima, efectuada por una cámara CCD blanco y negro, y, a continuación, por unas anchas tazas especiales, donde opcionalmente se calibra por peso. La cámara también separaría los destríos, aunque en otros casos, la preselección se hace antes de pasar por el singulador (López et al, 2017). Una vez clasificado se puede envasar en cajas de 3 a 10 kg según mercados, en mallas de 600 – 800 g o embolsado en polipropileno perforado en envases de 1 a 5 kilogramos (López et al, 2017)

Tabla 15. Ejemplo de pesos y calibres pimiento Lamuyo en una cooperativa de Murcia (López et al, 2017)

Calibre	Diámetro (mm)	Peso (gramos)		
		verde	rojo	amarillo
GGG	90-110	230 aprox.	240 aprox.	240 aprox.
GG	80-100	170-230	185-240	185-240
G	70-90	135-170	145-185	145-185
M	60-80	110-135	120-145	120-145
MM		95-110	100-120	100-120
MMM		80-95	80-100	80-100

10. CONSERVACIÓN EN POSTCOSECHA

Una vez confeccionados los pimientos se deben llevar a conservación frigorífica en cámara, hasta su expedición a comercialización. La temperatura de refrigeración no debe ser menor de 8° C, a fin de evitar la aparición de estrés por frío, lo que da lugar a un moteado en la superficie de los frutos y otras alteraciones fisiológicas por daños de frío (arrugamiento, ennegrecimiento y aparición de manchas deprimidas). Las temperaturas demasiado altas o muy bajas, producen alteraciones que se atribuyen a hongos o bacterias. Los frutos maduros, ya virados, pueden ser conservados a esta temperatura durante más de una semana. La humedad relativa debe ser elevada, del orden del 90 – 95 % (López et al, 2017).

Durante el transporte deben evitarse los cambios bruscos de temperaturas, pues provocan condensación de humedad en los frutos pudiendo provocar la aparición de alteraciones. También es necesario evitar la acumulación de etileno, ya que favorece la sobremaduración y envejecimiento. Es por esto que no deben permanecer en cámaras, ni durante el transporte, mezclados con frutos productores de este gas. En viajes largos es conveniente ventilar el recinto de forma ocasional. La temperatura de transporte suele estar entre 7 y 10°C (López et al, 2017).

REFERENCIAS

- Adams P. y L.C. Ho. 1989. Effects of constant and fluctuating salinity on the yield, quality and calcium status of tomatoes. *Journal of Horticultural Science*, 67: 725-732.
- Adams P. y L.C. Ho. 1992. The susceptibility of mature tomato cultivars to blossom-end rot in relation to salinity. *Journal of Horticultural Science*, 67: 827-839.
- AENVERDE. El mercado del pimiento en el mundo [En línea]. [Fecha de consulta: 15 de junio de 2019]. Disponible en internet en: <https://www.aenverde.es/el-mercado-del-pimiento-en-el-mundo/>
- Aguilar, A., Parra, J. y Gamayo, J.D. 2005. Ensayo de portainjertos en pimiento tipo Lamuyo 2003-2004. En: Martín, M. y P. Hoyos (coord.). XXXV Seminario de Técnicos y Especialistas en Horticultura. Santiago de Compostela. 2005. Servicio de Publicaciones del MAPA.
- Aktas, H., Abak, K. y Cakmak, I. 2006. Genotypic variation in the response of pepper to salinity. *Sciencia Horticulturae*, 110: 260-266.
- Alarcón, A.L. y Egea, C. 2000. Consumos hídricos en cultivos hortícolas sin suelo bajo invernadero. *Horticultura*, 145: 16-24.
- Alarcón, A.L. 2019. Fertilización del pimiento en invernadero. Artículo Técnico. Biblioteca Horticultura. València: serveis per la producció editorial SPE3. Recuperado de: <http://publicaciones.poscosecha.com/es/cultivo/33-fertilizacion-del-pimiento-en-invernadero.html>
- Allen, R.G.; Pereira, L.S.; Raes, D. y Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. FAO irrigation and drainage paper 56. FAO. Roma. 300 p.
- Aloni, B., Pressman, E. y Karni, L. 1999. The effect of fruit load, defoliation and night temperature on the morphology of pepper flowers and on fruit shape. *Annals of Botany*, 83: 529-534.
- Alonso, F., Contreras, J.I, Gavilan, P. y Baeza, R. 2016. Gestión del riego automatizado con tensiómetros en cultivos hortícolas en invernadero de Almería. VI Jornadas de Agrometeorología. Villaba. 17-18 noviembre 2016. Recuperado de en: https://www.researchgate.net/publication/311307303_GESTION_DEL_RIEGO_AUTOMATIZADO_CON_TENSIOMETROS_EN_CULTIVOS_HORTICOLAS_EN_INVERNADERO_DE_ALMERIA
- Ayers, R.S. y Westcot, D.W. 1994. Water quality for agriculture. FAO Irrigation and drainage paper. 29. Rev. 1 FAO Roma.
- Baeza, E.; Montero, J.I.; Pérez, J.; Bailey, B.J. López, J.C. y Gázquez, J.C. 2014. Avances en el estudio de la ventilación natural. Cajamar Caja Rural. Almería. 60 p. Recuperado de: <http://www.publicacionescajamar.es/pdf/series-tematicas/centros-experimentales-las-palmerillas/avances-en-el-estudio-de-la-ventilacion.pdf>
- Ben Gal, A., Ityel, E., Lynn, D., Cohen, S., Uri, Y., Presnov, W., Leah, Z. y Shani, U. 2008. Effect of irrigation water salinity on transpiration and leaching requirements: a case study for bell pepper. *Agricultural Water Management*, 95: 587-597.
- Bar-Tal, A., B., Aloni, L., Karni, J., Oserovitz, A., Hazan, M., Itach, S., Gantz, A., Avidan, I., Posalski, N., Tratkovski y Rosenberg, R. 2001. Nitrogen nutrition of greenhouse pepper. I. Effects of nitrogen concentration and NO₃ : NH₄ ratio on yield, fruit shape, and the incidence of blossom end rot in relation to plant mineral composition. *Hortscience*, 36(7): 1244-1251.
- Bar Yosef, B. 1999. Advances in fertigation. *Advances in agronomy*, 65: 1-77.
- Baixauli, C. 2002. Cultivos sin suelo de hortalizas: Aspectos prácticos y experiencias. Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación de la Generalitat de Valencia.
- Baixauli, C., Garcia, M.J. y Aguilar, J.M. 1997. Ensayo de variedades de pimiento dulce tipo italiano. Artículos de Divulgación. Conselleria d' Agricultura, Desenvolupament Rural, Emergencia Climatica I Transició Ecologica. Recuperado de en:

<http://www.agroambient.gva.es/documents/163228750/167772267/Ensayo+de+variedades+de+pimiento+tipo+dulce+italiano/f66051be-5bec-4dfe-9d41-eabb6ac927d9>

- Beevers, H. 1969. Physiological aspects of crop yield. Americ. Society of Agronomy. Madison, Wisconsin.
- Bosland, P.W y Votava, E.J. 2000. Peppers: vegetable and spice capsicum, department of Agronomy and Horticulture, CABI Publishing.
- Bruce R.R., J.L. Chesness, T.C. Keisling, J.E. Pallas, D.A. Smittle, J.R. Stansell y Thomas, A.W. 1980. Irrigation of crops in the southeastern United States: Principles and practices. US Dept Agr, Sci Ed Admin Agr Rev Man ARM-S-9.
- Cánovas, J., Navarro, J., Varó, P. y Gómez, M.C. 2007. Producción de pimiento bajo técnicas de cultivo ecológico y convencional. En: Martín, M. y P. Hoyos (coord.). XXXVII Seminario de Técnicos y Especialistas en Horticultura. Almería. 2007. Servicio de Publicaciones del MAPA.
- Casas, A. y Casas, E. 1999. El análisis de suelo-agua-planta y su aplicación en la nutrición de los cultivos hortícolas en la zona del sureste península. Caja Rural de Almería. Almería.
- Castilla, N. 2005. Invernaderos de plástico. Tecnología y manejo. Mundi-Prensa. Madrid.
- Cavero, J., Gil, R.O y Gutierrez, M. 2001. Plant density affects yield, yield components, and color of direct-seeded paprika pepper. *Hortscience* 36, 76-79.
- Cavero, J.; Gil, R.O.; Zaragoza, C. 1995. Efecto de la temperatura en la germinación y la emergencia de tres variedades de pimiento de industria. *Invest. Agr.: Prod. Pret. Veg.* 10(2):155-166.
- Chartzoulakis K. Y G. Klapaki G. 2000. Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. *Scientia Horticulturae*, 86: 247-260.
- Child, A. 1979. A review of branching patterns in the *Solanaceae*. In: «Hawkes, J.G.; Lester, R.N.; Skelding, A.D. (Eds.). *The Biology and Taxonomy of the Solanaceae*. Academy Press, London»: 345-356.
- Cochran, H.L. 1942. Influence of photoperiod on the time of flower primordia differentiation in the Perfection pimiento (*capsicum frutescens* L.). *Proceedings of the American Society for Horticultural Science* 40:493-497.
- Delgado, J. 1999. El cultivo de pimiento en el Levante Almeriense. Técnicas de Producción de Frutas y Hortalizas en los Cultivos Protegidos (Volumen 2 de 3). Caja Rural de Almería. Almería.
- Deli, J.; Tiessen, H. 1966. Interaction of temperature and light intensity on flowering of Calwonder peppers. *Proceedings 17th International Horticulture Congress, Md 1. Horticultural Abstracts*:1192/1968.
- Dempsey, A.H. 1966. Effect of storage and stage of flower development on viability of pepper pollen. *Horticultural Science* 1 (2):56-57.
- De Pascale, S., Ruggiero, C. y Barbieri, G. 2003. Physiological responses of pepper to salinity and drought. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 128(1): 48-54.
- Domene, M.A. y Segura, M. 2014. Parámetros de calidad interna de hortalizas y frutas en la industria agroalimentaria. Fichas de Transferencia nº 14. Cajamar Caja Rural. Recuperado de: <https://www.cajamar.es/pdf/bd/agroalimentario/innovacion/investigacion/documentos-y-programas/005-calidad-interna-1410512030.pdf>
- Erickson, A.M. y Markhart, A.H. 2001. Flower production, fruit set and physiology of bell pepper during elevated temperature and vapor pressure deficit. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 126(6): 697-702.
- FAOSTAT. *Chiles, pimientos picantes, pimientos (verdes)*. [En línea]. [Fecha de consulta: 12 de mayo de 2019]. Disponible en internet en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- Gamayo, J.D. 2011. El cultivo protegido de pimientos. Artículo Técnico. Biblioteca Horticultura. València: serveis per la producció editorial SPE3. Recuperado de: <http://publicaciones.poscosecha.com/en/pimientos/22-el-cultivo-prottegido-de-pimientos.html>.
- García, M.C., Ruiz, L. Simón, A., Janssen, D. y Martínez, A. 2014. Uso de cultivares de pimiento resistente a virus en la horticultura protegida de Andalucía Oriental. *Phytoma España*, 257: 32-35.

- Gázquez, J.C., López, J.C., Baeza, E., Sáez, M., Sánchez, M.C., Medrano, E. y Lorenzo, P. 2006. Yield response of a sweet pepper crop to different methods of greenhouse cooling. *Acta Horticulturae*, 719: 507-514.
- Gil Ortega, R., Barriuso, J., Palazón, C. y Zaragoza, C. 1990. Efecto de la solarización del suelo sobre el cultivo del pimiento al aire libre. *ITEA* 86(3).
- Gómez, J.L. 2014. Variedades de pimiento en Almería. Artículo Técnico. Biblioteca Horticultura. València: serveis per la producció editorial SPE3. Recuperado de: <http://publicaciones.poscosecha.com/es/pimiento-tomate/108-variedades-de-pimiento-en-almeria.html>
- González, A. Sayad, S. y García, M.C. 2017. El mercado del pimiento snack: opiniones y preferencias de los comercializadores. En: Martín, M. y P. Hoyos (coord.). XLVII Seminario de Técnicos y Especialistas en Horticultura. Murcia 2017. Servicio de Publicaciones del MAPA.
- Greenleaf, W.H. 1986. Pepper Breeding. En Basset, M.J. (ed.). *Breeding Vegetable Crops*. AVI. Westport, Connecticut.
- Guanche, A., Trujillo, L. y Santos, B. 2009. Testaje de variedades de pimiento tipo Lamuyo y California. Información Técnica. Servicio Agricultura y Desarrollo Rural. Cabildo Tenerife.
- Guevara, R.G., Pons, J.L., Torres, I. y González, M.M. 2018. Manual práctico para el cultivo del chile. Mundi-Prensa. Madrid.
- Hirose, T. 1965. Fundamental studies on the breeding of pepper. Technical Bulletin 2 (Laboratory of Olericulture, Faculty of Agriculture, Kyoto Prefectural University, Japan): 1-180.
- Ho L.C., Adams P., Li X.Z., Shen H., Andrews J., Xu.H., 1995. Response of Ca-efficient and Ca-inefficient tomato cultivars to salinity in plant growth, Ca accumulation and blossom-end rot. *Journal of Horticultural Science*, 70: 909-918.
- Ho L.C., White P.J., 2005. A cellular hypothesis for the induction of blossom-end rot in tomato fruit. *Annals of Botany*, 95: 571-581.
- Ho L.C., Belda R., Brown M., Andrews J. y Adams, P. 1993. Uptake and transport of calcium and the possible causes of blossom end rot in tomato. *Journal of Experimental Botany*, 44: 509-518.
- Hochmuth, G.J. y Hochmuth, R.C. 2015. Blossom end rot in bell pepper: causes and prevention. Universidad of Florida IFAS Extension EDIS document SL 284. Recuperado de: <https://edis.ifas.ufl.edu/ss497>
- Hunziker, A.T. 1979. South American Solanaceae: a Synoptic survey. In: «Hawkes, J.G.; Lester, R.N.; Skelding, A.D. (Eds.). *The Biology and Taxonomy of the Solanaceae*. Academic Press. London»: 49-85.
- IBPGR. 1983. Genetic Resources of Capsicum. IBPGR Secretariat, Rome.
- Instituto Canario de Estadística ISTAC. Estadística Agraria Regional [en línea]. [Fecha de consulta: 28 de mayo de 2019]. Disponible en internet en: http://www.gobiernodecanarias.org/istac/temas_estadisticos/sectorprimario/agricultura/agricultura/C00013A.html
- Jaafar H., Black C.R. y Atherton J.G. 1994. Water relations, dry matter distribution and reproductive development of sweet pepper (*Capsicum annuum*). *Aspects of Applied Biology*, 38: 299-306.
- Jurado, A. y Nieto M.N. 2008. El cultivo de pimiento bajo invernadero. En: Camacho, F. (Coord.). *Técnicas de producción en cultivos protegidos*. Tomo 2. Cajar Rural Cajamar. Almería.
- Kaan, F. y Anaïs, G. 1978. La selection de piment á gros fruit (*C. annuum*) aux Antilles françaises pour l'adaptation climatique, la resistance aux maladies bactériennes et virales. III Eucarpia Meeting on Capsicum, INRA, Montfavet. Francia.
- Lancaster, J.E., Lister, C.E., Reay, P.F. y Triggs. 1997. Influence of pigment composition on skin color in a wide range of fruit and vegetables. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 122(49): 594-598.
- López, J., Gonzalez, A. y Galvez, A. 2011. Effect of shade on quality of greenhouse peppers. *Acta Horticulturae*, 893: 895-900.

- Lopez, J., Angosto, J.L. y González. A. 2017. El cultivo de pimientos en invernadero y al aire libre. El caso del Campo de Cartagena. Artículo Técnico. Biblioteca Horticultura. València: serveis per la producció editorial SPE3. Recuperado de: <http://publicaciones.poscosecha.com/es/home/346-el-cultivo-de-pimientos-en-invernadero-y-al-aire-libre-el-caso-del-campo-de-cartagena.html>
- Marcelis L.F.M. y Ho L.C. 1999. Blossom-end rot in relation to growth and calcium content in fruits of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Experimental Botany*, 50: 357-363.
- Marcelis L.F.M. y Baan Hofman-Eijer, L.R. 1995. Growth analysis of sweet pepper fruits (*Capsicum annuum* L.). *Acta Horticulturae*, 412: 470-478.
- Marcelis L.F.M. y Baan Hofman-Eijer L.R. 1997. Effects of seed number on competition and dominance among fruits in *Capsicum annuum* L. *Annals of Botany*, 79: 687-693
- Marín, J. 2019. Portagrano: Vadémecum de semillas hortícolas XVII. 2019-20. José Marín Rodríguez. Almería
- Marti, H.R. y Mills, H.A. 1991. Calcium uptake and concentration in bell pepper plants as influenced by nitrogen form and stage of development. *Journal of Plant Nutrition*, 14: 1165–1175
- Martínez, A., Ramos, R. Guerrero, L., Zamora, L.M., Gázquez, J.C., Meca, D.E., Navarro, I y Acedo, J. 2006. Cultivo de pimiento ecológico en invernadero. Producción y manejo. Actas VII Congreso SEAE Zaragoza.
- Martínez-Villavicencio, N., C.V. López-Alonzo M., Basurto-Sotelo, R. Pérez-Leal. 2011: Efectos por salinidad en el desarrollo vegetativo. *Tecnociencia Chihuahua* 5(3):156-161.
- Matarín, A. y Morales, I. 2018. Manual práctico para el cultivo del pimiento en agricultura protegida. Mundi-Prensa. Madrid.
- Mateo, J.M. 2005. Prontuario de agricultura. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España
- McLeod, M.J.; Guttman, S.I.; Eshbaugh, W.H. 1982. Early Evolution of Chili Peppers (*Capsicum*). *Economic Botany* 36(4):361-368.
- Mendoza, A. (2013). Riego por goteo. San Salvador. Retrieved from http://www.centa.gob.sv/docs/guias/riego/Riego_por_goteo.pdf
- MENDOZA, R. 2006. Sistemática e historia del ají. Universidad de Piura.
- Morley P.S., Hardgrave M., Bradley M. Y Pilbeam D.J. 1993. Susceptibility of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivars to the calcium deficiency disorder 'Blossom end rot'. En: Frago, M.A.C., Van Beusichem M.L. Y Houwers A. (Eds) Optimization of Plant Nutrition. Developments in Plant and Soil Sciences, vol 53. Springer, Dordrech
- Muñoz, P. Antón, A. y Montero, J.I. 2004. Cultivo de pimiento en invernadero. Influencia de la humedad ambiental y de la salinidad. En: Martín, M. y P. Hoyos (coord.). XXXV Seminario de Técnicos y Especialistas en Horticultura. Murcia. 2004. Servicio de Publicaciones del MAPA.
- Navarro J.M., C. Garrido C., M. Carvajal Y V. Martínez. 2002. Yield and fruit quality of pepper plants under sulphate and chloride salinity. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 77: 52-57
- Navarro, J.M., C. Garrido, P. Flores Y V. Martínez. 2010. The effect of salinity on yield and fruit quality of pepper grown in perlite. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 8(1): 142-150.
- Navarro J.M., Flores P., Carvajal M., Martínezv., 2005. Changes in quality and yield of tomato fruits with ammonium, bicarbonate and calcium fertilisation under saline conditions. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 80: 351-357.
- Nisen, A., Grafiadellis, M., Jiménez, R., La Malfa, G., Martínez-García, P.F., Monteiro, A., Verlodt, H., Villele, O., Zabeltitz, C.H., Denis, J.C., Baudoin, W. y Garnaud, J.C. 1988. Cultures protegées en climat méditerranéen. FAO, Roma.
- Nuez, V.F, Gil, O.R. y Costa, G.J. 1996. El cultivo de pimientos, chiles y ajíes. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España
- Orgaz, F., Fernández, M.D., Bonachela, S, Gallardo, M y Fereres, E. 2005. Evapotranspiration of horticultural crops in an unheated plastic greenhouse. *Agricutlrual Water Management*, 72: 81-96.

- Padrón, C.A.; Padrón, G.M.; Montes, A.I. y Oropeza, R.A. 2012. Determinación del color en epicarpio de tomates (*Lycopersicon Esculentum* Mill.) con sistema de visión computerizada durante la maduración. *Agronomía Costarricense*, 36(1): 97 – 111
- Quagliotti, L. 1979. Floral biology of *Capsicum* and *Solanum melongena*. In: «Hawkes, J.G.; Lester, R.N.; Skelding, A.D. (Eds.). The Biology and Taxonomy of the Solanaceae. Academy Press, London»: 399-419.
- Ramos, C. y Pomares, F. 2010. Abonado de los cultivos hortícolas. 181 – 192. En: Garcia-Serrano, P., S. Ruano, J. Lloveras, P. Urbano, M. Pérez, J. Ortiz y B.M^a Rodriguez. Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid. 259 p.
- Rhim, T. y Jebari, H. 2008. Blossom-end rot in relation to morphological parameters and calcium content in fruits of four pepper varieties (*Capsicum annuum* L.). *Biotechnologie Agronomie, Societe et Environnement*, 12: 361–366.
- Rhoades, J.D., Kandiah, A. y A.M. Mashali, A.M. 1992. The use of saline waters for crop production. *Irrigation and Drainage Paper 48*. FAO, Roma.
- RICO, J. 1983. Cultivo del pimiento de carne gruesa en invernadero. Publicaciones de Capacitación Agraria. M:A:P:A:
- Rincón, L. 2003. La fertirrigación del tomate y del pimiento grueso. *Vida Rural*, 164: 36-40.
- Ríos, D. y Sánchez, M. 1999. Ensayo de cultivares de pimiento en Granadilla (Tenerife). En: Martín, M. y P. Hoyos (coord.). XXIV Seminario de Técnicos y Especialistas en Horticultura. Canarias. 2005. Servicio de Publicaciones del MAPA.
- Ríos, D. y Santos, B. 2007. Abonado simple de los principales cultivos hortícolas del mercado interior. Curso Riego y Fertirrigación. Colegio de Ingenieros Agrónomos de Centro y Canarias. Delegación de Santa Cruz de Tenerife.
- Rodríguez García, S. (2020). Estudio Agronómico de seis variedades de pimiento (*Capsicum annuum*) tipo Lamuyo de color rojo bajo invernadero. TFG. Universidad de La Laguna.
- Rylski, I. y Spigelman, M. 1982. Effects of different diurnal temperature combinations on fruit set of sweet pepper. *Scientia Horticulturae*, 17:101– 106.
- Salviet, M.E. 1977. Carbon dioxide, ethylene, and color development in ripening mature green bell peppers. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 102(5):523-525.
- Santos, B., Ríos, D. y Nazco, R. 2006. Climatic conditions in tomato screenhouses in Tenerife (Canary Islands). *Acta Horticulturae*, 719: 215-222.
- Saure, M.C. 2014. Why calcium deficiency is not the cause of blossom end rot in tomato and pepper fruit – a reappraisal. *Scientia Horticulturae*, 174: 151-154.
- Savvas, D., Stamati, E., Tsirogamis, I.L., Mantzos, P., Barouchas, P.E., Katsoulas, N. y Kittas, C. 2007. Interactions between salinity and irrigation frequency in greenhouse pepper grown in closed cycle hydroponic systems. *Agricultural Water Management*, 91: 102-111
- Savvas, D., Ntatsi, G. y Passam, H.C. 2008. Plant nutrition and physiological disorders in greenhouse grown tomato, pepper and eggplant. *European Journal of Plant Science and technology*, 2: 45-61.
- Segura, M.L. y Contreras, J.I. 2015. Las extracciones de nutrientes como guía para un manejo eficiente de la fertilización. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. Instituto de Investigación Agraria y Pesquera. Recuperado de: <https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/-/action/90004fc0-93fe-11df-8d8b-f26108bf46ad/e5747030-1bb8-11df-b7e2-35c8dbbe5a83/es/02f9e190-faff-11e0-929f77205134944/alfrescoDocument?i3pn=contenidoAlf&i3pt=S&i3l=es&i3d=e5747030-1bb8-11df-b7e2-35c8dbbe5a83&i3sc&contentId=893bb3c3-adb5-4815-8a0f-c3549b1a18a2>
- SERRANO, Z. 1979. Cultivos de hortalizas en invernadero. Biblioteca Agrícola Aedos. Barcelona.
- Serrano, Z. 1982. Tomate, pimiento y berenjena en invernadero. Segunda edición, Madrid, España. P.257.

- Smittle, D.A., W. Lamar Dickens y Stansell, J.R. 1994. Irrigation regimes affect yield and water use by bell pepper. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 119(5): 936-939-
- Sonnenveld, C. y Van Der Burg, A.M.M. 1991. Sodium chloride salinity in fruit vegetable crops in soilless culture. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 39: 115-122.
- Sonnenveld, C. y Straver, N. 1994. Nutrient solutions for vegetables and flowers grown in water or substrates. Proefstation voor tuinbouw onder glass te Naaldwijk. Serie: Voedingsoplossingen glastuinbouw. 8. Naaldwijk. Paises Bajos. 44 p.
- Soto, F. 2019. Coeficientes de cultivo según densidad de siembra y volumen de sustrato en chile dulce bajo invernadero. *Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia*, 12 (1): 7-21
- STATISTA. Volumen de pimientos importados desde los distintos países de la Unión Europea a España en 2018, por país [En línea]. [Fecha de consulta: 12 de mayo de 2019]. Disponible en internet en: <https://es.statista.com/>
- Stommel, J.R. y Albrecht, E. 2012. Genetics. 29 – 56. En. Russo, V.M. Peppers: botany, production and uses. Cabi Publishing.
- Tabares, J.M. 2007. Reflexiones sobre la pasada campaña hortícola de exportación. *Granja Revista Agropecuaria*, 14: 56-61
- Tabares, J.M. 2008. Resultados experimentales en horticultura. Campaña 2007 – 2008. *Granja Revista Agropecuaria*, 15: 71-78
- Tabares, J.M. y Guillén, M. 2009. Experiencia comparativa de variedades de pimiento resistentes al virus del “spotted” TSWV bajo plástico. *Granja Revista Agropecuaria*, 16: 55
- Tabares, J.M. y Guillén, M. 2010. Experiencia comparativa de variedades de pimientos tolerantes al virus del “spotted” TSWV. *Granja Agrícola Experimental*. Cabildo de Gran Canaria.
- Terrén, L., Rodríguez J.M. y Riveiro, M. 2006. Ensayo de cultivares de pimiento tipo Lamuyo – 2005. En: Martín, M. y P. Hoyos (coord.). XXXVI Seminario de Técnicos y Especialistas en Horticultura. Ibiza. 2006. Servicio de Publicaciones del MAPA.
- Trujillo, L., Fernández, J., Calzadilla, L. y Santos, B. 2014. Ensayo de variedades de pimiento 2013 – 2014. *Información Técnica*. Servicio de Agricultura y Desarrollo Rural. Cabildo de Tenerife.
- Villalobos, F.J., Mateos, L., Orgaz, F. y Fereres, L. 2002. *Fitotecnia: bases y tecnologías de la producción agrícola*. Mundi-Prensa. Madrid.
- Wien H.C., Turner A.D. y Yang S.F. 1989. Hormonal basis for low light intensity-induced flower bud abscission of pepper. *Journal of the American Society of Horticultural Science*, 114: 981, 985.
- Wiersum L.K. 1966. Calcium content of fruits and storage tissues in relation to the mode of water supply. *Acta Botanica Neerlandica*, 15: 406-418
- Yoon, J.Y., Green, S.K., Tschanz, A.T., Tsou, S.C.S., y Chang, L.C. 1989. Pepper improvement for the tropics: problems and the AVRDC approach. En: «Green, S.K. (ed.). *Tomato and pepper production in the tropics*. AVRDC, Formosa.»: 86-98.

EL CALABACÍN

1.Generalidades

1.1 Origen e historia de la especie

La mayoría de las especies del género *Cucurbita* que se cultivan son oriundas de Méjico aunque parece que *C. maxima* es originaria de Suramérica. Se han encontrado evidencias arqueológicas de *C. pepo* en Méjico y en el SE de Estados Unidos de hace 10000 años. *C. pepo* fue la 1ª especie del género introducida en Europa, habiendo referencias en Italia y en Francia desde principios del siglo XVI. En el siglo XVII se conocían al menos 5 tipos varietales (Lust y Paris, 2016)

El grupo de los calabacines fue seleccionado a partir del tipo "cocozele" de *C. pepo* subsp. *pepo* en el sur de Europa, extendiéndose posteriormente a todas las regiones templadas del mundo. Parece ser que uno de los centros secundarios de diversificación de cultivares es Asia Menor (Robinson y Decker, 2004).

A la hora de la nomenclatura en inglés, siempre hay una cierta confusión al hablar de calabazas y calabacines. Robinson y Decker (2004) usan el término inglés "squash" para cualquier especie domesticada de *Cucurbita*. Normalmente el calabacín se denomina como "summer squash", aunque algunos tipos varietales de *C. pepo* entrarían dentro de los "winter squash" con los otros 3 géneros de *Cucurbita*. En las referencias anglosajonas también se pueden referir al calabacín como "courgette" que sería el término en francés o "zucchini" por el italiano. También se suele utilizar el término "pumpkin" para las especies de *Cucurbita*, normalmente para las frutas de forma redonda y ovalada (Wien, 1997).

1.2 Importancia del cultivo de calabacín a nivel mundial y nacional

El calabacín es uno de los géneros cultivados de *Cucurbita* con mayor importancia económica (Robinson y Decker, 2004). A la hora de consultar las estadísticas, debe tenerse en cuenta que a veces se agrupan con otras especies de *Cucurbita*. La producción mundial en 2020 fue de unos 28 millones de toneladas. En la figura 1 se observa un aumento de la producción mundial de calabacín en los últimos años. El principal productor mundial es China, con 7.43 millones de toneladas (Mt), seguido de India, con 5.1 Mt, Ucrania con 1.3 Mt, Rusia, con 1.14 Mt, Estados Unidos, con 1.04 Mt y España con 0.78Mt. El principal exportador mundial es España con 545 millones de dólares, seguido de México con 395 millones de dólares. Entre los dos países se reparten más del 50% de las exportaciones mundiales (www.tridge.com). En la figura 2 se presentan los flujos de exportación mundiales más importantes.

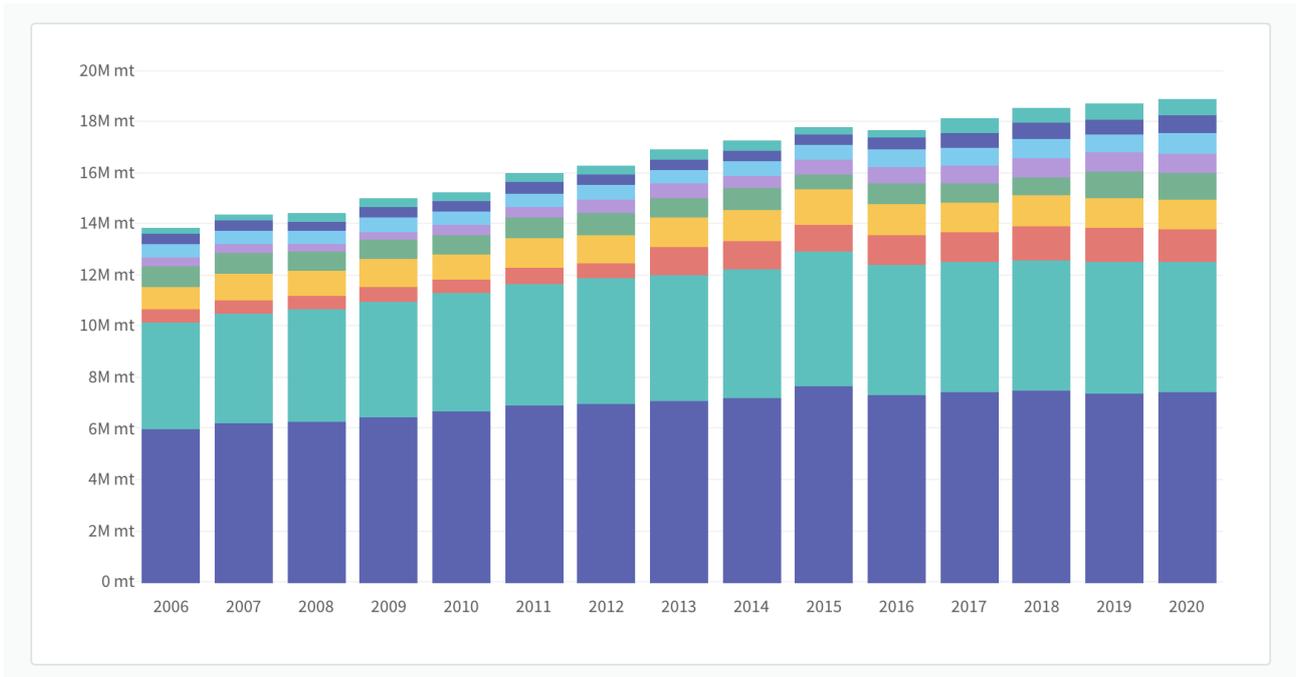


Figura 1: Producción mundial de calabacín en millones de toneladas (de abajo arriba; China, India, Ucrania, Rusia, EEUU, España, México, Turquía y Bangla Desh) (www.tridge.com)

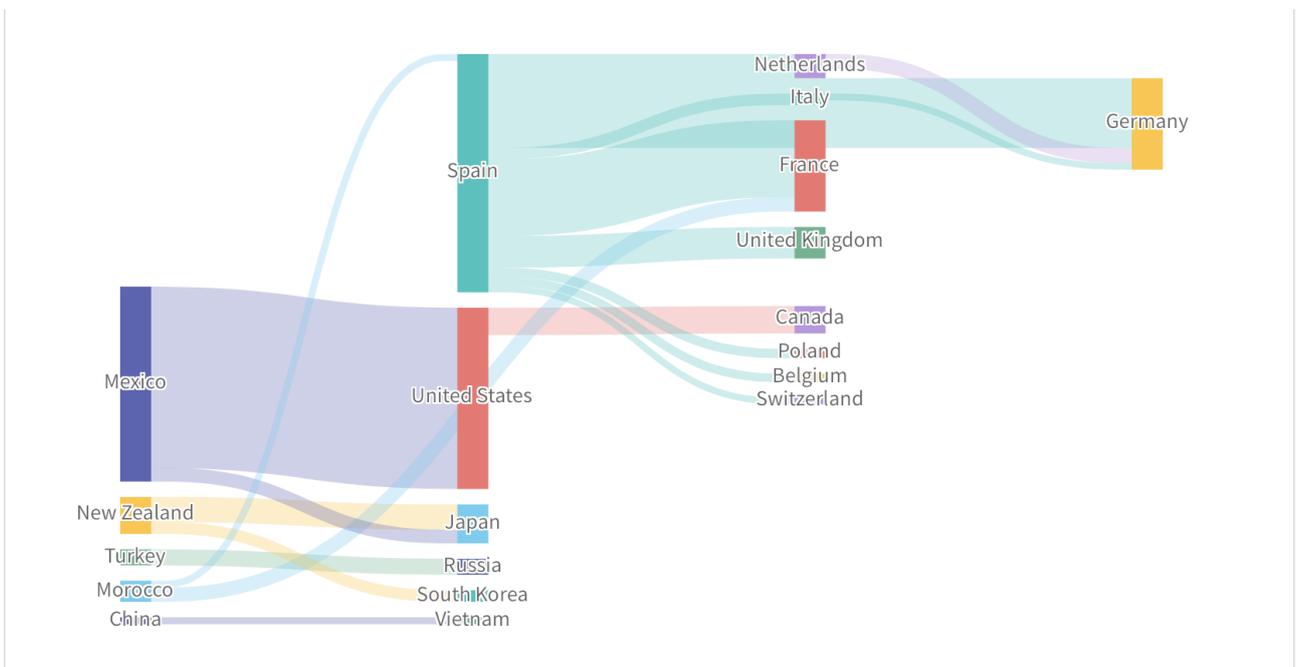


Figura 2: Principales flujos mundiales de exportación de lechuga (www.tridge.com)

Según López (2016), la producción de calabacín empezó a despegar en España después de 1990 (hasta entonces el cultivo estaba contemplado junto con las calabazas). Desde las 5000 ha cultivadas en 1990 se subió hasta las 8879 ha de 2012. En 2021, España tenía 11642 ha cultivadas. De ellas, Almería tenía 8163 ha, seguida de Granada con 406 ha, Santa Cruz de Tenerife, con 277 ha, Valencia con 249 ha y Las Palmas, con 198 ha (MAPA, 2022).

1.3 Producción en Canarias

En Canarias hay una producción de calabacín continua, que abastece casi el 100% del mercado interior durante todo el año (MERCATENERIFE, 2018). Según los datos de ISTAC (2022), la superficie de calabacín en Canarias se ha mantenido en el entorno de las 450 ha en la serie 2016 – 2021 (Tabla 1), siendo el 4º cultivo en superficie en importancia tras las lechugas, el tomate y la calabaza, con un 6-7% de la superficie total de hortalizas. Comparando con datos anteriores al 2011 ha subido un aumento ligero de la superficie cultivada, ya que hasta entonces no se solían alcanzar las 400 ha. De la misma forma se observa un aumento de la superficie en cultivo protegido, suponiendo en los últimos años de la serie disponibles de casi un 50%. En cuanto a la producción, también se observa un aumento de 15662 t en 2012 a hasta los 21000 – 23000 t en el periodo 2016 - 2021 (Figura 3). La producción se dedica al mercado interior en su totalidad aunque se han hecho algunas experiencias de exportación sin demasiado éxito.

Tabla 1: Evolución de la superficie total de hortalizas, de calabacín y calabacín bajo cubierta (ISTAC, 2022)

Año	Hortalizas	Calabacín total		
		total	bajo cubierta	% bajo cubierta
		ha		
2009	6587	404	147	36
2010	6582	392	150	38
2016	5911	438	218	50
2017	5963	408	214	52
2018	7189	546	323	59
2019	7002	473	250	53
2020	7177	466	252	54
2021	7016	475	238	50

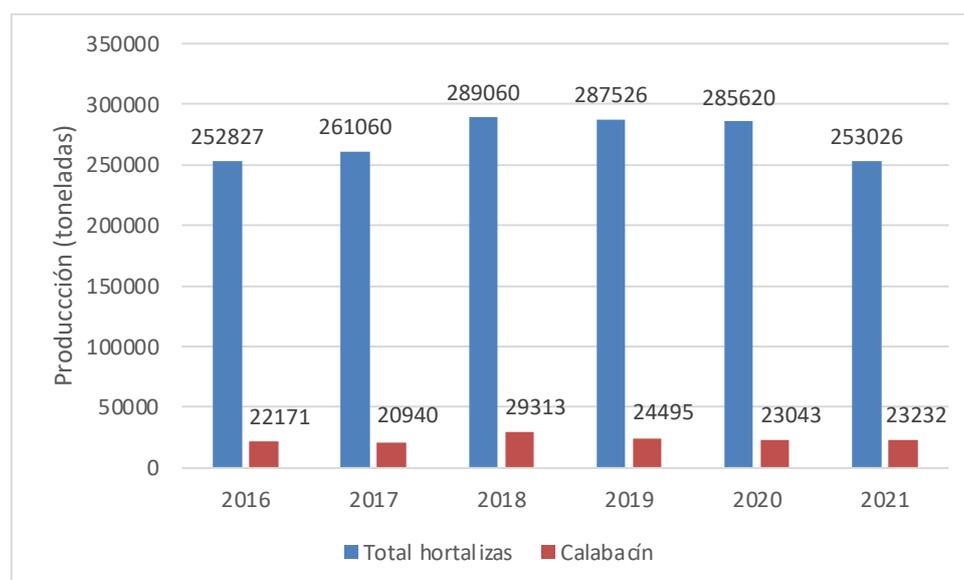


Figura 3: Evolución de las toneladas recolectadas de hortalizas y de calabacín en Canarias periodo 2016 – 2021 (ISTAC, 2022).

Tabla 2: Evolución de la superficie total de calabacín por islas (ISTAC, 2022).

Isla	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012
	ha (ajustadas sin decimales)									
Lanzarote	17	26	26	26	18	20	9	3	4	0
Fuerteventura	7	7	7	6	5	5	6	6	6	7
Gran Canaria	174	157	170	198	143	146	216	194	168	168
Tenerife	227	226	220	267	191	217	202	173	153	148
La Gomera	16	16	16	16	18	18	19	19	19	18
La Palma	30	30	31	29	30	30	30	20	26	27
El Hierro	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Canarias	475	466	473	546	408	438	484	428	382	374

En la tabla 2 se presenta la distribución de la superficie por islas (ISTAC, 2022). Se observa que Gran Canaria y Tenerife concentran más del 80% de la superficie cultivada. También se observa que Tenerife ha ido subiendo la superficie cultivada hasta alcanzar a Gran Canaria.

2. Taxonomía y descripción botánica

2.1 Taxonomía

La familia *Cucurbitaceae* está compuesta por dos subfamilias bien diferenciadas que incluyen cerca de 118 géneros y 825 especies. Dentro de la subfamilia *Cucurbitoidea*, el género *Cucurbita* tiene 5 especies domesticadas: *C. argyrosperma*, *C. ficifolia*, *C. moschata* y *C. pepo*, además de unas 10 especies salvajes (Robinson y Decker, 2004). Reche (1997) dentro de la calabaza comprende a tres especies: *C. máxima* o calabaza común, *C. moschata* o “calabaza de cabello de ángel” y *C. pepo*, donde se incluyen los calabacines, lo que nos daría 5 especies cultivadas de *Cucurbita*. La taxonomía del calabacín sería, según estos autores:

Orden: *Cucurbitales*

Familia: *Cucurbitaceae*

Subfamilia: *Cucurbitoidae*

Tribu: *Cucurbiteae*

Género: *Cucurbita*

Especie: *Cucurbita pepo* L., 1753

A su vez existen subespecies dentro de *C. pepo*: *C. pepo* var. *pepo*; *C. pepo* var. *ovifera* (sinónimo var. *texana*, (Paris, 1986)) y *C. pepo* var. *fraterna* (Nuez et al., 2000). Las dos primeras engloban al material cultivado, mientras que en la tercera solo hay variedades salvajes.

2.2 Morfología

C. pepo es una especie muy polimórfica, manifestándose principalmente en sus frutos variando en tamaño, forma, color, textura, etc. y en sus características de crecimiento vegetativo mostrando diferentes longitudes y grosores de sus entrenudos, tamaño y pigmentación en hojas, hábitos de crecimiento, etc.

El calabacín es una planta herbácea anual de crecimiento indeterminado y porte rastrero. Presenta un sistema radicular axonomorfo y compacto, formado por una raíz principal de grandes dimensiones respecto a las raíces secundarias, las cuales se extienden más superficialmente, llegando hasta la superficie de los entrenudos desarrollándose raíces adventicias si el tallo reposa en contacto con el suelo humedecido (Reche, 1997).

Su sistema radicular se desarrolla en el horizonte más superficial del suelo, alcanzando, como máximo, 1 m de profundidad. Crece rápidamente y su desarrollo es amplio, dependiendo del sistema de cultivo utilizado, siendo más profundo y extenso cuando la siembra es directa (Reche, 1997).

El tallo principal es herbáceo, anguloso y consistente. Es áspero al tacto y presenta formaciones pilosas en la superficie. Está formado por entrenudos cortos, de donde nacen los restantes órganos de la planta como hojas, flores y zarcillos. De crecimiento sinuoso, alcanza aproximadamente 1 m de longitud en función de cada variedad. Existen cultivares de porte rastroso o arbustivo con tallos similares a las calabazas (Robinson y Decker, 2004). Algunas técnicas de poda suprimen el meristemo principal para dividir el tallo en varias ramificaciones (Reche, 1997).

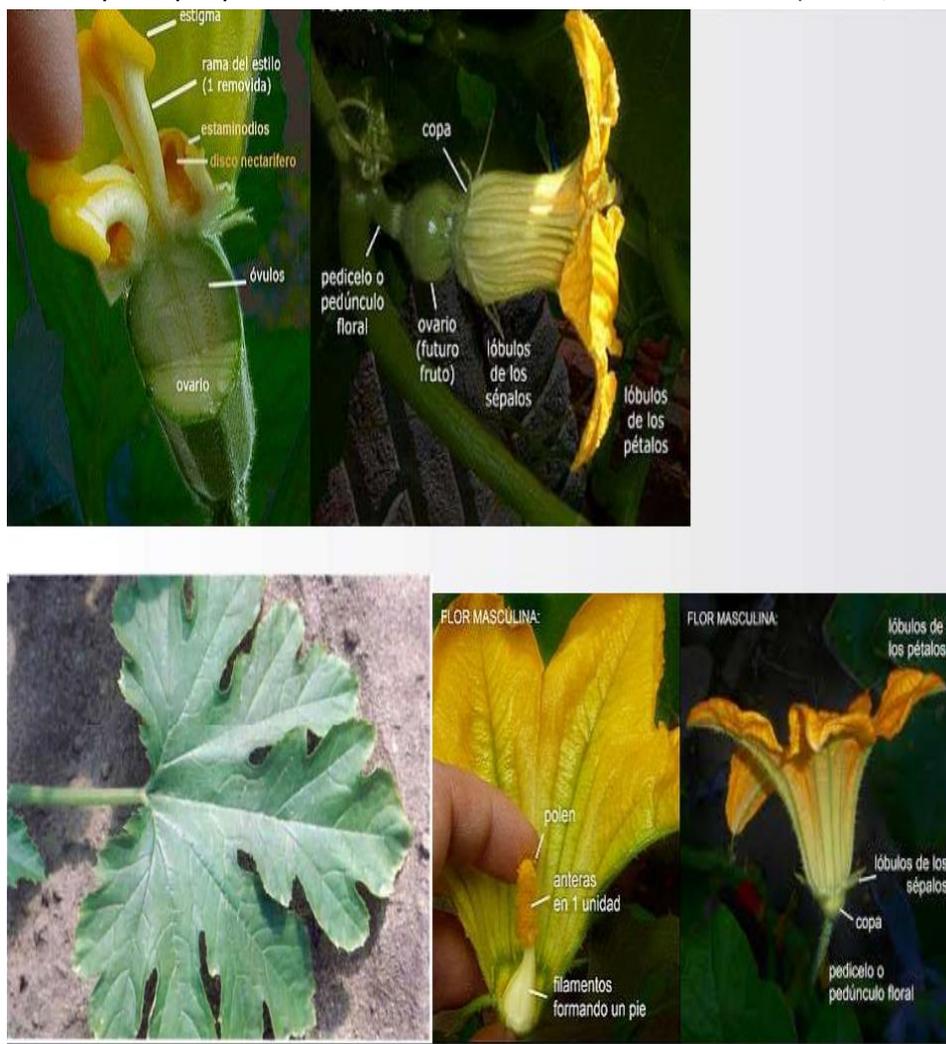


Figura 4: Tipología de las flores de calabacín (Meca, 2016b).

Las hojas se insertan en el tallo de forma helicoidal, son simples, grandes y palmeadas. El haz es glabro al tacto, y el envés áspero debido a las numerosas vellosidades cortas que presenta en las nerviaciones. El limbo es consistente con los bordes aserrados. Los nervios principales parten de la zona basal de la hoja subdividiéndose en dirección a cada uno de los lóbulos. Dependiendo de la variedad el color de las hojas varía entre diferentes tonalidades verdes, matizados en ocasiones por pequeñas manchas blanquecinas. Los peciolo están recubiertos de vellosidades finas y espigas cortas que los vuelven ásperos e irritantes al tacto. Son largos, huecos y firmes (Reche, 1997).

Las flores del calabacín son grandes, axilares, solitarias, acampanadas, de un intenso color amarillo y muy vistosas (Figura 4). Las flores masculinas poseen un largo y fino pedúnculo de hasta 40 cm de longitud, mientras que las flores femeninas están unidas al tallo por un pedúnculo reducido y grueso, de 3-5 cm de longitud. El cáliz es zigomorfo y persistente hasta la maduración del fruto. La corola es actinomorfa, gamopétala y pentámera. El ovario es alargado, ínfero, tricarpelar y trilobular (Reche, 1997). Ambas flores disponen de nectarios para atraer a polinizadores.

El fruto es una baya carnosa, sin cavidad central, unilocular en forma de pepónide. Se desarrollan en las axilas de las hojas mediante un pedúnculo grueso que los une al tallo de la planta. Su epidermis es lisa y de diferentes tonalidades verdes, consecuencia de la interacción entre determinados genes. Las semillas, de color amarillento, son alargadas y ovales, de una longitud aproximada de 1 cm. Tienen un periodo de latencia en torno a 25-30 días tras la recolección (Reche, 1997). La vida útil de las semillas es de 5 años. Hay entre 5 y 8 semillas/g (Marín, 2021).

3. Material vegetal

3.1 Variedades

Cucurbita pepo presenta el mayor polimorfismo de frutos de toda la familia. Desde el punto de vista del color, hay frutos verdes, amarillos, naranjas, blancos, veteados y variegados. La superficie del fruto puede ser suave, con nervaduras, presentar acostillado o ser verrugosos. La forma puede ser redondeada, alargadas, con cuello, etc. El tamaño puede ir de 5 a 50 cm de diámetro y el color de la carne puede ser blanco o naranja (Robinson y Decker, 2004, Nuez et al. 2000).

Debido a esa gran diversidad, existen varias clasificaciones hortícolas sin que haya consenso (Nuez et al., 2000). La bibliografía americana suele referirse a la especie como “squash”, diferenciando entre los cultivos de veranos “summer squash” y de invierno “winter squash”: en el primer caso el consumo suele ser de frutos inmaduros mientras que en el segundo la fruta se recolecta madura (Kemble et al., 2005). Lo que en España llamamos calabacín podría entrar en el término “summer squash”.

La clasificación más citada es la de Paris (1986) que se basa en la forma del fruto, donde habrían 8 tipos varietales (ver figuras 5 y 6):

- “Pumpkin”: frutos redondos u ovales, normalmente de color naranja cuando maduran.
- “Scallop” (vieira): Frutos pequeños, aplastados, típicamente con bordes ondulados.
- “Acorn” (bellota): Frutos pequeños, asurcados, apuntados en el extremo pistilar.
- “Crookneck” (cuello curvo): Frutos alargados, con el cuello curvo.
- “Straightneck” (cuello recto): Frutos cilíndricos con cuello recto y una ligera constricción.
- “Vegetable marrow”: Frutos cortos, cilíndricos, que se estrechan desde un amplio extremo pistilar hacia el pedúnculo, con una relación largo ancho entre 2:1 y 3:1
- “Cocozelle”: Frutos largos, cilíndricos, estrechándose lejos del extremo pistilar, con una relación largo/ancho igual o superior a 3.5:1.
- “Zucchini”: Frutos largos cilíndricos, con escaso o inexistente estrechamiento, con una relación largo/ancho de 3.5:1 al menos.

Los tipos varietales “pumpkin”, “vegetable marrow”, “cocozelle” y “zucchini” corresponderían a la subespecie *pepo*, mientras que los otros pertenecerían a la subespecie *ovifera*.

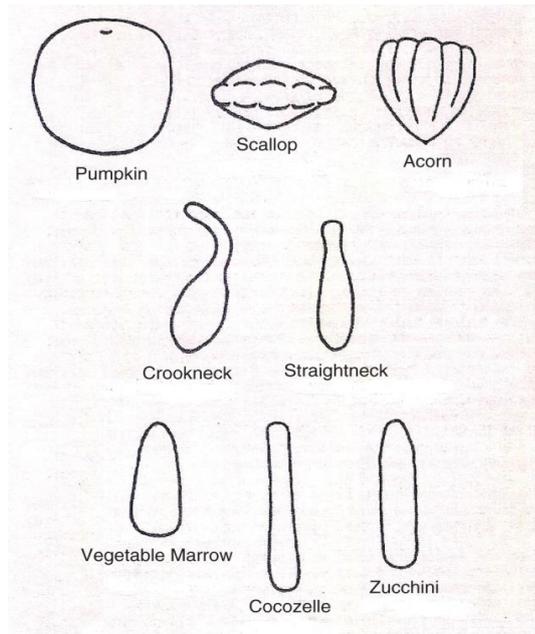


Figura 5: Clasificación varietal de *C. pepo* según la forma del fruto (Paris, 1986).



Figura 6: Frutos jóvenes de *C. pepo*: (de izquierda a derecha y de arriba a abajo): “acorn, straightneck, “Crookneck”, “Scallop”; “Pumpkin”, “Vegetable marrow, “Cocozelle” y “Zucchini” (Lust y Paris, 2016)

3.2 Cultivares

En España, el calabacín se recolecta y se consume como fruto joven (Reche, 1997), clasificándose principalmente por su color en verdes, blancos, amarillos y “marrows” refiriéndose normalmente en este caso a calabacines listados. Según la forma tendríamos los calabacines redondos y los alargados (Marin, 2020, García et al., 2014). En Estados Unidos, Europa Occidental y en la España Peninsular, el calabacín más popular sería el cilíndrico verde o “zucchini” (MERCASA, 2009, Robinson y Decker, 2004), mientras que se prefiere el cilíndrico blanco en Oriente Medio y en Canarias (Robinson y Decker, 2004, MERCATENERIFE, 2022). Según MERCASA (2009), los calabacines verdes, que representan el 98% de la producción, tendrían estas características:

- Tamaño variable, según variedades, forma cilíndrica alargada o apepinada. Algunos pueden presentar ligera curvatura o tener aspecto globoso en el extremo.
- Piel lisa, color verde, según tipos, más o menos oscura, brillante y con algún jaspeado.
- Interior reticulado, carne blanquecina, jugosa, suave y agradable, que contiene semillas planas, ovals, blanco amarillento, casi inapreciables para el paladar.

El calabacín blanco, con un 3% del mercado, presentaría estas características (en el mercado peninsular):

- Tamaño medio/largo, cilíndrico algo globoso en el extremo.
- Mercado más tardío (abril – octubre).
- Piel lisa, con posibilidad de aristas, color blanco cremoso.
- Aunque el color exterior varía, el interior y la carne presentan los mismos rasgos que el resto de las variedades.

En el Registro de variedades hortícolas de la Unión Europea hay inscritas 697 cultivares de *C. pepo* como “courgette” o “marrow” (Comisión Europea, 2022). En el registro de variedades comerciales del Ministerio de Agricultura hay inscritas 65 entradas de calabacín (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2022). Marín (2021) recoge 148 cultivares de calabacín comercializados en España, de 26 casas comerciales. En cuanto a la forma, un 8% son redondos, mientras que el resto serían aproximadamente cilíndricos. Un 60% serían considerados zucchini (color verde oscuro o verde medio), un 31% calabacines blancos, un 4% de tipo “marrow” y un 5% amarillos.

García et al. (2014) realizando una prospección de cultivares de calabacín utilizados en Andalucía en la campaña 2012 - 2013, encontraron que se utilizaban 50 en los viveros comerciales de 150 comercializados a nivel nacional. El 75% de la semilla plantada correspondió a 4 cultivares, todos del tipo zucchini.

En Canarias, se buscan cultivares de calabacín blanco, con una cierta presencia de calabacín redondo. Los cultivares de zucchini son mucho menos populares, cultivándose principalmente para los extranjeros residentes. En una encuesta realizada a las empresas distribuidoras de semillas y a los viveros de la isla de Tenerife al final del año 2021, los cultivares más utilizados de calabacín fueron:

Tabla 3: Principales características de los cultivares más utilizados en Tenerife			
Tipo	Cultivar	C. comercial	Resistencias *
Blanco	Casablanca	Seminis	Sin resistencias
	Clarita	Seminis	Sin resistencias
	Kiwi	Sakata	ZYMV, WMV, PRSV, Px
	Lawadisa	Seminis	ZYMV, WMV
	Lucero	Fitó	Sin resistencias
	Marcado	Diamond	ZYMV, WMV
	Shorouq	Syngenta	ZYMV, WMV, Px
Negro / zucchini	Belor	Syngenta	Sin resistencias
	Calnegre	Fitó	ZYMV, WMV, Px
	Cardea	Agro-Tip	ZYMV, Px
Redondo	Geode	Gautier	Sin resistencias
	Galilee	Gautier	ZYMV, WMV, CMV, Px
Amarillo	Gold Rush	Vilmorin	Sin resistencias
	Parador	Gautier	Sin resistencias

*: Las resistencias son las declaradas por las casas comerciales y/o han sido consultadas en Marín (2021)

CMV: virus del mosaico del pepino ZYMV: Virus del mosaico amarillo del calabacín; WMV: Virus del mosaico de la sandía PRSV: virus de las manchas anulares de la papaya; Px: *Podosphaera xanthii* (Oidio o ceniza).

La mejora genética en calabacín se ha basado en varias líneas, como el hábito arbustivo y la tolerancia a enfermedades, aunque hay menos genes de resistencia que en otras especies cultivadas de cucurbitáceas. Se ha introducido la tolerancia a oidio y a varias virosis: Las fuentes de resistencia a oidio y al virus del mosaico del calabacín (CMV) vienen de *C. okeechobeensis*, mientras que *C. ecuadorensis* sería el origen de la resistencia al virus del mosaico de la sandía nº2 (WMV-2), el del mosaico amarillo del zucchini (ZYMV) y de la mancha anular de la papaya (PRSV). (Robinson y Decker, 2004).

García et al (2014) encontraron que aproximadamente el 40 % de los cultivares comercializados declaraban tolerancia al menos a una de las siguientes virosis: ZYMV, CMV y WMV, en orden descendente de frecuencia, con muy pocos con tolerancia a PRSV. Muchos cultivares mostraban tolerancia conjunta a ZYMV y WMV, y algunos a las 3 virosis. La oferta de cultivares verdes tolerantes a virosis era mucho más alta que en el caso de los blancos. Ya hay cultivares con tolerancia al virus “Nueva Delhi” (ToLCNDV).

En cuanto a la tolerancia a oidio, García et al. (2014) encontraron un 26% de la oferta varietal que declaraba la tolerancia a esta enfermedad. En este caso, la tolerancia estaba repartida del mismo modo entre calabacín blanco y verde. Se declaraba la tolerancia a *Podosphaera xanthii* o a *Golovynomices cichoracearum* y en algunos casos a ambas.

Por último, otra línea de mejora vegetal es la obtención de cultivares con fruto partenocárpico a partir de material de *C. foetidissima*. Ya se explicará en la sección de polinización, que en ciertas condiciones de cultivo, el cuaje puede ser complicado, bajando la producción y calidad del producto.

3.2.1 Cultivares locales

El CCBAT tiene unas 70 entradas de *C. pepo*. De ellas, 63 son de bubango, producto bastante apreciado en Canarias. Aunque podemos considerar que el bubango es un tipo de calabacín hay que tener en cuenta que se suele recolectar en un estado de maduración algo más avanzado que el calabacín, con un uso normal en la cocina que requiere una cierta cocción, lo que lo pondría en una especie de lugar intermedio a efectos culinarios entre un calabacín y una calabaza. Esto haría que no entre en lo que conocemos como calabacín. Por otra parte, el bubango tiene un hábito de crecimiento de la planta rastrero, frente a la inmensa mayoría de cultivares de calabacín que tienen porte arbustivo. Finalmente el fruto suele tener un acostillado característico y suele tener forma alargada (Afonso et al. 2012).

Según MERCATENERIFE (2022), el bubango fue el 11% del total de las entradas de calabacín comercializadas en 2019 en sus instalaciones.

4. Fisiología de la floración y fructificación

4.1 Fisiología de la floración

El calabacín es una planta monoica, en la que coexisten por separado flores estaminadas y pistiladas en la misma planta. El calabacín muestra un comportamiento ontogénico en lo referido a la floración. En los nudos basales las flores son generalmente estaminadas. Según se van desarrollando nudos nuevos, comienzan a aparecer flores femeninas. De esa forma, Robinson y Decker (2004) establecen dos fases de desarrollo: en la primera, prácticamente todas las flores que se formen son masculinas. La segunda fase se inicia con la formación de la primera flor pistilada, a

partir de la cual tiene lugar una alternancia de flores masculinas y femeninas. En algunas especies salvajes y en algunos cultivares, sin embargo, puede que aparezcan flores femeninas antes que masculinas. La proporción de flores masculinas frente a las femeninas va disminuyendo según se desarrolla la planta, pudiéndose solo producir flores pistiladas al final del ciclo.

Sin embargo, pueden ocurrir mutaciones regidas por un solo gen que provoquen plantas sólo con flores masculinas (Robinson y Decker, 2004). Wien (1997) señala que los primordios florales pueden evolucionar a flores pistiladas o estaminadas, estando ese desarrollo dictaminado por un control genético, hormonal y ambiental. Dentro de estos factores ambientales están la temperatura, luminosidad y fotoperiodo:

- Normalmente en ciclos de primavera-verano (con temperaturas altas, fotoperiodos más largos y alta luminosidad) se puede conseguir durante todo el periodo que haya flores pistiladas y estaminadas, habiendo de hecho una fase mixta (gráfica 7 arriba)
- En ciclos de otoño-invierno, sin embargo, las condiciones de temperaturas más bajas, menor luminosidad y fotoperiodo corto, pueden provocar que no hayan flores masculinas, dificultando muchísimo el cuaje de frutos (Meca, 2016^a) como se observa en la figura 7 (abajo).

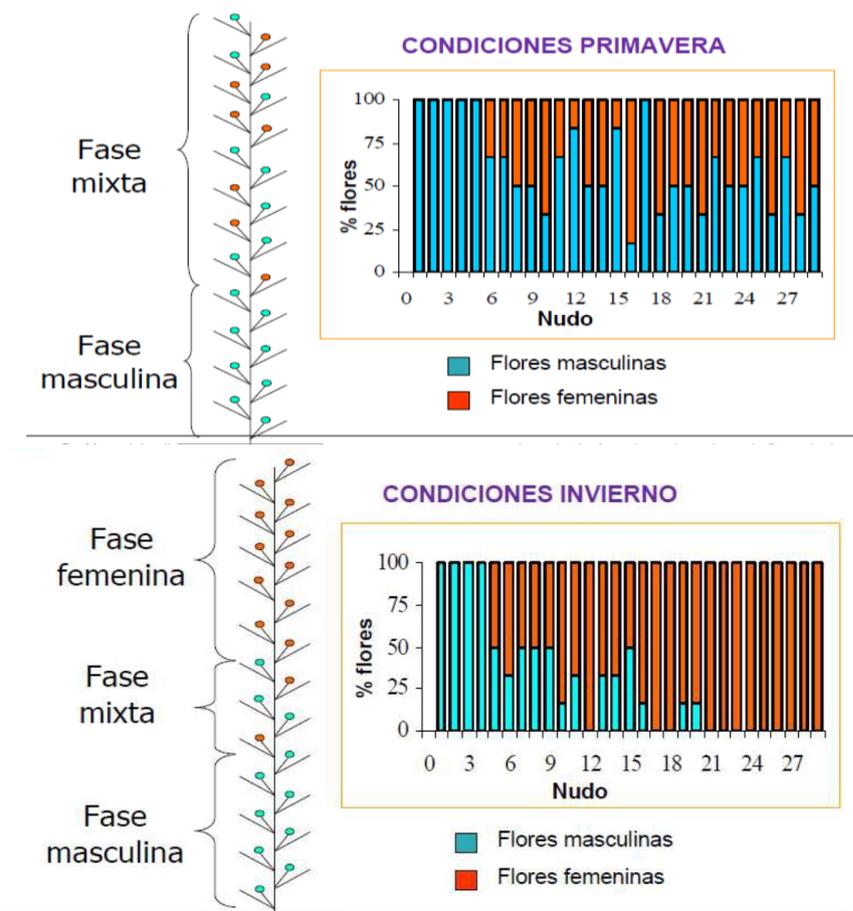


Figura 7: Reparto de flores femeninas y masculinas en condiciones de primavera (arriba) y de invierno (abajo). (Meca, 2016a).

Otro factor que influye en la expresión sexual es la nutrición. Altos niveles de nitrógeno pueden retrasar la floración femenina. También la falta de agua parece afectar al retraso de la floración femenina (Wien, 1997; Robinson y Decker, 2004).

Desde el punto de vista hormonal, Wien (1997) señala que las giberelinas, en especial GA₄₋₇ aumenta la producción de flores masculinas. En condiciones de alta temperatura y días largos, las concentraciones de giberelinas endógenas son mayores en la zona apical de la planta, lo que explicaría que se siguieran formando flores masculinas. El etileno, al contrario, parece favorecer el desarrollo de las flores femeninas y en algunos casos eliminar el de flores masculinas. El papel de las auxinas y el ácido abscísico está menos claro al no saberse si cumplen un papel primario o secundario en la floración.

4.2 Fisiología de la fructificación

La apertura de las flores se produce por las mañanas siendo la polinización entomófila o cruzada, por lo que el cuajado del fruto depende de los polinizadores o de tratamientos químicos con auxinas que induzcan la partenocarpia. La temperatura afecta no solo a la antesis sino al tiempo que la flore permanece abierta. Según López (2016), las flores femeninas tienen una duración de 4 días desde la antesis, mientras que las flores masculinas tienen una duración de 3 días o menos. El polen se libera a temperaturas relativamente bajas (10°C), menores que otras especies cultivadas de *Cucurbita*. Por encima de esa temperatura, las flores se abren, cerrando aproximadamente al mediodía (Wien, 1997). Con temperaturas altas (sobre 30°C), las flores se cierran antes, a media mañana (Robinson y Decker, 2004).

La partenocarpia puede aparecer en calabacín, normalmente con condiciones de tiempo frío y fotoperiodo corto, donde sólo se forman flores femeninas (Robinson y Decker, 2004). Existe una componente varietal en dicho comportamiento, así como una posibilidad de trabajar en mejora vegetal en ese sentido.

Desde el punto de vista hormonal, las auxinas favorecen la aparición de frutos partenocárpicos. En estos frutos, los contenidos de auxinas endógenas son más altos. La aplicación de auxinas sintéticas propicia la formación de frutos partenocárpicos (Wien, 1997). Esta característica hizo que se empezaran a usar de forma comercial en invernaderos donde los polinizadores no podían entrar fácilmente y/o con una alta presión de productos fitosanitarios. El uso de ANA + ANA amida aumenta la cosecha y el tamaño del fruto en cultivos de primavera, mientras que en otoño, el efecto principal era el aumento del tamaño del fruto (Gazquez et al, 2011).

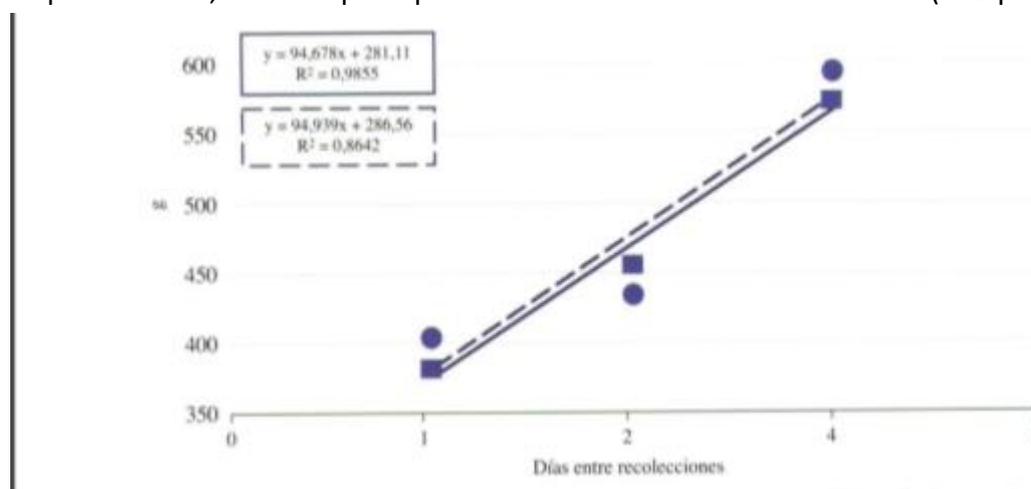


Figura 8: Influencia de la cadencia de recolección en el peso medio de los calabacines (Perez et al, 2009)

Una vez fecundado el ovario, se produce una fase de crecimiento muy rápida, controlada por las condiciones exógenas (con altas temperaturas y alta luminosidad favoreciendo el crecimiento y las endógenas (debidas a la competencia con otros frutos que retarda el crecimiento). La primera fase de crecimiento del fruto es muy rápida, con un crecimiento exponencial. Este crecimiento tan rápido es por el crecimiento de las células, más que por su multiplicación, siendo más elevado cuanto mayor sea la temperatura (Maynard, 2007, Wien, 1997), con velocidades de crecimiento de entre 1.9 a 2.5 cm de largo por día. Pérez et al. (2009) estudiando la influencia de la cadencia de recolección, encontraron que no había diferencias significativas en el número de calabacines emitidos en cadencias de recolección diarias, cada 2 y cada 3 días, pero si en el tamaño, por lo que se confirmaría que la competencia con otros frutos se realiza en la fase de engorde del fruto.

Con respecto a las giberelinas y las citoquininas, también están envueltas también en la formación del fruto, aunque está mucho menos estudiado que en el caso de las auxinas. La aplicación de citoquininas exógenas aumenta el cuaje de frutos y aumenta su tamaño. No está claro si esto está relacionado con el aumento de auxinas endógenas. La aplicación de giberelinas aumenta el número de frutos. (Wien, 1997).

5. Condiciones edafoclimáticas

5.1 Temperatura

El calabacín es un cultivo algo más rústico en lo referido a temperatura que otras cucurbitáceas cultivadas como el melón el pepino y la sandía. Según Reche (1997) para que se produzca la germinación de las semillas se necesita un intervalo térmico entre 21-35°C, con un mínimo de 15.5°C, además de, una temperatura óptima de crecimiento entre 18-24°C. Sin embargo, otros autores, lo sitúan entre los 25-30°C o incluso llegan a 32°C (Staub y Wehner, 1996) aunque señalando que, a temperaturas mayores, el crecimiento de las plántulas se puede enlentecer.

Dependiendo de la fase vegetativa, se han establecido diferentes niveles de temperatura para el calabacín. Tras la germinación de la semilla y emergencia de la plántula, las temperaturas mínimas no deben bajar de 20°C durante la noche, ni de los 25°C durante el día. En cuanto al desarrollo vegetativo de la planta, éste se ve fundamentalmente favorecido con temperaturas entre los 25-30°C (Reche, 1997, Robinson y Decker, 2004). Normalmente, se considera, a efectos de modelizar el crecimiento y desarrollo del cultivo, las temperaturas comprendidas entre 8 y 32°C (Rouphael y Colla, 2008).

En cuanto a la floración, la temperatura óptima debe rondar los 20°C durante la noche, y los 25°C durante el día. Temperaturas inferiores a 10°C provocan la caída de las flores (Reche, 1997). Durante la fructificación, las temperaturas afectan a la velocidad de crecimiento del fruto, tanto más rápido cuanto más alta sea la temperatura, influyendo en el ritmo de recolección, ya que el criterio de corte es el tamaño del calabacín. Esto supone que, en condiciones de altas temperaturas, las recolecciones tengan que tener periodicidad incluso diaria (Kemble et al., 2005).

Con respecto a las temperaturas máximas, no se deben de superar nunca los 35°C durante la fase de crecimiento, debido a que un aumento considerable de la transpiración ocasiona daños a las plantas por deshidratación. Estos daños aumentan cuando la humedad relativa es inferior al 70% (Reche, 1997). Según Staub y Wehner (1996) en cucurbitáceas en general, las altas temperaturas

también pueden afectar negativamente al cultivo: Por encima de 38°C se produce un cambio en la expresión sexual, cambiando de flores pistiladas a estaminadas. Además, se producen clorosis en las hojas a esas temperaturas, siendo mucho mayor el efecto entre 42 y 45°C. Las altas temperaturas también afectan negativamente al rendimiento y a la calidad de la fruta.

Robinson y Decker (2004) comentan que dentro del género *Cucurbita*, el calabacín soporta mejor las temperaturas por debajo de su óptimo y que se ha visto que la fruta puede resultar más dulce si es cultivada en zonas con noches frías. El cero vegetativo del cultivo oscila entre 8-10°C. Robinson y Decker (2004) señalan que por debajo de 10°C ya aparecen problemas como amarillos en el follaje, caída de flores o frutos pequeños o anieblados. Por debajo de los 0°C (mínima letal = -1°C) el cultivo puede sufrir daños irreversibles, si dichas temperaturas se mantienen en el tiempo.

Las cucurbitáceas presentan cierta sensibilidad a las temperaturas bajas en la zona radicular que favorece el desarrollo de enfermedades, además de influir en la absorción de agua y nutrientes. Estos efectos pueden comenzar a observarse ya por debajo de 20°C (Robinson y Decker, 2004).

Para intentar manejar la temperatura, el calabacín se puede cultivar en invernadero o con sistemas de semiforzado al aire libre con tunelillos de plástico o de manta térmica (materiales no tejidos). Esto es especialmente importante en ciclos donde las temperaturas sean subóptimas para el cultivo. En ciclos de invierno se puede manejar la temperatura con una estrategia de apertura y cierre de ventanas (en su caso), el uso de dobles cubiertas o de tunelillos sobre las líneas de cultivo. En el caso del semiforzado hay que tener en cuenta que los tunelillos tienen que retirarse o abrirse desde el momento de la aparición de las primeras flores femeninas para que puedan acceder los polinizadores.

El uso de invernaderos para el cultivo, además de para intentar controlar las condiciones agroclimáticas, tiene otras ventajas como el control de plagas, sobre todo las que son vectores de virosis (pulgones y moscas blancas).

5.2 Humedad

La humedad relativa óptima del aire para el cultivo de calabacín en invernadero se sitúa entre el 65% y el 80%. Niveles excesivos de humedad ambiental, superiores al 80%, favorecen la aparición de enfermedades y el corrimiento de flores por deficiente fecundación. Las humedades bajas también pueden dificultar la fecundación (Reche, 1997, Meca, 2016b).

Otra forma de trabajar con la humedad ambiental es la cantidad de agua que el aire a una temperatura dada podría contener antes de alcanzar la saturación. El déficit de presión de vapor (DPV) expresaría al ser la diferencia entre la presión de vapor en la atmósfera y la presión de saturación. El DPV es la expresión más útil desde el punto de vista técnico para expresar la humedad (Castilla, 2005). Idso (1982), buscando un indicativo para conocer el estrés hídrico de la planta, encontró una relación entre la temperatura de la hoja de la planta y el déficit de presión de vapor. En el caso de calabacín, el DPV a partir del cual podrían haber problemas de estrés estaría entre 2.2 – 2.4 kPa.

En la parte de enfermedades se verá que las humedades relativas juegan una parte importante en el desarrollo de enfermedades tan importantes para el cultivo como el oidio o el mildiu (Reche, 1997, Meca, 2016b).

En invernadero se puede intentar manejar la humedad relativa (o el DPV) en invernadero mediante el manejo de la ventilación con cierre y apertura de ventanas (muchos automatismos

pueden manejar esto mediante valores de HR o DPV). A principios de cultivo, cuando el aporte de humedad al aire por parte del cultivo es menor, puede ser más difícil de manejar, teniendo que ir a sistemas activos, como la nebulización u otros sistemas como los paneles tipo “cooling pads”.

El uso de acolchados tiende a disminuir la humedad en el ambiente al reducir la evaporación directa del suelo.

5.3 Luz

Aunque se considera que los días largos parecen favorecer la producción de flores masculinas sobre las femeninas, la selección varietal ha creado cultivares no sensibles a la longitud del día, por lo que se podría decir que el calabacín es una planta de día neutral (Robinson y Decker, 2004). Aun así, la proporción de flores masculinas aumenta ligeramente cuando se están en días largos, siendo al contrario en días cortos (Meca, 2016b).

Como casi todos los cultivos hortícolas, las plantas del género *Cucurbita*, el calabacín entre ellas, necesitan una alta intensidad lumínica (Robinson y Decker, 2004, López, 2016). Nisen et al. (1988) citan como exigencias mínimas de radiación para cultivos hortícolas termófilos como el calabacín de 8.46 MJ/m².día. Estos valores tan bajos pueden darse durante ciertos periodos en invierno en invernaderos de malla en Tenerife en los meses de invierno (Santos et al., 2006). Roupheal et al. (2005) encontraron una correlación directa y muy exacta entre el crecimiento de las hojas del calabacín y el producto entre la radiación PAR y el tiempo térmico.

Se debe procurar que en invierno la cubierta de los invernaderos esté lo más limpia posible, realizando una limpieza si es necesaria a mediados de otoño, sobre todo en invernaderos de malla. Por otra parte, puede que en verano pueda ser conveniente el uso de métodos de disminución de la radiación como un medio para bajar las temperaturas en el invernadero.

5.4 Anhídrido carbónico

La cantidad de anhídrido carbónico disponible en el aire es un factor indispensable para la actividad fotosintética, estando muy relacionado con la humedad y la temperatura. a una concentración de 800 ppm mejoraba el rendimiento del cultivo frente a una de 450 ppm, con temperaturas días de 24°C y de noche a 18°C. Subiendo la temperatura a 28°C/22°C, el efecto no estaba tan claro.

Controlar adecuadamente la concentración de éste gas es complicado, y su aportación problemática. Por lo que se recomienda, una ventilación frecuente para que en el interior del invernadero la concentración de CO₂ no esté por debajo de los niveles atmosféricos cuando la actividad fotosintética sea muy intensa (Castilla, 2005).

Suelo

Cucurbita pepo no es una especie exigente respecto al suelo, adaptándose con facilidad a todo tipo de terrenos, si bien los prefiere de textura franca, profundos, bien expuestos al sol, con buen drenaje y ricos en materia orgánica y elementos fertilizantes (Meca, 2016b, Reche, 1997. Robinson y Decker, 2004). Estos autores señalan, por contra, que los suelos fuertes, fríos y húmedos con predisposición al encharcamiento le perjudican. El exceso de humedad daña las raíces y favorece la proliferación de enfermedades de suelo.

El calabacín es medianamente tolerante a la salinidad, tanto a la del suelo como del agua de riego (López, 2016). Ayers y Westcot (1994) señalan como valores umbral de CE en extracto saturado de 4.1 dS/m. Casas y Casas (1999) señalan que se puede trabajar con CE en extracto

saturado para cultivos de primavera en el entorno de 2.0 – 2.5 dS/m, subiendo a 3.0 – 3.5 dS/m en invierno, pudiendo llegar a 4.0 – 4.5 dS/m.

Su desarrollo es óptimo en rangos de pH ligeramente ácidos (entre 5.6 y 6.8) pero se adapta igualmente a suelos con valores de pH entre 5 y 7. Pueden aparecer síntomas carenciales con pH básico (López, 2016).

Kemble et al. (2005) recomiendan plantar los calabacines en suelos donde no se hayan plantado cucurbitáceas durante 2 años para evitar problemas de enfermedades de suelo. Sin embargo, Meca et al. (2009) encontraron resultados aceptables cuando se plantó calabacín en otoño tras haber plantado pepino en otoño de dos años anteriores.

Rouphael et al. (2004) señalan que el calabacín se adapta bien al cultivo sin suelo: realizando un ensayo con perlita, pumita, fibra de coco y suelo, encontraron una mejor cosecha (total y comercial), un mejor uso del agua y una mejor calidad en cultivo sin suelo que en suelo.

6. Ciclos de cultivo y marco de plantación

6.1 Ciclos de cultivo

El calabacín es una hortaliza que se cultiva en ciclos bastante cortos, ya sea en otoño o en primavera. En invernadero su cultivo puede extenderse durante los doce meses del año, salvo aquellas zonas con climas muy severos, en función del estado de la planta y de los precios del mercado. Es una planta que se adapta bien a gran variabilidad de fechas de siembra, realizándose, normalmente, en agosto y finalizando la recolección sobre el mes de febrero (Reche, 1997). Según Reche (1997) y Meca (2016^a), en función del año agrícola, se pueden diferenciar los siguientes ciclos de cultivo en Almería, que concentra el 75% de la superficie de España:

- Extratemprano: la siembra se realiza en agosto / septiembre y se empieza a recolectar a septiembre hasta finales de diciembre.
- Temprano: la siembra se realiza entre octubre y noviembre, recolectándose desde finales de noviembre hasta la segunda quincena de febrero.
- Semitardío: se siembra en febrero y la recolección de inicia desde marzo a junio.
- Tardío: se realiza en zonas frías, llevándose a cabo la siembra a principios de abril y la recolección en junio.

En Canarias se planta calabacín todo el año (MERCATENERIFE, 2022), trabajando con cultivos en invernadero, en semiforzado o al aire libre, con las vertientes (N o S) y las alturas. Así, por ejemplo, se podría cultivar calabacín al aire libre con plantaciones a partir de marzo-abril (en zonas de costa) hasta octubre-noviembre. Desde octubre-noviembre hasta marzo-abril, se planta en invernadero.

Normalmente el periodo trasplante – final de recolección está en los 3 y 4 meses en función de las condiciones climáticas, si se entutora, etc. Desde el trasplante hasta el comienzo de la floración masculina transcurren unos 15 – 30 días y hasta la aparición de las primeras flores femeninas unos 25 – 40 días. La recolección comienza aproximadamente a los 30 y 50 días tras el trasplante.

6.2. Sistemas de cultivo

El calabacín se planta bien en invernadero o al aire libre. Así en Canarias, la superficie se distribuye al 50% entre invernadero y aire libre. Por una parte, las condiciones climáticas definen si las plantaciones se hacen en invernadero o aire libre (normalmente para plantaciones de otoño o

invierno o de primavera-verano, respectivamente). Por otra parte, el calabacín es una especie sensible a bastantes virosis transmitidas por insectos por lo que es interesante que exista algún tipo de protección, especialmente en zonas de cultivo intensivo o cuando hay otras cucurbitáceas cerca.

Al aire libre, pueden usarse técnicas de semiforzado (tunelillos con cubiertas de PE o de agrotexil y acolchado) o no. Normalmente esto va a depender de las condiciones agroclimáticas de la zona. Para la cubierta superior es muy utilizado el PE de 50 micras y en el caso de utilizar agrotexil, habitualmente se coloca tejido discontinuo de polipropileno, Agril 17, tanto sobre estructuras como dejado caer sobre las plantas. Es importante controlar el crecimiento de las plantas y la aparición de las flores, ya que estas protecciones dificultan la polinización por parte de la entomofauna de la zona (Lopez, 2016)

En la Península existe una superficie apreciable de calabacín al aire libre dedicada a industria con destino a congelado en la zona del valle del Ebro.

6.3 Rotaciones de cultivo y asociaciones

A efecto de alternativas o rotaciones de cultivo, se debe tener en cuenta a la hora de definir rotaciones de cultivo o uso en asociaciones (Reche, 1997):

- El calabacín se puede considerar un cultivo esquilante (menos que el tomate, por ejemplo).
- Tiene un ciclo corto (3 meses).
- Es un cultivo exigente en temperatura, lo cual es importante al aire libre y/o en zonas de medianías.
- Cubre rápidamente el suelo y tiene un follaje bastante importante.

De forma tradicional, se intenta siempre no hacer 2 cultivos seguidos de la misma familia, por lo que no debería colocarse un calabacín justo antes o después de otra cucurbitácea. Se podría hacer 2 ciclos seguidos de calabacín seguidos si se tratara de ciclos cortos. En el caso que el suelo tenga problemas de *Verticillium*, se recomienda no repetir cucurbitáceas al menos en 2 años.

Debido a su ciclo, el calabacín se puede introducir en rotaciones en invernadero entre cultivos largos. Así, en invernaderos de Tenerife, a efectos de romper el ciclo de *Tuta absoluta* (polilla del tomate) podría ser un buen cultivo para poner tras o antes de tomate, teniendo en cuenta que ambos son cultivos esquilantes.

Otra rotación normal en medianías (con riego) puede ser el cultivo de calabacín al aire libre tras la recolección de papas en mayo – junio.

En el caso de las asociaciones, es importante tener en cuenta el rápido crecimiento del cultivo y su frondosidad. Se puede asociar plantando el calabacín cuando el otro cultivo ya está a finales de ciclo, aunque esto se podría considerar más un “intercropping”. Una asociación posible es con millo, al aire libre (con calabacín o con calabaza). No hay competición por la luz al tener hábitos distintos de crecimiento. Los pulgones que puedan transmitir virus no persistentes suelen aterrizar en la parcela en el millo y puede que al picar, limpien el estilete para cuando bajen al calabacín. Por otra parte, en zonas ventosas, el millo puede hacer de cortavientos. Una asociación de cultivos tradicional ha sido la plantación de bubangos en bordes de parcela aprovechando su hábito rastroso.

7. Labores culturales

7.1 Plantación y trasplante

Existen dos métodos de siembra del calabacín, la siembra directa y la siembra en semillero. La siembra directa, menos utilizada debido a los elevados precios de la semilla, se basa en depositar la semilla directamente sobre el terreno en el marco de plantación establecido, abriendo hoyos en el suelo o caballones, depositando 2-4 semillas en cada uno y cubriéndolos con una fina capa de tierra. En estos casos, suele ser necesario un aclareo a la semana de la emergencia dejando una sola planta por golpe, siendo mucho más recomendable cortar que arrancar las otras plantas (Meca, 2016a). López (2016) señala que la siembra directa ya no es una labor extendida en explotaciones comerciales.

Para la siembra en semilleros se usan bandejas alveoladas donde se colocará una semilla por alveolo utilizando un sustrato comercial (Reche, 1997). El calabacín se suele poner en bandejas de 150 alveolos, aunque se pueden encargar en alveolos de mayor tamaño si se quiere trasplantar la planta con mayor tamaño. Debe tenerse en cuenta las posibles marras de plantación, incrementando la siembra un 5%.

Normalmente se trasplanta cuando la plántula ha emitido un par de hojas verdaderas. Las condiciones ambientales en el interior del invernadero deben ser óptimas para el buen arraigo del cultivo, controlando especialmente la temperatura y la humedad para evitar situaciones de estrés (Reche, 1997), recomendándose los trasplantes en verano en días nublados o por la tarde (Meca, 2016b). Durante el trasplante al emplazamiento definitivo, es conveniente utilizar un plantador para formar en el suelo un espacio similar al que ocupará el cepellón. (Castilla, 2005).

7.2 Preparación del terreno

El calabacín no presenta ninguna especificidad en la preparación del terreno con respecto a otro cultivo hortícola, teniendo en cuenta el marco de plantación. Para conocer el estado nutricional del suelo, es recomendable realizar un análisis de suelo antes de la plantación, para realizar las mejoras que sean necesarias. Asimismo se debe llevar a cabo un análisis de nematodos para su control, procediendo a desinfectar el suelo mediante los métodos más adecuados (Reche, 1997). Normalmente, como casi todas las cucurbitáceas, el calabacín se comporta bien con altos contenidos de materia orgánica, lo que lo hace un cultivo interesante para plantar justo tras la incorporación de materia orgánica (Robinson y Decker, 1994).

7.3 Marcos de plantación

El marco de plantación es un factor que se puede manejar para subir los rendimientos, también en las cucurbitáceas, ya que hasta cierto punto en que aparecen factores limitantes como la luz, el agua y los nutrientes, al aumentar la densidad de plantación, aumenta el rendimiento productivo. Los calabacines, por su hábito arbustivo tienden a un marco más estrecho que otras cucurbitáceas (Robinson y Decker, 2004).

El marco de plantación varía en función de determinados factores, siendo el más influyente el tipo de cultivar utilizado, cuyo desarrollo final permite marcos de plantación más o menos amplios. Otros factores influyentes son la fertilidad del suelo, el sistema de cultivo, la estructura del invernadero, las asociaciones con otras especies, la época de siembra, siendo más amplios aquellos cuya recolección se realiza en primavera, etc. (Reche, 1997, Meca, 2016b).

El marco de plantación empleado con mayor frecuencia va de 0.6 a 1.2 m entre plantas y 0.90 a 2 m entre líneas (Reche, 1997; Robinson y Decker, 2004). Meca (2016b) indica como densidad

más habitual 1 planta/m², con marcos más usuales son 2 x 0.75 m, 1 m x 1m, 1.33 m x 1m, 1.5 x 0.75 m, señalando que debe buscarse un equilibrio entre la productividad y facilitar el tránsito para las labores de cultivo. Los marcos de plantación utilizados al aire libre son similares, conformados por 1 a 1,5 m entre líneas de cultivo de plantas, y por 0,8 a 1,0 m entre plantas. Aquí cobra importancia en la distribución además del riego, el paso de maquinaria (López, 1996).

7.4 Entutorado y poda

Los cultivares comerciales de calabacín tienen un hábito arbustivo por lo que, aunque el entutorado no es una práctica imprescindible en el cultivo del calabacín, pero si es necesaria para evitar que la guía de la planta se tienda en el suelo a partir de un cierto momento. Meca (2016b) y Reche (1997) señalan las ventajas e inconvenientes de la poda en calabacín:

- Hay una mayor aireación de la planta, siendo menos frecuentes los ataques de enfermedades causadas por algunos hongos.
- La radiación solar penetra mejor en el cultivo.
- Los tratamientos fitosanitarios son más eficientes al llegar mejor a las hojas.
- Se facilitan las prácticas culturales al eliminar masa foliar.
- Al suprimir hojas dañadas o enfermas se reducen los focos de penetración y desarrollo de plagas y enfermedades aéreas.
- Se necesita una mayor cantidad de mano de obra.
- Existe una posibilidad alta de ataque de Botrytis sobre los cortes efectuados.
- Con podas excesivas, hay una reducción de la producción.

De forma práctica, no se realiza ninguna poda de forma sistemática, salvo la eliminación de brotes, en su caso. Los cultivares híbridos de calabacín, son en su inmensa mayoría de hábito arbustivo con una sola guía. En el caso de que aparezcan brotes secundarios, debido a veces a un abonado muy alto en Nitrógeno, estos brotes se van eliminando, ya que normalmente no producirán calabacines comerciales (Reche, 1995, Meca, 2016b).

Según Reche (1997), la poda de hojas solo se justifica en el caso de material muy envejecido o muy dañado por plagas y enfermedades o en el caso de un excesivo vigor que pueda perjudicar la aireación en el interior de la planta o que haya mucha competencia entre plantas por la luminosidad. Los deshojados excesivos traen consigo una reducción en la producción. Esta práctica debe realizarse con ambiente seco, para evitar la entrada de Botrytis por las heridas. La poda de hojas atacadas por oidio puede ser contraproducente ya que la enfermedad se transmite por las esporas dispersadas y la acción de cortar las hojas sirve para ayudar a dispersar las esporas.

La poda o eliminación de frutos se realiza sobre aquellos con daños por plagas o enfermedades, así como sobre los deformados, evitando que queden frutos muy desarrollados que pueden enlentecer el desarrollo del cultivo (Meca, 2016b). En algunos casos, el mantenimiento de frutos en la planta se recomienda como medida de control del crecimiento en explotaciones no comerciales (Kemble et al., 2005).

Para el entutorado se emplean normalmente hilos de rafia en explotaciones comerciales. Existen dos formas de proceder: Una de ellas consiste en atar la base del tallo y hacer un nudo en el sistema de amarre del entutorado del invernadero. A medida que la planta se vaya desarrollando, dicho hilo se suelta de la techumbre para rodear el tallo y se vuelve a atar de nuevo al sistema de amarre, hasta finalizar el crecimiento de la planta. De esta forma se consigue enderezar poco a poco

la planta. El otro procedimiento consiste en fijar el hilo al sistema de amarre y a la base del tallo, e ir atando el tallo de la planta con trozos de hilos más cortos o con trabas específicas de plástico al hilo principal (Reche, 1997)

7.5 Manejo de malas hierbas

En cultivos en tierra, es frecuente la proliferación de malas hierbas, por lo que es necesario eliminarlas en estados tempranos de desarrollo (debido al gran desarrollo foliar del calabacín, las malas hierbas aparecen principalmente en las primeras etapas del cultivo) bien manualmente, con medidas culturales (biosolarización anterior, falsas siembras, acolchados, etc) o con productos herbicidas. Es una práctica fundamental para evitar que se alojen insectos vectores de virus (Reche, 1997).

Una medida de control de malas hierbas que además aumenta la precocidad del cultivo es el acolchado con plástico negro (López, 2016, Kemble et al., 2005). Estos últimos autores recuerdan que las labores de deshierbado tienen que ser muy poco profundas (menos de 2 cm) para evitar dañar el sistema radicular.

Se debe tener siempre presente la sensibilidad del calabacín a los herbicidas, reduciendo al máximo su aplicación. No existen herbicidas selectivos para calabacín. A la hora de aplicar herbicidas en calles de cultivo, hay que evitar condiciones que favorezcan la deriva además de evitar productos con una presión de vapor que con temperaturas normales o altas puedan afectar al cultivo. Por último, hay que tener en cuenta que las cucurbitáceas son muy sensibles a algunos herbicidas residuales aplicados en cultivos anteriores (Robinson y Decker, 2004).

7.6 Polinización

Como se ha explicado antes, el calabacín es una planta monoica con flores que producen una gran cantidad de néctar y que en su ambiente original poseen como vectores de polinización a abejas de gran tamaño que no están presentes en nuestras latitudes. Esto hace especialmente importante la polinización en este cultivo.

El problema de la polinización se ve agravado en cultivo protegido, donde los invernaderos también hacen de barrera ante los posibles polinizadores. La práctica comercial durante años ha sido la inducción de dichos frutos mediante la aplicación de fitohormonas (ANA + ANA amida) (Roldán, 2014). Gazquez et al. (2011) señalan que el uso de fitohormonas o fitoestimulantes provocan un mayor reparto de asimilados de las hojas al fruto, una mayor precocidad, un mayor peso medio del fruto y unos entrenudos más cortos.

Sin embargo, el uso de fitohormonas para el cuaje de frutos presenta una serie de desventajas, como son (Roldán, 2014, Gázquez et al, 2011; Meca, 2016a):

- Envejecimiento acelerado de la planta.
- Posibles malformaciones en frutos, especialmente si no se respeta la dosis de aplicación.
- Alto coste de mano de obra por las continuas aplicaciones necesarias por la producción continua de flores femeninas.
- El plazo de seguridad de las fitohormonas (30 días) no encaja con el ritmo de recolección del fruto, lo que supone la presencia de residuos.
- En algunos casos, la vida en postcosecha es más reducida.

Existen algunos productos con cierta actividad auxínica o fitoestimulantes que parecen tener un efecto similar a las fitohormonas sin muchos de sus inconvenientes (residuos y envejecimiento

de la planta) (Meca, 2016a). Gázquez et al. (2005) encontró que el uso de uno de los fitoestimulantes del mercado (Bigger) tenía una producción similar al uso de las fitohormonas. A su vez esos tratamientos tuvieron una producción mayor que el testigo sin fitohormonas o fitoestimulantes. La aplicación de estos productos fitoestimulantes comienza con el inicio de la floración femenina aplicaban desde el inicio de la floración y podrán repetirse cada 8-10 días.

Meca (2016a) señala que desde principios de este siglo se ha comenzado a trabajar con el uso de polinización natural con abejorros o abejas, buscando frutos sin residuos, disminución de costes y aumento de la vida en postcosecha. Sin embargo, en el ciclo de otoño – invierno, el prevalente en las zonas de invernadero de la península, la polinización natural presenta 2 problemas:

- La actividad de las abejas baja bastante en invierno. El uso de abejorros podría ser interesante al estar menos influidos por la temperatura.
- La expresión sexual en calabacín se ve afectada por las temperaturas y la longitud del día: Al final del cultivo, prácticamente no hay flores masculinas en esas condiciones.

Por lo tanto, como soluciones para esto, se presenta, además del uso de variedades “polinizadoras”, plantadas para que tengan flores masculinas en el momento en que la variedad principal se encuentra en fase femenina, distribuidas al azar en la parcela y el uso de variedades partenocárpicas, de las que aún no hay material comercial, estaría el uso de otros polinizadores, como el abejorro (Roldán, 2014). Gazquez et al. (2011) señala la existencia de cultivares de calabacín con mayor proporción de flores masculinas y que con un 5 - 10% de estas plantas, se logró un buen resultado conjunto con el uso de abejorros. Otra solución apuntada por ese equipo es la plantación escalonada cada 4 – 6 semanas para garantizar la presencia de flores masculinas.

El uso de abejorros en calabacín puede tener la ventaja que los adultos son más grandes que los de las abejas, por lo que podrían homogeneizar el polen con más facilidad en las flores grandes y que podría transportarlo en vuelo con más facilidad (Roldán, 2014). Gazquez et al. (2006) ensayando el uso del abejorro *Bombus terrestris* junto con un fitoestimulante, encontró que el uso de este insecto produjo plantas más vigorosas y con mayor número de frutos comerciales que sólo con el uso de fitoestimulantes, sin que hubieran diferencias significativas en la producción. Otro hecho observado fue que el uso de fitoestimulante mejoró la precocidad.

Gazquez et al. (2011) comparando el uso de colmenas de abejorros y de abeja (*Apis mellifera*) en ciclo de primavera – verano no encontraron diferencias en producción (fig 9). Sin embargo, recomiendan el uso de abejorros en condiciones de otoño – invierno. Asimismo, recomiendan, en el manejo de las colmenas de abejorros, que sobre todo en condiciones de humedad elevada, se complemente la alimentación con polen seco. La eliminación del depósito de glucosa de las colmenas comerciales para estimular la actividad de la colmena, en algunos casos puede incidir en la vida útil de la colmena, ya que, aunque las flores tengan mucho néctar, debido a que con altas temperaturas se cierran antes del mediodía.

A la luz de lo anterior, Gazquez et al. (2011) recomiendan una estrategia combinada con el uso de fitohormonas o fitoestimulantes al principio del ciclo o cuando hayan problemas con los polinizadores naturales.

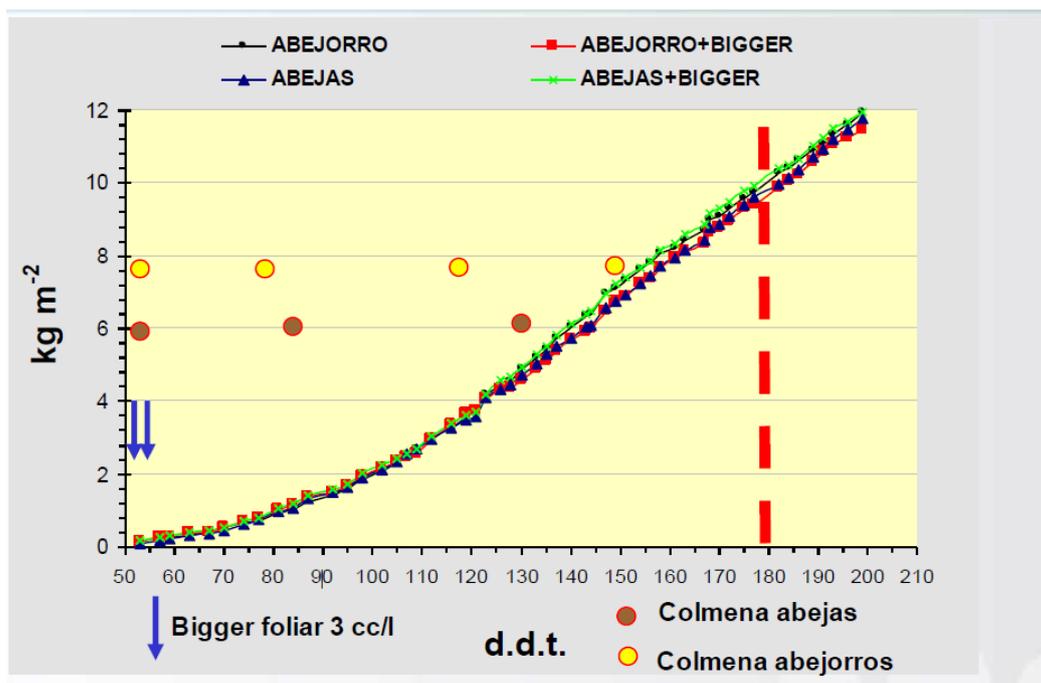


Figura 9: Evolución de la producción comercial de calabacín polinizado mediante abejorros, abejas y combinación de abejas o abejorros con el fitoestimulante Bigger (Gázquez et al, 2011).

Con respecto a la cantidad de colmenas, las referencias hablan de trabajar una colmena de abejorros de 350-400 individuos por cada 1000 m² (Sánchez, 2017), mientras que, en el caso de abejas, se trabaja con un núcleo por cada 3000 plantas o 2 colmenas de buen tamaño por hectárea (Maleno, 2016). Kemble et al. (2005) recomiendan un mínimo de 2.47 colmenas/ha y reportan que se puede llegar a 7 colmenas/ha. Otros autores recomiendan entre 2.5 y 5 colmenas/ha. Wehner (1996) señala que debe haber al menos 1 abeja por planta que sería equivalente a 2.5 colmenas/ha. Cuanto mayor sea la densidad de plantación, mayor debe ser la cantidad de colmenas. En lo referente a abejorros, se recomienda 1 colmena (50 individuos) por cada 1000 m², vigilando bien la eficiencia de los individuos, requiriendo en algunos casos, sustituciones mensuales.

La polinización manual (Afonso y González, 2013) solo estaría justificada en el caso de cultivares locales cuando se quiera evitar que haya cruces indeseados y así mantener las características varietales.

8. Riego y fertilización

8.1 Riego

En el cultivo intensivo de calabacín el aporte de agua y gran parte de nutrientes se realiza frecuentemente mediante riego (fertirrigación) por goteo y es en función del estado fenológico de la planta así como del ambiente. (Castilla, 2005). Staub y Wehber (1996) señalan que el estrés hídrico durante la antesis provoca un cambio de la expresión sexual de las flores, pasando de pistiladas a estaminadas

El calabacín se podría considerar como un cultivo moderadamente sensible al estrés hídrico, siendo el estado de floración y crecimiento del fruto más problemático que el periodo antes de la floración (Doyle et al., 1992). Robinson y Decker (2004) indican que la falta de agua provoca una deceleración de la producción de flores en general.

Excesos de humedad en el suelo impiden la germinación y el buen desarrollo de las raíces al dificultarse el aporte de oxígeno, ocasionando asfixia radicular. Por el contrario, una deficiente humedad del suelo puede producir deshidratación de los tejidos, retraso de crecimiento y menor desarrollo vegetativo y la caída de flores, disminuyendo la producción (Reche, 1997).

En Almería, Fernández et al. (2001) señala para calabacín de invierno, consumos en el entorno de 1350 m³/ha. En cultivos de primavera pueden ser normales consumos de 3500 m³/ha (trasplante marzo y final de recolección principios de julio) (Estación Experimental Las Palmerillas, 2005). El consumo obtenido por Contreras et al. (2016) en cultivo de trasplante en enero y final de recolección en junio estuvo entre 2720 y 3860 m³/ha en función de las consignas de riego, con un valor de 3170 m³/ha regando según la evapotranspiración. Kemble (2005) da un consumo mínimo de 1854 m³/ha al aire libre en California. En cuanto al consumo diario, Rouphael y Colla (2005) encontraron en ciclo de primavera – verano que estaba entre 0.9 y 4.3 L/planta.día.

En el caso de regar teniendo en cuenta la evapotranspiración, Allen et al. (1998) para calabacines trasplantados en la zona mediterránea en junio y con un ciclo de 120 días, señalaron un coeficiente de cultivo inicial ($K_{c\text{ini}}$) de 0.5 (durante 25 días), subiendo hasta 0.95 ($K_{c\text{max}}$) (desde el día 25 hasta el 60) que se mantendría hasta el día 95. Finalmente, el K_c final ($K_{c\text{end}}$) sería 0.75 hasta el fin de cultivo. Fernández et al. (2001) para calabacín entutorado en invernadero señaló un $K_{c\text{ini}}$ de 0.2 y un $K_{c\text{max}}$ de 1.1. Dukes et al. (2018) para calabacín con acolchado da 4 estados con sus correspondientes K_c : K_c 0.3 (planta pequeña, primeras 2 semanas); K_c 0.55 (crecimiento, 3^a y 4^a semana); K_c 0,9 (plena producción, 5^a a 9^a semana); K_c 0.8 (final producción, 10^a semana).

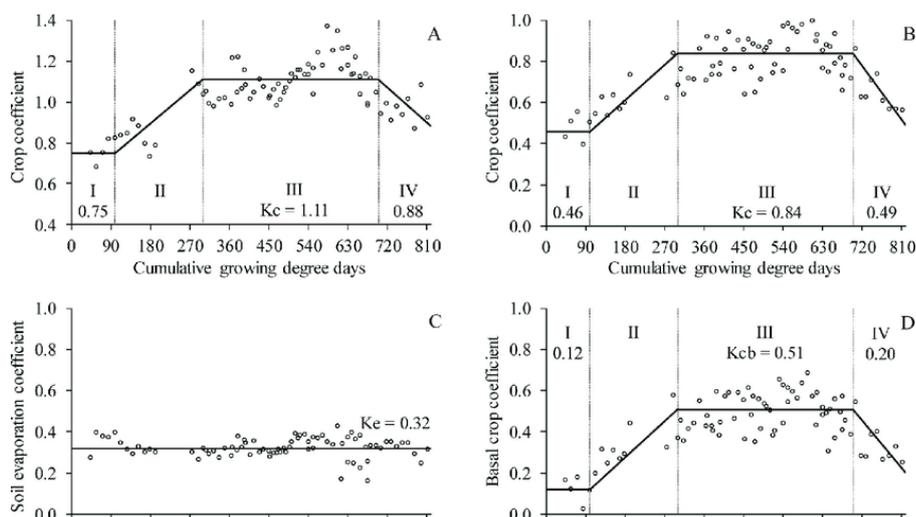


Figura 10: Coeficientes de cultivo con acolchado (A), sin acolchado (B), Coeficiente de evaporación y coeficiente basal de cultivo. EL acolchado era papel reciclado (B). (Oliveira et al, 2020)

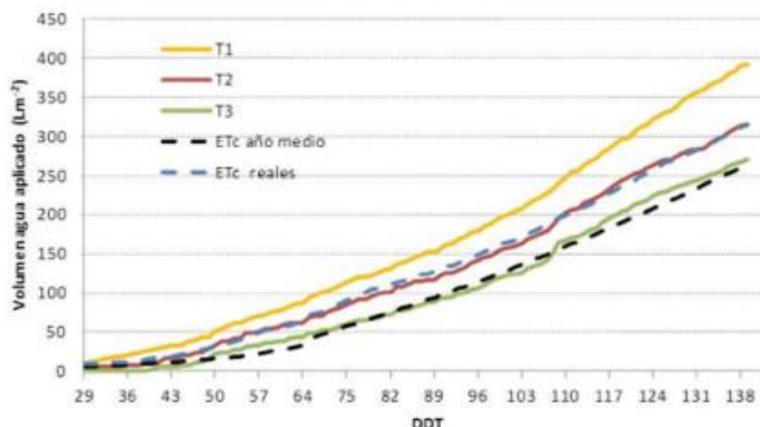


Figura 10: Volúmenes de agua aportados estimados por tratamiento (T1; consigna de riego 10 kPa; T2: consigna de riego 25 kPa; T3: consigna de riego 40 kPa). Se muestra el valor aplicado en función de la ETC observada. Ciclo de primavera - verano calabacín en invernadero (adaptado de Contreras et al., 2016).

Contreras et al. (2016) ensayando diferentes consignas de arranque de riego en función de los tensiómetros, encontraron que el valor con mejores características agronómicas (producción vs. consumo de agua) fue de 25 kPa (25 cbar). Con una consigna de 10 kPa (10 cbar) se consiguió una producción algo más alta, con mayor peso del fruto pero mismo número por planta. Trabajando a 40 kPa (40 cbar) se disminuyó tanto el nº de frutos por planta como su peso (fig 10).

8.2 Fertilización

Se considera que el calabacín es un cultivo de altas necesidades de nutrientes por la alta cantidad de biomasa que produce en un periodo relativamente corto. (López, 2016, Martinetti y Paganini, 2006). La nutrición es una parte importante en el manejo del cultivo ya que cambiándola se puede manipular la relación entre flores pistiladas y estaminadas. Por otro lado, el manejo de la nutrición va a depender de la fertilidad del suelo, clima, y por ello se hace imprescindible el análisis previo tanto de suelo como de agua (Castilla, 2005).

Con respecto a las extracciones, tenemos varias referencias, con datos bastante variables en lo referido al nitrógeno y al potasio.

Tabla 3: Extracciones de cultivo

Referencia	Producción	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	kg/m ²	kg/t		
Reche (1997)	8 - 10	2,0 – 2,8	1,0 - 1,6	2,5 - 3,75
Mompó y Pomares (2010)	2.5	3 - 4	1.3 – 1.6	4.5 -6.4
Cortés (2003)	----	3.5 – 4.5	0,2 – 0,8	4,0 – 6,0
Martinetti y Paganini (2006)	4,77	4.15	0.8	8.8
Contreras et al. (2018)	14,19	2.55	0,85	4,67

También existen varios datos de dosis orientativas. En la tabla siguiente, se presentan tres recomendaciones y un resultado experimental (Contreras et al, 2018).

Tabla 4: Dosis orientativas de nutrientes

Referencia	Producción	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	kg/m ²	kg/ha		
Ramos y Pomares (2010)	5 - 6	200 – 250	60 – 80	220 - 300
Haifa (2018)	8 - 10	200 – 225	100 - 125	300 - 350
López (2016)	8 - 10	200 - 225	100 - 125	250 - 350
Contreras et al (2018)	14.9	380	126	686

Con respecto a la evolución de las necesidades de fertilizantes, Segura et al. (2017) encontraron que las mayores velocidades de absorción estuvieron entre los 105 y 125 días para el N y el P, mientras que para el K, Ca y Mg estuvieron entre los 39 y 62 días. El N y el K mostraron un comportamiento casi lineal desde los 39 hasta los 105 dtt (esto supondría absorción casi constante de 4.5 mg/m².día de N y de 0.7 mg/m².día de P) (fig 11). Ríos y Santos (2007) señalan dos fases en la fertirrigación para calabacín, desde trasplante hasta cuajado, un equilibrio 1:1.2:0.4:0.9(CaO), con un aporte medio de 0.5 g/L de abono. Durante la recolección, el equilibrio cambia a 1:0.4:0.7:0.6 (CaO)., subiendo los aportes a 0.6 - 0.7 g/L de abono.

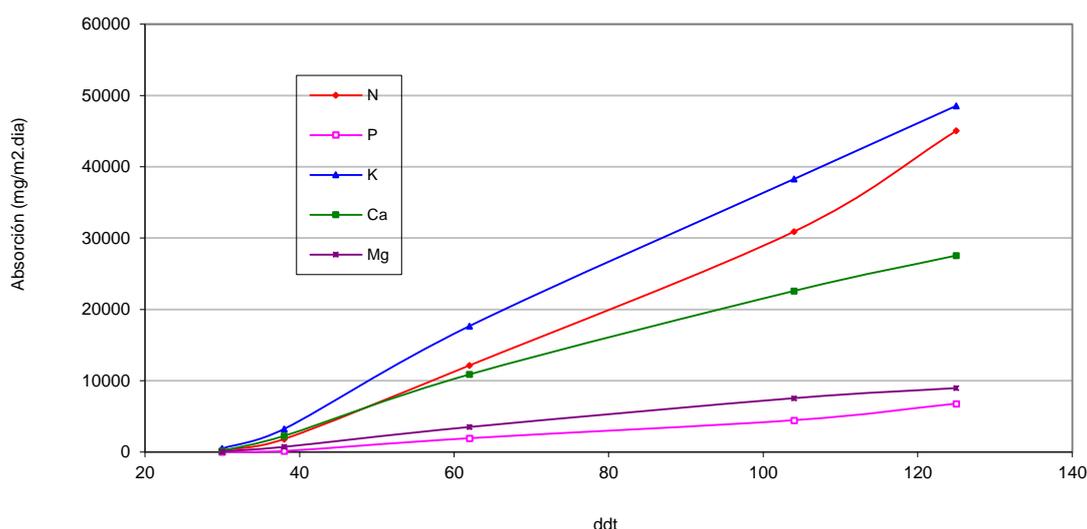


Figura 11: Absorción de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio a lo largo del ciclo de cultivo en calabacín en invernadero (adaptado de Segura et al., 2017).

Casas y Casas (1999) también dan pautas de fertirrigación, pero basadas en los niveles en el extracto saturado. En el caso de los nitratos, se comienzan con valores en torno a los 6 meq/L para ir subiendo a 8-9 meq/L. La relación N/K se mantiene al principio del cultivo en 3, disminuyendo en invierno a 2.5. Los valores de potasio al principio del cultivo están en el entorno de 2.0 meq/L, que se irán subiendo hasta 3.0-3.3 meq/L en producción. Se considera niveles claramente deficitarios los valores inferiores a 1 meq/L. Los valores de calcio óptimos estarían en el entorno de 8-10 meq/L, con una relación K/Ca en el entorno de 0.25 al principio, yendo luego a valores entre 0.3 y 0.35.

En cultivo sin suelo, hay varias referencias con las concentraciones para calabacín (tabla 5):

Tabla 5: Soluciones nutritivas en calabacín

Referencia	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	CE
	mmol/L					dS/m
Sonnenveld y Straver (1994)	16	1.25	7.25	3.63	2.0	2.2
Reche (1997)	14	1.5	6	5	2	2.3
Cortés (2003)	10 -12.5	1.5 – 1.8	7 - 8	3 - 4	2.0 -2.5	---
Combrick (2019)	13	1.0	5.5	3.5	1.5	1.7
Contreras et al (2018)	12	1.5	6.5	4.5	1.5	---

Meca et al. (2008) compararon el desarrollo de un cultivo de calabacín en ciclo de otoño invierno con fertirrigación estándar contra un programa compatible con Agricultura Ecológica, con una aportación en fondo de 2.5 kg/m² de compost de restos vegetales, 47 g/m² de Patent P-K (0-2-15-5(MgO)-19(CaO)), 47 g/m² de harina de sangre y 105 g/m² de azufre como corrector de basicidad. En cobertera se aplicaron 25 g/m² de sulfato potásico de mina y 38.5 g/m² de abono comercial a base de hemoglobina (14.3%N) a partir de la 7^a semana de cultivo. Esta abonada se aportó con la aplicación de *Trichoderma* y sin ella. Se encontró que si bien la producción en kg/m² fue superior en el tratamiento con fertirrigación estándar, el tratamiento en unidades recolectadas/m² fue similar comparado con el tratamiento ecológico con la adición de *Trichoderma*. La calidad en todos los casos fue similar.

A la hora de controlar la fertilización y para evitar algunas fisiopatías, suele ser necesario tomar muestras foliares para hacer un seguimiento, bien por sospechar de algún desequilibrio o para confirmar una buena programación de la fertilización. Casas y Casas (1999) señalan que en este cultivo no es frecuente encontrar sintomatologías claras de problemas nutricionales por lo que pueden ser especialmente importantes los análisis foliares. Estos autores obtuvieron unos valores para toma de hojas, tomando 10 - 15 hojas, eligiendo la quinta hoja empezando por arriba (Limbo y peciolo) que se presentan en la tabla 6.

Tabla 6: Valores de referencia en análisis foliares en calabacín (Casas y Casas, 1999)

Elemento	Deficiente	Normal	Excesivo
N (%)	< 2.7	4.5 – 5.3	---
P (%)	< 0.4	0.6 – 0.7	> 0.8
K (%)	< 3.35	4.5 – 5.8	---
Ca (%)	< 1.0	1.2 – 1.8	---
Mg (%)	< 0.2	0.42 – 0.65	---
S (%)	---	0.3	---
Na (%)	---	<0.10	---
Fe (ppm)	< 50	>80	---
Mn (ppm)	25	>60	---
Cu (ppm)	3	10	---
Zn (ppm)	20	>35	---
B (ppm)	25	>30	---

*: Valores variables en función de ciclo de primavera o de invierno

8. Recolección, comercialización y Postcosecha

8.1 Recolección

El inicio de la recolección del calabacín varía en función del ciclo de cultivo y de la variedad utilizada. Lo normal es que comience a los 30-40 días tras la nascencia. En cultivos en invernadero puede adelantarse a los 30 días, mientras que en cultivos al aire libre lo hace a los 65 días (Reche, 1997). López (2016) sitúa el comienzo de la recolección entre 45 y 65 días para aire libre. Meca (2016b) da un intervalo de entre 25 y 55 días en función de la temperatura y el cultivar. El periodo de recolección depende, igualmente, de la fecha de siembra, de la climatología y de las exigencias del mercado de destino. Por lo general, tiene una duración entre 2 y 3 meses dependiendo de la época de siembra.

Los frutos de calabacín se desarrollan rápidamente y se deben recolectar frescos antes de alcanzar la madurez fisiológica. La frecuencia de recolección varía entre 2-3 días en plena producción en función principalmente de la meteorología, fundamentalmente temperatura y radiación (en nuestras condiciones en primavera-verano se puede llegar a recolectar de forma diaria), aunque el tipo varietal también influye (López, 2016). Actualmente, existe la tendencia de adelantar el momento de corte para recolectar frutos con las flores adheridas, lo que exige una comercialización más rápida. Retrasar el corte, por el contrario, da lugar a frutos no comerciales, grandes, duros y con demasiadas semillas.

La recolección se realiza manualmente, con la ayuda de un cuchillo afilado, cortando el fruto por el pedúnculo, dejando 1-3 cm de éste unido al fruto. El corte debe ser limpio y realizarse con cuidado para no dañar la delicada piel del calabacín, con la intención de prolongar su vida útil y evitar producir heridas que mermen la postcosecha. Para evitar dañar la piel, se recomienda el uso de envases forrados con un peso máximo de 15 kg. Si es posible solo se pondrán los calabacines en capas simples.

8.2 Criterios de clasificación

En general, el calabacín, al recolectarse inmaduro debe manipularse muy cuidadosamente, ya que es muy fácil dañar su delgada piel. Los daños de manipulado en la corteza bajan el valor comercial de la fruta, disminuyen la vida en postcosecha y pueden ser la entrada de enfermedades (Robinson y Decker, 2004).

Los calibres óptimos varían en función de las preferencias de los mercados, los más comerciales son aquellos que tienen entre 15-25 cm de largo y 4-6 cm de diámetro, con un peso entre 200 y 250 gramos (López, 2016). En Estados Unidos, el tamaño óptimo para zucchini es de 12.5 a 15 cm (Robinson y Decker, 2004). Los frutos de menor tamaño son también muy apreciados por los consumidores: en Gran Canaria, los calabacines comerciales suelen tener un tamaño bastante pequeño, recolectándose prácticamente con la flor sin marchitar. En Tenerife, los calabacines se recolectan con un tamaño algo más grande, casi llegando a los 400 – 450 g/pieza. El peso normal para exportación suele estar entre 150 y 200 g/pieza.

Normalmente el calabacín se envasa en cajas de cartón en posición horizontal, de 5 a 10 kg, observándose material envuelto en plástico termosellado como los pepinos y en bandejas de polipropileno de 600-800 g/bandeja (MERCASA, 2009).

La calidad de la producción se valora en función de características principalmente de aspecto (firmeza, brillo, uniformidad de tamaño, tamaño de la cicatriz pistilar) y algo menos a la calidad organoléptica, buscando sabor neutro o ligeramente dulce (Lopez (2016).

En el Reglamento CE 1757/2003 se establecen tres categorías de clasificación para los calabacines:

- Extra: calabacines bien formados, provistos de un pedúnculo con corte limpio y de 3 cm longitud como máximo. Deben presentar todas las características propias de la variedad y carecer de defectos.
- I: calabacines de buena calidad que presenten todas las características propias de la variedad. Pueden presentar defectos leves como ligeras malformaciones y defectos de la epidermis, siempre que no afecten a la carne del fruto.
- II: calabacines que no puedan clasificarse en las categorías superiores pero que conservan sus características esenciales de calidad, conservación y presentación. Pueden tener defectos de malformación y coloración, ligeras que maduras de sol y defectos de la epidermis, siempre que no afecten a la carne del fruto.

Asimismo la normativa señala como criterios de calibrado (no aplicables a minicalabacines, calabacines redondos y tipo “marrow”) que se podrá hacer por:

- Longitud: En caso de calibrado por la longitud el mínimo establecido es de 7 cm y el máximo de 35 cm (medidos entre el punto de unión con el pedúnculo y el extremo de la corola del fruto). Tendríamos 3 categorías (7-14 cm, 14-21 cm y 21-35 cm).
- Por el peso: En caso de calibrado por el peso el mínimo establecido es de 50 g y el máximo es de 450 g, con la siguiente escala (50-100 g, 100-225 g y 225 a 450 g).

Domene y Segura (2014) y MERCASA (2009) señalan como calibres más normales en calabacín, los siguientes, que no coinciden exactamente con la norma antes citada: P: Largo entre 7 y 14 cm; M: Largo entre 14 y 21 cm y G: Largo entre 21 y 30 cm. En algunos casos, con los calibres arriba citados, comenta que el calibre M se suele separar en 14-18 cm y en 18-21 cm, siendo el de menor tamaño el más buscado. El calibre G es el menos comercial.

8.3 Conservación en postcosecha

Es uno de los productos en no se recomienda prerrefrigeración. Tanto en el caso de manipulación manual como en máquina, el proceso debe ser rápido.

Los frutos pueden conservarse durante unos 10 días, a temperaturas entre 5 y 10°C y alta humedad relativa (95%). Tras 10 – 15 días ya aparecen cribados y manchas pardas en la piel de los frutos que pierden textura y turgencia (López, 2016). En algunos casos, los síntomas de pérdida de textura y turgencia aparecen cuando sólo hay un 6% de pérdida de peso (Robinson y Decker, 2004). Estos autores señalan como parámetros climáticos para conservar los calabacines, temperaturas entre 12 y 13°C y humedades entre el 85 y el 95%. Al ser frutos inmaduros no se debería bajar de 5-7°C ni subir de 12-15°C. Manteniendo el producto a 8-12°C y un 90% de humedad es de esperar una conservación de 15 – 20 días.

Cuando la temperatura baja de 5°C, el fruto sufre daños por frío (“Chilling”) depreciándose comercialmente al aparecer antes los síntomas citados arriban (López, 2016). Algunos cultivares tienen una sensibilidad varietal más acusada a daños por frío y pérdida de turgencia que otros (Robinson y Decker, 2004).,

Las atmósferas modificadas no parecen incrementar la duración del periodo de conservación en postcosecha. En algunos casos, la pérdida de intensidad del color verde en cultivares oscuros parece estar asociada a la presencia de niveles bajos de etileno (López, 2016).

9. Accidentes y Fisiopatías

9.1 Plateado

Tras los ataques de *Bemisia tabaci* (en concreto al biotipo B (Santos et al., 2016), el crecimiento de la planta se detiene y los limbos de las hojas se vuelven plateados con pequeñas manchas que pueden llegar a cubrir la hoja por completo, los frutos por su parte no crecen y adquieren un color verde claro. Todo ello parece estar motivado por la presencia de un factor toxicogénico introducido en la planta por las ninfas de dicho insecto durante su alimentación (Reche, 1996).

9.2 Frutos “chupados”

El síntoma de este problema consiste en que los frutos que no se forman uniformemente, cuyo extremo apical no se desarrolla. Es el resultado de someter al cultivo a estrés hídrico y a condiciones ambientales adversas de temperatura y humedad relativa que provoquen el cierre de los estomas (Temperaturas muy altas con humedades bajas o Temperaturas bajas (10-15°C) y humedades altas) (Meca, 2016b). Existe un componente varietal importante.

También puede ser causa de una reacción de la planta a determinados tratamientos fitosanitarios (Cortés, 2003) y en algunos casos a aplicaciones deficientes de fitohormonas de cuajado o a problemas con polinizadores naturales (Cortés, 2003, Gázquez et al., 2006)

Valores bajos de potasio y boro pueden inducir problemas de “chupado” en frutos (Casas y Casas, 1999).

9.3 Anieblado o ennieblado

Esta es una fisiopatía común en todas las cucurbitáceas. Los frutos recién cuajados detienen su desarrollo, amarillean, se arrugan y finalmente son abortados. Se puede deber a la falta de vigor vegetativo, al agotamiento de la planta o por reacción a determinados tratamientos fitosanitarios. Cortes (2003) señala que este problema puede deberse también a cambios bruscos de temperatura y humedad o carencias puntuales de nutrientes en el momento de la fructificación. Meca (2016^a) señala que suelen aparecer en invernadero tras días con baja radiación y alta humedad relativa.

9.4 Carencia de calcio

El otro problema que puede tener un síntoma en fruto muy parecido al anieblado o a frutos chupados es la carencia de calcio (en inglés blossom end rot). Tiene las mismas causas que la misma fisiopatía en tomate o en pimiento: normalmente es una carencia de calcio en los momentos iniciales de la formación del fruto que hace que las paredes celulares. Esta carencia, en la inmensa mayoría de los casos está debida a la naturaleza del movimiento de calcio en la planta, de forma pasiva, de la misma forma que el agua. En momentos de muy alta demanda evaporativa, el calcio se acumula en los órganos de la planta con más estomas (hojas desarrolladas) y no en las pequeñas frutas en crecimiento.

Para evitar las carencias de calcio, debe realizarse un manejo adecuado del riego y la fertilización, similar a lo explicado en otros cultivos como el tomate.

Puede ser complicado determinar en algunos casos a que se deben los problemas en fruta recién cuajada (anieblado o carencia de calcio) tanto más cuanto algunos de los factores desencadenantes pueden ser los mismos.

9.5 Cogollos partidos

El exceso de vigor puede hacer colapsar a la planta, que se parte transversalmente por la parte alta de la misma dando por finalizado su desarrollo (Reche, 1997).

9.6 Frutos curvados

Debido a un mal cuajado de los frutos, estos pueden doblarse por el centro adquiriendo una forma curva que no los hace aptos para la comercialización. (Wehner, 1996). En el caso de los zucchini, cuando se dejan los frutos sin coger en su momento, éstos siguen creciendo de forma longitudinal, curvándose.

9.7 Floración femenina precoz

En condiciones de bajas temperaturas al principio del cultivo, la formación de flores masculinas se ve inhibido frente al de femeninas. Cuando estas flores femeninas abren, no hay polen disponible y falla el cuaje de la fruta. El problema suele ser más grave en calabacines más tempranos (Wien, 1997).

9.8 Flores pegadas

En algunas condiciones, la corola de la flor no se despega correctamente del fruto quedándose unida. Esta flor debe eliminarse en el envasado, lo que puede causar heridas y los consiguientes problemas en postcosecha. Asimismo puede favorecer la entrada de problemas de pudriciones por esa flor. Este problema parece ser prevalente en condiciones de altas temperaturas. Parece tener un carácter varietal, por lo que es un carácter no deseable en selección.

10. Una introducción a los costes

Como casi todos los cultivos hortícolas de primor, el principal componente de los costes de producción es la mano de obra como se observa en la tabla 7 y o, donde se presentan los resultados de una encuesta de costes en explotaciones canarias en 2019-2020 y en explotaciones andaluzas en 2016:

Tabla 7: Costes producción calabacín en Canarias campaña 2019 - 2020 (ISTAC, 2023)

Partida		Coste (€/ha y ciclo)
Costes directos medios		13.590,68
Insumos	Plantas	1.230,00
	Fertilizantes	1.575,00
	Productos fitosanitarios (y/o lucha integrada)	1.382,42
	Agua	1.312,50
	Otros (material auxiliar, combustible,...)	796,25
	Total insumos	6.296,18
	Mano de obra	6.625,00
	Seguro agrario	669,50
Costes indirectos medios		5.906,78
Amortizaciones	Preparación del terreno	164,69
	Invernadero	2.841,56
	Instalación de riego	280,00
	Estanque y cuarto de riego	513,92
	Rentas de la tierra	833,33
	Otras (maquinaria, vehículos,...)	1.273,28
	TOTAL	19.497,46

Coste : 1,95 €/m² y ciclo Rendimiento medio: 6,50 kg/m²

COSTE MEDIO DE PRODUCCIÓN: 0,30 €/kg

Tabla 8: Resultados encuesta a explotaciones de calabacín en invernadero en Andalucía (MAPA, 2016)

	€/ha	€/kg*	%	
Costes directos	13,153.93 €	0.19 €	33.9	coste producción
Material vegetal	1,145.26 €	0.02 €	8.7	de costes directos
Fertilizantes	2,597.51 €	0.04 €	19.7	de costes directos
Fitosanitarios	3,880.74 €	0.06 €	29.5	de costes directos
Otros	2,208.37 €	0.03 €	16.8	de costes directos
Carburantes y lubricantes	1,801.72 €	0.03 €	13.7	de costes directos
Trabajos contratados	856.03 €	0.01 €	6.5	de costes directos
Reparaciones y repuestos	664.30 €	0.01 €	5.1	de costes directos
Mano de obra	12,779.30 €	0.19 €	32.9	coste producción
Costes indirectos**	7,600.20 €	0.11 €	19.6	coste producción
Amortizaciones	1,524.31 €	0.02 €	3.9	coste producción
Otros costes indirectos***	5,305.38 €	0.08 €	13.7	coste producción
Coste producción	38,838.81 €/ha	0.57 €/kg		

*: Producción media: 68321 kg/ha

**: (Seguros, gastos financieros, impuestos, etc.)

***: (renta tierra, MO familiar, etc)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Afonso, D.; N. Castro, A.J. González, R. Lorenzo, C.E. Medina, A.F. Monterrey, M.E. Morera, D.J. Ríos y C. Tascón. 2012. **Variedades agrícolas tradicionales de Tenerife y La Palma**. ASAGA-AGRICOMAC. S/C de Tenerife. 138 p.
- Afonso, D. y González, I. 2013. **Polinización manual en calabazas y bubangos. Aspectos a tener en cuenta para la obtención de semillas**. Centro para la Conservación de la Biodiversidad Agrícola de Tenerife. Servicio de Agricultura y Desarrollo Rural. 5 p.
- Allen, R.G.; Pereira, L.S.; Raes, D. y Smith. M. 1998. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. FAO irrigation and drainage paper 56. FAO. Roma. 300 p.
- Ayers, R.S. y Westcot, D.W. 1994. **Water quality for agriculture**. FAO Irrigation and drainage paper. 29. Rev. 1 FAO Roma.

- Casas, A. y Casas, E. 1999. **El análisis de suelo – agua – planta y su aplicación a la nutrición de los cultivos hortícolas en la zona del sureste peninsular**. Caja Rural de Almería. Almería. 250 p.
- Contreras, J.I.; Alonso, F.; Cánovas, G. y Baeza, R. 2016. **Irrigation management of greenhouse zucchini with different soil matric potential level. Agronomic and environmental effects**. *Agricultural Water Management*, 183: 26-34
- Contreras, J.I.; Baeza, B.; Cánovas, G. y Alonso, F. 2018. **Fertirrigación del cultivo de calabacín en invernadero: influencia sobre el desarrollo vegetativo y la absorción de nutrientes**. XLVIII Seminario de Técnicos y Especialistas en Horticultura. Santander. 11- 14 junio 2018.
- Castilla, N. 2005. **Invernaderos de plástico. Tecnología y manejo**. Mundi-Prensa. Madrid. 457 p.
- Comunidad Europea. 2018. **Plant variety database**. Disponible en línea en: http://ec.europa.eu/food/plant/plant_propagation_material/plant_variety_catalogues_databases/search/public/index.cfm
- Cortés, M^a.M. 2003. **El cultivo protegido del calabacín**. p. 725-738. En: Camacho, F. (Coord.). *Técnicas de producción en cultivos protegidos*. Tomo 2 de 2. Instituto Cajamar. Almería. 776 p.
- Domene, M.A. y M. Segura. 2014. **Parámetros de calidad externa en la industria agroalimentaria**. Fichas de Transferencia nº3. Disponible en línea en: <http://www.fundacioncajamar.es/pdf/bd/comun/transferencia/003-calidad-externa-1401191044.pdf>
- Doyle, A.; Smittle, W.; Lamar, D y Hayes, M.J. 1992. **An irrigation scheduling model for summer squash**. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 117(5): 717-720.
- Dukes, M.D.; Zotarelli, L.; Liu, G.D. y Simone, E.H. 2018. **Principles and practices of irrigation management for vegetables**. IFAS Extension. University of Florida AE260. Disponible en línea en: <http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/CV/CV10700.pdf>
- Estación Experimental Las Palmerillas. 2005. **Dosis de riego para los cultivos hortícolas bajo invernadero en Almería**. 2^a Edición. Serie Innovación. CAJAMAR. Disponible en línea en: <http://www.publicacionescajamar.es/pdf/series-tematicas/centros-experimentales-las-palmerillas/dosis-de-riego-para-los-cultivos.pdf>
- Fernández, M^a D., F. Orgaz, E. Fereres, J.C. López, A. Céspedes, J. Pérez, S. Bonachela y M. Gallardo. 2001. **Programación del riego de cultivos hortícolas bajo invernadero en el sudeste español**. Cajamar. Almería. 71 p.
- García, M^a.C.; Ruiz, L.; Simón, A.; Martínez, A. y Janssen, D. 2014. **Resistencia a virus de los cultivares de calabacín**. En: Fraile, A. y P. Hoyos (coord). XLIV Seminario de Técnicos y Especialistas en Horticultura. Sevilla. Andalucía. 2014. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. En Prensa
- Gázquez, J. Meca, D. y Toledo, E.M. 2005. **Ensayo de productos bioestimulantes de fructificación del calabacín en ciclo de otoño. Campaña 2001 – 2002**. p. 53-59. En: Martín, M. XXXIII Seminario de Técnicos y Especialistas en Horticultura. Badajoz. 2004. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid. 510 p.
- Gázquez, J. Meca, D. y Serrano M^a M. 2006. **Comparación entre polinización con abejorro (*Bombus terrestris*) y bioestimulantes en calabacín en invernadero. Ciclo temprano de otoño. Campaña 2004/2005**. p. 77-84. En: Martín, M. XXXV Seminario de Técnicos y Especialistas en Horticultura. Santiago de Compostela. 2005. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid. 414 p.
- Gázquez, J.C.; Meca, D., Martínez, E.M., Segura, M^a.D. y Soler, A. 2007. **Comparación entre polinización con abeja (*Apis mellifera*) y bioestimulantes en calabacín en invernadero. Primavera 2005**. p. 125-132. En: Martín, M. XXXVI Seminario de Técnicos y Especialistas en Horticultura. Ibiza. 2006. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid. 414 p.
- Gázquez, J.C, Meca, D., López, J.C., Baeza, E, Pérez-Parra, J. y Acedo J. 2009. **Ensayo de cultivares de calabacín bajo control integrado con polinización mediante *Bombus terrestris* en invernadero**. *Actas de Horticultura*, 54: 481-486.
- Gázquez, J.C.; Meca, D.; Martínez, E.M. y Segura, M.D. 2011. **Polinizadores naturales frente a fitorreguladores y bioestimulantes para el cuajado del calabacín**. *Vida Rural*, 326: 32-38
- Idso, S.B. 1982. **Non-water-stressed baselines: a key to measuring and interpreting plant water stress**. *Agricultural Meteorology*, 27: 59-70.
- Kemble, J.M.; Sikora, E.J.; Patterson, M.G.; Zehnder, G.W. y Bauske, E.W. 2005. **Guide to commercial summer squash production**. Alabama Cooperative Extension System ANR 101. Disponible en línea en: <http://www.aces.edu/pubs/docs/A/ANR-1014/ANR-1014.pdf>
- López, J. 2016. **Calabacín**. p. 525-623. En: Maroto, J.V. y Bauxauli, C. (Coord.). *Cultivos hortícolas al aire libre*. CAJAMAR Caja Rural. Almería. 786 p.
- Lust, T.A. y Paris, H.S. 2016. **Italian horticultural and culinary records of summer squash (*Cucurbita pepo*, Cucurbitaceae) and emergence of the zucchini in 19th-century Milan**. *Annals of Botany*, 118(1): 53-69

- Maleno, S. 2016 **La abeja, polinizador de cultivos**. Jornada sobre polinización en la producción agraria. Red Rural Nacional. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Disponible en línea en: <https://www.redruralnacional.es/documents/10182/305245/Experiencia+pr%C3%A1ctica+en+polinizaci%C3%B3n+Sergio+Maleno/94ce9a3c-234b-467c-86ad-43cb58993958>
- Marín, J. 2021. **Vademecum de semillas. Portagrano. Variedades hortícolas**. Jose Marín Rodríguez. Almería. 477 p.
- Martinetti, L. y Paganini, F. 2006. **Effect of organic and mineral fertilisation on yield and quality of zucchini**. Acta Horticulturae, 700: 125-128.
- Maughan, T.; Drost, D. y Niel Allen, L. 2015. **Vegetable irrigation: squash and pumpkin**. Horticulture/Vegetables/2015/4. Extension Utah State University. Disponible en línea en: https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1744&context=extension_curall
- Maynard, L. 2007. **Cucurbit crop growth and development**. Indiana Certified Crop Advisor Conference Proceedings. Disponible en línea en: <https://www.agry.purdue.edu/CCA/2007/LizMaynard.html>
- Meca, D.; Gázquez, J.C.; Guerrero, L.; Zamora, L.; Arévalo, A. y Ramos, A. 2008. **Evaluación de un cultivo de calabacín en invernadero ecológico vs. convencional**. Libro de Actas del VIII CONGRESO SEAE sobre "Cambio climático, biodiversidad y desarrollo rural sostenible". Bullas (Murcia). 16 - 20 de septiembre 2008. Disponible en línea en: https://www.agroecologia.net/recursos/publicaciones/publicaciones-online/2009/eventos-seae/cds/congresos/actas-bullas/seae_bullas/verd/posters/pv6.html
- Meca, D.; Gázquez, J.C.; Guerrero, L.; Zamora, L.; Arévalo, A. y Ramos, R. 2009. **Evaluación de una rotación de cultivos ecológicos en invernadero**. p 953-970. En: Martín, M., Gázquez, J.C.; Hoyos, P.; Muñoz, P. y Ríos, D. XXXVII Seminario de Técnicos y Especialistas en Horticultura. Almería. 2006. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid. 1011 p.
- Meca, D. 2016a. **30 años de experiencias de Cajamar en Calabacín**. Jornadas Manejo Calabacín y Pepino. Servicio de Agricultura y Desarrollo Rural. Cabildo de Tenerife. Fundación CAJAMAR. Guía de Isora. 25 febrero 2016. Disponible en línea en: <https://www.cajamar.es/es/agroalimentario/innovacion/formacion/actividades-de-transferencia/ano-2016/manejo-de-calabacin-y-pepino/>
- Meca, D. 2016b. **Aspectos principales para tener éxito en el cultivo de calabacín**. Jornadas Manejo Calabacín y Pepino. Servicio de Agricultura y Desarrollo Rural. Cabildo de Tenerife. Fundación CAJAMAR. Guía de Isora. 25 febrero 2016. Disponible en línea: <https://www.cajamar.es/es/agroalimentario/innovacion/formacion/actividades-de-transferencia/ano-2016/manejo-de-calabacin-y-pepino/>
- MERCASA. 2009. **Calabacín**. En: Guía práctica de frutas y hortalizas. Disponible en línea en: http://www.mercasa.es/files/pdf_productos/Calabacin.pdf
- MERCATENERIFE. 2022. **Calabacín y bubango**. Disponible en línea en: <https://mercatenerife.com/wp-content/uploads/2021/08/2021-Calabacin-y-Bubango.pdf>
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 2022. **Registro de Variedades**. Oficina Española de Variedades Vegetales. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Disponible en línea en: <https://www.mapama.gob.es/app/regVar/index.aspx?id=es&app=variedades>
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 2016. **Resultados técnico-económicos. Cultivos hortícolas. Andalucía, Castilla-La Mancha, Extremadura, Murcia y Comunidad Valenciana**. Estudios de Costes y Rentas de las Explotaciones Agrarias. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Disponible en línea: https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/analisis-y-prospectiva/cultivos_herbaceos_2019_tcm30-629062.pdf
- Nisen, A., Grafiadellis, M., Jiménez, R., La Malfa, G., Martínez-García, P.F., Monteiro, A., Verlodt, H., Villele, O., Zabeltitz, C.H., Denis, J.C., Baudoin, W. & Garnaud, J.C. 1988. **Cultures protegee en climat mediterraneen**. FAO, Roma.
- Nuez, F.; Ruiz, J.J.; Valcarcel, J.V. y Fernández, P. 2000. **Colección de semillas de calabaza del Centro de Conservación y Mejora de la Agrodiversidad Valenciana**. Monografías INIA: Agrícola nº4. INIA. Madrid. 158 p.
- Oliveira, R.; Cunha, F.; Da Silva, G.; Andrade, L.; Morais, C.; Ferreira, P.; Raimundi, F.; Freitas, A.; Souza, C. y Oliveira, R. 2020. **Evapotranspiration and crop coefficients of Italian zucchini cultivated with recycled paper as mulch**. PLOS ONE. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232554>.
- Paris, H.S. 1986. **A proposed subspecific classification of Cucurbita pepo**. Phytologia, 61: 133-138.
- Perez, R., Hoyos, P., Ramos, D.M., Rodríguez, A., Robles, P., Molina, S. y Tena, P. 2009. **Influencia del tiempo entre recolecciones sobre el tamaño y la producción de dos cultivares de calabacín**. p. 115-125. En: Martín, P., Gázquez, J.C., Hoyos, P., Muñoz, P. y Ríos, D. XXXVIII Seminario de Técnicos y Especialistas en Horticultura. Sitges. 2008. Madrid 624 p.

- Ramos, C. Y F. Pomares. 2010. **Abonado de los cultivos hortícolas**. 181 – 192. En: Garcia-Serrano, P., S. Ruano, J. Lloveras, P. Urbano, M. Pérez, J. Ortiz y B.M^a Rodriguez. Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid. 259 p.
- Reche, J. 1997. **Cultivo del calabacín en invernadero**. Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Agrícolas de Almería. 213 p.
- Ríos, D. y Santos, B. 2007. **Abonado simple de los principales cultivos hortícolas del mercado interior**. Curso Riego y Fertirrigación. Colegio de Ingenieros Agrónomos de Centro y Canarias. Delegación de Santa Cruz de Tenerife.
- Robinson, R.W. y Decker, D.S. 2004. **Cucurbits**. Crop Production Science in Horticulture, 6. CABI Publishing. Wallingford. 226 p.
- Roldan, A.S: 2014. **Empleo del abejorro “Bombus terrestris L.” en la polinización de cultivos hortícolas protegidos del sureste español para mejorar la productividad y calidad de la cosecha**. Tesis Doctoral. Universidad de Jaén.
- Rouphael, Y.; Colla, G.; Batistelli, A.; Moscatello, S.; Proietti, S. y Rea, E. 2004. **Yield, water requirement, nutrient uptake and fruit quality of zucchini squash grown in soli and closed soilless culture**. Journal of Horticultural Science and Biotechnology 79(3): 423 -460.
- Rouphael, Y. y Colla, G. 2005. **Radiation and water use efficiencies of greenhouse zucchini squash in relation to different climate parameters**. European Journal of Agronomy. 23. 183-194.
- Rouphael, Y.; Cardarelli, M.; Salerno, A.; Rea, E. y Marucci, A. 2008. **Predicting leaf number of greenhouse zucchini squash using degree days and photosynthetically active radiation**. Acta Horticulturae, 800: 1149-1154
- Sanchez, M. 2017. **Polinización con abejas y abejorros**. XXII Jornadas Técnicas de Apicultura. Lanjarón. Octubre 2017. Disponible en línea en: <https://apinevada.com/media/files/news/ManuelaSanchez.pdf>
- Santos, B.; Ríos, D y Nazco, A.2006. **Climatic conditions in tomato screenhouses in Tenerife (Canary Islands)**. Acta Horticulturae, 719: 215-221.
- Segura, M.L.; Fernández, M.; Llanderal, A.; Baeza, R. y Contreras, J.I. 2017. **Curvas de crecimiento y absorción de nutrientes del cultivo de calabacín en invernadero**. VIII Congreso Ibérico de Ciencias Hortícolas. 7 -10 junio 2017. Coimbra. Portugal
- Sonnenveld, C. y Straver, N. 1994. **Nutrient solutions for vegetables and flowers grown in water or substrates**. Proefstation voor tuinbouw onder glass te Naaldwijk. Serie: Voedingsoplossingen glastuinbouw. 8. Naaldwijk. Países Bajos. 44 p.
- Staub, J.E. y Wehmer, T.C. 1996. **Temperature stress**. p. 66-67. En: Zitter, T.A.; Hopkins, D.L. y Thomas, C.E. Compendium of cucurbit diseases. APS Press. St. Paul. EE.UU. 87 p.
- Wehmer, T.C. 1996. **Pollination problems**. p. 66. En: Zitter, T.A.; Hopkins, D.L. y Thomas, C.E. Compendium of cucurbit diseases. APS Press. St. Paul. EE.UU. 87 p.
- Wien, H. C. 1997. **The Cucurbits: Cucumber, Melon, Squash and Pumpkin**. p. 345- 386. En Wien, H.C. (Ed). **The Physiology of Vegetable Crops**. New York, NY, CAB International.

LA LECHUGA

1. Generalidades

1.1 Origen e historia de la especie

El origen exacto de la lechuga cultivada no es del todo conocido. Aunque algunos autores lo situaban en el próximo oriente, hoy en día los botánicos no se ponen de acuerdo por encontrarse en estado silvestre en la mayor parte de las áreas templadas. Es también una de las plantas de cultivo más antiguo. Existen referencias del inicio de su cultivo 4.500 años antes de Cristo (Ryder, 1999). Aparecen lechugas en forma de tallo en las pinturas de las tumbas del antiguo Egipto (2500 a. C.), como las que actualmente siguen cultivándose en Egipto, muy parecidas a la especie *Lactuca serriola*. Además de los egipcios, la planta fue conocida por las culturas mesopotámicas, los griegos y los romanos, que ya describían 4 tipos diferentes. Todo parece indicar que fueron los romanos quienes la expandieron por Europa. La lechuga llegó a China sobre el 600 d. C. y fue una de las primeras verduras introducidas por Cristóbal Colón en el Nuevo Mundo (Marhuenda y García, 2016).



Figura 1: Evolución de la domesticación de la lechuga (www.tecnologiahorticola.com)

Debido a la antigüedad del cultivo se han llegado a conseguir tipos morfológicos muy distintos y gran número de variedades con claras diferencias entre ellas. Así, los primeros cultivares parece que no formaban cogollo, y la primera evidencia conocida sobre la existencia de lechugas acogolladas tipo repollo fue en 1543. Cabe resaltar la obtención en la década de los 40 de la primera lechuga iceberg, la variedad 'Grandes Lagos', que fue desarrollada por T. W. Whitaker. Esta variedad representó el inicio de la actual industria de ensaladas, dominando el mercado de EEUU hasta hoy en día. Las variedades de lechuga iceberg fueron introducidas en Europa al final de los 60 e inicio de los 70 y representan el núcleo de la producción de lechugas hoy en día, aunque gracias al desarrollo de la industria de las ensaladas preparadas (4ª gama), se han introducido y desarrollado una amplia

gama de tipos de lechuga, con una gran diversidad de formas, texturas y colores, lo que Edward J. Ryder calificó como “The New Salad Crop Revolution”, incorporando además otros cultivos de hoja (Ryder, 1999; Marhuenda y García, 2016)

1.2 Importancia del cultivo a nivel mundial y nacional

La lechuga es una de las hortalizas con mayor importancia. A la hora de consultar las estadísticas, debe tenerse en cuenta que a veces se agrupan con otras especies: por ejemplo, FAO agrupa lechugas y achicorias y endivias. La producción mundial en 2020 fue de unos 28 millones de toneladas. En la figura 2 se observa un aumento de la producción mundial de lechuga en los últimos años. El principal productor mundial es China, con 14.32 millones de toneladas (Mt), seguido de Estados Unidos, con 4,68 Mt, India con 1.1 Mt, 1.14 Mt y España con 0.92 Mt. El principal exportador mundial es España con 449 millones de dólares, seguido de EEUU con 447 millones de dólares y Méjico con 281 millones. Entre los tres países se reparten el 60% de las exportaciones mundiales (www.tridge.com, 2022). En la figura 3 se presentan los principales flujos mundiales de exportación del producto.

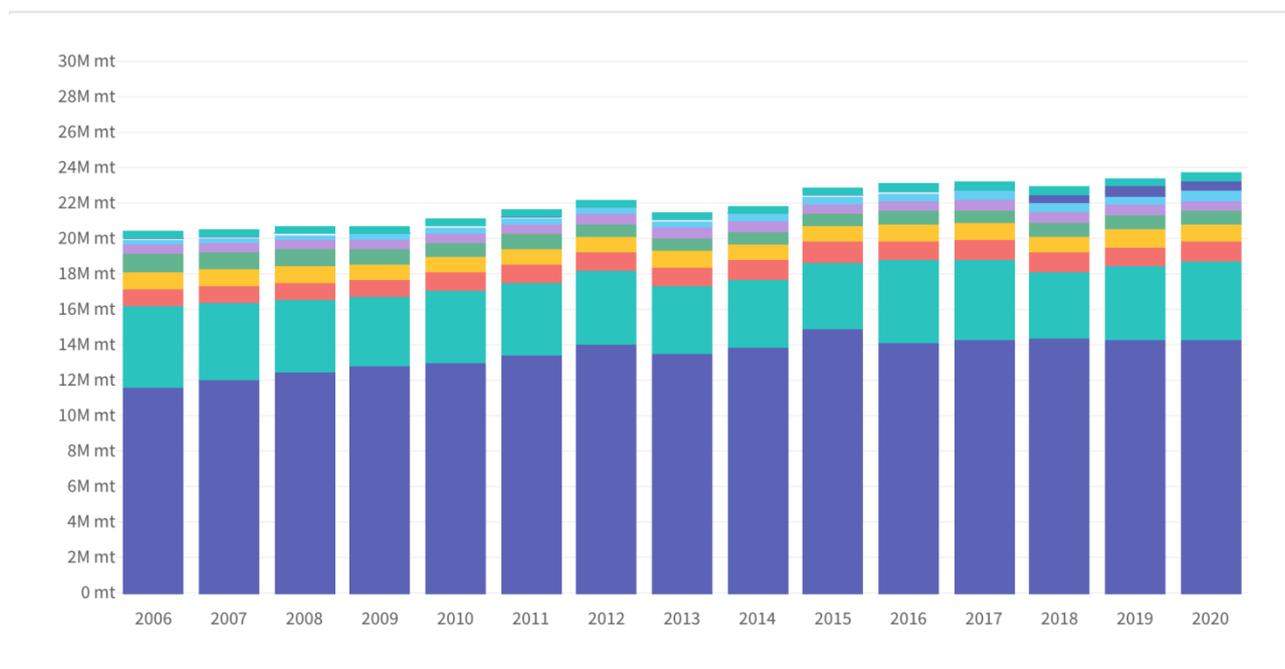


Figura 2: Producción mundial de lechuga y achicoria millones de toneladas en el periodo 2006 – 2020 (de abajo arriba; China, Estados Unidos, India, España, Italia, Japón, Méjico, Bélgica, Turquía y Francia (www.tridge.com))

En 2021, España tenía 34150 ha cultivadas y una producción de 1063775 t. De ellas, Murcia tenía 15836 ha, Andalucía con 10465 ha (con 9991 ha entre Granada y Almería), la Comunidad Valenciana con 1966 ha (1120 ha en Alicante), Castilla La Mancha, con 1743 ha (Albacete con 1120 ha) y Canarias con 1173 ha (MAPA, 2022a). La mayor parte de la superficie de Murcia y su zona de influencia (Andalucía Oriental, Alicante y Albacete) se destina a la exportación, al ser la única zona de Europa donde se pueden producir lechugas al aire libre en invierno, con un claro predominio de la lechuga tipo Iceberg. El resto de la superficie se destina al mercado interior, principalmente, adaptándose a las preferencias de los consumidores locales.

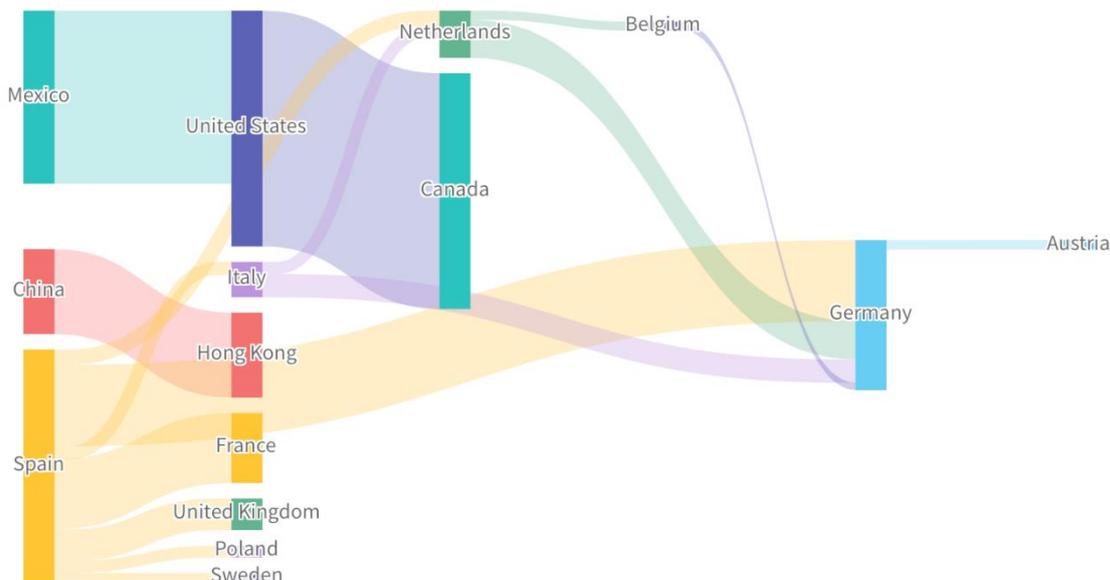


Figura 3: Principales flujos mundiales de exportación de lechuga (www.tridge.com)

Una parte significativa de la producción de lechugas está destinada a la industria de ensaladas preparada (4ª gama), un sector que se ha desarrollado considerablemente, sobre todo en países como el Reino Unido, donde la lechuga para consumo en fresco ha quedado relegada a un segundo lugar. El gran crecimiento del mercado de las ensaladas preparadas desde su aparición en los 80, ha promovido el desarrollo de nuevos tipos y variedades de lechugas y otros cultivos de hoja, la introducción de las baby leaf, con un mayor valor añadido y el desarrollo de nuevos tipos como las lechugas Multileaf. Este desarrollo ha dado cierta estabilidad al mercado, por la creciente demanda. Reino Unido es el mayor mercado, seguido por el italiano, holandés y francés. España es un mercado menos desarrollado que los anteriores, aunque crece a buen ritmo, alcanzando las 90.000 t anuales de producción (Marhuenda y García, 2016).

1.4 Producción en Canarias

En Canarias hay una producción de lechuga continua, que abastece casi el 100% del mercado interior durante todo el año (Mercatenerife, 2018). Debido a la corta vida en postcosecha, las preferencias varietales y las barreras fitosanitarias, la importación desde la Península es nula, salvo algunas partidas de lechugas para 4ª gama.

Según los datos de ISTAC (2022), la superficie de lechuga en Canarias se ha mantenido en el entorno de las 1100 ha en la serie 2017 – 2021 (Tabla 1), siendo el 1º cultivo en superficie en importancia seguido por el tomate y la calabaza, con un 15 - 16% de la superficie total de hortalizas. Comparando con datos anteriores al 2011 ha subido un aumento de la superficie cultivada, ya que hasta entonces no se solían alcanzar las 500 ha. El cambio ocurrió entre 2016 y 2019, donde se dobló la superficie. Esto puede haberse debido al aumento de la demanda de productos de 4ª gama y la instalación de empresas que las producían en Tenerife y Gran Canaria. La superficie bajo invernadero es prácticamente residual, con menos del 0.1%. En cuanto a la producción, también se

observa un aumento de 14341 t en 2016 a hasta los 30000 – 35000 t en el periodo 2018 – 2021 (figura 4).

Tabla 1: Evolución de la superficie total de hortícolas, de calabacín y calabacín bajo cubierta (ISTAC, 2022)

Año	Hortícolas	lechuga total		
		total	bajo cubierta	% bajo cubierta
		ha		
2009	6587	523	3,3	0,6
2010	6582	531	1,3	0,3
2016	5911	553	2,7	0,5
2017	5963	1190	5,7	0,5
2018	7189	1190	6,5	0,6
2019	7002	1131	6,5	0,6
2020	7177	1098	6,5	0,6
2021	7016	1182	9,4	0,8

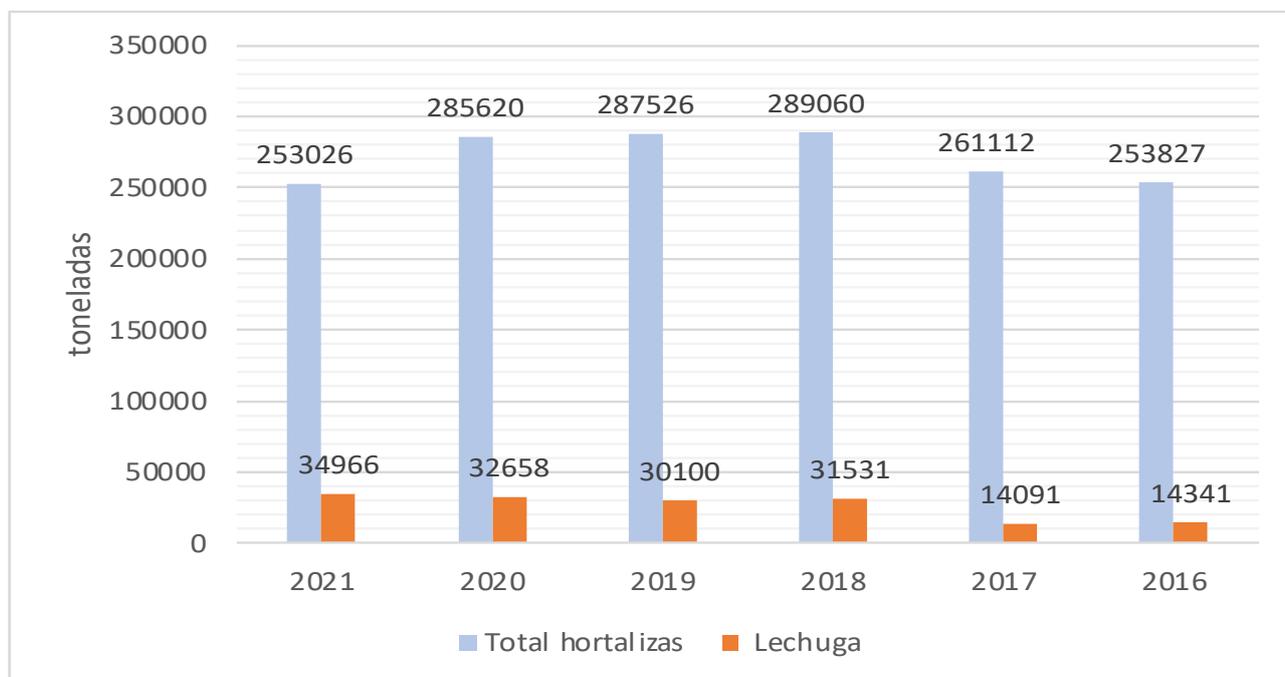


Figura 4: Evolución de las toneladas recolectadas de hortícolas y de lechuga en Canarias periodo 2016 – 2021 (ISTAC, 2022).

En la tabla 2 se presenta la distribución de la superficie por islas (ISTAC, 2022). Se observa que Gran Canaria y Tenerife concentran más del 90% de la superficie cultivada. También se observa que el aumento de superficie empezó en ambas islas entre 2017 y 2018, sin que hubiera un cambio en el resto del archipiélago de la misma magnitud.

Tabla 2: Evolución de la superficie total de lechuga por islas (ISTAC, 2022).

Isla	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012
	ha									
Lanzarote	15.8	22.8	23.0	22.7	19.9	21.5	16.0	14.9	23.0	23.0
Fuerteventura	14.9	10.3	10.1	10.7	9.7	9.7	12.6	14.6	6.0	6.0
Gran Canaria	524.5	390.8	435.8	453.5	192.4	207.3	253.9	234.8	201.0	192.0
Tenerife	582.6	627.5	615.8	653.9	286.0	274.0	244.0	248.6	225.5	211.3
La Gomera	9.7	10.9	11.0	11.0	11.2	11.2	11.4	12.2	13.1	12.0
La Palma	33.6	33.9	34.5	36.7	32.1	32.0	31.1	29.6	29.7	28.5
El Hierro	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4
Canarias	1182.4	1097.5	1131.5	1189.8	552.6	557.0	570.4	556.1	499.7	474.2

2. Taxonomía y descripción botánica

2.1 Taxonomía

La lechuga cultivada está englobada dentro de la familia *Asteraceae*, también conocida como la familia de las Compuestas. El género *Lactuca* presenta más de 100 especies de zonas templadas. Dentro del género estarían *L. serriola* (lechuga salvaje), *L. saligna* y *L. virosa*, además de la lechuga cultivada, *L. sativa*, (Joubert et al, 1997; Ryder, 1999).

A su vez existen subespecies dentro de *L. sativa*: *L. sativa* var. *longifolia* (correspondiente a las lechugas romanas) *L. sativa* var. *capitata*, (donde estarían los tipos acogollados) *L. sativa* var. *intybacea* y *L. sativa* var. *augustana* (Maroto, 2002).

2.2 Morfología

Tiene una raíz pivotante, que en todas las referencias bibliográficas consultadas, se describe como profunda, hasta 60 cm (Ryder, 1999). Cuando se hace siembra directa se aprecia una raíz pivotante más profunda, pero cuando se recurre al trasplante, esa raíz pivotante casi desaparece y se divide en otras laterales. Con sistema de riego localizado y en función del tipo de suelo y manejo se puede dar un sistema radicular más superficial (Marhuenda y García, 2016), concentrado normalmente en los primeros 30 cm (Joubert et al, 1997).

Las hojas se colocan de forma helicoidal en un tallo generalmente corto, formando una especie de roseta que puede formar una cabeza de forma redonda o alargada. (Ryder, 1999). Cuando inicia la etapa reproductiva se produce un alargamiento del mismo para dar lugar a la floración (Marhuenda y García, 2016). Normalmente se forma un tallo único pero puede haber ramificaciones. En el tallo aparecen pequeñas hojas caudinas, estrechas y más concentradas en la base (Ryder, 1999). El tallo floral alcanza entre 1.0 y 1.5 m (Joubert et al, 1997).

Las hojas pueden ser de múltiples formas, lanceoladas, oblongas, redondas y el borde, liso, lobulado, ondulado o dentado. La superficie es plana, rugosa o abarquillada. El color amarillento, verde claro, verde oscuro, rojizo o púrpura. Por su consistencia pueden ser más rígidas y crujientes o mantecosas (Marhuenda y García, 2016).

Las flores están agrupadas en capítulos compuestos por 10 a 20 floretes amarillentos en racimos o corimbos. Es una planta autógama cuyas semillas son aquenios de color blanco, amarillo, marrón o negro, de 2 a 4 mm de longitud. En su base se encuentra el vilano plumoso que facilita la diseminación por el viento. En un gramo hay entre 600 y 1000 semillas y su capacidad germinativa es de 4 a 6 años (Joubert et al, 1997; Marhuenda y García, 2016).

3. Material vegetal

3.1 Variedades

Dentro del género de *L. sativa* se suelen contemplar varias variedades botánicas (Maroto, 2002):

- *L. sativa* var. *capitata* L. En esta variedad se incluirían todos los cultivares que forman un cogollo compacto con sus hojas. La forma de sus hojas suele ser ancha y redondeada y su textura crujiente o mantecosa; p. ej.: iceberg, trocadero, etc.
- *L. sativa* var. *longifolia* Lam. Engloba a los cultivares de lechuga romana o Cos, con hojas alargadas, oblonga, que tienen un porte erguido y, generalmente, las hojas interiores son amarillas y las exteriores verdes. Pueden acogollar ligeramente o quedarse prácticamente abiertas.
- *L. sativa* var. *intybacea* Hort. Incluye a todos los cultivares con hojas abiertas, aunque en estado avanzado de madurez pueden formar un pequeño cogollo interior; p. ej.: lollos, hojas de roble, etc.
- *L. sativa* var. *augustana* Irish. Se cultivan por su tallo (que es lo único que se aprovecha) y las hojas son lanceoladas. Este tipo solo se produce en China.

3.2 Cultivares

La lechuga es una de las especies hortícolas donde podríamos decir que hay una mayor diversidad y cantidad en material vegetal. En el Registro de variedades hortícolas de la Unión Europea hay inscritas 2304 cultivares de lechuga (Comisión Europea, 2022). En el registro de variedades comerciales del Ministerio de Agricultura hay inscritas 162 entradas de lechuga (MAPA, 2022b). Marín (2021) recoge 942 cultivares comercializados en España, de 20 casas comerciales, englobados en 10 tipos diferentes (Tabla 3).

Tabla 3: Cultivares de lechugas listados por Marín (2021)

Tipo varietal	Cultivares	Novedades	% novedades
BATAVIA (verdes, amarillas y rojas)	167	25	17.7
ICEBERG	145	20	15.4
COGOLLO (verde y rojo)	135	30	14.3
LOLLO (rosso y bianco)	122	41	13.0
ROMANA (verde y roja)	115	27	12.2
TROCADERO	109	25	11.6
HOJA ROBLE (roja y verde)	99	28	10.5
TANGO	21	4	2.2
MARAVILLA VERANO ¹	15	2	1.6
LECHUGA CORTE	14	4	1.5

1: Se podrían incluir dentro del grupo Batavia

Las preferencias de los mercados marcan los tipos varietales que se plantan. Si tenemos en cuenta a González y López (2003), en Murcia, la principal zona de cultivo, se cultivaba principalmente el tipo Iceberg, con menor presencia de Romana, Mini y otras. En Cataluña,

Comunidad Valenciana, Extremadura, Baleares Aragón y la zona de la Meseta se cultivaba sobre todo lechuga tipo Romana. En Asturias, Cantabria y el País Vasco, el tipo Batavia fue el tipo varietal dominante. Este hecho también se ve reflejado en Canarias: mientras que en Tenerife, la mayoría de la lechuga que se cultiva es del tipo Batavia, en Gran Canaria se utiliza el tipo Romana. En los últimos años se observa un interés en lechuga tipo Iceberg y en menor medida, en lollos (sobre todo el Rosso) y en Hoja de Roble (González y López, 2003).

Según Mercatenerife (2018), la lechuga más consumida actualmente en Tenerife es la Batavia, con una tendencia marcada a cultivar variedades tipo Iceberg e incluso Trocadero (de características intermedias entre ambas), debido a que éstas últimas resultan ser más resistentes al transporte y la manipulación. A diferencia de otros mercados, la lechuga Romana (no acogollada) no tiene cabida comercial relevante en el nuestro. Otros tipos a considerar son: Lechuga hoja de roble, Lollo rosso y Cogollos. En una encuesta realizada a viveros y suministradores de semilla en Tenerife en 2022, los cultivares de lechuga más utilizados (ordenados alfabéticamente) fueron:

Batavias verdes: Bonalisa (Enza Zaden), Caipira (Enza Zaden), Calorice (Vilmorin), Dragone (Vilmorin), Funfix (Syngenta), Gianina (Gautier), Kayak (Seminis), Prolific (Gautier)SV6621LA (Seminis).

Batavias rojas: Bocado (Vilmorin), Magenta (Gautier).

Iceberg: Gobi (Meridien Seeds), Izañas (Rijk Zwaan), Lorquina (Rijk Zwaan), Rigel (Diamond Seeds), Saula (Bejo), Toscana (Rijk Zwaan).

Hoja de Roble verde: Querido (Vilmorin).

Hoja de roble roja: Macai (doble rojo, Rijk Zwaan), Rutilai (triple rojo, Rijk Zwaan), Veladero (doble rojo, Seminis)

Lollo rosso: Athmos (triple rojo, Rijk Zwaan), Carnelian (triple rojo, Rijk Zwaan),

Lollo bianco: Lungavilla (Rijk Zwaan).

Tabla 4: Tipos varietales franceses (Blancard et al, 2005)

Tipo varietal	Batavia	Romana	Mantecosa	De corte	Grasa
Cogollo	Muy cerrado	Puntiagudo, abierto	Bastante cerrado	No acogolla	Cerrado, pequeño
Hojas	Crujientes, anchas	Crujientes, alargadas	Flexible	Flexibles	Crujientes, anchas
Nervaciones	Paralela	Pinnada	Pinnada	Pinnada	Pinnada
Dientes de la lígula	muy recortados	cortos	cortos	cortos	Cortos
Subtipos	Batavia e Iceberg	---	---	Hoja de roble y Lollo	---

En referencias de otros países, Los franceses clasifican de otra forma (Blancard et al, 2005), fundamentalmente por el tipo de cogollo y en menor medida por el color de la hoja y la forma de las lígulas de la flor (Tabla 4).



Sharing a healthy future



Figura 4: Diferentes tipos de lechuga (nota: Butterhead (mantecosa), Oak leaf (hoja de roble), Cos (romana)) (Rijk Zwaan).

Según Ryder (1999), habrían

Crisphead: En este grupo, se englobarían las lechugas tipo Iceberg y Batavia.

Butterhead: Corresponderían a las tipo Mantecosa y Trocadero.

Cos: Serían las lechuga tipo Romana (y cogollos de miniromana).

Leaf: Serían cultivares que no llegan a formar cabezas pero sí una roseta.

Latin: No queda muy claro el tipo, pero podrían ser las de Trocadero.

Stem: Estas lechugas corresponderían a la variedad botánica *L. sativa* var. *augustana* Irish

Oil-seed: serían cultivares que suben a flor muy rápidamente y se dedican a la producción de aceite a partir de sus semillas.

La evolución de distintas variedades y tipos de lechuga ha debido, en gran medida, a cubrir las necesidades de la industria de procesado; por ello, se buscan distintas formas, texturas, colores, etc. De esta forma se producen nuevas clases de lechuga con mayor valor añadido. (Marhuenda y Lopez, 2016)

Una línea de mejora importante ha sido la resistencia a enfermedades, como *Bremia lactucae* en la que se acaba de incorporar la raza 32 o Corky root (*Sphingomonas suberifaciens*) y a

virus como el virus del mosaico de la lechuga (LMV). También se ha introducido la resistencia al pulgón rosado (*Nasonovia ribisnigri*) (Marhuenda y Lopez, 2016)

También se busca la resistencia al espigado o subida a flor para plantar en condiciones algo más cálidas y poder cerrar la oferta anual y a fisiopatías como el “tip burn” (Ryder, 1999; Marhuenda y Lopez, 2016).

La importancia de la elección correcta del cultivar se muestra en los resultados de destríos por tip burn y espigado en una prueba de lechugas de semilla ecológica donde se probaron algunas obtenciones del N de Italia en Arona a 300 msnm en siembra de verano. En algunos casos, el 100% de la plantación tuvo problemas de este tipo, mientras que otros se adaptaron bastante mejor a las condiciones del ensayo (figura 5).

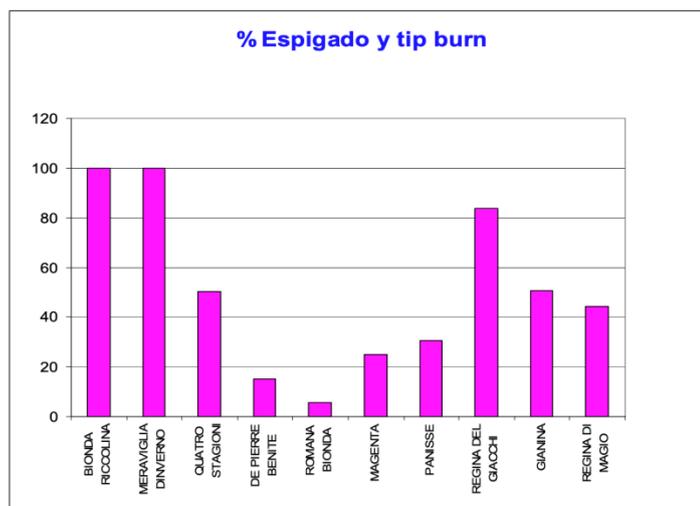


Figura 5: Destríos por espigado y tip burn en una prueba con cvs de lechuga (Cáceres et al, 2000)

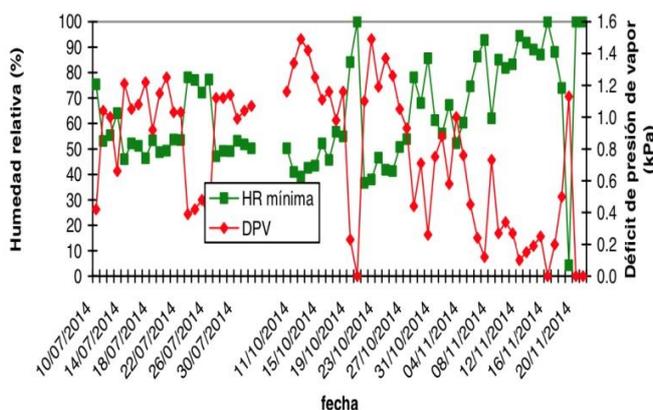


Figura 3: Humedades relativas mínimas y déficit de presión de vapor durante la experiencia

Cultivar	Destrio (% plantas afectadas)	Causa de destrio			
		Tipburn	Bajo peso	Espigado	Pudrición
Juanola	100	XXXX	XX	X	XXX
LH1108	100	XXXX	X		XX
Magic	4,2		XX		XXX
Primagol	100	XXXX	X		XXX
Saula	100	XXXX	XXXX	X	
SV2140LC	7,9		XXXX		

XXXX: Afección muy alta (mayor 80%); XXX: Afección alta (50 – 80%); XX: Afección media (50-20%); X: Afección baja (<20%).

Cultivar	Destrio (% plantas afectadas)	Causa de destrio		
		Tipburn	Bajo peso	Espigado
Peppone	5,2	X	XXXX	
Ilenia	100			XXXX
Batuka	2,3	XXX	XX	
Bratole	14,4	XX	XXX	
Dragone	1,4		XXXX	
Emoción	2,3	XX		
Funfix	28,7	XXX	XX	
Idoia	2,0		XXXX	
Joliac	1,9		XXXX	
Kiloma	5,1		XXXX	
Martinica	100			XXXX
Palatina	16,2		XXXX	
Partition	3,2		XXXX	
Salakis	4,6	XXXX		

XXXX: Afección muy alta (mayor 80%); XXX: Afección alta (50 – 80%); XX: Afección media (50-20%); X: Afección baja (<20%).

Figura 6: Influencia de la elección varietal en la incidencia de tip burn y de espigado: Izquierda: Datos de humedad relativa mínima y DPV diarios. Derecha arriba: Causas de destrío en los cultivares tipo Iceberg. Derecha abajo: Causas de destrío en cultivares tipo Batavia (Trujillo et al, 2015).

Incluso cuando se ensayan cultivares comerciales, la adaptabilidad al tip burn puede ser muy importantes como se muestra en los resultados de los últimos ensayos del Servicio de Agricultura (Figura 6). Aunque los cultivares ensayados estaban mucho más adaptados al espigado (todos los

cultivares Iceberg y sólo 2 cultivares Batavia), si se observó que algunos cultivares, sobre todo de tipo Iceberg tuvieron un altísimo porcentaje de cabezas con tip burn (Trujillo et al, 2015^a, Trujillo et al, 2015^b).

3.2.1 Cultivares locales

El CCBAT tiene sólo 2 entradas de lechuga y/o *L. sativa*. Probablemente el cultivar local canario más conocido es la lechuga negra Palmera o lechuga negra de Puntallana. Es una lechuga de tipo Romana, de color rojizo, con el color más acentuado con temperaturas bajas. Se planta normalmente en ciclos de otoño o de primavera temprana ya que es sensible a la subida a flor. Su ciclo es de 40 a 50 días (www.conecte.es)

4. Fisiología

4.1 Fisiología de la germinación

La germinación de la lechuga es un proceso relativamente completo que tiene varias partes (preinducción, inducción y postinducción), donde influyen principalmente dos factores exógenos: la temperatura y la luz (Ryder, 1999).

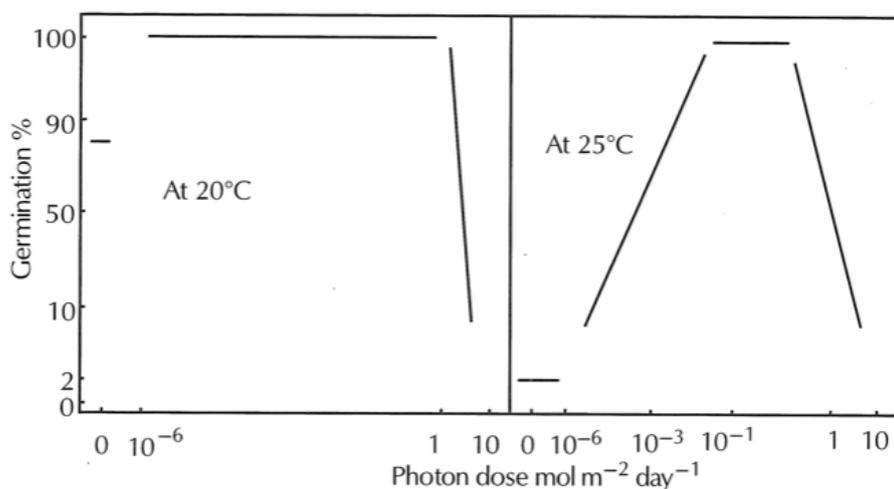


Figura 7: Influencia de la iluminación y la temperatura en la germinación de la lechuga (Ryder, 1999).

Las semillas de lechuga tienen un sitio fotoreceptor con un fitocromo en el hipocótilo. Las longitudes de onda en el rojo (660 nm) promueven la germinación mientras que en luz o las longitudes de onda en el rojo lejano (735 nm) la inhiben. El fitocromo tendría la forma Pfr cuando está expuesto a la luz roja y Pr cuando la luz está en longitud de onda de rojo lejano. Cuando la relación Pfr/Pr es alta tras una exposición a luz blanca o roja, la germinación se promueve, cuando la relación es baja por una exposición a rojo lejano o por la ausencia de luz, la germinación se inhibe (Ryder, 1999).

La semilla de lechuga puede sufrir termodormancia: cuando se superan los 26°C la germinación de la lechuga se inhibe. El óptimo está entre 18 y 21°C. Hay un comportamiento varietal en esto al ser las lechugas romanas o mantecosas más sensibles que las tipo Batavia o Iceberg. Por

otra parte también hay una interacción entre la temperatura y la luz. La forma Pfr del fitocromo se inactiva con temperaturas altas (Ryder, 1999; Wien, 1997). (Ver figura 7).

4.2 Fisiología del crecimiento.

Una vez germinada la semilla, se pueden considerar 4 estados de crecimiento: plántula, formación de la roseta, encabezado (en los tipos varietales que la hacen) y la fase reproductiva (subida a flor o espigado) (Figura 8).

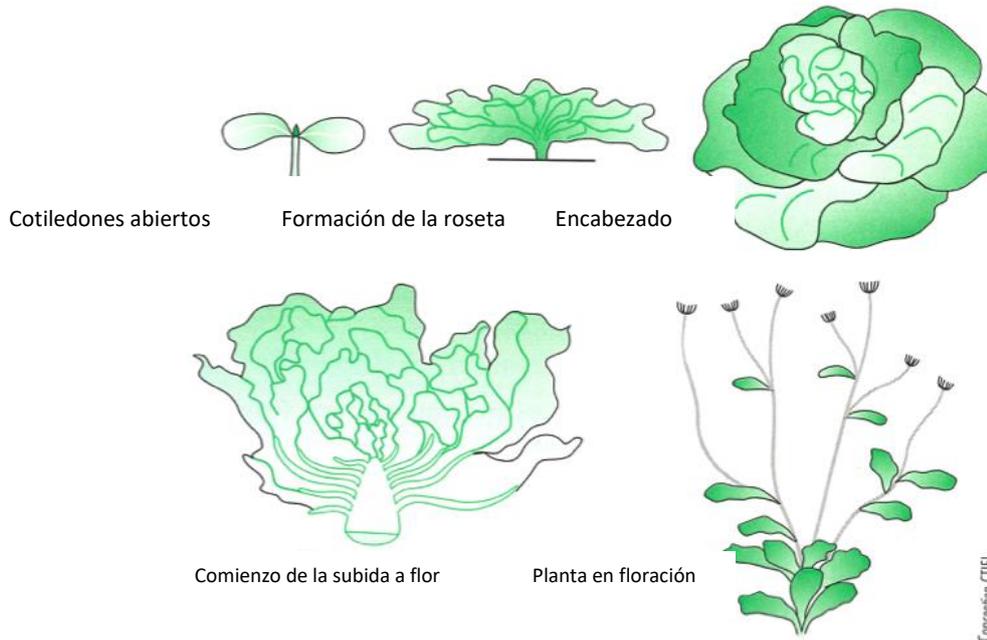


Figura 8. Fases del crecimiento de las lechugas (Joubert et al, 1997)

La formación de la cabeza incluye un cambio en la morfología de las hojas y de su orientación: se forman hojas más grandes, el tallo central desacelera su crecimiento, los peciolo son más cortos y se aumenta la velocidad de formación de hojas (Wien, 1997). La hoja cambia su forma, disminuyendo la relación entre largo y ancho (Joubert et al, 1997).

Se ha visto que durante el periodo anterior al encabezado, intensidades de luz altas y temperaturas en el entorno bajo aumentan el tamaño de la cabezas, mientras que temperaturas altas e intensidades de luz bajas disminuyen el tamaño de las cabezas (figura 9) (Joubert et al, 1997; Wien, 1997).

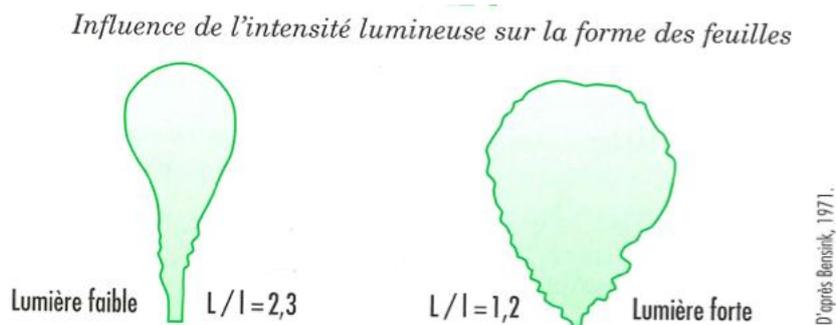


Figura 9: Efecto de la luminosidad sobre la forma de las hojas (lumière faible: baja iluminación; lumière forte: alta iluminación) (Joubert et al (1997).

En cultivares que no forman cabeza, lo que sí ocurre es un cambio en la curvatura de las hojas sin que varíen significativamente su forma (Wien, 1997).

La disminución del crecimiento del tallo se ve favorecida por fotoperiodos cortos y temperaturas bajas, que son las condiciones contrarias a la subida a flor (Wien, 1997).

4.3 Fisiología de la floración.

La lechuga es una planta de día largo cuantitativa, en la que la vernalización también influye (Wien, 1997).

La subida a flor se ve favorecida por la conjunción de temperaturas altas y fotoperiodos largos. Hay un comportamiento varietal en este sentido, siendo algunos cultivares mucho más sensibles a la subida a flor que otros (Wien, 1997) (Figura 10). Así tendríamos los tipos Iceberg americanos que no presentan sensibilidad a fotoperiodos menores de 10 – 13 horas.

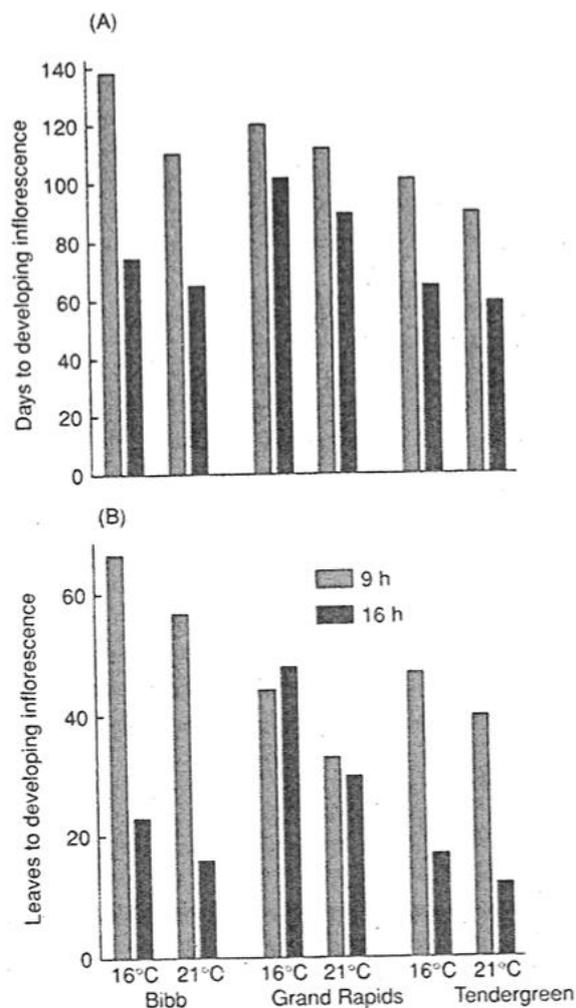


Figura 10: Influencia de la temperatura y el fotoperiodo en la subida a flor de 3 cultivares (Wien, 1997).

La floración a temperaturas altas puede deberse a una aceleración en el crecimiento general de la planta. En algunos casos, se ha visto que las flores se forman en nudos más bajos a altas temperaturas (Wien, 1997).

La vernalización de las plántulas también promueve una subida a flor prematura (Ryder, 1999). La exposición de semillas a temperaturas en el entorno de 4-5°C durante la germinación y la emergencia de la plántula puede favorecer la subida a flor. Se ha visto que se necesitan al menos 13 días de vernalización. También hay grandes diferencias varietales (Wien, 1997).

El desarrollo de cultivares resistentes a la subida a flor ha permitido la plantación de lechugas en condiciones de verano y/o subtropicales (Wien, 1997).

Blancard et al (2005) señala que las condiciones de estrés hídrico también pueden favorecer la subida a flor prematura

En cultivos hidropónicos en bandeja flotante se ha observado que bajando la temperatura de la solución hasta los 18°C puede retrasar la subida a flor (Ryder, 1999),

5. Condiciones edafoclimáticas

5.1 Temperatura

En términos generales, la lechuga es una hortaliza que prefiere los climas templados y húmedos, siendo exigente en que haya diferencia de temperaturas entre el día y la noche, soportando mejor temperaturas algo más bajas que el óptimo que por encima. La temperatura juega un papel importante en el acogollado y en la floración de la lechuga (Maroto, 2002). La temperatura es el parámetro principal que influye en el crecimiento de la planta desde el estado de emergencia hasta el inicio de la formación de la cabeza (Wien, 1997).

Para que su desarrollo sea óptimo debe oscilar entre los 15 y 20 °C, con saltos térmicos día/noche de 5 -10°C. El excesivo calor puede producir la subida a flor prematura y un marcado sabor amargo de las hojas. Cuando el cultivo soporta temperaturas bajas durante algún tiempo, sus hojas toman una coloración rojiza, que se puede confundir con alguna carencia.

La temperatura óptima de germinación oscila entre 18-20°C (González y López, 2003). Ryder (1999) pone ese valor en los 26°C, aunque como se dijo anteriormente, hay un componente varietal.

Aunque Maroto (2002) señala unas temperaturas óptimas durante la fase de crecimiento del cultivo entre 14-18°C por el día y 5-8°C por la noche, otros autores son bastante menos restrictivos: Ryder (1999) señala unas temperaturas diurnas entre 18 y 25°C y nocturnas entre 10 y 15°C, mientras Marhuenda y Lopez (2016) señalaron un óptimo desarrollo con valores alrededor de 20 °C durante el día y 15 °C por la noche.

En general, la temperatura máxima no debería superar los 30°C. Cuando la temperatura sube de 21°C, comienzan a haber más fisiopatías que afectan a la parte interna, más amargor, mayor producción de látex y cabezas menos firmes (Sanchez et al, 1989). Wien (1997) establece un máximo de 26°C.

En lo referente a las mínimas, el cultivo podría soportar por poco tiempo temperaturas de hasta -6°C, aunque ya se producen daños por debajo de 0°C (Maroto, 2002). Por debajo de 7 – 8°C, el cultivo se ralentiza y cuando se baja de 4-5°C, el crecimiento se paraliza. Temperaturas muy bajas por la noche favorecen lechugas con cabezas muy densas pero de pequeño tamaño (Wien, 1997).

Estas condiciones pueden variar ligeramente en función del cultivar y la luminosidad (Marhuenda y López, 2016). Así, en el caso del cultivar Grandes Lagos se pueden cultivar si en el mes de la recolección, la media de máximas está comprendida entre 17 y 28°C y la mínima entre 2,8 y 11,7°C (Ryder, 1999).

En condiciones subtropicales o tropicales y con alta radiación, el cultivo de lechuga se puede plantear usando sombreo, con valores óptimos en torno al 40% (Santana et al, 2020). Por otra parte, el uso de mantas térmicas en condiciones de invierno en nuestras condiciones, sobre todo en cultivos de medianías puede evitar un alargamiento indeseado del ciclo.

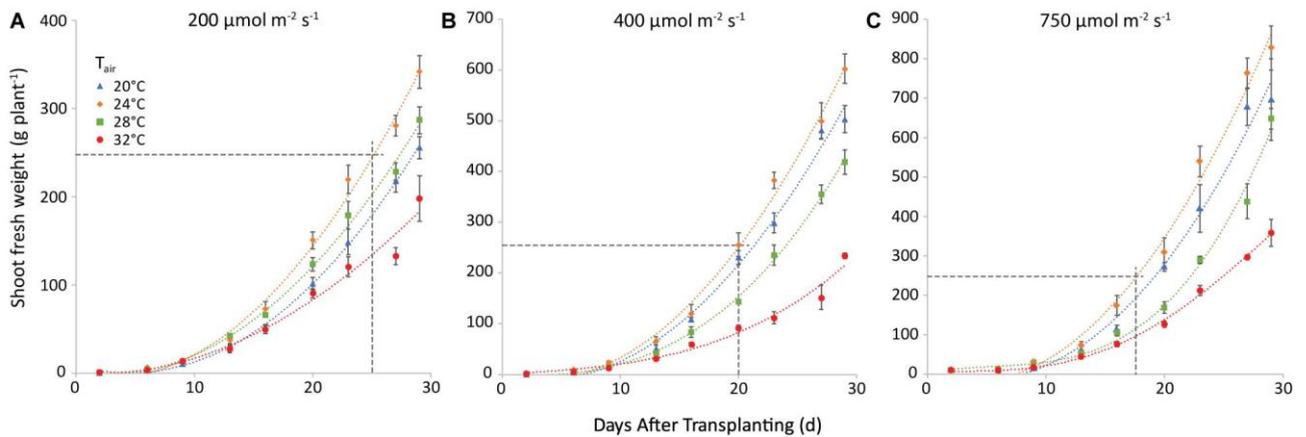


Figura 11: Influencia de la temperatura y de la radiación sobre el crecimiento de la planta (Carotti et al, 2021).

Existe una relación entre la temperatura y la radiación. A bajas radiaciones el desarrollo de la lechuga puede ser algo mejor a temperaturas de 24 – 28°C, mientras que a valores más altos de luminosidad, el crecimiento es mejor a 20 – 24°C (figura 11) (Carotti et al, 2021).

5.2 Humedad

La humedad relativa debe oscilar entre el 60% y el 80%. Este parámetro es más importante en condiciones de invernadero, sobre todo a los efectos de control de enfermedades y del control del riego (De Galdeano et al, 2002). El DPV es la expresión más útil desde el punto de vista técnico para expresar la humedad (Castilla, 2005). En lechuga, ya pueden haber problemas de crecimiento debido a cierre de estomas con DPV por encima 1.7 kPa (Figura 12). (Amitrano et al, 2021). Idso (1982) señala también un valor de 1.6 kPa a partir del cual pueden haber problemas de estrés.

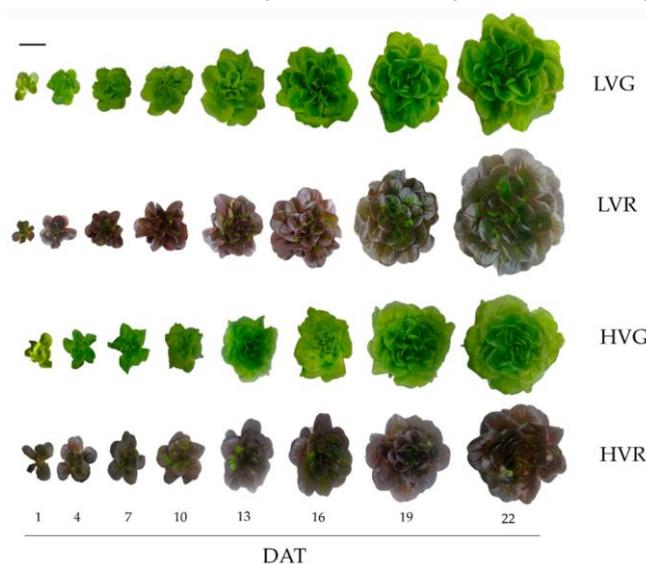


Figura 12: Evolución del crecimiento de lechuga baby verde (G) y roja (R) bajo un DPV bajo (LV: 0.79 kPa) y un DPV alto (HV: 1,7 kPa) (Amitrano et al, 2021).

5.3 Luz

En este apartado, además del fotoperiodo y de la radiación solar, debe tenerse en cuenta la longitud de onda, sobre todo en ambientes protegidos.

Como se vio anteriormente, el paso a la floración se favorece por fotoperiodos largos. El valor del número de horas para comenzar el proceso de floración tiene un alto componente varietal.

Santana et al (2020) encontraron en ambientes subtropicales que el rango de 17.6 a 19.5 MJ/m²día fue el óptimo para la producción de lechuga Iceberg. En invernadero en zonas del Norte del Hemisferio Norte se recomienda al menos 17 mol/m².día (8.4 MJ/m².día) al nivel de las plantas en general. En los cultivares más sensibles a tip burn se baja a 15 mol/m².día (7.4 MJ/m².día) (Brechner y Both, 2013).

El nivel de saturación fotosintético se alcanza a 800 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}^2$ (~396 W/m²) (Santos et al, 2019). Estos valores coinciden con los obtenidos por Carotti et al (2021) donde se probaron 200, 400 y 750 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}^2$, siendo los resultados mejores para el tercer valor (figura 11)

Como se comentó anteriormente, la radiación sería el factor más importante para la formación de las cabezas, influyendo claramente en el periodo entre trasplante y recolección (Wien, 1997) (Figura 13).

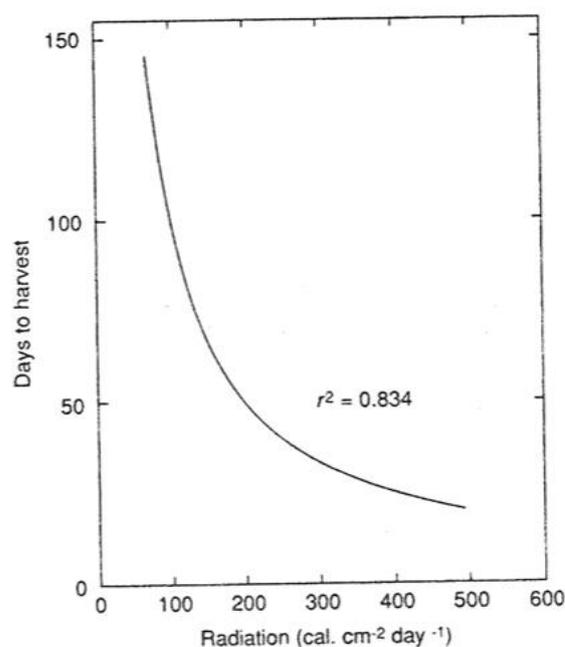


Figura 13: Influencia de la radiación en el periodo trasplante-recolección (Wien, 1997)
(100 calorías/cm²día=418 J/cm².día=4.18 MJ/m²día)

La radiación es especialmente importante durante el proceso de encabezado. Con radiaciones bajas producen lechugas de menor tamaño y nerviaciones muy marcadas. Esto debe tenerse en cuenta en nuestras condiciones si plantamos lechugas tipo Iceberg o Batavia bajo invernaderos con trasmisividades de cubierta bajas (mallas sucias). Se observó también que una relación entre la radiación y la temperatura: a mayor radiación, la lechuga soporta algo mejor temperaturas altas y que los efectos del sombreado son más acusados con temperaturas bajas (Santos et al, 1989).

En condiciones de sombreado puede pasar en cultivares rojos que el color no se desarrolle tanto (Brechner y Both, 2013). Esto puede ser debido a un problema cuantitativo o a que el material bloquee más una longitud de onda que otra.

Suelo

Los suelos preferidos por la lechuga deberán ser fértiles, de textura franco a franco arenosa y con buena calidad de materia orgánica, con buen drenaje. Deberá poseer una alta capacidad de retención de agua, debido a que el sistema radicular de la lechuga es muy superficial afectando el desarrollo de la planta si hay variaciones en el contenido de humedad del suelo. El pH óptimo se sitúa entre 6,5 y 7,2. En los suelos húmiferos la lechuga vegeta bien pero si son excesivamente ácidos será necesario encalar (Ryder, 1999),

Este cultivo en ningún caso admite sequía, aunque la superficie del suelo es conveniente que esté seca para evitar en todo lo posible las podredumbres de cuello. En cultivos de primavera, se recomiendan suelos arenosos, pues se calientan muy rápidamente y permiten cosechas más tempranas. En cultivo de otoño, se recomiendan los suelos francos, ya que se enfrían más despacio que los suelos arenosos. En cultivo de verano, son preferibles los suelos ricos en materia orgánica pues hay un mejor aprovechamiento de los recursos hídricos y el crecimiento de las plantas es más rápido (Maroto, 2002).

La lechuga resiste los contenidos medios en salinidad. Según Ayres y Westcott (1986), la lechuga es una especie moderadamente sensible a la salinidad, con una CE umbral para una productividad del 100% de 1.3 dS/m en el extracto saturado (0.9 dS/m en el agua de riego) bajando esa productividad potencial un 13% por cada dS/m de aumento. En otras ocasiones, la pendiente es mucho menor 3-5% (Sonnenveld y Voogt, 2009). La sensibilidad a la salinidad es más alta en la germinación, disminuyendo con la edad de la planta.

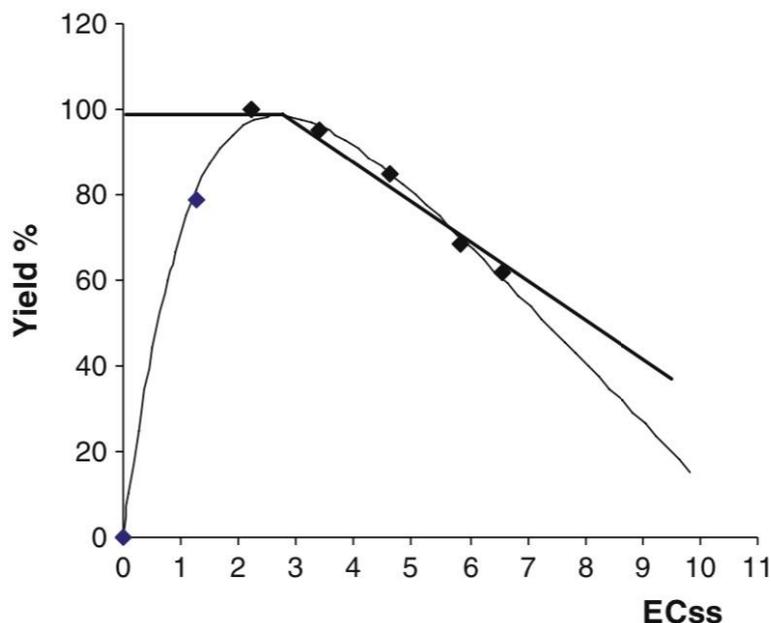


Figura 14: Relación entre la CE de la solución del suelo y la cosecha de lechuga (Sonnenveld y Voogt, 2009)

La resistencia a la salinidad en lechugas es muy variable, según el tipo varietal o incluso el cultivar. Snyder (1999) señala que las lechugas tipo Romana son más tolerantes que las tipo Iceberg. Se señalan cultivares con CE umbral de 0,9 dS/m hasta 2,7 dS/m.

A diferencia de algunos cultivos hortícolas de fruta, como el tomate, la salinidad no afecta positivamente al sabor de la lechuga, no pareciendo haber una relación directa (Unlukara et al., 2010). Por otra parte, las plantas cultivadas en condiciones salinas pueden mostrar mucha más sensibilidad a fisiopatías como el tip-burn (Sonneveld y Voogt, 2009).

6.Ciclos de cultivo y marco de plantación

6.1 Ciclos de cultivo

En la zona de Murcia el primer punto a resolver en la planificación del cultivo es la ubicación, decisión que va a depender fundamentalmente de los parámetros climáticos de las distintas zonas de cultivo. Los grandes productores de lechuga, ubicados en las provincias de Murcia y Almería, disponen de varias zonas, a distintas alturas buscando el clima ideal para el desarrollo del cultivo en cada momento del año, como se observa en la figura 14 (Marhuenda y López, 2016)

Tabla 1. Planificación anual de la lechuga según altitud sobre el nivel del mar

altitud (m)	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
0	■	■										■
150-300			■	■							■	■
500-700					■					■		
1.000-1.100						■	■	■	■			

■ Período de recolección

Figura 15: Programación de cosechas de lechuga Iceberg en la zona de Murcia – Almería (Marhuenda y López, 2016).

El ciclo de cultivo de la lechuga varía en función del tipo, cultivar, ubicación y semana de plantación. En el caso del material tipo Iceberg, varia entre 45 y 110 días, algo menos para los cogollos y otros tipos. La *baby leaf* es un cultivo muy corto, durando casi lo mismo que una planta de otros tipos en vivero, entre 5 y 9 semanas (Marhuenda y López, 2016)

En Canarias se planta lechuga durante todo el año (Mercatenerife, 2018). Las explotaciones especializadas en lechuga suelen jugar con diferentes fincas en las vertientes N y S y las alturas. Así, por ejemplo, se podrían plantar lechugas en la zona de La Laguna en ciclos de primavera - verano mientras que en la zona baja del Valle de Güímar se podrían hacer los ciclos de otoño – invierno. Como se vio en la parte de material vegetal, también debe jugarse con cultivares más o menos adaptados a las condiciones de cultivo.

En nuestras condiciones, normalmente el periodo trasplante de recolección está entre 30 días en ciclos de primavera – verano en vertientes S y hasta 60 días en ciclos de otoño – invierno en vertientes N para cultivares de tipo Batavia. En el caso del material tipo Iceberg, se podría considerar aproximadamente entre 1 semana y 2 semanas más, según las condiciones.

6.2. Sistemas de cultivo

Teniendo en cuenta las condiciones de cultivo de la lechuga, esta se puede plantar al aire libre, en invernadero o en algunas condiciones, con semiforzado (normalmente con agrotexil tipo manta térmica). En nuestras condiciones, el uso de mantas térmicas puede adelantar el ciclo en condiciones de temperaturas frías (cultivos de invierno en zona de medianías).

En este caso, sólo sería necesario retirar la manta para hacer tratamientos fitosanitarios. No es recomendable mantener las mantas en momento de peligro de plagas ya que se desarrolla rápidamente bajo la manta.

En la zona N de la península y en Europa, se suele cultivar la lechuga en ciclos de primavera para acortar los ciclos de producción. En las condiciones del S de la península y de Canarias, se puede cultivar todo el año al aire libre, pudiendo ser interesante el uso de mantas térmicas en ciclos de invierno.

6.3 Rotaciones de cultivo y asociaciones

A efecto de rotaciones de cultivo o uso en asociaciones, se debe tener en cuenta los siguientes factores a la hora de definir dichas técnicas:

- Dentro de los esquemas de rotación, se podría considerar un cultivo intermedio.
- Tiene un ciclo corto (30 – 45 días).
- No es un cultivo exigente en temperatura.
- Tiene un porte bajo, pudiéndose adaptar a la sombra en condiciones de alta radiación.
- Es un cultivo de escarda, requiriendo un buen manejo de malas hierbas

Teniendo en cuenta lo anterior, un buen precedente de una lechuga podrían ser papas, que debido a su forma de cultivo, no deja que crezcan muchas hierbas adventicias. Se podría trasplantar lechuga junto con un tomate, ya que justo cuando se empieza a recoger éste, ya se habrán recolectado las lechugas. Puede ser beneficioso plantar lechugas junto con cultivos altos en pleno verano para evitar problemas por alta radiación y alto DPV (Scialabra et al, 2015).

Teniendo en cuenta lo anterior, la rotación es importante para evitar la fatiga de suelo, que sería la suma de problemas patológicos (*Fusarium* y *Sclerotinia*) y nutricionales, se suele señalar en las normas de Producción Integrada:

- Un máximo de uno de cada tres ciclos con lechugas (u otras compuestas) recomendándose como precedente un barbecho de 4 meses o un cultivo de cereal o leguminosa o un abono verde (González y López, 2003).
- Se procurará tener una rotación de 3 hojas. Se podrán hacer hasta 2 plantaciones seguidas de lechuga, si su ciclo no supera los 70 días (Proyecto de Normativa de Producción Integrada de Lechuga de la Comunidad Autónoma de Canarias).

En nuestra experiencia, las fincas que se dedican de forma intensiva al cultivo de lechugas comienzan a bajar su producción tras 2 o 3 años seguidos, comenzando a tener problemas crecientes y graves tras esos 3 años, por lo que es recomendable tener uno o dos cultivos alternativos (acelga, beterrada, brásicas, cebolla, col, calabaza, millo) para poder tener rotaciones como las señaladas anteriormente. Desde un punto de vista ideal, el cultivo de lechugas se podría poner:

Tras un cereal, una leguminosa o barbecho.

Tras Solanáceas, cucurbitáceas, cebolla, puerro, apio, borraja, acelga.
Intentar no colocar tras una crucífera.

7. Labores culturales

7.1 Plantación y trasplante

Existen dos métodos de siembra de la lechuga, la siembra directa y la siembra en semillero. La siembra directa prácticamente no se usa en España siendo una técnica típica de los Estados Unidos. Se usa semilla pildorada a una distancia en la fila de 5 a 10 cm que se entierra muy superficialmente (1 cm). Tras 3 o 4 semanas de crecimiento se hace un aclareo dejando plantas separadas cada 25 a 30 cm (Ryder, 1999).

Para la siembra en semilleros se usan bandejas alveoladas donde se colocará una semilla por alveolo utilizando un sustrato comercial. La bandeja de poliestireno más usada es la de 294 alveolos o de polietileno de 220 alveolos más adaptada a maquinaria de plantación (Marhuenda y López, 2016).

Una vez realizada la siembra en las bandejas, se colocan en cámaras a una temperatura de 16°C y un alta humedad (94-98%) durante 48 horas para favorecer la germinación. Tras esas 48 horas, las bandejas se llevan a la parte de invernadero del vivero, donde permanecen entre 25 a 40 días, según la época: menos de 1 mes en verano y hasta 40 días en invierno (González y Pérez, 2003). En Murcia, en invierno la planta pasa la primera parte del periodo de vivero en invernadero de plástico para luego estar las 2 últimas semanas en un endurecimiento en una estructura de malla o en plástico con los laterales levantados. En primavera – verano, toda la fase de vivero se realiza bajo malla. En función de la duración del periodo de vivero y del sustrato usado puede ser necesaria alguna aplicación de fertilizante.

Normalmente se trasplanta cuando la plántula ha emitido entre 3 y 5 hojas verdaderas.. Las condiciones ambientales en el trasplante deben ser óptimas para el buen arraigo del cultivo, recomendándose los trasplantes en verano en días nublados o por la tarde (González y Pérez, 2003).

La plantación se puede realizar a mano en pequeñas y medianas explotaciones, con un rendimiento de 750 - 1200 plantas/hora.persona o con maquinaria específica que sube a 8000 plantas/hora (Joubert et al, 1997). Estos autores señalan que un espaciamento regular y una profundidad constante de plantación favorecen una recolección uniforme.

7.2 Preparación del terreno

Después de un laboreo general para romper posibles suelas de labor, homogeneizar el suelo e incorporar la materia orgánica y otras posibles enmiendas, se puede optar por plantar en llano o en mesas, mesetas o bancadas (González y López, 2003), de un ancho de 60 a 180 cm. Se suelen utilizar aperos conformadores para realizar estas mesas o en el caso de mesas estrechas se podría usar un apero similar a una surcadora con un rodillo que aplane la zona superior. En la zona de cultivo del oeste de EEUU también se usan mucho las mesas, de unos 70 cm de ancho (Ryder, 1999).

7.3 Marcos de plantación

En Murcia se suele trabajar en mesas, con un ancho entre surcos de 0,9 a 1 m (hasta 1.2 m). Se plantan 2 filas de planta en cada mesa, separadas unos 30 cm y la separación entre lechugas en la misma fila está entre y 28 y 32 cm. Estos valores pueden variar en función del momento y el vigor

del cultivar elegido. La densidad quedaría entre 6.9 y 7.4 plantas/m² (González y López, 2003; Marhuenda y López, 2016). En determinadas épocas del año (más radiación), se puede trabajar con mesas más anchas, de unos 1.8 m de ancho útil, con 6 filas, plantando a unos 40 cm entre lechugas, con una densidad de 7,8 plantas/m², lo que mejora la producción por hectárea (Marhuenda y López, 2016).

En el caso de lechugas tipo Batavia, Romana, Lollo u Hoja de Roble se suele trabajar con mesas de 180 cm, con 6 filas y lechugas separadas 37 cm en cada fila, con una densidad de 9 plantas/m² (Marhuenda y López, 2016),

Los cogollos se plantan también en mesas de 140 cm de ancho útil, con 6 filas y 20 cm entre lechugas de una misma fila, o en mesas de 220 cm con 8 filas y la misma separación entre lechugas, obteniendo unas densidades de 16,6. plantas/m² y 1.81 plantas/m², respectivamente (Marhuenda y López, 2016).

En Canarias, los marcos son más estrechos, al disponer de más radiación, yendo a densidades de 10 – 15 plantas/m² en Batavias, 10 plantas/m² en Iceberg y 15 a 25 plantas/m² en cogollos. La plantación en la gran mayoría de explotaciones es en llano, con la excepción de algunas de muy gran tamaño que van a mesas estrechas (60 cm aprox) con 2 filas por mesa y unas densidades más parecidas a Murcia.

7.4 Manejo de malas hierbas

En cultivos en tierra, es frecuente la proliferación de malas hierbas. La lechuga es un cultivo de escarda, donde la aparición de malas hierbas puede poner en peligro el cultivo, pudiendo afectar incluso al acogollado.

La estrategia de manejo de plantas adventicias va a depender de las malas hierbas que aparezcan y de la cantidad de semilla que haya en el suelo. En el caso de infecciones graves de malas hierbas pueden ser interesantes medidas culturales antes de la plantación como biosolarización, falsas siembras o rotación con cultivos que eviten la proliferación de malas hierbas.

En la fecha de la preparación de estos apuntes existen 5 herbicidas selectivos autorizados en el cultivo de la lechuga (MAPA, 2022c):

- ciclodim, que controla solo gramíneas (Grupo 1 para control de resistencias))
- fluazifop-P-butil que controla solo gramíneas (Grupo 1 para control de resistencias))
- propizamida que controla monocotiledóneas y monocotiledóneas y se puede aplicar en preemergencia o postemergencia temprana de las malas hierbas (Grupo 3 para control de resistencias)
- pendimetalina que controla monocotiledoneas y dicotilodoneas y debe aplicarse en pretrasplante (Grupo 3 para control de resistencias).
- benfluralina que controla monocotiledoneas y dicotilodoneas y debe aplicarse en pretrasplante (Grupo 3 para control de resistencias)

La aplicación de herbicidas, incluso bien llevada a cabo puede causar problemas ya que tras reiterar el cultivo se realiza una selección de las malas hierbas resistentes, en este caso, compuestas. Por otra parte, existe una cierta sensibilidad varietal, por lo que siempre deben hacerse pruebas cuando se planten nuevos cultivares.

Existe maquinaria de escardado, normalmente pensada para trabajar entre líneas de cultivo, aunque ya hay ofertas de aparatos que pueden escardar entre plantas de forma automática usando sistemas de visión artificial (Marhuenda y López, 2016).

Una medida de control de malas hierbas que puede resultar bastante interesante es el acolchado que además tiene ventajas importantes:

- Aumenta la precocidad del cultivo (Marhuenda y López, 2016).
- Disminuye el consumo de agua (20 – 25%) (Rincón, 2005).
- Puede paliar la aparición de enfermedades que aparecen cuando las hojas están en contacto con el suelo (Joubert et al, 1997).
- El cultivo se cosecha más limpio al tener menos restos de tierra.

El acolchado se realiza normalmente con láminas de plástico negro. Se usa normalmente PE pero se pueden usar sin problemas otros films biodegradables o en explotaciones pequeñas acolchados orgánicos. En algunas explotaciones se usa malla antiraiz. El uso de plásticos o malla antiraiz, supone que la plantación debe hacerse con riego por goteo.

Sin embargo, la forma de cultivo puede suponer tener una parte relativamente importante del suelo acolchado (cultivos en llano) lo que supone un coste a tener en cuenta, por lo que se usa más en cultivos en camas. Por otra parte, en las condiciones de Canarias, hay que tener precaución al usar acolchados negros en plantaciones de pleno verano porque tras el trasplante, pueden aparecer quemaduras en las plántulas en contacto con el material.

8. Riego y fertilización

8.1 Riego

La lechuga requiere una cantidad sustancial de agua para un adecuado crecimiento (Ryder, 1999). Un manejo adecuado del riego es importante, no solo para la producción, si no para evitar problemas como el tip burn o mantener los problemas de salinidad bajo control (Rincón, 2005; Ryder, 1999).

En Murcia, las dotaciones normales de riego están en el entorno de 2500 m³/ha para un ciclo de 120 días en una plantación de otoño – invierno (Rincón, 2005). González y López (2003) dan dotaciones entre 1980 y 2900 m³/ha en función de la fecha de plantación. En el caso de usar acolchado plástico se suele recomendar reducir la ET_c calculada para suelo desnudo entre un 20 y un 25% siendo muy recomendable el uso de sensores de humedad (Rincón, 2005). En nuestras condiciones, con ciclos bastante más cortos, se podrían contemplar dotaciones en el entorno de 1500 m³/ha.

Los coeficientes de cultivo que se usan en Murcia para un ciclo de verano (Rincón, 2005) serían los de la tabla 5. En este caso, se trata de lechuga tipo Iceberg. Se observa, que aun siendo verano, da datos para 12 semanas (3 meses). Al representar los K_c de Murcia frente a las semanas de duración del ciclo, se observa que es prácticamente una recta. Para adaptarlo a nuestras condiciones, primero tendríamos que tener en cuenta que los ciclos de las lechugas tipo Batavia son más cortos (según los ensayos del Servicio de Agricultura del Cabildo de Tenerife, aproximadamente un 30% más corto). Por lo tanto, supondremos que el K_c sigue siguiendo una recta, con los mismos

Kc ini y Kc max, ajustando los valores intermedios, en función del nº de semanas del ciclo normal en Tenerife en diferentes ciclos (Tabla 5):

Tabla 5: Posibles coeficientes de cultivo para lechuga Batavia en Tenerife y coeficientes de cultivo para lechuga Iceberg en ciclo de primavera verano en Murcia

día	día	semana	Propuesta lechuga Batavia Tenerife			Rincón (2005)
			verano ¹	primavera- otoño ²	invierno ³	
1	7	1	0.55	0.55	0.55	--
8	14	2	0.70 – 0.85*	0.70 – 0.75*	0.60	0.65
15	21	3	0.85 – 1.00	0.75 – 0.80	0.70	0.70
22	28	4	1.0 – 1.10	0.90 – 0.95	0.80	0.75
29	35	5	1.10	1.00 – 1.05	0.90	0.75
36	42	6		1.05- 1.10	0.95	0.85
43	49	7		1.10	1.00	0.90
50	56	8			1.05	0.95
57	63	9			1.10	1.00
64	70	10				1.05
71	77	11				1.10

*: primer valor para veranos poco extremos y cvs menos sensibles a tip burn o en zona norte. Segundo valor para cvs con problemas de tip-burn. y más alta demanda evaporativa (zona Sur).

1: coeficientes de cultivo en lechuga de verano. Duración del ciclo: 5 semanas

2: coeficientes de cultivo en lechuga en primavera y otoño. Duración del ciclo 7 semanas.

3: coeficientes de cultivo en lechuga de invierno (zona norte y medianías). Duración del ciclo 9 semanas

4: Lechuga tipo Iceberg en ciclo de primavera - verano en Murcia (Rincón, 2005)

Aunque el riego por goteo es el más utilizado en las zonas más importantes de España y en Canarias, el riego por microaspersión puede ser muy beneficioso sobre todo al principio del cultivo en la fase de arraigo o cuando una muy alta demanda evaporativa hace preveer tip burn (Rodríguez y Lopez, 2003), aunque solo sería recomendable cuando no hubiera problemas con la salinidad del agua de riego. De todas formas hay que procurar un sistema de riego que procure una banda húmeda continua sin espacios secos entre emisores. En la lechuga puede ser interesante el uso de cintas de riego que riegan una zona continua y permiten una mayor flexibilidad en los marcos de plantación, sobre todo en suelos con poca retención de agua. En caso contrario, hay que ir a laterales con emisores con poca separación.

Rincón (2005) señala que una consigna de arranque de riego en función de los tensiómetros, mejores características agronómicas (producción vs. consumo de agua) fue de 20 kPa (20 cbar) en la zona de máxima concentración de raíces. En otras referencias se recomiendan valores algo más bajos (7-14 kPa).

8.2 Fertilización

El ciclo corto y la rapidez del crecimiento hacen importante incluir la fertilización del cultivo dentro de la rotación de la parcela, por una parte, y tener una especial atención al momento de la aplicación de los abonos nitrogenados, por otra (Joubert et al, 1997).

Con respecto a las extracciones, tenemos varias referencias, con datos relativamente coherentes (Tabla 7).

Tabla 7: Extracciones de cultivo

Referencia	Producción	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
	kg/m ²	kg/t				
Jubert et al (1997) Batavia, Iceberg	3.4 – 5.7	1.90	0,95	4,04	0,95	0,24
Bar Yosef (1999). Iceberg. ciclo invierno	4.5	2.44	1.12	6.09	---	---
Rincón (2005) Iceberg ciclo invierno	4.5	2,11	0,84	5,37	0,84	0,33
Rincón (2005) Iceberg. ciclo primavera	4.5	1,87	0,64	4,36	0,71	0,28
Ramos y Pomares (2010)	3.5	2.3 -2.9	0.9-1.4	4.6-6.0	---	---
Haifa (2022) *	---	1.5 – 2.5	0.5 – 0.9	2.4 – 4.8	1.4	0.66

*: <https://www.haifa-group.com/fertilization-lettuce-our-recommended-fertilizers>

También existen varios datos de dosis orientativas. En la tabla siguiente (Tabla 8), se presentan cuatro recomendaciones.

Tabla 8: Dosis orientativas de nutrientes

Referencia	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
	kg/ha				
Rincón (2005)	100 - 110	92 – 125*	220 -275	31	12
Cajamar (2013)	150	50	200	---	---
Ramos y Pomares (2010)	120 -140	30 - 50	180 - 230	---	---
Haifa (2018)	130 – 150	40 - 50	200 - 260	---	---

*: Rincón (2005) considera un porcentaje de retrogradación en suelos de Murcia bastante alto.

La lechuga es un cultivo que reacciona bien a los abonos orgánicos, siendo normales aportes entre 1 y 2 kg/m² de estiércol (Rincón, 2005). Aunque en Murcia usan estiércol de gallina, debe tenerse en cuenta que pueden haber problemas de tip burn durante el cultivo cuando se mineralice el N en amonio. En todo caso, es importante cuantificar los aportes de nutrientes del estiércol aplicado ya que pueden ser bastante importantes o completar las necesidades totales del cultivo. Sanz et al (2002) recomiendan no estercolar con contenidos de materia orgánica superiores al 3%. Señalan que no debe superarse una dosis de 2 – 3 kg/m² y que debe ser un estiércol bastante hecho o bien compostado. Sarmiento et al (2019) obtuvieron producciones bastante aceptables con una sola aplicación en fondo de 2.74 kg/m² de estiércol caprino.

Con respecto a la evolución de las necesidades de fertilizantes, Rincón (2005) desarrolla ampliamente la programación de los aportes de nutrientes durante el ciclo de cultivo de lechuga Iceberg (Figura 15). La mayor parte de la absorción se produce durante la formación de la cabeza (80%N y Ca; 90%P; 75%K; 84%Mg). En la figura 16 se presentan datos similares pero sin acumular de lechuga Iceberg en ciclo de invierno en Israel (Bar Yosef, 1990).

González y López (2003) señalan una fertirrigación con una CE máxima entre 1.7 y 2.0 dS/m en fertirrigación de alta frecuencia. Rincón (2005) señala una relación entre nitrógeno nítrico y amoniacal en el entorno del 70-75% del primero y del 20-25% del segundo. Sin embargo, en condiciones favorables para la aparición de tip-burn, debe dejar de usarse abonos amoniacales en fertirrigación.

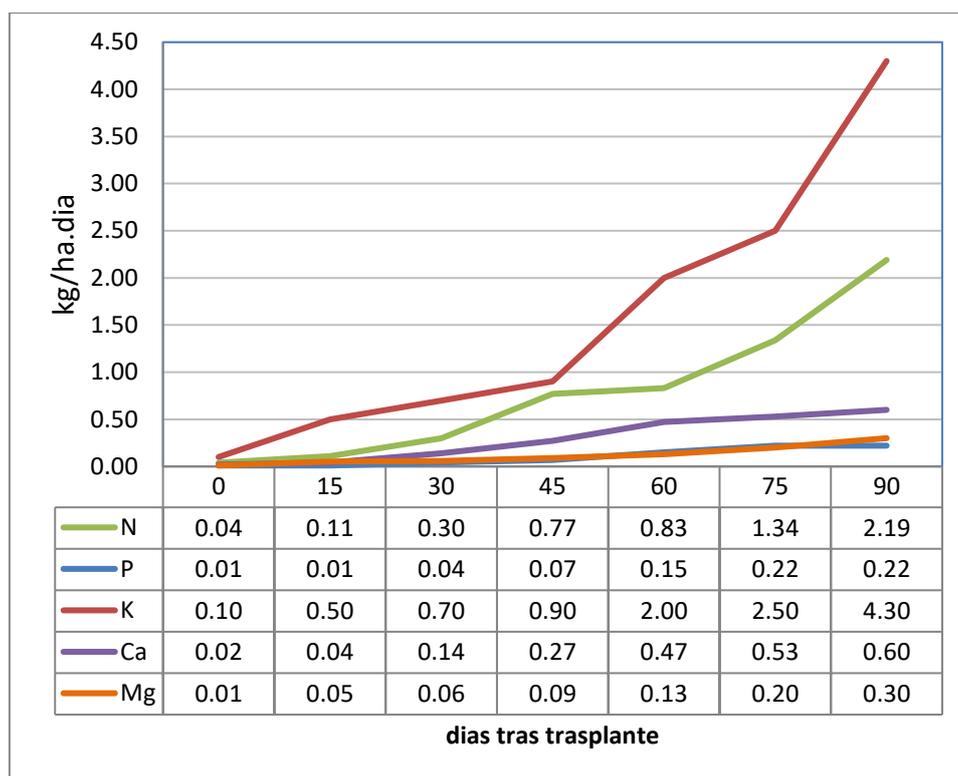


Figura 15: Absorción acumulada de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio a lo largo del ciclo de cultivo de lechuga Iceberg en ciclo de primavera (adaptado de Rincón, 2005).

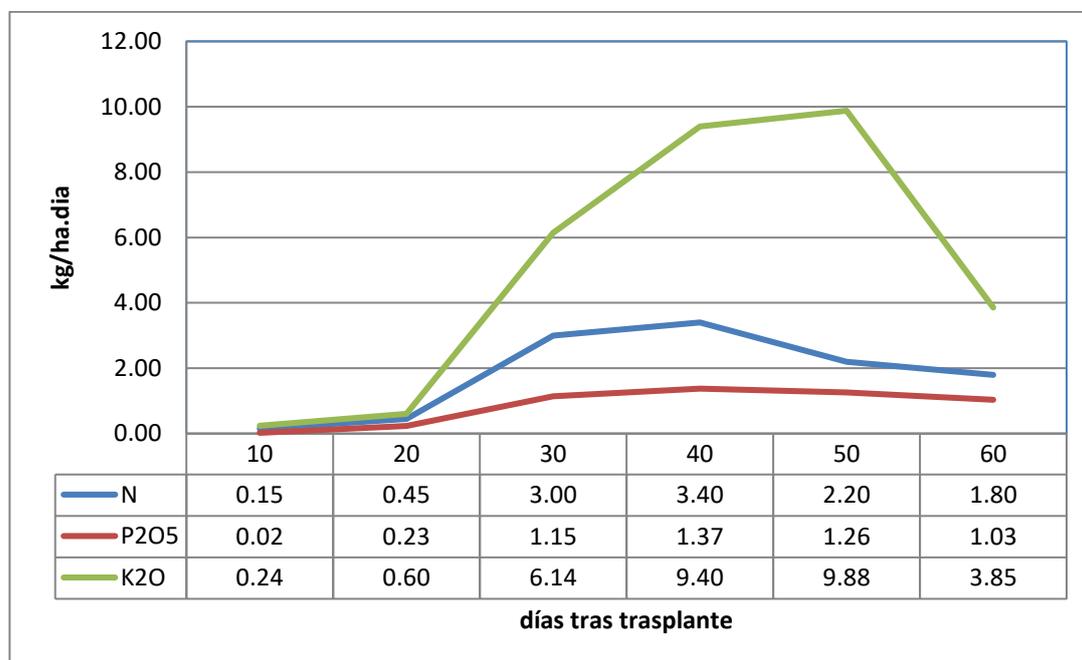


Figura 16: Absorción de N, P₂O₅ y K₂O en un cultivo de lechuga Iceberg en ciclo de invierno (Israel) (adaptado de Bar Yosef, 1990)

Ríos y Santos (2007) recomiendan una fertirrigación en 2 etapas: un equilibrio 1:1:0.5:0.2CaO desde trasplante hasta el comienzo del acogollado, con un aporte total de abono entre 0.2 y 0.3 g/L. Desde el acogollado hasta la semana antes de la recolección se cambia a un 1:0.2:1.5:0.5CaO con un aporte de 0.3 g/L. (recomendaciones para suelos medios de Tenerife (altos niveles de P y K) con aguas con altos contenidos de magnesio y bajos de calcio).

En cultivo sin suelo, hay varias referencias con las concentraciones para lechuga (tabla 9), tanto para solución perdida como para recirculación:

Tabla 9: Soluciones nutritivas en lechuga

Referencia	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	CE
	mmol/L					dS/m
Sonnenveld y Voogt (2009)	12.0	1.3	7.2	3.1	0.7	1.5
Hernández et al (2005)* semana 1-3	8.9	1.5	3.2	2.25	1.2	1.7- 1.8
Hernández et al (2005)* semana 4-5	7.9	1.3	2.6	1.88	1.2	1.5-1.6
Combrick (2019) (abierto)	10	1.0	5.5	5.8	1.0	1.3
Combrick (2019) (recirculación)	7	0.8	3.9	3.8	0.7	0.9

*: Cultivo en picón

A la hora de controlar la fertilización y para evitar algunas fisiopatías, suele ser necesario tomar muestras foliares para hacer un seguimiento, bien por sospechar de algún desequilibrio o para confirmar una buena programación de la fertilización. Casas y Casas (1999) obtuvieron unos valores para toma de hojas, tomando 10 cabezas si es material ya encabezado o 20 si son pequeñas (el laboratorio elige 10 hojas completas de cada cabeza) que se presentan en la tabla 10.

Tabla 10: Valores de referencia en análisis foliares en lechuga (Casas y Casas, 1999)

Elemento	Deficiente	Normal	Excesivo
N (%)	2.5	3.5 – 5.0	---
P (%)	0.2	0.3 – 0.6	
K (%)	2.5	4.5 – 6.3	
Ca (%)	0.28	0.5 – 0.75	
Mg (%)	0.2	0.25 – 0.35	
Na (%)	---	<0.3	0.3 – 0.5
Fe (ppm)	50	>75	---
Mn (ppm)	20	>50	---
Cu (ppm)	2	>5	---
Zn (ppm)	22	>25	---
B (ppm)	20	>35	---

Desde el punto de vista sanitario, para la lechuga, como para otras hortalizas de hoja, hay unos niveles máximos de nitratos que no deben superarse. El nivel legal está establecido por el Reglamento (CE) N° 1881/2006 de la Comisión de 19 de diciembre de 2006 por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios (Tabla 11).

La concentración de nitratos depende fundamentalmente de la radiación: cuanta más radiación, menor contenido de nitratos tendrá una lechuga fertilizada del mismo modo. Así, Joubert et al (1997) señala para un mismo cultivar plantado en la misma localización en ciclo de primavera 533 ppm de nitratos y en invierno de 1497 ppm. Por eso es más frecuente que se alcancen o superen los valores marcados en condiciones de baja radiación. En nuestras condiciones, salvo que se haga un manejo extraño (condiciones de invierno, invernadero con cubierta sucia), no es probable que

se superen los valores máximos. Debe procurarse suspender la aplicación de nitrógeno en la última o dos últimas semanas del cultivo (verano o invierno, respectivamente).

Tabla 11: Niveles máximos de nitratos permitidos en lechuga (Reglamento CE 1881/2006).

Lechugas frescas (<i>Lactuca sativa</i> L.) (lechugas de invernadero y cultivadas al aire libre) salvo Iceberg	Recolectadas entre el 1 de octubre y el 31 de marzo:	
	Cultivadas en invernadero	5000 mg/kg
	Cultivadas al aire libre	4000 mg/kg
	Recolectadas entre el 1 de abril y el 30 de septiembre:	
	Cultivadas en invernadero	4000 mg/kg
	Cultivadas al aire libre	3000 mg/kg
Lechugas del tipo «Iceberg»	Cultivadas en invernadero	2500 mg/kg
	Cultivadas al aire libre	2000 mg/kg

8. Recolección, comercialización y Postcosecha

8.1 Recolección

Como se comentó anteriormente, en las condiciones de Canarias, la recolección comienza a las 4 semanas tras el trasplante en ciclos de verano mientras que puede retrasarse hasta las 6 – 7 semanas o más (zonas de medianías) en condiciones de invierno. En los cultivares de tipo Iceberg, se podría decir que el ciclo es aproximadamente 1 semana más que en los de tipo Batavia.

En Murcia y Almería, los ciclos son más largos, teniendo en cuenta que se trata de ciclos principalmente de otoño hasta primavera, estando en el entorno de 10 a 15 semanas.

La cosecha se debe hacer siempre en el punto óptimo de madurez, evitando que alcance la plena madurez o compacidad, ya que acorta la vida útil del producto. Es esencial disponer de personal especializado para que la selección y empaquetado sea el correcto (Marhuenda y López, 2016). La cosecha se suele hacer a mano, con cuchillo. En muchos casos, las hojas senescentes exteriores se eliminan justo al recolectar en el mismo terreno (Esguerra et al, 2020). En función del tipo de lechuga y del destino se debe cosechar y preparar de forma diferente. En nuestras condiciones, la lechuga tipo Batavia suele tener un peso óptimo de 500 – 600 g/pieza, subiendo hasta los 700 g/pieza, aproximadamente en Iceberg

En el caso de baby leaf, se suele hacer la recolección cuando las hojas han alcanzado su tamaño comercial (10 – 12 cm), normalmente usando algún tipo de cosechadora más o menos compleja con una barra cortadora (Ryder, 1999).

La lechuga debe recolectarse en las horas más frescas del día para evitar marchitamientos y recalentamientos. En el caso que la lechuga esté húmeda por rocío para evitar roturas de hojas. Las piezas deben mantenerse a la sombra si no son llevadas a empaquetado (Esguerra et al, 2020).

En el caso de la lechuga que va a consumo en fresco, se suele introducir en bolsas de polipropileno micro-perforado, mientras que si se destina a procesado en 4ª gama, directamente se dispone en una caja de plástico o cartón, para ser enfriada antes de enviar al destino (Marhuenda y López, 2016).

Hay múltiples formas de empaquetar el producto en función del tipo de lechuga, la romana puede ir individualmente o en corazones de 2 unidades por bolsa, los cogollos pueden ir en bolsas

de 2, 3 piezas y en tarrinas de 6 piezas como corazones. El tema del empaquetado o *packaging* es muy dinámico y surgen formas nuevas continuamente (Marhuenda y López, 2016).

En las grandes zonas productoras se emplean cosechadoras, plataformas autopropulsadas sobre las que trabaja un equipo de personas. En muchos casos, junto a la cosechadora suelen estar los camiones frigoríficos para enfriar a 2°C lo más rápidamente posible y se carga, formando parte de un determinado pedido.

8.2 Criterios de clasificación

Los tamaños varían en función del tipo de lechuga que se trate y de las preferencias de los mercados. En el Reglamento (CE) nº 771/2009 de la Comisión, de 25 de agosto de 2009, que modifica el Reglamento (CE) nº 1580/2007 en lo que atañe a determinadas normas de comercialización en el sector de las frutas y hortalizas, donde está la Norma de comercialización para las lechugas, las escarolas de hoja rizada y las escarolas de hoja lisa, nos encontramos con 3 categorías:

Categoría I: Los productos clasificados en esta categoría deberán ser de buena calidad. Los productos deberán presentar las características propias de la variedad o tipo comercial al que pertenezcan, especialmente el color. Además, deben estar bien formados, firmes, exentos de daños. Las lechugas deberán presentar un solo cogollo.

Categoría II: Aquí entrarían los productos que no pueden clasificarse en I, pero que estén bien formados y exentos de defectos y alteraciones que puedan afectar a su comestibilidad. Se permite una ligera descoloración, daños leves por plagas. Las lechugas deben tener un cogollo aunque sea de tamaño reducido, salvo las producidas bajo cubierta o las de tipo Romana.

En lo referente a los calibres, podemos diferenciar (Tabla 12):

Tabla 12: Clasificación por calibres de lechugas (Reglamento (CE) nº 771/2009)

Tipo de lechuga	aire libre	cultivo bajo cubierta
	g/unidad	
Lechugas arropolladas (salvo Iceberg) y romanas (Salvo las de hojas grasas)	150	100
Lechugas Iceberg	300	200
Lechugas de corte y de hoja gruesa	100	100

En el Reglamento se establecen diferencias máximas de peso entre las unidades de un mismo envase y tolerancias para cada categoría. Se tiene en cuenta los envases de productos de diferentes colores, variedades y/o tipos comerciales.

Illescas y Bacho (2005) señalan dos tipos de formatos más comunes en MERCASA; granelos clasificados en cajas de 6 unidades, con calibres mínimos de 150 g/pieza, mientras que en Iceberg se comercializan en cajas de cartón de 9/10 unidades, cubiertas con film, con un peso mínimo de 300 g/unidad o bien enfundadas en plástico con 1 o 2 unidades de 250/450g/unidad. En el caso de los cogollos, se suele comercializar en bandejas de 3/6 unidades.

8.3 Conservación en postcosecha

El manejo en postcosecha influye tanto en mantener la frescura de la lechuga, su sanidad así como evitar pérdidas de sobremadurez, amarilleamientos y daños mecánicos. La lechuga es altamente susceptible a esos daños entre la cosecha y el consumo (Esguerra et al, 2020).

El preenfriamiento es una operación necesaria para las lechugas, llevando la temperatura lo más rápidamente posible a 2°C. El tiempo de conservación disminuye al aumentar el número de horas que transcurre entre la recolección y el descenso de temperatura a 2°C. Se usan tres métodos: enfriamiento por vacío, el aire forzado húmedo y el enfriamiento por agua. El más idóneo es el método de vacío, que se hace con la lechuga ya envasada, específicamente desarrollado para este producto (Marhuenda y López, 2016).

El enfriamiento por agua está recomendado para las lechugas romanas y otras arrepolladas que no sean la Iceberg. Los envases deben tener orificios adecuados de ventilación para que el enfriamiento sea más uniforme. El enfriamiento por aire forzado humidificado es más lento que los anteriores aunque también resulta apropiado (Esguerra et al , 2020)

La conservación de las lechugas debe realizarse a una temperatura entre 0 y 1°C, con humedades relativas por encima del 95%. Las piezas deben introducirse en la cámara preenfriadas. Si no están envueltas individualmente hay que recubrir los envases con plásticos perforados para reducir la deshidratación. De esta manera se pueden conservar perfectamente entre 5 y 30 días. Las lechugas son sensibles al etileno, por lo que debe ventilarse adecuadamente la cámara y no deben almacenarse con especies productoras de este gas, como melones, tomates o manzanas (Esguerra et al, 2020; Ryder, 1999).

En el caso de la IV gama se usan atmósferas modificadas que alargan la conservación, manteniendo la temperatura a 0°C, la humedad elevada, un nivel de oxígeno del 1 al 5% y un nivel de dióxido de carbono del 1%. De esta forma se consigue alargar la conservación hasta más de un mes, o mejorar la calidad en almacenamientos breves (Ryder, 1999). Las lechugas para IV gama, bien procedente de unidades grandes mediante corte u otro tipo de manipulado, o tipo Baby Leaf, la desinfección con hipoclorito sódico es un paso muy importante para la seguridad alimentaria, además de otros procesos que garanticen que no se empaqueten cuerpos extraños.

Principales accidentes y Fisiopatías

9.1 Tip burn

El tip burn (quemadura de puntas) es uno de las fisiopatías más importantes en nuestras condiciones. El problema es similar a la necrosis apical del tomate o del pimiento, con la misma causa, un problema de traslocación de calcio en la planta. Se pueden encontrar 2 sintomatologías: una donde se observan manchas secas o húmedas de color marrón en los bordes de las hojas. Las manchas secas se suelen observar en hojas exteriores mientras las húmedas son más frecuentes dentro del cogollo. En ambos casos también se observa un oscurecimiento de las nerviaciones cercanas a los bordes (Blancard et al, 2005).

Se acepta que el tipburn se produce como consecuencia de una deficiencia localizada de calcio debida a una falta de suministro de este elemento a las hojas jóvenes. En el caso de la lechuga,

las hojas externas poseen un mayor potencial transpiratorio, por lo que durante el día reciben de forma prioritaria el flujo de calcio de la savia ascendente. Este problema se agrava en caso de un crecimiento excesivamente rápido, en que en los tejidos jóvenes existe una amplia demanda de calcio para la formación de membranas (ve figura 17) (Barta y Tibbits, 2000).

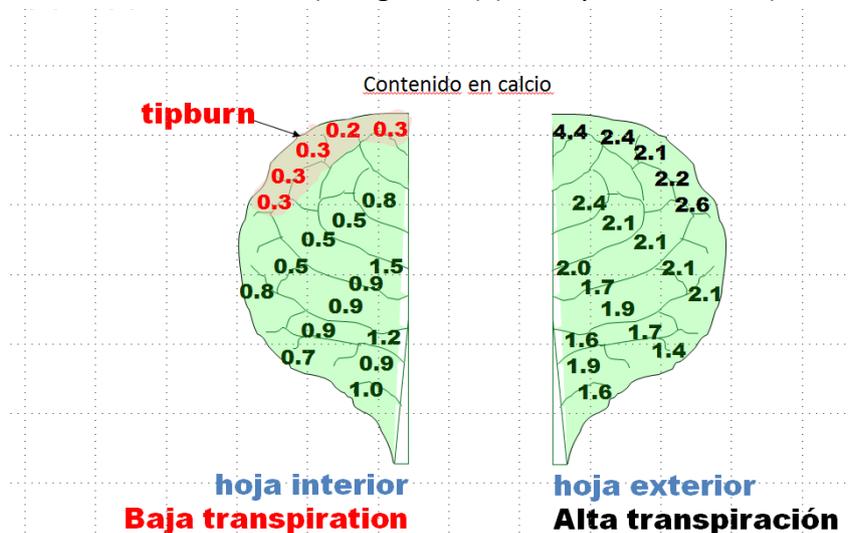


Figura 17: Distribución del contenido en calcio en hojas con baja y alta transpiración (adaptado de Barta y Tibbits, 2000)

Una alta demanda evaporativa, una excesiva fertilización, un incremento de la intensidad de la luz, y otros factores que contribuyen a un rápido crecimiento de la lechuga, pueden aumentar el desarrollo de la quemadura de las puntas como resultado de la baja movilidad de los iones de calcio dentro de la planta.

Unas buenas prácticas culturales y de manejo, que no promuevan un rápido y excesivo crecimiento pueden atenuar la aparición del tipburn (Ryder, 1999; Blancard et al, 2005; Marhuenda y López, 2016;):

- Manejo del riego: Aumento de la frecuencia de riego, riegos en los periodos de baja demanda evaporativa. Con una elevada humedad relativa nocturna, la presión radicular induce un flujo nocturno de savia ascendente, a través de donde el calcio se transloca principalmente hacia las hojas más jóvenes.
- Manejo de la fertirrigación: Disminución del aporte de abonos, bajar la relación K/Ca, eliminar los aportes de amonio.
- Manejo del clima: Uso de microaspersión (si está disponible), mantas térmicas o mallas de sombreo (bajada de la radiación).
- Uso de material vegetal con tolerancia a tip burn. Existen cultivares que no siendo resistentes al tipburn, son más tolerantes que otros. (Ryder, 1999; Blancard et al, 2005). En varios ensayos realizados en Tenerife se han detectado cultivares con un buen comportamiento frente a esta fisiopatía como Calorice o Dragone (Trujillo et al, 2015).

9.2 Raíz pivotante gruesa

Es una fisiopatía similar a “corky root” en tomate. Las plantas presentan el cuello y la raíz pivotante engrosadas, con la superficie resquebrajada y suberificada de color marrón oscuro o negro, con poca presencia de raíces secundarias. Las hojas se van amarilleando y la planta se

marchita por completo. Los ataques suelen aparecer en rodales más o menos extensos y pueden aparecer en cualquier estado del cultivo. Según Marhuenda y López (2016) suele ser un problema que aparece de forma esporádica, sobre todo en zonas de interior.

No se han encontrado un patógeno que claramente sea el responsable del problema. Algunas fuentes señalan que está asociada a una bacteria pero no se ha podido demostrar fehacientemente. Existen fuentes de tolerancia varietal en especies de *Lactuca* (González y López, 2003) o a la bacteria que algunos autores señalan que pueda ser la causante (*Sphingomonas suberifaciens*)

9.3 Nervadura rosa

Otro problema fisiológico que tiene una gran repercusión económica es la «costilla o nervadura rosa» *pink rib*. Es una decoloración en la parte exterior basal de la nervadura central de la hoja que termina por tener un color marrón claro o rosáceo (Marhuenda y López, 2016).

Este problema aparece después de lluvias intensas y períodos nubosos, con encharcamiento y falta de oxígeno en el entorno radicular (González y López, 2003). Este problema acorta drásticamente la vida útil del producto, provocando reclamaciones de clientes, sobre todo, cuando hay varios días de transporte a destino (Marhuenda y López, 2016).

Hay que evitar suelos arcillosos y riegos que saturen el suelo (Marhuenda y López, 2016) aunque también pueden intervenir problemas nutricionales de relaciones entre iones (González y López, 2016).

9.4 Subida a flor precoz

Este problema se explica en la parte de fisiología del cultivo

10. Costes

Tabla 14: Costes producción lechuga (Consejería Agricultura Gobierno de Canarias, 2022)

Partida		Coste (€/ha y ciclo)
Costes directos medios		11.159,94
Insumos	Plantas	5.000,00
	Fertilizantes	998,50
	Productos fitosanitarios (y/o lucha integrada)	503,56
	Agua	1.086,75
	Otros (material auxiliar, combustible,...)	511,13
	Total insumos	8.099,94
Mano de obra		2.190,00
Seguro agrario		870,00
Costes indirectos medios		2.013,35
Amortizaciones	Preparación del terreno	82,29
	Instalación de riego	175,00
	Estanque y cuarto de riego	321,20
	Rentas de la tierra	520,83
	Otras (maquinaria, vehículos,...)	914,03
TOTAL		13.173,29

Coste : 1,32 €/m² y ciclo

Rendimiento medio: 4,00 kg/m²

COSTE MEDIO DE PRODUCCIÓN: 0,33 €/kg

Tabla 13: Costes producción lechuga (Marhuenda y Lopez, 2016).

Conceptos	Iceberg	Cogollos
<i>Plantas/ha</i>	70.000	165.000
<i>Cosecha kg/ha</i>	52.500	140.250
<i>Aprovechamiento</i>	75%	85%
Costes variables	13.466,00	19.616,00
<i>Agua</i>	1.050,00	1.050,00
<i>Fertilizantes orgánicos y minerales</i>	850,00	850,00
<i>Agroquímicos</i>	990,00	850,00
<i>Mano de obra</i>	4.550,00	8.780,00
<i>Plantas y semillas</i>	1.050,00	2.475,00
<i>Materiales</i>	3.500,00	2.570,00
<i>Maquinaria</i>	1.476,00	3.041,00
Costes fijos	3.882,00	4.329,00
<i>Costes estructurales</i>	2.079,00	2.079,00
<i>Amortizaciones</i>	1.033,00	1.150,00
<i>Arrendamientos y otros</i>	770,00	1.100,00
Coste total por ha (euros)	17.348,00	23.945,00
Coste unitario (euros/pieza)	0,3304	0,1707

Se presentan en las tablas 13 y 14 dos aproximaciones a la estructura de costes. En la primera se presentan datos de Murcia (Marhuenda y López, 2016) mientras que en la segunda son datos más recientes recopilados por el Observatorio de Precios Agrícolas de la Consejería de Agricultura del Gobierno de Canarias (Gobierno de Canarias, 2022).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, R.G.; Pereira, L.S.; Raes, D. y Smith, M. 1998. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. FAO irrigation and drainage paper 56. FAO. Roma. 300 p.
- Amitrano, C.; Roupheal, Y.; Pannico, A.; De Pascala, S. y De Micco, V: 2021. **Reducing the evaporative demand improves photosynthesis and water use efficiency of indoor cultivated lettuce**. *Agronomy*, 11(7), 1396.
- Ayers, R.S. y Westcot, D.W. 1994. **Water quality for agriculture**. FAO Irrigation and drainage paper. 29. Rev. 1 FAO Roma.
- Bar Yosef, B. 1999. **Advances in fertigation**. *Advances in Agronomy*, 65: 1-77.
- Barta, D.J. Y Tibbitts, TW. 2000. **Calcium localization and tipburn development in lettuce leaves during early enlargement**. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 125(3): 294-298.
- Blancard, D.; Lot, H. y Maisonneuve, B. 2005. **Enfermedades de las lechugas. Identificar, conocer, controlar**. Mundi-Prensa. Madrid. 375 p.
- Brechner, M. y Both, A.J. 2013. **Hydroponic lettuce handbook**. Cornell Controlled Environment Agriculture. Cornell University. Disponible en línea en: <https://cpb-us-e1.wpmucdn.com/blogs.cornell.edu/dist/8/8824/files/2019/06/Cornell-CEA-Lettuce-Handbook-.pdf>
- Cáceres, L.; Rodríguez, C. y Trujillo, L. 2009. **Variedades de lechuga para producción ecológica**. Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural. Cabildo Insular de Tenerife. 6 p.

- Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Aguas del Gobierno de Canarias. 2022. **Obsevatorio de Precios Agrícolas**. Disponible en línea en: <https://www.gobiernodecanarias.org/agp/sgt/temas/estadistica/agricultura/observatorio-precios.html>
- Carotti, L. Gaamans, L.; Puksic, F. Butturini, M. Meiene, E.; Heuvelink, E y Stangehelli, C. 2021. **Plant factories are heating up: hunting for the best combination of light intensity, air temperature and root temperature in lettuce production**. Front. Plant. Sci. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.592171>
- Casas, A. y Casas, E. 1999. **El análisis de suelo – agua – planta y su aplicación a la nutrición de los cultivos hortícolas en la zona del sureste peninsular**. Caja Rural de Almería. Almería. 250 p.
- Combrink, N.J.J. 2019. **Nutrient solution management**. Department of Agronomy. Stellenbosch University. <http://www.boetniek.co.za/wp-content/uploads/2021/08/Nutrient-Solution-Management-E-versionFin.pdf>
- Comunidad Europea. 2022. **Plant variety database**. Disponible en línea en: http://ec.europa.eu/food/plant/plant_propagation_material/plant_variety_catalogues_databases/search/public/index.cfm
- Esguerra, W.; Rapusas, R. y Rolle, R.S. 2020. **Post-harvest management of lettuce to ensure quality and safety**. Guidance for stakeholders in the horticultural supply chain. FAO.
- Fundación Cajamar. 2013. **Fertilización de la lechuga**. Boletín del Huerto nº 90. Disponible en línea en: <https://www.cajamar.es/storage/documents/boletin-huerto-90-1496059680-b1c50.pdf>
- González, A. y López, J. 2003. **La lechuga en la región de Murcia y otras comunidades autónomas**. Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente. Región de Murcia. Murcia. 185 p.
- Hernández, C.D.; Socorro, A.R.; Cid, M.C.; Santos, B., y Rios, D. 2005. **Effects of preplant phosphoric acid treatment on p retention of tufts of the Canary Islands**. Acta Horticulturae, 697: 499 -503.
- Idso, S.B. 1982. **Non-water-stressed baselines: a key to measuring and interpreting plant water stress**. Agricultural Meteorology, 27: 59-70.
- Illescas, J.L. y Bacho, O. 2005. **Evolución y tendencias en los mercados de frutas y hortalizas (II). Análisis de las principales variedades de hortalizas y patatas**. Distribución y Consumo, 82: 29-105.
- Instituto Canario De Estadística ISTAC. 2022. **Sector Primario**. Disponible en línea en: http://www.gobiernodecanarias.org/istac/temas_estadisticos/sectorprimario/
- Joubert, G., Hutin, C.; Leteinterier, J.; Moras, P; Navez, B.; Odet, J.; Pelletier, J.; Perus, M. y Stengel, B. 1997. **Laitues**. Ctifil. Paris. 281 p
- Marhuenda, J.A. y García J. 2016. **Lechuga**. p. 239-272. En: Maroto, J.V. y Bauxauli, C. (Coord.). Cultivos hortícolas al aire libre. CAJAMAR Caja Rural. Almería. 786 p.
- Maroto, J.V. 2002. **Horticultura herbácea especial**. Mundi-Prensa. 5ª Ed. Madrid. 704 p.
- Marín, J. 2021. **Vademecum de semillas. Portagrano. Variedades hortícolas**. Jose Marín Rodríguez. Almería. 477 p.
- MERCATENERIFE. 2018. **Lechuga**. Fichas de Productos. Disponible en línea en: <http://mercatenerife.com/wp-content/uploads/2018/03/Lechuga-2018.pdf>
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). 2022a. **Estadísticas agrarias: superficies y producciones actuales de cultivos 2021**. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Disponible en línea en: <https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/superficies-producciones-anales-cultivos/>
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). 2022b. **Registro de Variedades**. Oficina Española de Variedades Vegetales. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Disponible en línea en: <https://www.mapama.gob.es/app/regVar/index.aspx?id=es&app=variedades>
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). 2022c. **Registro de Productos fitosanitarios**. Disponible en línea en: <https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/productos-fitosanitarios/registro-productos/>
- Pato, A., F. Condés, M. Noguera, F.E. Vicente y A. Soria. 2006. **Fertirrigación en la zona vulnerable del Campo de Cartagena**. Consejería de Agricultura y Agua. Región de Murcia. 40 p.

- Ramos, C. Y F. Pomares. 2010. **Abonado de los cultivos hortícolas**. 181 – 192. En: Ruano, J. Lloveras, P. Urbano, M. Pérez, J. Ortiz y B.M^a Rodríguez. Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid. 259 p.
- Rincón, L. 2005. **La fertirrigación de la lechuga Iceberg**. IMIDA. Región de Murcia. Murcia. 183 p.
- Ríos, D. y Santos, B. 2007. **Abonado simple de los principales cultivos hortícolas del mercado interior**. Curso Riego y Fertirrigación. Colegio de Ingenieros Agrónomos de Centro y Canarias. Delegación de Santa Cruz de Tenerife.
- Ryder. E.J. 1999. **Lettuce, endive and chicory**. Crop Production Science in Horticulture, 9. CABI Publishing. Wallingford. 208 p.
- Sánchez, A; Allen, R:J. y Schaffer, B. 1989. **Growth and yield of crisphead lettuce under various shade conditions**. Journal of the American Society for Horticultural Science, 114(6): 884-890
- Santana, E.; Aragao, C.A.; Silva, I.L. De Souza, G.M.; De Andrade, I.G.; Nunes, A.B. Costa, W. y Yuri, J.I.. 2020. **Growth and production of crisphead lettuce in protected cultivation and high temperature**. Revista Brasileira de Ciências Agrarias, 15 (1): DOI:10.5039/agraria.v15i1a6288
- Sanz J.A; Uribarri, A.; Sádaba, S.; Aguado, G. y Del Castillo, J, 2002. **Guía de cultivo de lechuga y cogollo**. Navarra Agraria, 133: 17-22
- Scialabra, N.; Gómez, I. y Thivant. L. 2015. **Training manual for Organic agriculture**. FAO. 105 p.
- Sonnenveld, C. y Voogt. W. 2009. **Plant nutrition of greenhouse crops**. Springer. Dordrecht. 431 p.
- TRIDGE. 2022. **Fresh lettuce** TRIDGE. Global sourcing hub of food and agriculture. Disponible en línea en: <https://www.tridge.com/intelligences/lettuce>
- Trujillo, L.; Fernández, J.; Calzadilla, V. y Santos, B. 2015a. **Ensayos de variedades de lechuga Batavia. 2014**. Información Técnica. Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural. Cabildo Insular de Tenerife. 14 p.
- Trujillo, L.; Fernández, J.; Calzadilla, V. y Santos, B. 2015b. **Ensayos de variedades de lechuga Iceberg. 2014**. Información Técnica. Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural. Cabildo Insular de Tenerife. 10 p.
- Unlukara, A.; Cemek, B.; Karaman, S. y Ersahin, S. 2010. **Response of lettuce (Lactuca sativa var. Crispa) to salinity of irrigation water**. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Sciences, 36(4). <https://doi.org/10.1080/01140670809510243>
- Wien, H.C. 1997. **Lettuce**. p. 479 -509. En Wien, H.C. (Ed). The physiology of vegetable crops. CABInternational.

COL, COLIFLOR Y BROCOLI (BRÁSICAS)

1. Generalidades

1.1 Origen e historia de las especies

El grupo formado por los cultivos de col, coliflor y brócoli se suelen agrupar en horticultura dentro del término “brásicas”. También estarían dentro del grupo de las brásicas las coles chinas, la col de Bruselas, el colirrábano, etc.

La especie *Brassica oleracea* de la que provienen las brásicas cultivadas de las que hablamos en este tema parece haberse originado en la cuenca mediterránea y haberse extendido hasta zonas tan alejadas como Escocia (Fig 1) (Dixon, 2007). Las primeras selecciones parecen haberse realizado para reducir el contenido en glucosilatonatos, de sabor amargo. Las primeras selecciones de lo que llamamos kale o con un solo tallo y hojas lisas o rizadas parecen haberse consumido en el mediterráneo desde el siglo VII AC (Wien y Wurr, 1999).

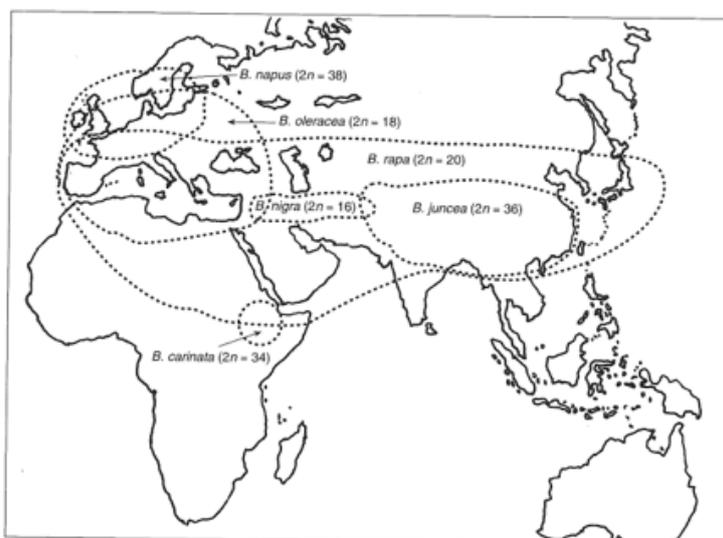


Figura 1: Biogeografía de los orígenes y diversidad de las principales especies de *Brassica* cultivadas (Dixon, 2007).

La selección en las zonas más al norte fue hacia tipos de floración bianual con un periodo frío previo de 2-3 meses. La col sería una selección hacia plantas de tallos muy corto y una yema apical rodeada de muchísimas hojas. La col ya se consume en Alemania sobre el siglo XII reportándose los primeros colirrabanos (tallos hinchados) en el XVI (Dixon, 2007; Bauxauli y Maroto, 2016)

Las plantas con inflorescencias cortas parecen que aparecieron en el mediterráneo oriental, con las primeras referencias sobre coliflores en el siglo XII y de brócolis en el XVII. La última selección fue la de la col de Bruselas en Bélgica sobre el siglo XVIII, parece que derivada de una col de tipo Milán (Fig. 2) (Stansell y Björkman, 2020; Branca et al, 2018; Wien y Wurr, 1999; Bauxauli y Maroto, 2016).

Para España, el cultivo de brócoli (se puede encontrar escrito también como bróculi o brécol) se empezó a desarrollar con una cierta escala, desde principios de la década de 1970, destinado al mercado de exportación en la Comunidad Valenciana y Cataluña. Posteriormente se extendió a otras regiones españolas como Murcia, Navarra y Extremadura en estas dos últimas se destina

principalmente al procesamiento industrial, sobre todo al congelado (Maroto y Bauxauli, 2016, González y Ayuso, 2021).

El cultivo de la coliflor romanesco se introdujo en la zona del mediterráneo español a principios de 1990, para ser destinado a la exportación en fresco. En otras zonas de la península el cultivo se ha desarrollado con destino a la industria de congelado (Maroto y Bauxauli, 2016).



Figura 2: Esquema del desarrollo de los tipos cultivados de *Brassica oleracea*: 1: tipo original; 4: col de Bruselas ; 10: col de Milán; 11: col; 8: colirrábano, 13: coliflor y brocoli (Wien y Wurr, 1999).

1.2 Importancia del cultivo a nivel mundial y nacional

La producción mundial de col fresca en 2020 fue 70.94 millones de toneladas (Mt). China produjo el 47% de la producción mundial (33.8 Mt), seguido de la India con el 13% (9.2 Mt), Rusia, Corea del Sur, Ucrania, Japón, Indonesia, EEUU y Vietnam, ya con porcentajes mucho menores (menos del 5%) (fig. 3a). La producción parece haberse estabilizado en los últimos 10 años. Con respecto a la exportación España fue el principal exportador, con 532 millones de dólares en 2021, casi el 50% del comercio mundial de esta hortaliza, proveyendo al resto de la Unión Europea (fig 4a). (www.tridge.com, 2022).

La producción mundial de coliflor fresca en 2020 fue de 22.5 millones de toneladas (Mt). El principal productor mundial es China, con 7.7 millones de toneladas (Mt), seguido de India con 7.7 Mt, Estados Unidos con 1.18 Mt y España con 0.43Mt. Se observa una cierta estabilidad de la producción en los últimos 5 años (fig 3b). El principal exportador mundial es España con 619 millones de dólares, seguido de Méjico con 355 millones de dólares y EEUU con 170 millones, Italia con 127 millones y Francia con 115 millones de toneladas. En la figura 4b se presentan los principales flujos mundiales de exportación del producto. (www.tridge.com, 2022).

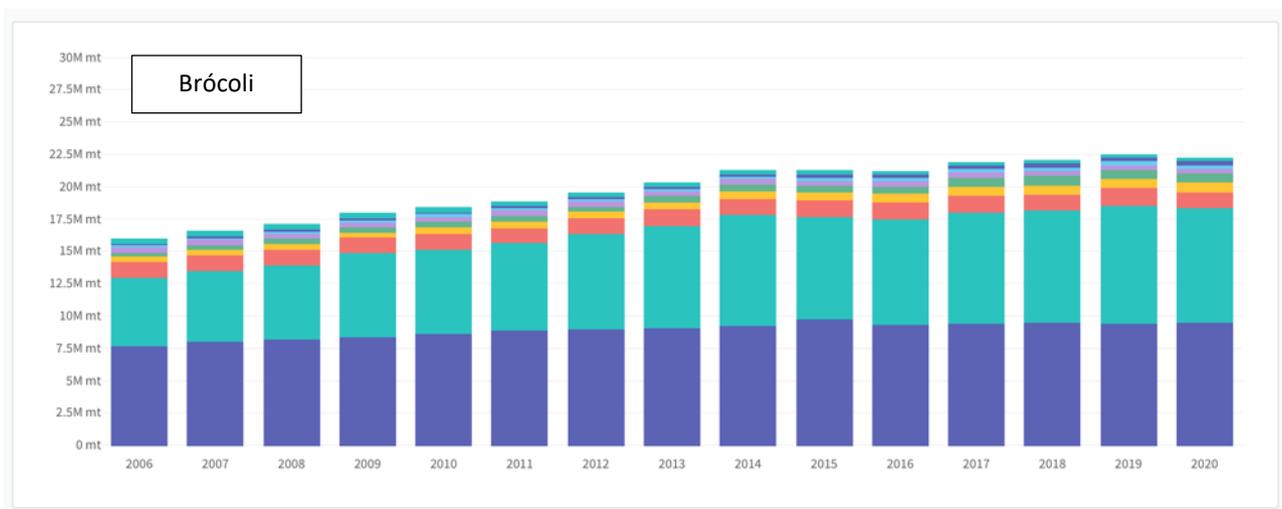
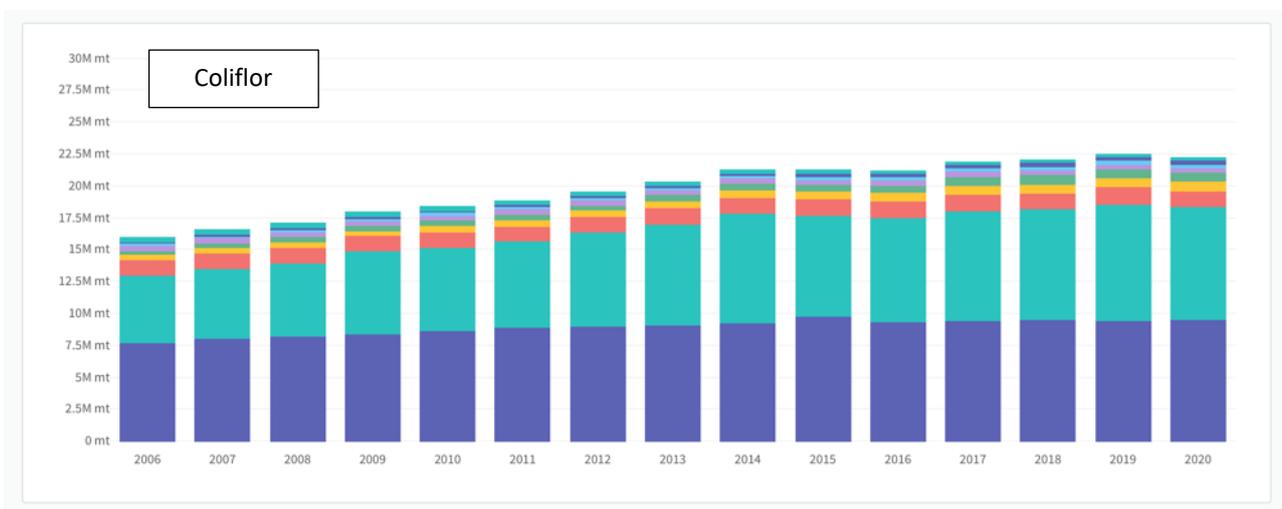
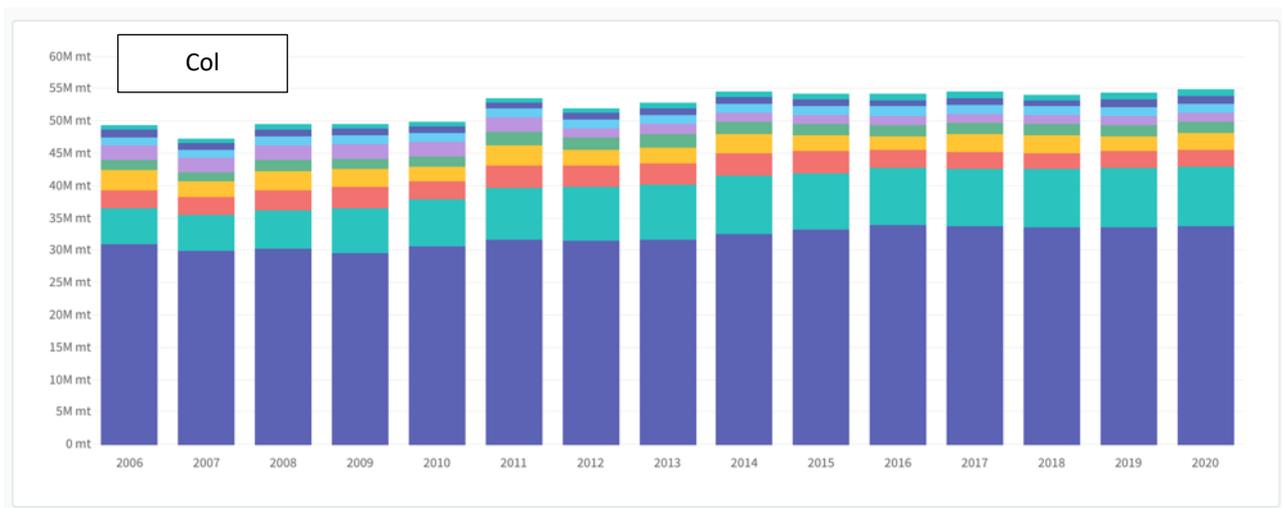


Figura 3: Producción mundial de col, coliflor y brócoli fresco (de arriba abajo) en millones de toneladas en el periodo 2006 – 2020 (www.tridge.com)

En el caso del brócoli fresco, la producción mundial está en el entorno de los 25 millones de toneladas. China fue el primer productor (9,5 Mt), seguido de la India (8.8 Mt), Estados Unidos (1.3 Mt), España (0.7 Mt), México (0.7 Mt), Italia, Turquía, Bangladesh y Francia. De la misma forma que en la coliflor, parece haber una cierta estabilización de la producción en los últimos años (fig 3c). De

nuevo, España fue el principal exportador mundial, con 619 millones de dólares de un total de 1779 millones de dólares (el 35% del comercio mundial), seguido de Méjico con 355 millones de dólares (fig 4c). (www.tridge.com, 2022).

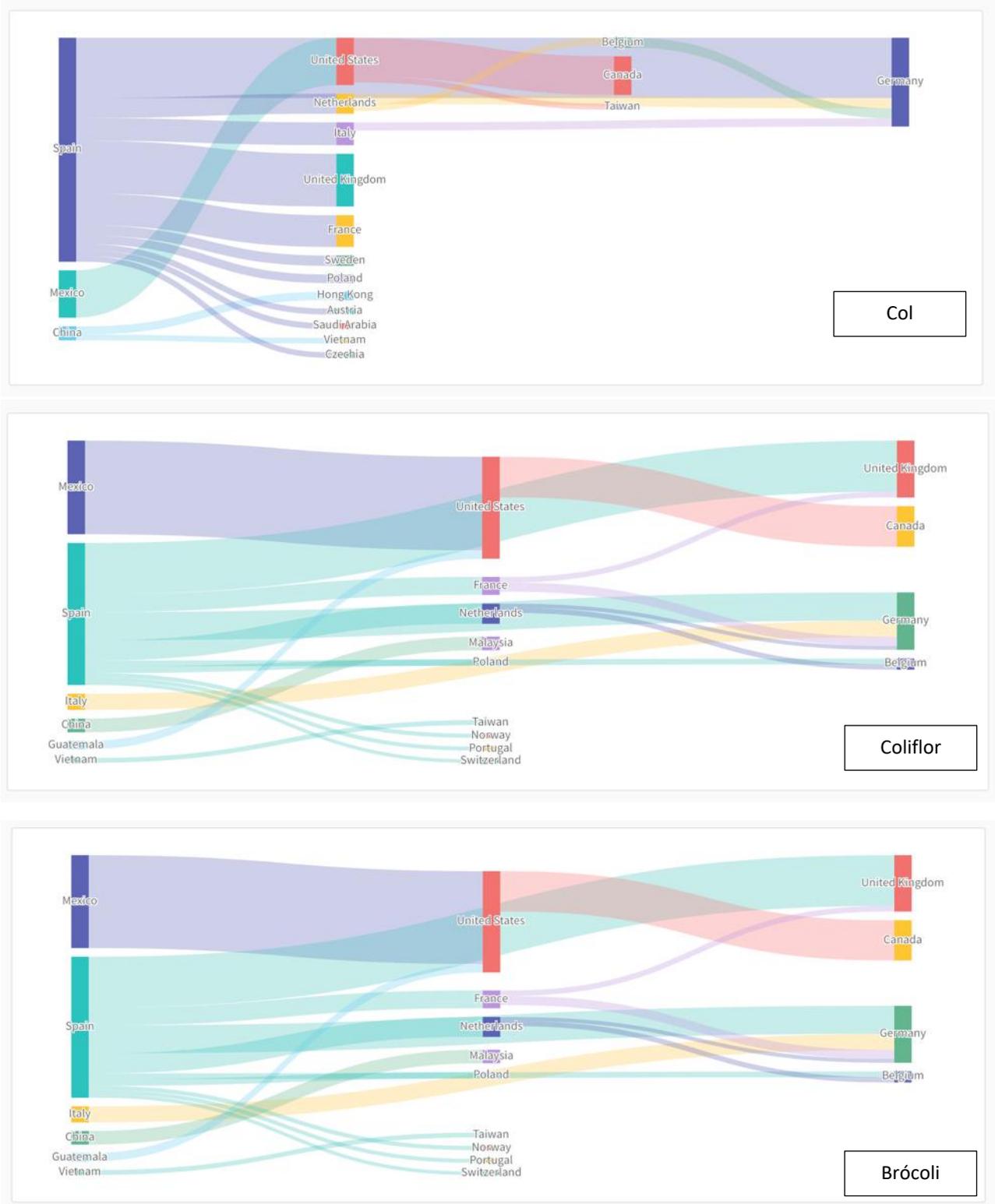


Figura 4: Principales flujos mundiales de exportación de col, coliflor y brócoli (www.tridge.com)

En resumen, España es una potencia a nivel europeo en la exportación de brásicas, siendo los principales países de destino, el Reino Unido, Alemania, Países Bajos y Francia (Bauxauli y Maroto, 2016).

Por otra parte, existe producción de coliflor y brócolis congelada o “con valor añadido” en conserva, con un comercio mundial de 4300 millones de dólares en el segundo caso, siendo el primer exportador mundial China, seguida de lejos por los Países Bajos y Perú (www.tridge.com, 2022).

En 2021, España tenía 35314 ha y producía 215781 t de col (en esta estadística no entran la berza o col abierta), 32837 ha y 581530 t de brócoli y 8651 ha y 199331 t de coliflor (MAPA, 2022a):

- Las principales comunidades autónomas productoras de col serían la Comunidad Valenciana con 1718 ha (con 913 ha en Valencia), Galicia (1266 ha repartidas en las 4 provincias), Andalucía con 1074 ha (Almería con 621 ha), Murcia con 728 ha, Cataluña con 585 ha (concentradas en Tarragona y Barcelona) y Canarias, con 407 ha. Se observa la concentración en la zona SE de la península para el mercado de exportación.
- En el caso del brócoli se observa una concentración en la zona SE de la península muy similar al visto en la lechuga. y también con destino principalmente a la exportación: Murcia tenía 13344 ha, Andalucía, 2946 ha (con 2251 ha entre Granada y Almería), la Comunidad Valenciana con 3133 ha (3036 ha en Alicante), y Castilla La Mancha, con 1903 ha (Albacete con 1785 ha). Otras zonas importantes serían Navarra, con 5268 ha, Extremadura, con 3996 ha y Aragón con 1743 ha, siendo el destino principal de la producción en esas comunidades autónomas la industria congeladora.
- La distribución del cultivo de coliflor sigue una distribución en la Navarra y Aragón tienen una producción importante dedicada a la industria congeladora, 1756 ha y 237 ha, respectivamente. Luego tendríamos la concentración en la zona SE para exportación (Murcia, 1573 ha, Andalucía con 1811 ha (153 ha entre Granada y Almería), Castilla La Mancha con 418 ha (215 ha en Albacete) y la Comunidad Valenciana, con 1444 ha, de ellas 472 ha en Alicante.

1.5 Producción en Canarias

Según los datos de ISTAC (2022), la superficie de col en Canarias se ha mantenido en el entorno de las 400 ha en la serie 2017 – 2021 (Tabla 1), siendo el 2º cultivo en superficie en importancia tras la lechuga con un 15 - 16% de la superficie total de hortalizas.

La superficie de coliflor parece tener una dinámica ascendente en los últimos años, desde las 170 ha en 2016 subiendo hasta las 270 ha de los últimos dos años. Con respecto al brócoli, normalmente se ha introducido estadísticamente en el apartado “otras hortalizas”. Solo tenemos datos del 2021, que serían 66 ha, correspondientes a un 25% aproximadamente de la superficie plantada de coliflor. Estos datos coinciden con la relación entre la producción local comercializada en Mercatenerife en el 2021 (97889 kg de brócoli y 366725 kg de coliflor) (Mercatenerife, 2022).

Existe una superficie de col en secano, unas 13 a 16 ha, que podría corresponder al cultivo de “col abierta”, relativamente normal en la zona Norte de las islas, como cultivo en los bordes de la parcela.

Tabla 1: Evolución de la superficie total de hortalizas y de col, coliflor y brócoli (ISTAC, 2022)

año	hortalizas	col		coliflor	brocoli	Total brásicas
		total	secano			
ha						
2009	6587	403	39.6	161	--	604
2010	6582	408	38.6	160	--	607
2016	5911	359	12.6	167	--	526
2017	5963	350	15.0	184	--	534
2018	7189	387	17.4	238	59*	684
2019	7002	399	17.4	249	62*	710
2020	7177	403	16.8	276	68*	747
2021	7016	406	15.8	267	66	739

*: Datos estimados, suponiendo un 25% de la superficie de coliflor

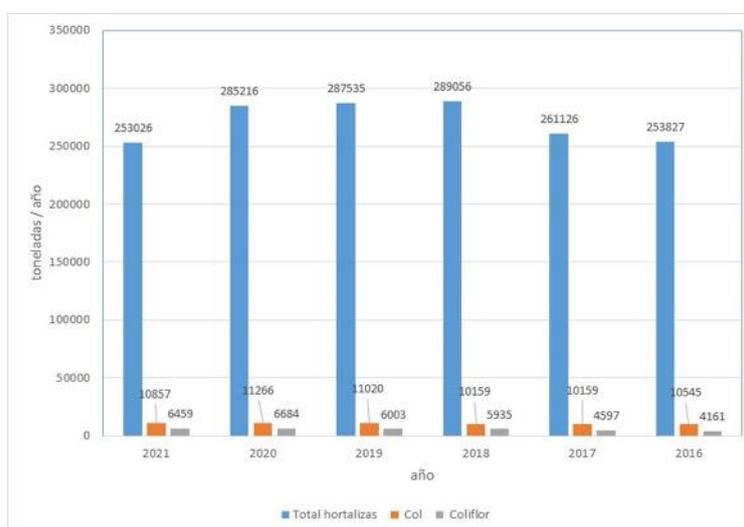


Figura 5: Evolución de las toneladas de hortalizas, col y coliflor en Canarias periodo 2016 – 2021 (ISTAC, 2022).

Tabla 2: Evolución de la superficie total de col y coliflor por islas (ISTAC, 2022).

Isla	cultivo	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012
		ha (ajustadas sin decimales)									
Lanzarote	col	9	21	21	21	20	25	22	23	37	37
	coliflor	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fuerteventura	col	7	12	2	3	3	3	3	6	1	1
	coliflor	1	2	2	2	2	2	2	2	0	0
Gran Canaria	col	128	142	129	112	111	113	154	144	114	120
	coliflor	84	87	90	78	64	63	70	66	51	51
Tenerife	col	208	184	192	196	163	167	167	155	153	152
	coliflor	173	180	151	151	112	95	93	76	65	61
La Gomera	col	14	14	15	15	14	14	14	14	15	15
	coliflor	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
La Palma	col	36	36	36	36	34	33	33	33	33	33
	coliflor	6	6	6	6	6	6	6	5	5	5
El Hierro	col	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	coliflor	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

La suma de los tres cultivos de brásicas supone más de 700 ha, quedando esta agrupación segunda en las hortalizas, tras la lechuga, con un 10% del total de la superficie hortícola de Canarias.

En la figura 5 se presentan las toneladas de col y coliflor recogidas frente al total de hortalizas. En este caso, el aporte de las brásicas no es tan importante como en el caso de las superficies.

En la tabla 2 se presentan las superficies de col y coliflor por islas. Las dos islas capitalinas tienen más del 80% de la superficie de brásicas, llegando a más de un 90% en el caso de la coliflor (y probablemente también pasará lo mismo con el brócoli).

2. Taxonomía y descripción botánica

2.1 Taxonomía

Los tres cultivos pertenecen a la familia *Cruciferae* o *Brassicaceae*. Dentro de la familia, el género epónimo *Brassica* presenta tiene muchas especies salvajes y cultivadas. Las especies cultivadas de *Brassica* tienen la mayor biodiversidad de productos derivada de un solo género: las coles, coliflores y brócolis (*B. oleracea*), la mostaza negra (*B. juncea*) el nabo (*B. rapa* = *B. campestris*), la col china (*B. rapa* ssp. *pekinensis*) o la mizuna (*B. rapa* ssp. *nipposinica*) (Dixon, 2007).

La especie a la que pertenecen tanto las coles como las coliflores y brócolis es *Brassica oleracea* L. *B. oleracea* es diploide y tiene 18 cromosomas. El origen puede deberse a una serie de cruces entre especies muy relacionadas y que crecen en la misma zona (fig 6) (Dixon, 2007).

2.2 Morfología

Las plantas poseen una raíz pivotante de la que parte una cabellera ramificada y superficial de raíces. Como en otras especies, la planta trasplantada pierde la raíz pivotante. El 90% de las raíces se encuentra en los primeros 20 – 30 cm, con algunas raíces laterales que pueden alcanzar profundidades máximas entre 1 y 1.5 m de profundidad (Dixon, 2007).

En todos los casos presentan tallos erguidos sin ramificar (salvo en el brócoli donde pueden formarse ramas laterales) con hojas con una cubierta cerosa, de color verde glauco o rojizas (lombardas), de bordes ligeramente aserrados, forma más o menos oval y, en el caso de las coles de Milán, ásperas al tacto y aspecto rizado. Los tallos se engrosan de abajo a arriba. Las hojas forman rosetas de 15 a 25 unidades en el caso de los brócolis y coliflores que rodean a la inflorescencia. En el caso de la coliflor, las hojas jóvenes cubren la inflorescencia hasta casi el final del ciclo. Las hojas de la col forman una roseta inicial de 7 a 15 hojas (Dixon, 2007, Bauxauli y Maroto, 2007).

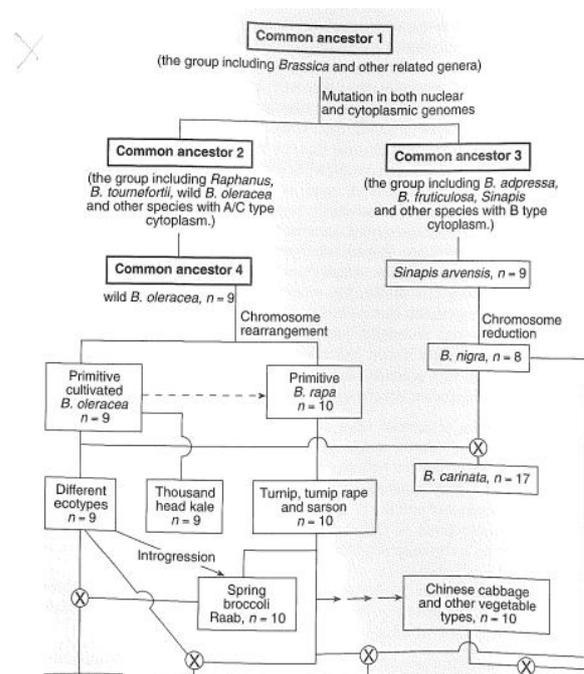


Figura 6: Esquema de la evolución del género hasta las especies cultivadas (Dixon, 2007).

Como consecuencia de la hipertrofia de la yema vegetativa terminal y de la disposición de las hojas superiores, en las coles se forman unos cogollos o pellas de hojas muy apretadas, en las que la planta acumula reservas nutritivas. Las hojas son más apretadas en los repollos de hoja lisa que en las coles de Milán (Bauxauli y Maroto, 2007).

En el caso de las coliflores y los brócolis, los tallos se desarrollan más que en las coles. En las coliflores, las hojas son enteras o algo hendidas, oblongas o elípticas, a veces con rizaduras en los bordes, ligeramente festoneadas y muy enhiestas hacia arriba. En la coliflor, los tallos se rematan terminalmente en una masa voluminosa de yemas preflorales, hipertrofiadas, muy prietas unas contra otras, de color blanquecino a amarillento que son en realidad un órgano pre-reproductor (Bauxauli y Maroto, 2007; Dixon, 2007). En el caso del brócoli, la cabeza está formada por un conjunto de yemas florales de color verde a morado (Dixon, 2007).

En los brócolis cultivados, las hojas suelen ser de color verde más oscuro que las coliflores, más rizadas, más festoneadas, con ligerísimas espículas, presentando un limbo hendido, que en la base de la hoja puede dejar a ambos lados del nervio central (muy pronunciado) pequeños fragmentos de limbo foliar a modo de peciolo. Las hojas suelen ser más pecioladas que las de la coliflor y, aunque erectas, en general se extienden de forma más horizontal y abierta que en el caso de las coliflores. La inflorescencia está completamente expuesta desde un estado de desarrollo temprano (Dixon, 2007).

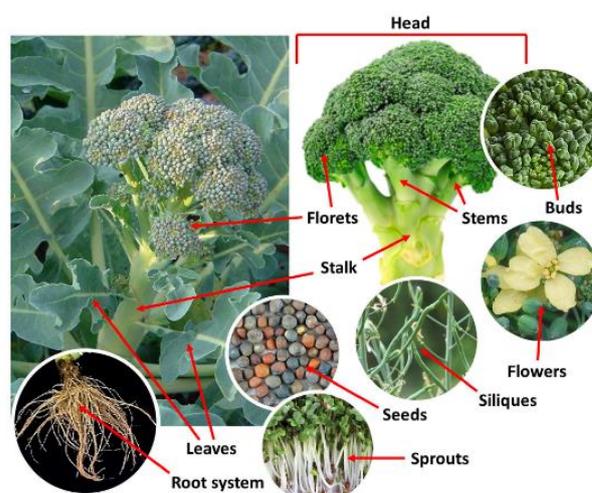


Figura 7: Anatomía del brócoli (Ilahy et al, 2020)

La flor tiene 4 sépalos, 4 pétalos amarillos, 6 estambres y 2 carpelos. La polinización es entomófila, principalmente por abejas, teniendo las flores nectarios. Están agrupadas en inflorescencias entre 0.5 y 1 m de alto en racimo que sale del tallo principal o de yemas auxiliares en plantas subidas a flor, siendo frecuente que haya varias inflorescencias en coliflores y brócolis. Los frutos forman silicuas de 4 a 10 cm de largo y 4-5 mm de ancho con unas 10 a 30 semillas. Las silicuas se abren tras 3-4 semanas de la floración, de abajo hacia arriba, dejando las semillas a la vista que se caen por la acción física del viento (Dixon, 2007). Hay entre 240 y 350 semillas/gramo y la germinación se mantiene sin problemas hasta 4 años (Marín, 2021).

3. Material vegetal

3.1 Variedades

Se pueden diferenciar distintas variedades botánicas dentro de *B. oleracea* (Maroto y Bauxauli, 1996; Dixon, 2007):

capitata D. C.: col lisa o repollo. En algunos casos se distinguen dos formas: f. *alba* DC para las coles verdes y f. *rubra* (L) Thell para la col roja o lombarda.

bullata D. C. o *sabauda* L.: Col rizada o col de Milán.

botrytis L.: Coliflor y romanesco.

itálica Plenck: Brócoli

gemmifera Zenk: Col de Bruselas

acephala DC: Col abierta, col crespada o “kale”. Marín (2021) usa el sinónimo var. *sabellica* L.

albograbra (Bailey): Kale chino o brócoli chino.

goglylodes L.: Colirrábano.

Según Bauxauli y Maroto (2016) otros autores señalan que tanto las coliflores como los brócolis pertenecen a la misma variedad botánica (*B. oleracea* var. *botrytis*) distinguiéndose en su forma, correspondiendo las primeras a la forma *cauliflora*, y los segundos a la forma *cymosa*.

3.2 Cultivares

Dixon (2007) señala que la base genética de las coliflores es más estrecha en coliflor que en brócoli, correspondiendo la mayor diversidad a la col.

En el Registro de variedades hortícolas de la Unión Europea hay inscritas 2727 cultivares de col (1910 cultivares de col repollo, 492 de col rizada y 324 de col lombarda), 571 cultivares de brócoli y 1873 cultivares de coliflor (Comisión Europea, 2022). En el registro de variedades comerciales del Ministerio de Agricultura hay inscrita 1 cultivar de col repollo, 5 de col de Milán, 4 de col rizada, 10 de coliflor y ninguna de brócoli (MAPA, 2022b).

La correcta elección de material vegetal en brócoli y coliflor puede permitir junto con un adecuado calendario de producción que se puedan llevar a cabo recolecciones continuas sobre los 12 meses del año en algunas localizaciones (Maroto y Bauxauli, 2016). Por el contrario, una mala elección puede llevar a no tener producción. Por ejemplo, el mejor cultivar de un ensayo de ciclo de otoño invierno (Coello et al, 2015) no tuvo producción comercial durante el ciclo de verano, plantado exactamente en el mismo lugar (Coello et al, 2016).

A diferencia de otras hortalizas, las líneas de mejora conducentes a la resistencia a enfermedades no parecen tener un interés grande por las empresas, citándose algún material con tolerancia a la bacteria *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* (correspondiente al código Xcc según la ISF) y al hongo *Fusarium oxysporum* f.sp. *conglutinans* (código ISF Foc) que provoca la enfermedad conocida como amarilleamiento. Existe más material con tolerancias en col repollo y en brócoli que en coliflor (Marín, 2021).

3.2.1 Coliflor

Una de las principales líneas de mejora es la tolerancia al calor. Con altas temperaturas, la cabeza puede desarrollar brácteas o incluso hojas verdaderas. Por otra parte, la exposición al sol de las cabezas causa características indeseables como la aparición de yemas moradas (que le darían un tono morado – blanquecino a la coliflor), la formación de yemas pilosas y una bajada de la compacidad.

Las coliflores de origen indio tienen la tolerancia más alta al calor, pero tienden a tener una peor calidad de las cabezas. Estos cultivares “tropicales” de coliflor que se plantan en zonas húmedas subtropicales de la India se han desarrollado en los últimos 200 - 250 años a partir de cultivares bianuales traídos por la colonización británica (Dixon, 2007).

Otra línea de trabajo es el color de la cabeza, buscando un color blanco o crema. La exposición al sol directo provoca un color amarillo marrón. Un factor deseable es que la planta tenga hojas largas y erectas que protejan la cabeza del sol. Otra posibilidad es que la cabeza se mantenga blanca de forma persistente, aunque está expuesta. Este factor es más complicado de fijar en el material comercial, aunque ya hay cultivares con estas características (Dixon, 2007).

Existen especialidades como coliflores de inflorescencias verdes (un cultivar de este tipo sería Trevi), moradas (un cultivar sería por ejemplo Graffiti) o anaranjadas (Jaffa), que por ahora no tienen una demanda apreciable por el mercado (no confundir un brócoli con una coliflor de color verde) (Fig 8 y 10). Finalmente, tendríamos las coliflores romanescas que tampoco tienen un mercado amplio en Canarias (Fig 9).



Figura 9: Coliflor tipo Romanesco



Figura 8: Variedad de colores en coliflor. Hay un romanesco en la esquina superior izquierda.

Una forma de clasificar los cultivares sería por su ciclo (trasplante – inicio de recolección) (Maroto y Bauxauli, 2016):

- Cultivares de ciclo corto: Aquí entraría el material vegetal con un ciclo menor de 70 – 80 días. En algunos cultivares puede llegar a ser tan corto como 40 – 45 días. Suelen tener una peor calidad de cabeza que material de ciclos más largos. No se adaptan bien a temperaturas bajas y fotoperiodos más cortos (ciclos de otoño – invierno) al producir cabezas pequeñas. Estos cultivares se suelen plantar en ciclos de finales de primavera.
- Cultivares de ciclo medio: Corresponden a un ciclo entre 90 y 130 días. (en otras referencias serían entre 85 a 115 días). En este grupo se encontraría la mayoría de los cultivares adaptados a condiciones mediterráneas. Se produciría con siembras escalonadas desde finales de octubre hasta julio.
- Cultivares de ciclo largo: En este grupo estarían los cultivares con ciclos entre 130 y 180 días (o 120 – 140 días). Este material vegetal se adaptaría a trasplantes de septiembre con recolecciones entre enero y marzo (zona mediterránea). En la zona centro y norte de España estos cultivares se trasplantan en agosto y principios de septiembre y recolección de enero a marzo.
- Cultivares de ciclo extralargo: El ciclo sería superior a 180 días (Más de 150 días) que puede llegar hasta 250 días. Este grupo se usa en zonas frías del centro y norte de España con plantaciones de agosto – septiembre y recolección entre marzo y mayo.

Figura 10: Diversidad en colores de coliflores en Sicilia (Branca et al, 2018)



La coliflor es el cultivo de los 3 estudiados en estos apuntes con más oferta de material vegetal. Marín (2021) señala 96 cultivares de coliflor blanca (con 15 novedades), 9 de coliflor verde (2 novedades), 4 de morada (2 novedades) y 14 de romanesco con 2 novedades. En una encuesta realizada a viveros y suministradores de semilla en Tenerife en 2021, los cultivares de coliflor comercializados fueron (por orden alfabético):

- **Coliflor blanca:** Aviso (Clause), Casper (Rijk Zwaan), Concept (Sakata), Fargo (Bejo), Flamenco (Bejo), Ferrara (Hazera), Jerez (Bejo), Karneval (Sakata), Kayac (Gautier), Linda (Diamond), Marmorex (Seminis), Ovindoli (Seminis), Pericles (Gautier), Plesby (Gautier), SC5864AC (Seminis), Skywalker (Bejo), Tipton (Seminis), Whiton (Sakata),
- **Coliflor romanesco:** Veronica (Bejo), White Gold (Bejo)
- **Coliflor de colores:** Cheddar (amarilla SVS Holland), Jaffa (naranja, Clause), Violet Star (morada, Diamond); Violeta de Sicilia (morada, Clement).

3.2.2. Brócoli

González y Ayuso (2021) señalan las características deseables a buscar en cultivares de bròcoli, además de la productividad, el ciclo y el agrupamiento (o no) de la maduración:

- Situación de la cabeza en la planta: Las cabezas elevadas sobre las hojas terminales facilitan la recolección. Asimismo, al estar más aireadas, es menos probable que haya problemas de enfermedades.
- Porte: El material vegetal de porte abierto permite una mejor cobertura por posibles tratamientos fitosanitarios, además de ser menos probables los ataques de enfermedades favorecidas por altas humedades.
- Características de la cabeza: Forma de la cabeza (Se recomiendan las cabezas de forma abovedada y sin abullonados que no retengan agua de lluvia en su superficie); grano fino y que madure todo al mismo tiempo, cabeza compacta y ausencia de tronco hueco.

De forma aproximada se podrían agrupar los cultivares en función de sus ciclos, de forma similar a las coliflores, tendiéndose a buscar material vegetal de ciclo precoz (menos de 70-80 días)

y medio (80 – 130 días). El juego varietal ha sido menos intenso que en coliflor, usándose durante mucho tiempo ‘Lord’, ‘Marathon’ o ‘Pentathlon’, aunque en los últimos años se han ido sustituyendo por nuevo material vegetal como ‘Serydan’, ‘Parthenon’, ‘Pharos’, ‘Forester’, ‘Malibu’, ‘Guevara’, ‘Jeremy’, la línea ‘BR-10265’, ‘Steel’, ‘Monrello’ y ‘Monaco’ (Maroto y Bauxauli, 2016). De la misma forma que en coliflor, se ha está introduciendo material de brócoli de color, como ‘Purple Magic’ (Marín, 2021).

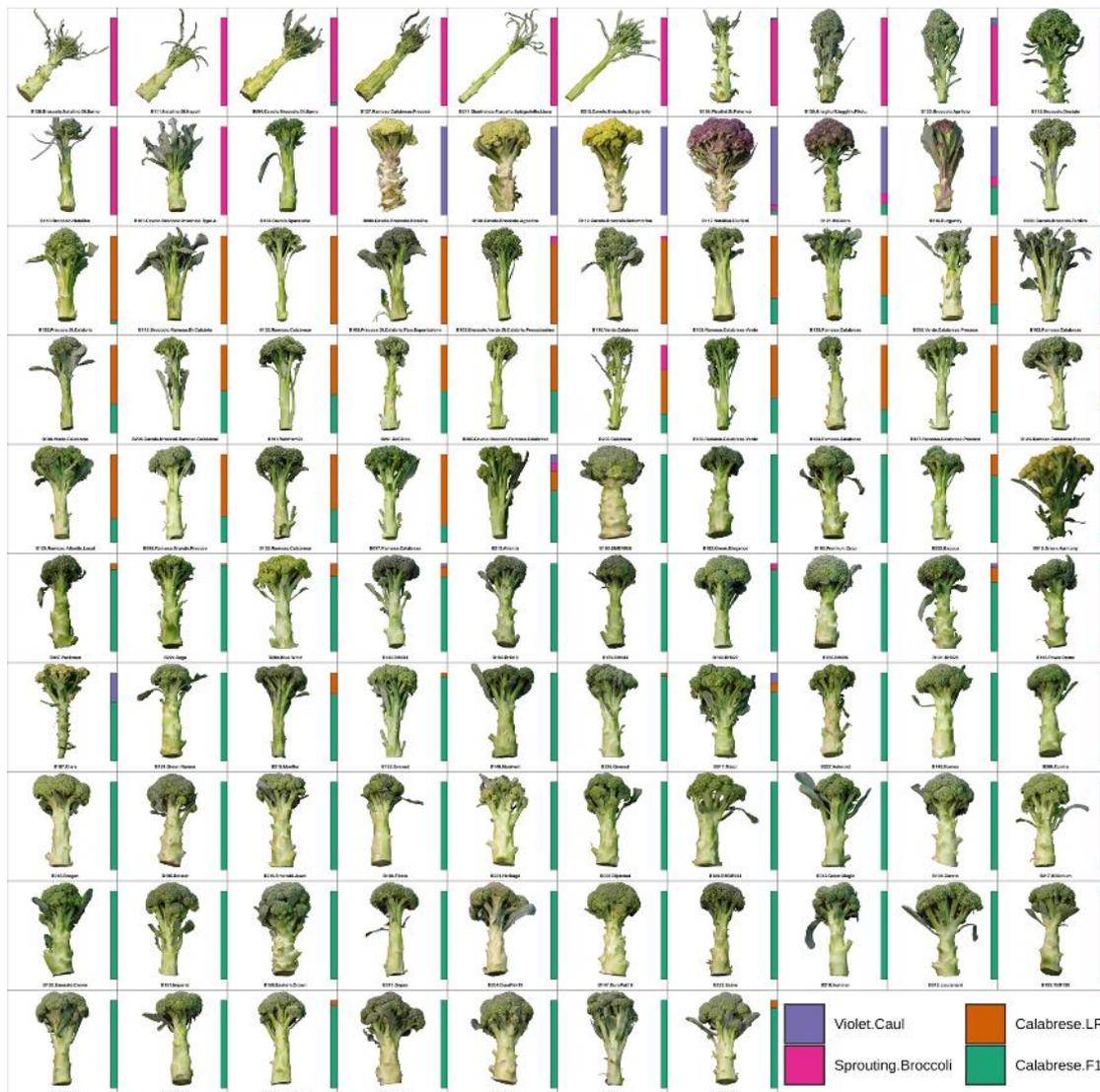


Figura 11: Diversidad en la tipología de brócoli (Stansell y Björkman, 2020).

El brócoli es el cultivo de los 3 estudiados en estos apuntes donde parece haber más movimiento en la oferta de material vegetal con más novedades. Marín (2021) señala 57 cultivares de 17 novedades (un 29.8%), así como 3 de brotes de brócoli (1 novedad). En una encuesta realizada a viveros y suministradores de semilla en Tenerife en 2022, los cultivares de brócoli comercializados fueron (por orden alfabético): Ares (Sakata), Belstar (Bejo), Lucky (Bejo), Ironman (Seminis), Marathon (Sakata), Mykonos (Sakata), Naxos (Sakata), Parthenon (Sakata), Titanium (Seminis) y Triton (Sakata).

Otra línea de trabajo serían el bimi (un híbrido de brócoli y brócoli chino (*B. oleracea* var. *albograbra*) que es un producto por ahora específico de Sakata (fig 13) y los brotes de brócoli (fig 11 y 12), que se venderían casi por floretes. Estos productos tienen un mercado por ahora bastante más pequeño que el brócoli, al ser productos poco conocidos por el mercado.



Figura 12: Brotes de brócoli morado



Figura 13: Bimi. Arriba: producto comercial. Izquierda. Antes de recolectar

3.2.3. Col

Las coles se podrían diferenciar en varios grupos (Marín, 2021):

- **Col repollo o col verde:** Col con hojas de color verde, más claro en las interiores. Aquí hay cultivares de cabezas casi esféricas mientras que otras son algo aplanadas (Maroto y Bauxauli, 2016). Se citaron 66 cultivares comercializados en España con 9 novedades en el año 2021.
- **Col lombarda o morada:** Col redonda con hojas de color morado. En este caso habían listados 23 cultivares comercializados en 2021, con sólo 1 novedad.
- **Col de Milán, col de Saboya o col rizada:** Col redonda con hojas verdes bastante rizadas (Figura 14 izquierda). En este caso, en 2021 habían 35 cultivares comercializados en España con 2 novedades (Marín, 2021)
- **Col puntiaguda, col de Filder o corazón de Buey:** Col con hojas de color generalmente verde, con una forma relativamente cónica (Fig 14



Figura 14: Izquierda: col de Milán. Derecha col puntiaguda

derecha). En 2021, se listaban 31 cultivares con 2 novedades.

- **Col crespa o “kale”.** No forman cabezas, cortándose las hojas, de bordes muy rizados, de forma individual (fig 15). Había 19 cultivares con 2 novedades. Al menos 8 de ellos se recomendaban para “baby leaf”.
- **Berza o col abierta,** en este caso, con hojas de borde liso, que tampoco forman cabezas.
- En este caso habían 12 cultivares, con sólo 1 novedad, siendo casi todo el material desarrollo de cultivares locales del N de España y de Portugal.



Figura 15: Izquierda: Recolección kale. Derecha: Producto recolectado.

Maroto y Bauxauli (2016) dividen en función del ciclo a que están más adaptados: así tendríamos cultivares de primavera/verano y de otoño/invierno.

En una encuesta realizada a viveros y suministradores de semilla en Tenerife en 2021, los cultivares de coliflor comercializados fueron (por orden alfabético):

- **Col verde o col repollo:** Beltis (Hazera), Bronco (Bejo), Charmont (Sakata), Ferro (Seminis), Gazebo (Rijk Zwaan), Mozart (Hazera), Nozomi (Sakata), Pandion (Seminis), Powerslam (Sakata), Quisor (Seminis), Rapidion (Seminis), Topma (Rijk Zwaan), Toughma (Rijk Zwaan), Sherwood (Tozer), SV3266 (Seminis).
- **Col morada o col lombarda:** Caballero (Bejo), Ranchero (Bejo), Red Jewel (Sakata), Redma (Rijk Zwaan), Rondale (Hazera), Roxi (Seminis).
- **Otros tipos:** Cape Horn (corazón de buey, Sakata), Scirocco (corazón de buey, AgroTip), Orion (corazón de buey, Bejo), Red Flame (corazón de buey rojiza, Bejo), Sonsma (corazón de Buey, Rijk Zwaan), Famosa (de Milán, Bejo), Milan (de Milán, Rocalba), Felicity (aplanada, Sakata), Redbor (crespa, Bejo), Winterbor (crespa, Bejo).

3.2.1 Cultivares locales de Canarias

El CCBAT tiene 49 entradas de *B. oleracea*. De ellas, sólo 2 serían de la var. *capitata* (col o col repollo) y el resto pertenecerían a la var. *acephala*: col abierta, col hojarasca, del país, colino, col abierta o forrajera (fig 16).

Las coles siempre han sido una parte de la agricultura de las zonas de medianías, como plantas diseminadas en el borde de las huertas (fig 17). Se suelen trasplantar a partir de octubre y se mantienen en el terreno durante varios años, realizando una poda tras la floración para que aparezcan retoños. Además del uso alimentario, las hojas se usaban como forraje. Dentro de las variedades locales cabe destacar la col hojarasca y la col del país (Afonso et al, 2012).



Figura 16: Col del País en La Palma www.conecte.es



Figura 17: Coles abiertas en borde de parcela con papa y viña (La Matanza de Acentejo)

4. Fisiología

4.1. Coliflor y brócoli

Tanto el brócoli como la coliflor tendrían una serie de periodos en los que se podría separar su crecimiento (fig 18) (Maroto y Bauxauli, 2016, González y Ayuso, 2021):

Fase juvenil o fase vegetativa.

Fase de inducción floral.

Fase de formación de cabezas.

Fase de floración.

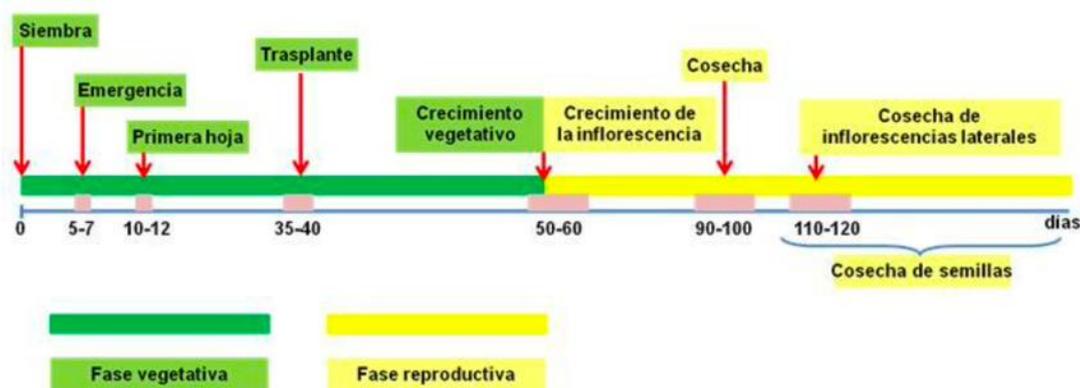


Figura 18: Fases del crecimiento del brócoli (González y Ayuso, 2021). Estas fases serían similares en coliflor. Los periodos en días corresponden a un cultivar de ciclo medio en las condiciones de Extremadura.

4.1.1 Fase juvenil

Esta fase comenzaría con la germinación y se caracteriza porque a lo largo de este estadio la planta solo forma hojas y raíces.

El intervalo óptimo de germinación para la col, coliflor y el brócoli se establece entre 20 y 30 °C, con un óptimo para las dos primeras de 25°C (Maroto y Bauxauli, 2016). En el caso del brócoli hay un claro efecto negativo de temperatura sobre la germinación, quedando prácticamente

inhibida por encima de 36°C. Esta cuestión debe ser tenida en cuenta en siembras directas de verano, en las que las marras por una mala germinación pueden ser numerosas, para tratar de soslayar lo cual se recomiendan tratamientos osmóticos a las semillas con técnicas *priming* (Maroto y Bauxauli, 2016). Se recomienda una temperatura de germinación para el brócoli entre 18 y 20°C (Marín, 2021).

La duración del periodo juvenil y la cadencia de emisión de hojas tiene un claro componente varietal: En coliflores de verano la fase dura 5-8 semana con solo 5-7 hojas; en coliflores de otoño la fase juvenil dura lo mismo, pero se emiten entre 12 y 15 hojas. En el caso de las coliflores de invierno, la fase juvenil está entre 10 y 15 semanas, en el que forman 20-30 hojas (Maroto y Bauxauli, 2016). En el caso del brócoli, se podría considerar que duraría unos 40 días después del trasplante (González y Ayuso, 2021).

4.1.2. Fase de inducción floral

La coliflor es considerada como una planta vernalizante obligada: necesita un periodo de bajas temperaturas para florecer. En este estadio la planta es inducida por esa vernalización a formar un cogollo de yemas pre- florales hipertrofiadas. (Dixon, 2007; Maroto y Bauxauli, 2016).

Los valores de las temperaturas vernalizantes dependen del cultivar: para coliflores de invierno, los valores están entre 6 y 10°C, para el material que se usa en plantaciones de otoño, se necesita entre 8 y 15°C, mientras para coliflor de verano, el valor sube hasta los 15°C (Maroto y Bauxauli, 2016). (Fig 18). Dixon (2007) señala que la temperatura máxima necesaria para el proceso de vernalización varía entre 16 y 30°C según cultivares, siendo el valor mayor para variedades de origen subtropical. Se considera que no hay vernalización a temperaturas por debajo de 0°C ni por encima de 25.6°C, con una vernalización óptima entre 9.0 y 12.8°C. La vernalización es más rápida a temperaturas moderadas, pero no avanza a temperaturas bajas o muy altas.

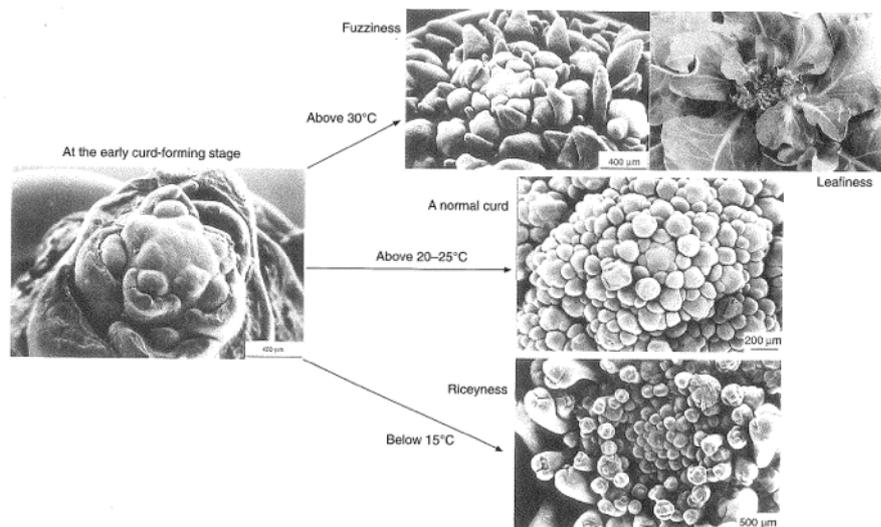


Figura 19: Fotografía de la evolución de las yemas de la inflorescencia de coliflor en función de la temperatura (Dixon, 2007)

Las coliflores tropicales pueden producir inflorescencias a temperaturas en el entorno de 25°C, tras formar unas 40 hojas. Estos cultivares tienen un periodo juvenil corto y se pueden inducir a flor con 1-2 semanas de bajas temperaturas. Si se cultivan en zonas templadas, las cabezas se

forman de forma prematura, con un tamaño pequeño y a veces con un color verdoso, similar a un brocoli (Wien y Wurr, 1999).

Es preferible que no haya diferencias térmicas muy marcadas entre día y noche para la vernalización sino que el régimen sea relativamente sostenido (Maroto y Bauxauli, 2016).

La duración del periodo de vernalización varía en función de los cultivares: en cultivares de otoño, estaría entre 2 semanas para el material más precoz y 5 para los más tardíos. En cultivares de invierno puede variar entre 5 semanas para los más precoces y hasta para los más tardíos (Maroto y Bauxauli, 2016). La duración del periodo vernalizador puede acortarse si las temperaturas son más bajas y alargarse en caso contrario.

Cuando finaliza la fase de inducción floral cesa la formación de hojas, bajando la tasa de crecimiento que ya se habían formado (Maroto y Bauxauli, 2016).

En el caso de altas temperaturas, muchos cultivares siguen formando hojas. En la figura 19, se observa ese efecto. El cultivar Aristokrat y Tropical Snow siguen produciendo hojas mientras que solo Coastal formaría cabezas hasta los 26°C (fig 20). (Wien y Wurr, 1999).

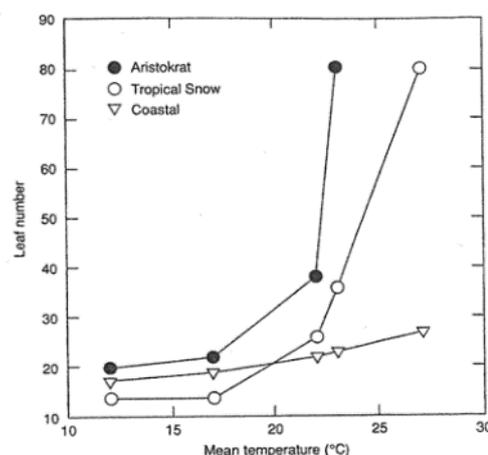


Figura 20: Efecto de cultivar a varias temperaturas sobre el número total de hojas (Wien y Wurr, 1999).

Las

condiciones de iluminación durante la vernalización no son importantes si se alcanzan las temperaturas óptimas. Sin embargo, con altas temperaturas nocturnas, bajas iluminaciones provocan que sigan formándose hojas y no se inicie la formación de las cabezas (Wien y Wurr, 1999).

Por otra parte, para una iniciación de la formación de las cabezas, es importante que haya unas reservas adecuadas. Existe una correlación entre el número de hojas formadas y la producción de cabezas. Así es muy importante ajustar las fechas de siembra al cultivar de forma que la inducción floral se produzca cuando la planta posea un número suficiente de hojas (Bauxauli y Maroto, 1996). En el caso de cultivares de zona templada, también hay variaciones varietales: los cultivares tempranos alcanza el periodo adulto sobre 2 semanas antes que los tempranos ya que producen hojas a una velocidad mayor.

El brócoli podría considerarse una planta vernalizante facultativa, con un umbral superior de temperatura algo mayor que en la coliflor. Existen diferencias varietales, estando los valores entre 24 y 27°C. Existen, sin embargo, algunos cultivares que se comportan como vernalizantes obligados que necesitan menos de 10 °C para formar una verdadera inflorescencia (Wien y Wurr, 1997; Maroto y Bauxauli, 2016). Por otra parte, hay cultivares que no necesitan frío para la inducción floral, aunque en general no es recomendable que haya altas temperaturas durante el proceso. Esta inducción se produce normalmente cuando la planta tiene unas 18 a 20 hojas. El crecimiento foliar

de las plantas baja, tanto la tasa de emisión de hojas como de crecimiento del área foliar así como el alargamiento del tallo (González y Ayuso, 2021).

4.1.3 Fase de crecimiento de la inflorescencia

La inflorescencia de la coliflor se ha descrito como una estructura prefloral que comparte características propias de los brotes vegetativos y reproductivos. Los ápices laterales se elongan y engruesan formando la superficie de la inflorescencia, con brotes florales microscópicos. La estructura, mucho más corta y engrosada que una inflorescencia normal puede florecer si se dan las condiciones climáticas adecuadas. En caso contrario, la inflorescencia se necrosa y se pudre (Wien y Wurr, 1999). Las hojas más jóvenes envuelven progresivamente la inflorescencia que se está formando, protegiéndola de la luz (Maroto y Bauxauli, 2016).

En el caso del brócoli, se forman directamente yemas florales sin el estado prefloral de las coliflores. Si la cabeza no se corta en el momento adecuado, las yemas siguen su evolución a flores (Wien y Wurr, 1999).

La mayor parte de las sustancias de reserva elaboradas por las hojas, son movilizadas hacia el meristemo de crecimiento apical, que sufre una serie de transformaciones y multiplicaciones que conducen a la formación del cogollo apretado de la inflorescencia. En esta multiplicación no se observa dominancia apical de la inflorescencia, ni elongación alguna de los pedúnculos (Maroto y Bauxauli, 2016).

La temperatura juega un papel muy importante en el crecimiento de la inflorescencia floral, estando situado el cero de crecimiento a un nivel muy bajo (3-5 °C), mientras que un aumento de temperatura de 3-4 °C puede traducirse en un incremento de la producción de un 80 %. (Maroto y Bauxauli, 2016). Además de la temperatura, hay otros factores que a tener en cuenta en esta fase.

- El cultivar.
- Las labores de cultivo:
 - La siembra directa permite una formación de cabezas más precoz.
 - Enfriamiento antes del trasplante. Se ha observado que un periodo de bajas temperaturas previo al trasplante hace que haya una menor variabilidad en el peso y el tamaño de las hojas, lo que es interesante para una recolección mecanizada. Esta práctica se realiza almacenando las plantas de coliflor, al terminar la fase de vivero, en una cámara frigorífica a 4-7 °C, durante una o dos semanas procediendo después al trasplante.
 - La fertilización nitrogenada en forma nítrica puede tener un efecto marcado en la formación de las inflorescencias.
 - Los marcos de plantación más espesos hacen que las cabezas de coliflor suelen ser más aplanados o adomados.

Se ha visto que el brócoli es especialmente sensible a altas temperaturas en cuando las inflorescencias de 5 a 10 mm de diámetro (correspondiente a unas 3 semanas antes de la recolección) con un menor crecimiento de las cabezas y reduciendo bastante el periodo en el que el producto es recolectable antes de alcanzar sobremadurez (Heather et al, 1992)

4.2. Col

En el caso de las coles, las fases serían algo diferentes. Las coles se considerarían plantas bianuales de crecimiento relativamente lento, con tres fases (Maroto y Bauxauli, 2016):

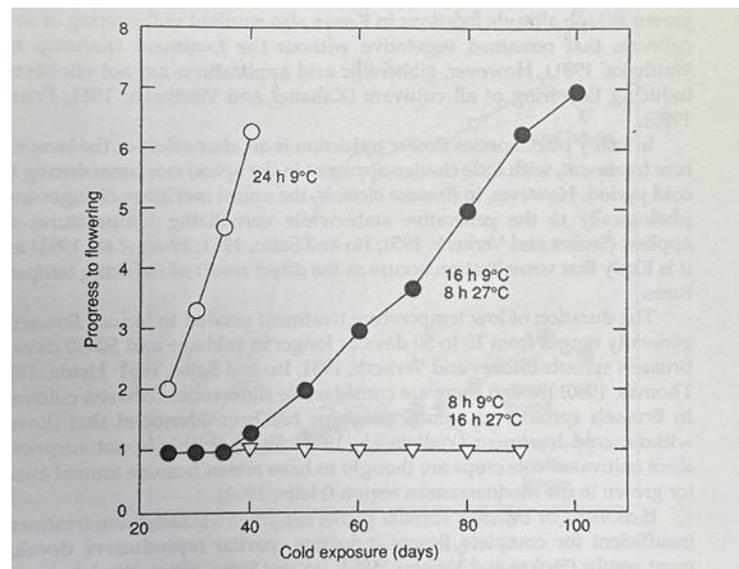
- Fase de crecimiento de la planta, con una emisión importante de hojas, en las que se acumulan reservas y donde se formarían los cogollos. En algunos casos, se señala una fase juvenil y otra adulta en función del diámetro del tallo: cuando este tiene más de 6 mm de grosor, se pasaría a la fase adulta (Wien y Wurr, 1999).
- Fase de iniciación de los primordios florales
- Fase de floración. Los tallos florales crecen y se alargan, se emitirían las flores y finalmente las semillas.

La inducción floral no es un fenómeno deseado en la col, considerándose un accidente fisiológico. El principal factor de inducción de la floración es la incidencia de bajas temperaturas. Una vez terminada la fase juvenil (tallos con grosor menor de 6 mm), si las plantas se someten a temperaturas vernalizantes, habrá una inducción floral. Se considera que las temperaturas óptimas estarían entre 4 y 10°C, siempre con diferencias varietales (Wien y Wurr, 1999).

A la hora de las diferencias día/noche, sometiendo las plantas a 9°C durante las 24 horas, la floración comienza prácticamente con 20 días de vernalización. Si el régimen es 16 horas a 27°C y 8 horas a 9°C, no se induce la floración, al menos durante 120 días de exposición. Con 16 horas a 9°C y 8 horas a 27°C, la inducción floral comienza a partir de 40 días (fig 21) (Wien y Wurr, 1999).

Otro factor a tener en cuenta es el tamaño de la planta: para plantas de una misma edad, cuanto mayor sea la planta, más intensa será la inducción floral si ocurren las temperaturas vernalizantes (Wien y Wurr, 1999; Maroto y Bauxauli, 2016). Otros factores que pueden influir en la inducción floral sería un posible estrés hídrico.

Figura 21: Influencia de regímenes de temperatura sobre la inducción floral en col. En el eje de ordenadas se presentan distintos estados: 1: vegetativo; 2: cogollo en forma de domo; 3: comienzo periodo reproductivo; 4: mediados del periodo reproductivo; 5: sépalos formados; 6: pétalos formados; 7: estambres formados (Wien y Wurr, 1999)



5. Condiciones edafoclimáticas

5.1 Temperatura

La coliflor y el brócoli, tal y como se ha indicado anteriormente, son cultivos muy sensibles a la variación de las condiciones climáticas. Se podría considerar que las temperaturas óptimas para la formación de las cabezas en coliflor estarían en el entorno de 9 y 13°C, aunque depende bastante del cultivar pudiendo haber inducción floral con temperaturas menores de 25°C o incluso de hasta 30°C en material más tolerante al calor. En el caso del brócoli, el umbral superior de temperatura es algo mayor, también con diferencias varietales, estando los valores entre 24 y 27°C (Dixon, 2007; Maroto y Bauxauli, 2016).

Los problemas potenciales de cultivo de coliflor se citan normalmente como una de las posibles consecuencias del Cambio Climático (Dixon, 2007). La formación de las inflorescencias requiere temperaturas menores de 15.5°C (salvo los cultivares que parten de material subtropical). Esto puede provocar un aumento de los ciclos (si se planta cara al otoño) hasta que se alcancen ese valor o que no haya inducción floral si en el periodo de cultivo no se alcanza esa temperatura.

Durante la fase inicial de crecimiento de la coliflor las temperaturas deben estar en valores mayores de 15°C para evitar una inducción floral prematura antes que la planta tenga el número de hojas conveniente para una buena producción. Una vez formada la pella, la temperatura juega un papel importante en la velocidad de crecimiento, siendo los valores más recomendables entre 18 y 20°C, sin bajar de 2°C e intentando no subir de 27°C para evitar problemas como la formación de borra, un menor tamaño de las cabezas florales y unas hojas que cubren la cabeza de menor tamaño (Koike et al, 2009; Maroto y Bauxauli, 2016).

En el caso del brócoli, las temperaturas óptimas durante la fase juvenil estarían entre 18 y 22°C. Una vez inducida la floración, las temperaturas óptimas para la formación de las cabezas de brócoli están entre 15 y 18°C. El crecimiento se detendría con valores menores de -3°C y superiores a 30°C. En el caso de la col, las temperaturas óptimas de crecimiento estarían entre 16 y 18°C, aunque se pueden cultivar sin demasiados problemas hasta 25 -26°C, sabiendo elegir el material vegetal adecuado. A temperaturas altas, comparando 20 con 25°C, se vio que el periodo trasplante – recolección se ve disminuido, hay un menor contenido de materia seca y un peor uso del agua (Wien y Wurr, 1999)

Heather et al (1992) sometieron a un cultivar a un periodo de estrés de alta temperatura consistente en un periodo de 1 semana con 35°C día y 23°C noche y vieron que el periodo más sensible para los daños sería 3 semanas antes de la recolección, correspondientes a cabezas de 5 a 10 mm de diámetro (fig 22) desde el punto de vista de producción (peso de la cabeza) y del tiempo en que las cabezas pueden recogerse antes de llegar a sobremadurez.

Como se indicó anteriormente, las temperaturas altas son más peligrosas que las bajas ya que provocan (Heather et al, 1992; Gonzalez y Ayuso, 2021):

- Cabezas de menor tamaño.
- una mala maduración (cabezas poco compactas y poca uniformidad del grano).
- una necesidad de realizar los pases más frecuentemente por la aceleración de la maduración.
- Una mayor incidencia de fisiopatías (tallos huecos, bracteado)
- Sabor desagradable y pérdida de color
- Una mayor probabilidad de pérdidas en postcosecha por el aumento de la respiración y de la deshidratación.

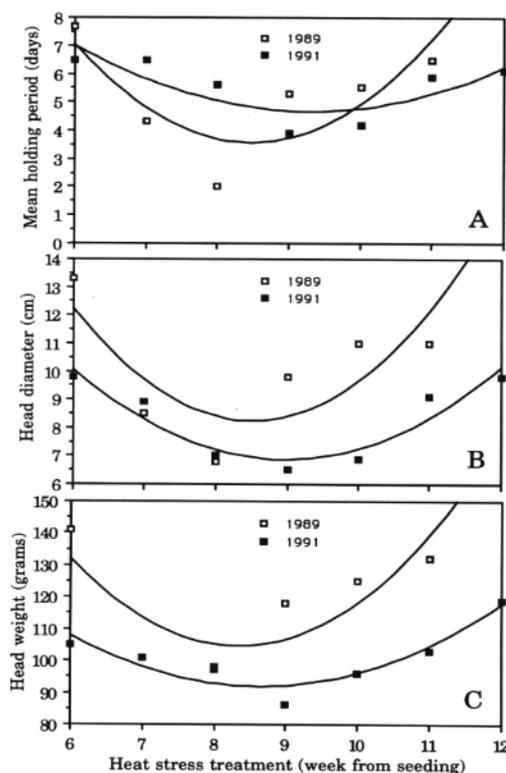


Figura 22: Efectos del momento de aplicación de un estrés hídrico (35º día / 23º noche) durante 1 semana sobre el periodo de recolección óptimo, el diámetro y peso de la cabeza (de arriba abajo) (Heather et al, 1992)

5.2 Humedad

La humedad relativa debe oscilar entre el 60% y el 80%. Valores más altos y temperaturas moderadas pueden provocar ataques de bacteriosis. Aunque no existen datos en las tres brásicas que se desarrollan en los apuntes, Idso (1982) señala un valor de 1.1 – 1.2 kPa a partir del cual puede haber problemas de estrés en colirrábano. Chowdhury et al (2021). en un estudio en invernadero de col crepa para estudiar el efecto de distintos valores climáticos en el contenido en glucosinolatos observaron que el crecimiento era óptimo con valores entre un 75 y un 85%, mientras que a 45 – 55%, fue ligeramente menor.

5.3 Luz

En el caso de la coliflor, Rhaman et al (2007) encontraron que el cultivo parece ser más eficiente con radiaciones relativamente bajas que con altas, tanto para el crecimiento de la planta como de la inflorescencia. El límite a partir de la cual la eficiencia baja de forma importante en 6.1 MJ/m².día para la planta y 7.3 MJ/m².día para la inflorescencia (fig 23). Esto podría indicar que, en condiciones de verano en nuestras islas, sería recomendable cultivar en zonas del Norte con un alto porcentaje de días nublados.

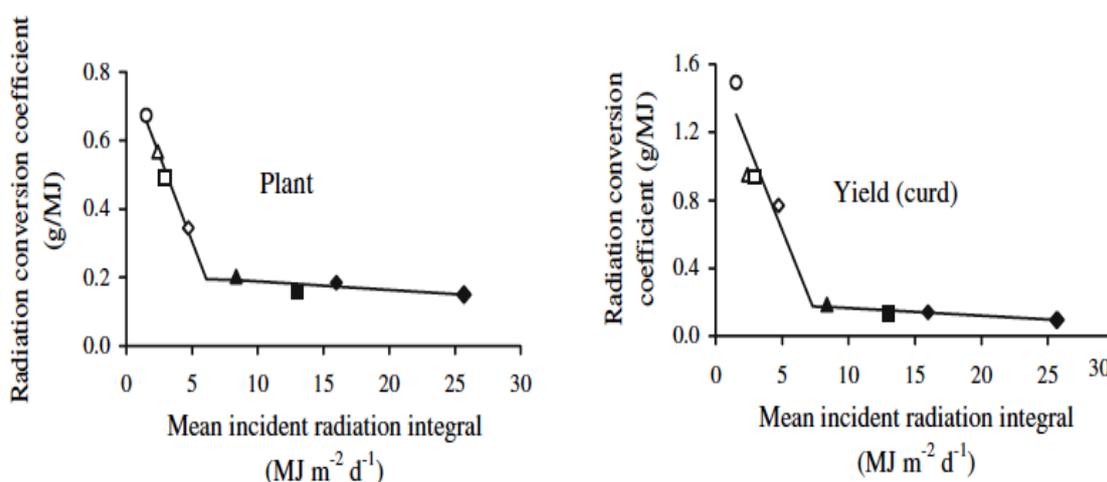


Figura 23: Efecto de la radiación sobre el coeficiente de conversión de materia seca (g MS/MJ) sobre el crecimiento de la planta y sobre la cosecha de inflorescencias (Valores con centro blanco, datos de otoño y calores con centro oscuro datos de verano) (Rahman et al, 2007).

Por otra parte, la exposición de la inflorescencia a la luz directa provoca en muchos cultivares un cambio de color a un tono amarillento que puede bajar el valor comercial. Por esta razón se procuran cultivares que tengan una arquitectura foliar que proteja de la luz directa en ciclos de verano y que en pequeñas explotaciones se realice la labor de cubrir con hojas la inflorescencia. Ya existe material vegetal con alta resistencia al amarilleamiento.

5.4 Suelo

Las brásicas prefieren suelos fértiles, profundos y permeables, con buen drenaje pero con capacidad de retención de agua (Maroto y Bauxauli, 2016, González y Ayuso, 2021).

En general, las brásicas tiene un pH óptimo en el entorno de la neutralidad, no recomendándose plantar con pH por debajo de 5.4, estando el valor mínimo para la coliflor hasta 5.7. Por otra parte, para evitar la aparición del hongo *Plasmodiophora brassicae* (potra de las crucíferas) se suele trabajar a pH por encima de 7.0 sin intentar pasar de 7.5 para evitar problemas de deficiencias de boro (sobre todo en coliflor) y manganeso (Dixon, 2007).

Las brásicas señaladas en estos apuntes se podrían categorizar como moderadamente sensibles a la salinidad, aunque con diferencias: el brócoli soporta una CE en el extracto saturado sin problemas de 2.8 dS/m: la col tendría una mayor sensibilidad, con valor para el 100% de rendimiento de 1.8 dS/m (Ayres y Westcott, 1986). Giufreda et al (2016) no encontraron problemas regando coliflor a 2 dS/m pero si a 4.0 dS/m, sobre todo hasta la aparición de la inflorescencia (fig 24).

Esta cierta tolerancia a la salinidad ha permitido que las brásicas se usen en condiciones de problemas debidos a un empeoramiento de la calidad del agua de riego en Canarias, como en la zona de Santa Bárbara (Icod de Los Vinos) donde ha sustituido a las zanahorias o las lechugas, más sensibles a las altas CE en el suelo, sobre todo en cultivos de primavera – verano, donde los problemas pueden ser más graves (alta demanda evaporativa + alto potencial osmótico del agua en el suelo).

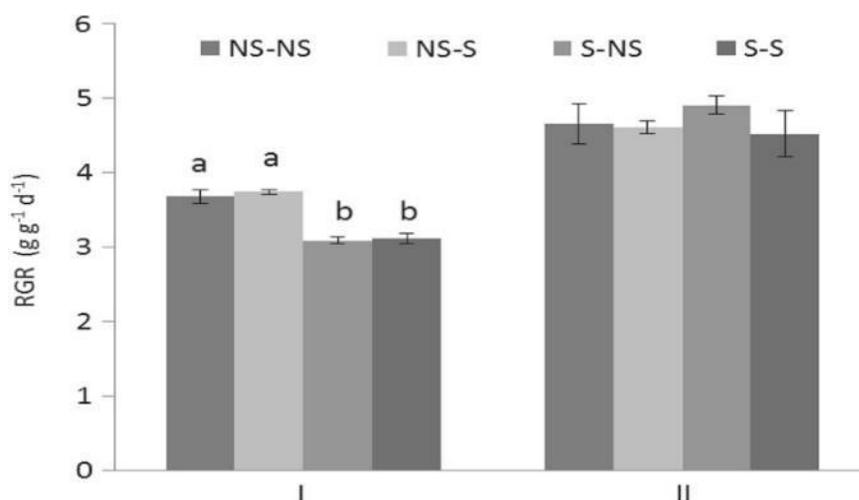


Figura 24: RGR (g/g.día) en la fase I (trasplante – aparición inflorescencia) y fase II (aparición inflorescencia - final cultivo) en función de los tratamientos de salinidad (NS: CE 2 dS/m; S: 4 dS/m). (Giufreda et al, 2016)

6. Ciclos de cultivo

Uno de los factores a tener en cuenta en los ciclos de cultivo se comentó a la hora de la elección del material vegetal, procurando elegir los cultivares que se adapten a las condiciones climáticas, siendo esto muy importante en coliflor y en brócoli por los requerimientos de temperatura para la inducción de las cabezas florales.

En Canarias se plantan brásicas durante todo el año, con una cierta bajada en la producción de coliflor y brócoli a finales de verano por los condicionantes de las temperaturas inductoras de floración (Mercatenerife, 2018). Las explotaciones especializadas en coliflor y brócoli suelen jugar con diferentes fincas en las vertientes N y S y las alturas. Así, por ejemplo, se podrían plantar coliflores en la zona norte en ciclos de primavera - verano mientras que en la zona baja del Valle de Güímar se podrían hacer los ciclos de otoño – invierno, sin problemas de temperatura.

En el caso de la coliflor, en Canarias se utilizan cultivares de ciclo corto (menos de 70 – 80 días) o intermedio (entre 90 y 130 días). En trasplantes de finales de primavera (mayo), los ciclos estarían en 65 y 101 días (Ríos et al, 2006^a). Si se va a principios de julio o de mediados de septiembre, las recolecciones de cultivares pueden estar entre 77 y 103 días (Coello et al, 2015; Coello et al, 2016), mientras que en condiciones de otoño (trasplante a mediados de septiembre), los ciclos se alargaron a 90 – 120 días (Ríos et al, 2002; Santos et al, 2023b).

Para la col los ciclos se podrían estimar entre 80 y 90 días en ciclos de verano, con cultivares muy precoces de 70 días (Alonso et al, 2013), mientras que en trasplantes de diciembre estarían entre 90 y 130 días (Monge et al, 2012).

En brócoli, en ciclo de otoño – invierno (trasplante principios de octubre), los ciclos estuvieron entre 96 y 102 días con 4 o 5 pasadas (Fernández et al, 2015), aunque ya hay material más precoz con un ciclo de algo más de 70 días (Santos et al, 2023a). En ciclo de primavera-verano (trasplante finales de abril), los ciclos se acortaron a 60 – 70 días en 2 o 3 pasadas (Monge et al, 2015). En trasplantes en pleno invierno (7 de diciembre) en la zona norte, los ciclos estuvieron en los 80 – 90 días (Ríos et al, 2006b).

7. Sistemas de cultivo

Teniendo en cuenta las condiciones de cultivo de las brásicas, en la península, y salvo para algunas coles chinas (pak choi en invernadero) el cultivo se planta al aire libre en su práctica totalidad. En algunas condiciones (ciclos de primavera para adelantar el ciclo en condiciones de temperaturas frías) se usa el semiforzado. Sólo sería necesario retirar la manta para hacer tratamientos fitosanitarios. No es recomendable mantener las mantas en momento de peligro de plagas ya que se desarrolla rápidamente bajo la manta.

En Canarias, las tres brásicas se cultivan en su práctica totalidad al aire libre, no siendo nada frecuente el uso de semiforzado, al ser las condiciones de nuestro otoño invierno bastante favorables para la formación de cabezas florales en coliflor y brócoli.

7.1 Rotaciones de cultivo y asociaciones

A efecto de rotaciones de cultivo o uso en asociaciones, se debe tener en cuenta los siguientes factores a la hora de definir dichas técnicas:

- Dentro de los esquemas de rotación, deberían colocarse tras la aplicación del compost, sobre todo el brócoli y la coliflor que son cultivos especialmente exigentes en N (Roselló, 2009).
- Tienen un ciclo intermedio (70 – 120 días).
- Tanto la coliflor como el brócoli necesitan unos condicionantes de temperatura para poder producir, lo que puede condicionar las fechas de plantación. En el caso de la col, en nuestras condiciones se podrían plantar sin demasiados problemas durante todo el año, teniendo en cuenta el juego varietal.
- Tiene un porte bajo (col) o intermedio (brócoli o coliflor), pudiéndose adaptar a la sombra en condiciones de alta radiación.
- Es un cultivo de escarda, requiriendo un buen manejo de malas hierbas sobre todo en la primera fase del desarrollo.

Teniendo en cuenta lo anterior, la rotación es importante para evitar la fatiga de suelo, que sería la suma de problemas patológicos y nutricionales, las normativas de producción integrada suelen poner reglas relativamente estrictas de rotación: La normativa de Producción Integrada de Murcia de brócoli (Consejería de Agricultura y Agua Región de Murcia, 2012) recomienda una rotación con un máximo de uno de cada 3 ciclos de alguna especie de brásica. Se recomiendan plantar tras leguminosas, barbecho, cereal o papa. No se recomienda realizar dos cultivos seguidos de crucíferas ni plantar tras una compuesta (lechuga, escarola, etc) salvo alcachofa. Se establece un periodo de 4 meses en una o dos etapas en la parcela que se mantendría en barbecho o con cubierta vegetal de gramíneas o leguminosas o se realice biofumigación o solarización.

Houben et al (2020) señalan la conveniencia de no plantar crucíferas en el mismo terreno en 4 años. En el caso de problemas de bacteriosis, debe procurarse al menos 2 años entre cultivos de brásicas (Dixon, 2007).

Normalmente, las coliflores o brócolis se plantarían después de cereales, papas, habas, guisantes, lechugas y cultivos de verano (Roselló, 2009). En este caso, parece no haber problemas con plantar lechuga antes de brásicas (o a la inversa). Tempesta et al (2022) encontraron que un

cultivo de lechuga tras coliflor era especialmente beneficioso por los aportes de N de los residuos de este.

Guerena(2020) señala que los altos requerimientos de N de las brásicas pueden hacer interesante que se planten tras un abono verde con leguminosas.

Al no tener problemas con nematodos del género *Meloidogyne* o *Globodera*, son interesantes en rotaciones con cultivos que sí lo son como las solánaceas o las cucurbitáceas (Houben et al, 2020).

Cotrina (1981) señala rotaciones papa – coliflor o guisante – coliflor, yendo en cultivares tardíos a plantar después un cultivo de primavera como millo o tomate. En nuestra experiencia, en explotaciones hortícolas suelen verse rotaciones calabaza-col-cebolla o brócoli-lechuga-calabaza.

Las brásicas en general tienen una característica que las hace interesantes como cultivos intercalares o dentro de una rotación, ya que al descomponerse sus restos se producen isotiocianatos que controlan diversas plagas y enfermedades (Dixon, 2007). Una aproximación ha sido el uso de brásicas de rápido crecimiento y su incorporación como abonos verdes (Perera et al, 2015), usando mostaza o rábano, existiendo incluso material vegetal desarrollado para ese fin. El uso de la coliflor o brócoli en una rotación puede tener un efecto muy parecido, ya que deja unas cantidades de residuos de cosecha bastante altos (aproximadamente 4 – 5 kg materia fresca/m²) que, incorporado al suelo, funcionaría perfectamente como biofumigación, siendo más eficiente si se realiza de forma adecuada con algún sistema que selle el suelo (plástico o riego en suelos medios o arcillosos) (Tascón et al, 2007).

Desde el punto de vista de asociación de cultivos, puede ser beneficioso plantar junto con cultivos altos en pleno verano para evitar problemas por alta radiación y alto DPV (Scialabra et al, 2015). En ambientes subtropicales se ha ensayado la asociación entre millo y coliflor en condiciones agroclimáticas desfavorables para la brásica. Se ha visto que sembrando millo en surcos separados cada 60 cm unas 2 semanas antes que la coliflor, se consiguen condiciones más favorables para el desarrollo de la brásica (Kresnatita et al, 2018). Los cultivares locales de col abierta en Canarias se suelen colocar en las huertas en las zonas de borde de otros cultivos principales como papas o cereal (Afonso et al, 2012).

La asociación de cultivos en brócoli y coliflor se ha experimentado principalmente como una medida para control de plagas y hierbas adventicias, usando plantas que no compitan demasiado con la brásica (Dixon, 2007). Tellextea et al (2021) ensayó con éxito la asociación de cultivo brócoli /veza.

7. Labores culturales

7.1 Plantación y trasplante

Como en otros cultivos, las brásicas se pueden plantar mediante siembra directa o usando un vivero y trasplantando a suelo definitivo. La siembra directa, que no es una técnica que se use prácticamente en España, se utilizaría sobre para cultivos destinados a industria. El cultivo suele tener una uniformidad menor que las realizadas mediante trasplante. Sin embargo, el uso de siembra directa podría acortar algo el ciclo de brócoli, sobre todo el comienzo de la recolección.

Tras la plantación y tras la emergencia de la planta, se suele aporcar cuando las plantas tienen 7-8 hojas (Maroto y Bauxauli, 2016).

A la hora de hacer siembra directa, se necesita una muy buena preparación del lecho de siembra, para conseguir un suelo de textura fina sin piedras ni terrones, con pendiente uniforme. Se suele plantar en golpes de 2 semillas separadas unos 40 – 50 cm, en filas separadas entre 90 y 100 cm. Desde que se emita la primera hoja verdadera se puede realizar un aclareo, dejando 1 planta por golpe. Cuando las plantas tienen de 7 a 8 hojas se puede realizar un ligero aporcado (Maroto y Bauxauli, 2016; Oregon State University, 2010).

Los semilleros se realizan en instalaciones especializadas utilizando sembradoras automáticas, generalmente en bandejas de poliestireno entre 200 y 250 alveolos por cada una, rellenos con sustrato comercial. Estas bandejas se colocan en cámaras de germinación durante 2 días a 18-20°C y seguidamente se pasan, bien a invernadero de plástico o de malla, en función de la temperatura, hasta que alcanzan el óptimo desarrollo para su trasplante. La utilización de calefacción de apoyo suele resultar interesante para acelerar la fase de semillero en determinados momentos (Maroto y Bauxauli, 2016). Marín (2021) señala que tanto las semillas de brócoli, de coliflor como las de col tardan unos 5-6 días en germinar. La fase de semillero suele estar entre 30 y 40 días (González y Ayuso, 2021).

La realización del semillero en pleno verano para ciclos de producción precoces puede ocasionar problemas por la posible incidencia que afecten negativamente a su germinación (si no usamos cámaras de germinación con condiciones controladas) y, sobre todo, al desarrollo inicial de la planta. Puede ser recomendable que las bandejas se cultiven bajo túneles con malla de sombreo con el fin de reducir la temperatura o utilizar otras técnicas de bajada de temperatura. Esta problemática tiene un componente varietal (Maroto y Bauxauli, 2016).

Normalmente se trasplanta cuando la plántula ha emitido entre 3 y 4 hojas verdaderas, con unos 12 – 15 cm de altura. El trasplante de plantas que llevan más tiempo en el vivero puede provocar una formación prematura de las cabezas. Las condiciones ambientales en el trasplante deben ser óptimas para el buen arraigo del cultivo, recomendándose los trasplantes en verano en días nublados o por la tarde (González y Ayuso, 2021).

Según Maroto y Bauxauli (2016) se podrían considerar varios niveles de mecanización en el trasplante, de forma similar al cultivo de la lechuga, con plantación puramente manual, sistemas semimecanizados (normalmente dejando listos los huecos de plantación) o mediante máquinas trasplantadoras que realizan todo el proceso. En el caso de la maquinaria trasplantadora se puede alcanzar hasta 3000 plantas/hora.operario, recomendándose una velocidad de avance del tractor de 2 – 3 km/h (Maroto et al, 2007).

7.2 Preparación del terreno

Las labores preparatorias para las brásicas son las normales de las hortalizas de hoja al aire libre. Es muy conveniente el uso de labores profundas para favorecer el drenaje, sobre todo en suelos pesados y que permita el desarrollo de un sistema radicular fuerte (Dixon, 2007). Tras esa labor, se aprovecha para aplicar la materia orgánica y las posibles enmiendas y luego se realiza un laboreo de terminación o afinado para preparar la zona de trasplante.

En algunos casos, se realiza un asurcado o acabollanado si se opta por este tipo de forma de cultivo (Maroto y Bauxauli, 2016). El uso de camas puede ser interesante en suelos pesados ya que

el suelo en el caballón va a estar más seco, disminuyendo la incidencia de una enfermedad de suelo, la hernia de las crucíferas (*Plasmodiophora brassicae*) prefiriéndose alturas de caballón mínimas de 20 – 25 cm (Dixon, 2007; Rodríguez y Ayuso, 2021).

7.3 Marcos de plantación

La elección del marco de plantación es especialmente importante en los tres cultivos. Existe una clara interacción entre este parámetro y el ciclo de cultivo, afectando a la producción. De forma general puede decirse que, para un mismo cultivar y ciclo de cultivo, el peso de la inflorescencia o del cogollo será mayor cuanto más amplio sea el marco de plantación (Maroto y Bauxauli, 2016). Modificando el marco de plantación, podemos intentar tener el tamaño de inflorescencia o cabeza deseado.

Por otra parte, si el marco de plantación es demasiado amplio, aunque el peso de la parte recolectada sea alto, no compensa la pérdida de unidades recolectadas por unidad de superficie, bajando la cosecha. Si el marco de plantación es demasiado estrecho, además de tener unidades recolectadas que pueden ser de un tamaño no comercial, puede alargarse algo el ciclo al tardar más en madurar (Dixon, 2007).

Por otra parte, tanto en coliflor como en brócoli parece ser que los marcos rectangulares parecen ser más favorables que los cuadrados. Finalmente, también existe una relación entre el marco de plantación y el ciclo de cultivo. Normalmente en ciclos con alta radiación (primavera – verano) se puede ir a marcos de plantación más estrechos que con baja radiación (otoño – invierno) (Dixon, 2007).

7.3.1 Coliflor

En coliflor la densidad de plantación en la Península oscila generalmente entre las 1,5 y 4 plantas/m², correspondiendo los marcos más amplios a los trasplantes de otoño - invierno. Estas densidades están pensadas para coliflores en el entorno de 1.5 kg/pieza. Cuando se utiliza riego localizado, lo normal es realizar la plantación en líneas pareadas, dejando 1,0-1,2 m entre los ejes de los caballones (Maroto y Bauxauli, 2016).

En estudios recientes realizados en el Centro de Experiencia de Cajamar en Paiporta (Valencia) se comprobó en el ciclo de otoño con dos cultivares y densidades de 2, 3 y 4 plantas/m². El mejor rendimiento se obtuvo con la densidad de 3 plantas/m². Al subir a 4 plantas/m², el peso medio se redujo y bajó algo la calidad. En el ciclo de primavera, la densidad con mejores resultados fue 4 plantas/m² (Maroto y Bauxauli, 2016).

En nuestras condiciones, en ciclos de otoño invierno, con mayor radiación y temperatura, y sin prácticamente mecanización, se puede ir a densidades más altas, de 4 plantas/m², alcanzando producciones aceptables y cabezas de 1.1 – 1.3 kg/unidad (Ríos et al, 2002) o incluso hasta el extremo de 5.7 plantas/m² en un ciclo relativamente corto (octubre – diciembre) con cabezas de 900-1000 g/pieza (Santos et al, 2023b). En ambos casos se usaron marcos rectangulares, de 0.5 x 0.5 m y de 0.3 x 0.6 m. En ciclos de primavera verano se podría trabajar con más de 4 plantas/m² sin demasiados problemas: con 4.4 plantas/m² se tuvieron pesos de 1.1 – 1.4 kg/pieza y producciones de 3.0 – 3.7 kg/m² (Ríos et al, 2006^a).

Si se trabaja con mini coliflor, donde se buscan cabezas de 200. – 250 g/pieza, se van a marcos de 9 a 11 plantas/m². Se trabaja con líneas dobles, separando los caballones 0,8-1,0 m, y las plantas dentro de las filas entre 0.2 y 0.3 m (Maroto y Bauxauli, 2016).

7.3.2 Brocoli

Tanto en brócoli como en “bimi”, lo normal es utilizar densidades de plantación que oscilan entre 6 y 8 plantas/m², teniendo en cuenta los mismos condicionantes que en coliflor, donde los ciclos de primavera permiten densidades más altas que las de otoño (Maroto y Bauxauli, 2016).

Por otra parte, el cultivar puede tener una influencia notable en la elección: Ironman en un ciclo de otoño -invierno a un marco de 5.7 plantas/m² tuvo un alto porcentaje de plantas recolectadas (más del 90%) pero un bajo peso unitario (260g/pieza) lo que indicaría que no se adapta bien a ese marco (Santos et al, 2023a) mientras que con un marco de 4 plantas/m² si tuvo cabezas dentro de la media del ensayo en la que participó (Fernandez et al, 2015). En un ciclo de invierno (trasplante 7 de diciembre) con un marco de 3.3 plantas/m², se obtuvieron pesos bastante buenos (500 – 600 g/pieza) con producciones aceptables (1.7 – 1.9 kg/m²) (Ríos et al, 2006b).

Para lograr esas densidades en la Península se suele ir a una disposición en líneas pareadas sobre mesetas separadas entre 1,0 y 1.6 m (entre centros) y una separación entre plantas de 0.3 a 0.4 m (Maroto y Bauxauli, 2016; González y Ayuso, 2021). De nuevo, en Canarias se suele ir a marcos reales de 0.3 – 0.5 entre plantas x 0.5-0.6 m entre líneas.

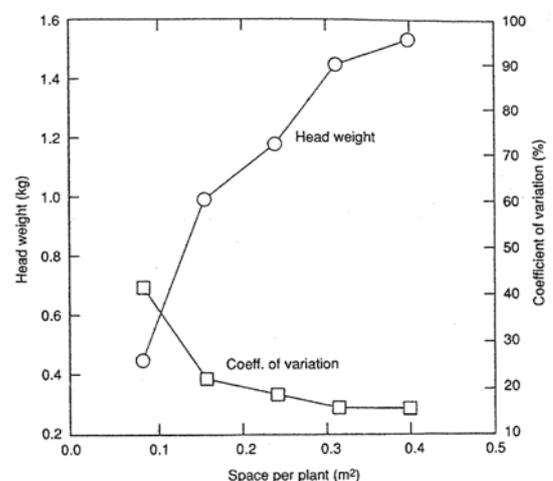
7.3.3 Col

Como en coliflor y brócoli, el tamaño de la cabeza está relacionado con el marco de plantación. Wien y Wurr (1997) señalaron que según aumenta el marco de plantación, el tamaño de las cabezas va aumentando hasta llegar a un máximo característico del cultivar elegido. También observaron que la variabilidad del tamaño de la cabeza era más alta a densidades más bajas (fig 25).

En general, se suele ir a un marco de plantación de 2 a 4 plantas/m² en las condiciones de la Península, en función del desarrollo de cada cultivar y dentro de un orden, del peso deseado de las cabezas. En ese caso se buscan cabezas entre 1 y más de 2 kg (Maroto y Bauxauli, 2016)

En Canarias, los marcos tienden a ser más estrechos, sobre 5 plantas/m² en ciclos de invierno y hasta 11 plantas/m² en ciclo de primavera – verano. Para ello se usan marcos sencillos de 0.3 a 0.5 m entre filas y 0.3 - 0.4 m entre plantas (Vega et al, 2012, Alonso et al, 2013).

Figura 25: Efecto del espaciamiento en el tamaño de la cabeza y el coeficiente de variación de col ‘Bravo’ (Wien y Wurr, 1997)



7.4 Control de hierbas adventicias

La col es un cultivo de escarda, donde la aparición de adventicias puede poner en peligro el cultivo, pudiendo afectar incluso al acogollado, por la competencia por los nutrientes y el agua e incluso por la luz. El periodo inicial es el más problemático. En un ensayo, manteniendo el cultivo libre de adventicias las primeras 4 semanas, se logró una cosecha óptima (fig 26). Si dejamos un cultivo sólo una semana sin deshierbar, la col solo recibe un 15% de la radiación incidente por el sombreo de aquellas. (Dixon, 2007).

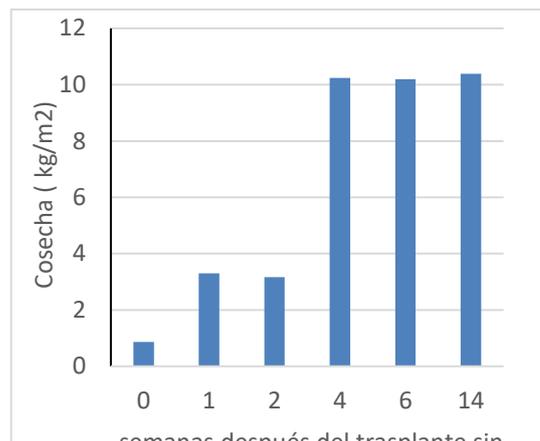


Figura 26: Efecto del tiempo transcurrido sin adventicias sobre la producción de col (adaptado de Dixon, 2007)

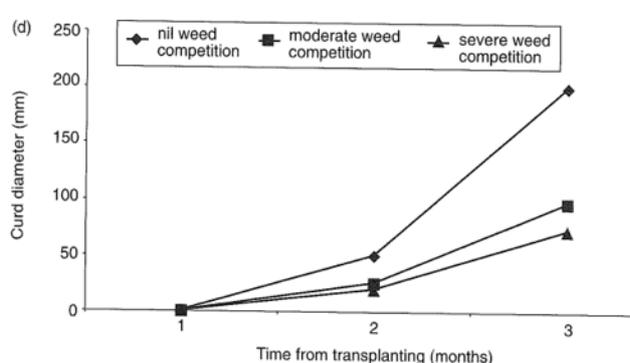
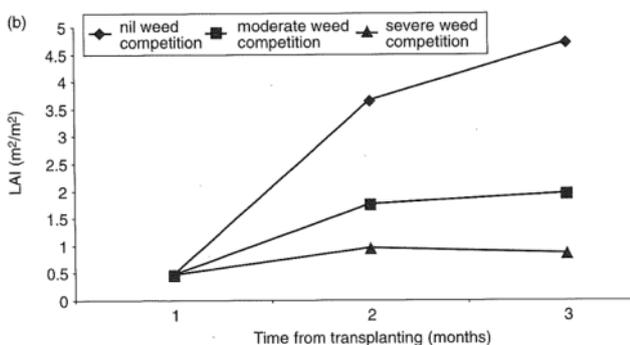


Figura 27: Influencia sobre el desarrollo de coliflor cv. Fremont con la competencia con la hierba adventicia cenizo (*Chenopodium album*) en cultivo de primavera – verano (Dixon, 2007). Izquierda: Efecto sobre el Índice de área foliar. Derecha: Efecto sobre el diámetro de la cabeza.

En el caso de la coliflor y el brócoli, el peligro es sobre todo al principio del cultivo ya que luego tienen un desarrollo que impide el desarrollo de las malas hierbas adventicias (fig 27) (Dixon, 2007). De nuevo, el efecto puede ser bastante importante al principio, siendo el periodo más crítico los primeros 30 días (Koike et al, 2009).

La estrategia de manejo de plantas adventicias va a depender de las malas hierbas que aparezcan y de la cantidad de semilla que haya en el suelo. En el caso de infecciones graves de malas hierbas pueden ser interesantes medidas culturales antes de la plantación como biosolarización, falsas siembras o rotación con cultivos que eviten la proliferación de malas hierbas (Koike et al, 2009; Guerena, 2020).

Existe maquinaria de escardado, que normalmente se usa para trabajar entre líneas de cultivo. En este caso es importante que la plantación se realice de forma que queden las filas bien alineadas de forma que las labores no toquen el cultivo (Guerena, 2020). Ya hay ofertas de aparatos que escardan entre planta de forma automática usando sistemas de visión artificial (Maroto y Bauxauli, 2016).

Se podrían distinguir dos labores, una primera donde se eliminan todas las hierbas en la cama de cultivo salvo los 10 cm más cercanos a las plántulas y una segunda labor, antes que el follaje

empiece a crecer de forma rápida donde además se aporca ligeramente para eliminar las adventicias de esa zona de 10 cm (Koike et al, 2009; Guereña, 2020).

Una medida de control de malas hierbas que puede resultar bastante interesante es el acolchado o mulching. Esta técnica además tiene ventajas importantes:

- Aumenta la precocidad del cultivo (Maroto y Bauxauli, 2016).
- Disminuye el consumo de agua (20 – 25%) (Dixon, 2007).
- Puede paliar la aparición de enfermedades que aparecen cuando las hojas están en contacto con el suelo (Dixon, 2007)
- El cultivo se cosecha más limpio al tener menos restos de tierra (col).

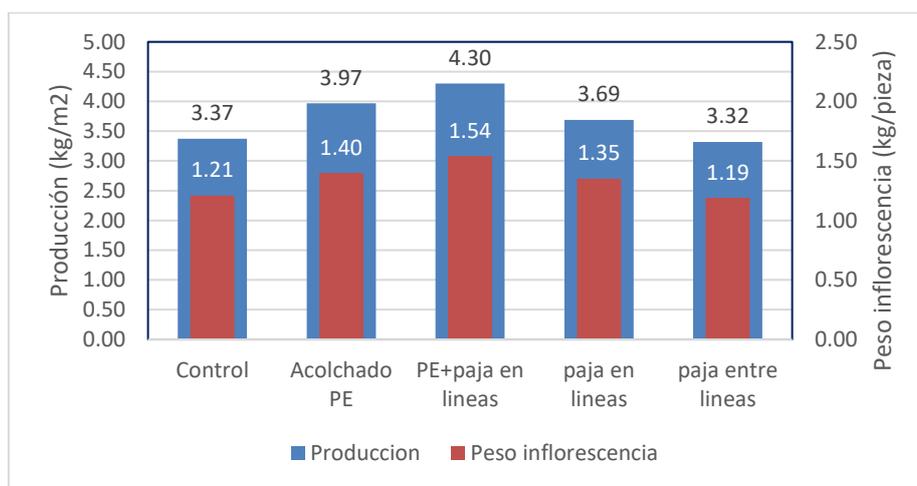


Figura 28: Efecto de diferentes acolchados sobre la producción de coliflor (Adaptado de Xie et al, 2022).

El acolchado se realiza normalmente con láminas de plástico negro. Se usa normalmente PE pero se pueden usar sin problemas otros films biodegradables o en explotaciones pequeñas acolchados orgánicos (fig 28). Sin embargo, la forma de cultivo puede suponer tener una parte relativamente importante del suelo acolchado (cultivos en llano) lo que supone un coste a tener en cuenta, por lo que esta técnica se usa más en cultivos en camas.

En algunos sistemas más extensivos, se usa el cultivo anterior para formar una especie de mulching en el que luego se plantará la brásica, normalmente con técnicas de laboreo mínimo (trabajando sólo la zona de trasplante). Los cultivos anteriores suelen ser cereales o leguminosas como veza (*Vicia* sp). Además de controlar las hierbas adventicias, se consigue un mejor control de plagas (Dixon, 2007).

La aplicación de herbicidas, incluso bien llevada a cabo puede causar problemas ya que tras reiterar el cultivo se realiza una selección de las malas hierbas resistentes, en este caso, crucíferas (que son un grupo bastante importante de adventicias). Por otra parte, existe una cierta sensibilidad varietal, por lo que siempre deben hacerse pruebas cuando se planten nuevos cultivares o cuando se usen nuevos herbicidas y especialmente si se van a realizar mezclas de productos fitosanitarios.

En la fecha de la preparación de estos apuntes (enero 2023) existen varios herbicidas selectivos autorizados en el cultivo de brásicas que se presentan en la tabla 3 (MAPA, 2023c).

Tabla 3: Herbicidas selectivos autorizados en brásicas (MAPA, 2023c)					
Materia Activa*	MoA**	col	brócoli	coliflor	observaciones
cicloxiidim	A / 1	no	no	si	Solo grámíneas. Postrasplante. Postemergencia de malas hierbas
propaquizafop	A / 1	no	si	si	Solo gramíneas. Postrasplante. Postemergencia de malas hierbas
quizalofop-P-etil	A / 1	si	si	si	Solo grámíneas. Postrasplante. Postemergencia de malas hierbas
metazocloro	K3 / 15	si	si	si	Monocotiledóneas y dicotiledóneas. Postrasplante. Preemergencia y postemergencia temprana de malas hierbas
pendimetalina	K1 / 3	si	si	si	Dicotiledóneas. Pretrasplante. Preemergencia y postemergencia temprana de malas hierbas
piridato	C3 / 6	si	si	si	Dicotiledóneas. Postrasplante. Postemergencia de malas hierbas
propizamida	K1 / 3	no	si	no	Monocotiledóneas y dicotiledóneas. Postrasplante. Preemergencia y postemergencia temprana de malas hierbas

*: Las autorizaciones de productos fitosanitarios se hacen a formulados comerciales, con una materia activa y una concentración dada.

** : MoA: Modo de acción a efectos de resistencias (HRAC / WSSA).

7.5 Otras labores.

Protección contra la insolación directa de la inflorescencia: Una labor que se suele realizar en coliflor es el “tapado” de la inflorescencia en formación, chafando los peciolos de las hojas de forma que éstas queden cubriendo del sol a la coliflor en formación. Esta labor suele ser más común en cultivares de ciclo corto, que suelen tener un menor grado de cubrimiento (Maroto y Bauxauli, 2016). En Canarias, la capacidad del cultivar de “cubrir” la inflorescencia suele ser un carácter a tener en cuenta, sobre todo en ciclos de primavera – verano y en orientación sur donde es de esperar que sea más intensa la insolación. Algunos cultivares manifiestan una cierta resistencia al sol directo, manteniendo el color blanco (Marín, 2021).

8. Riego y fertilización

8.1 Riego

Las brásicas en general, requieren una cantidad sustancial de agua para un adecuado crecimiento. Un manejo adecuado del riego es importante, no solo para la producción, si no para evitar problemas como el tip burn (en col) o mantener los problemas de salinidad bajo control. La col es especialmente sensible al estrés hídrico durante la fase de formación del cogollo. En el caso de la coliflor, la fase crítica es la formación de la inflorescencia (Dixon, 2007).

El riego por goteo es la técnica más utilizada en el SE peninsular y en Canarias. Se recomienda un solape mínimo del 10 – 15% en las líneas de cultivo y una separación de 10 – 20 cm entre los emisores y los tallos de las plantas para evitar problemas de enfermedades (este valor puede variar en función del tipo de suelo) (Cajamar, 2016, González y Ayuso, 2021). En otras zonas productoras se ha usado la aspersion, aunque ha ido creciendo la superficie en riego localizado (Koike et al, 2009).

En Valencia (Centro de Experiencias de Cajamar en Paiporta) se estudió la respuesta a 3 dosis de riego durante dos campañas y varios cultivares de coliflor (ciclo corto y de ciclo largo), con riego por goteo. Se usaron tres dosis de agua calculadas en función de la ET_c : una baja (75%) con dotaciones entre 1.217 y 2.572 m^3/ha (ciclo corto y ciclo largo); 100 % con dosis de 1.787 a 3.343 m^3/ha y con exceso (125% ET_c) con 2.120 - 4.446 m^3/ha . No se observaron diferencias significativas de rendimiento entre las distintas dosis de agua aportadas. Se podría considerar unas necesidades hídricas medias de 2500 a 3500 m^3/ha (Maroto y Bauxauli, 2016).

En el caso del brócoli también se realizó el mismo estudio, con un cultivar y en dos campañas consecutivas. Las dosis aplicadas fueron 1583 y 1992 m^3/ha , 1710 – 2183 m^3/ha y 2000 -2592 m^3/ha . Tampoco se observaron diferencias significativas ni en el rendimiento de cabezas principales ni de rebrotes (Bauxauli y Maroto, 2016). En Extremadura, las necesidades de riego están entre 1750 y 2500 m^3/ha (González y Ayuso, 2021).

Los coeficientes de cultivo señalados por Allen et al (1998) serían los mismos para los 3 cultivos, con un K_c ini = 0,7; K_c med = 1.05 y K_c fin = 0.95. Los datos son de la zona del S de California en ciclos de otoño. Villalobos et al (2005), en una revisión señala varios coeficientes de cultivo para brócoli (fig 29). En general, los valores son menores que los señalados por Allen et al (1998). Los datos señalados para coliflor en las condiciones del levante español también tienen valores más bajos de K_c med (Cajamar 2016) que suministraron valores semanales en función de la fase vegetativa.

Dixon (2007) señala un valor de 25 kPa de tensión en el suelo como valor límite a partir del cual comienza a bajar la producción de col. El estado de formación de la cabeza sería el más limitante. En el caso de la coliflor, se procura mantener el suelo en tensiones entre 25 y 30 kPa durante el último mes de cultivo cuando es más importante el riego. Hasta la formación de las cabezas se puede mantener el suelo por encima de 30 kPa (Koike et al, 2009).

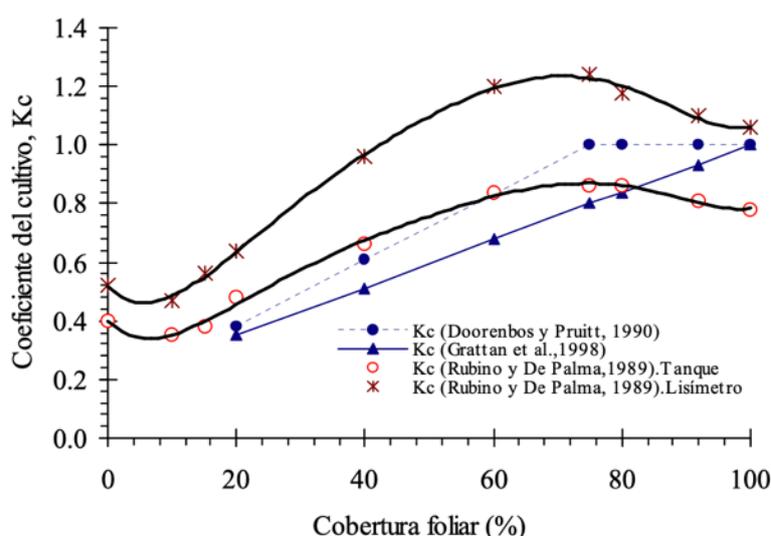


Figura 29: Distintos coeficientes de cultivo propuestos para brócoli en función de la cobertura foliar (Villalobos et al, 2005).

8.2 Fertilización

La cantidad de nutrientes que absorben la coliflor o el brócoli depende de la cantidad de biomasa producida en los distintos órganos de la planta (inflorescencia, hojas, tallo y raíz). En ambos casos,

sobre todo en el brócoli, la cantidad de biomasa creada para una producción dada es muy alta. Por lo tanto, estas extracciones pueden variar según el porte del cultivar y las condiciones agroclimáticas y de cultivo (Bauxauli y Maroto, 2016).

Tabla 4: Extracciones de cultivo								
Cultivo	Referencia	Producción	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S
		kg/m ²	kg/t					
coliflor	Rincón et al (2001)	3.13	10	2.4	11.7	5.3	1.9	
	Bauxauli y Maroto (2016)	3	7.5 – 8.5	2.3 – 3.0	10 - 12	---	---	
	Haifa (2022) *	---	2.0 – 6.0	0.7 – 2.1	2.7– 7.0	1.4	0.7	0.7
brocoli	Rincón et al (1999)	1.9	12.7	3.4	15.1	16.1	2.9	
	Bauxauli y Maroto (2016)	1.7	12 - 18	4.7 – 5.9	22 - 27	---	---	
col	Bauxauli y Maroto (2016)	5	3.8 – 4.2	1.3 – 1.5	5.8 – 6.4	---	---	

*: <https://www.haifa-group.com/fertilization-cabbage-and-cauliflower-open-field-1>

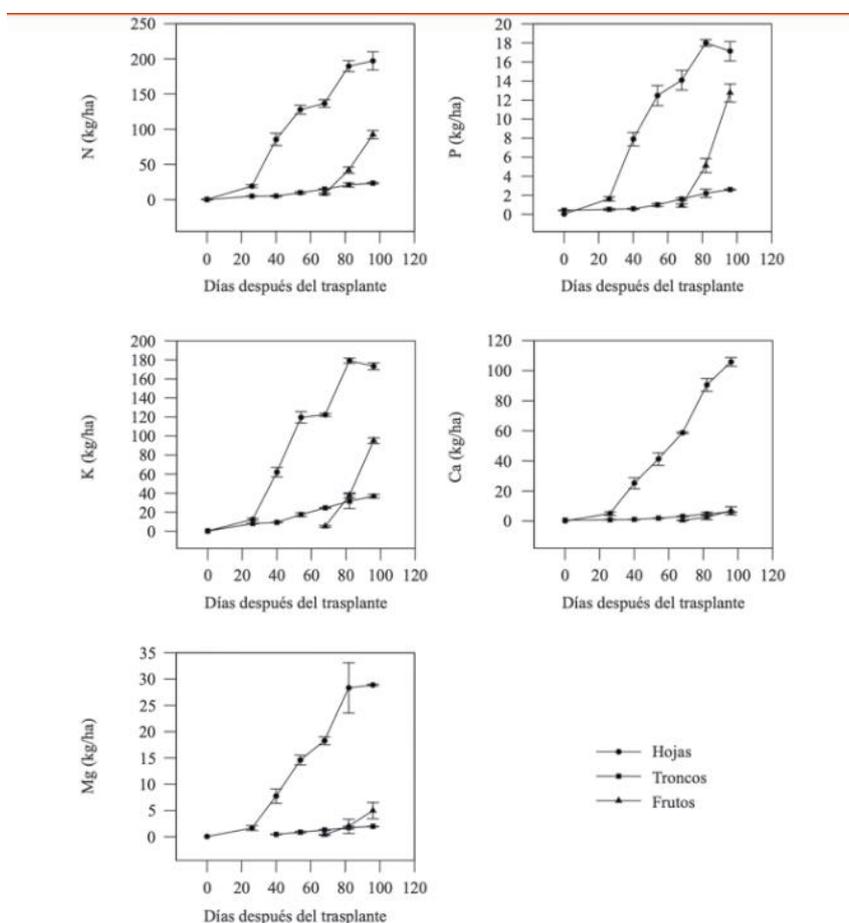


Figura 30: Absorción de macronutrientes en cultivo de coliflor, repartido entre hojas, tallo (troncos) e inflorescencias (fruto) (Rincón et al, 2001).

Con respecto a las extracciones, tenemos varias referencias, con datos relativamente coherentes en el caso del nitrógeno, fósforo y potasio (Tabla 4). Tanto en el caso del brócoli como de la coliflor, la parte cosechada no representa una parte muy importante de la absorción de nutrientes, quedando cantidades significativas de nutrientes en los residuos de cosecha, que deben tenerse en cuenta en los balances de nutrición. En un cultivo de brócoli, el 75% del N, entre un 64 y un 70% del P₂O₅ y un 64 – 68% del K₂O se quedarían en la parcela tras la cosecha. En el caso de la

coliflor, estas cantidades serían el 55 – 60% del N, el 57-67 del P_2O_5 y el 50 – 53% del K_2O . Por último, para las coles, en el residuo se quedaría entre el 47 y el 57% del N, el 30 – 40% del P_2O_5 y el 37 – 40 % del K_2O (Bauxauli y Maroto, 2016).

En la figura 30 se observa el reparto entre hojas, tallo e inflorescencia de los macronutrientes en un cultivo de coliflor donde se observa la cantidad de nutrientes que quedan tras la cosecha. Por otra parte, se estima un aporte neto de 800 a 1000 kg/ha de humus tras la incorporación de los restos de cultivo de brócoli (Maroto et al, 2007).

En las figuras 31 y 32 se presenta la absorción de macronutrientes de coliflor y brocoli en un cultivo de ciclo otoño invierno (Rincón et al, 1999; Rincón et al, 2001). En ambos casos, los ritmos de absorción fueron más altos en los momentos de mayor crecimiento foliar (31 a 73 dtt). En el brócoli, se observó una muy alta demanda de calcio con el crecimiento de la inflorescencia. La absorción de nitrógeno y potasio es muy alta en el periodo anterior a la formación de la cabeza (3 y 5 kg/ha.día, respectivamente), pareciendo primero la necesidad de K y luego la de N (Bar Yosef, 1990).

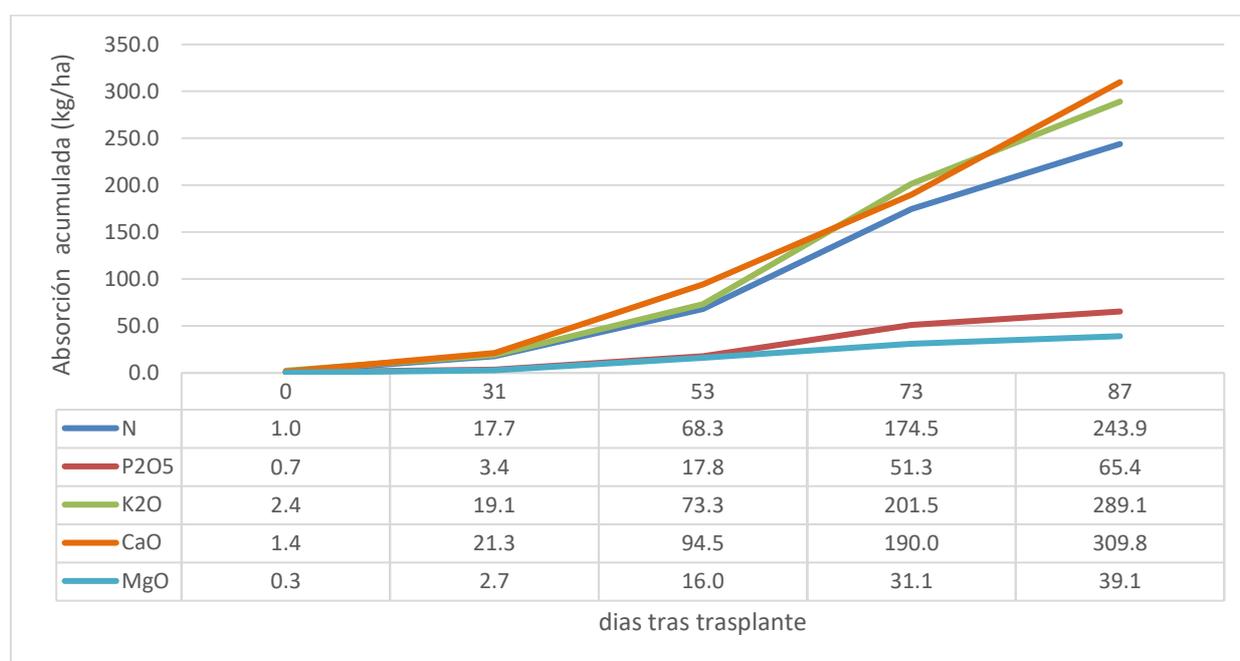


Figura 31: Absorción de N, P_2O_5 , K_2O , CaO y MgO en un cultivo de brócoli cv Marathon en ciclo de otoño invierno (trasplante 10 noviembre) (adaptado de Rincón et al, 1999)

También existen varios datos de dosis orientativas. En la Tabla 5 se presentan varias recomendaciones y los datos experimentales de Bar Yosef (1990) en brócoli.

La coliflor es un cultivo que reacciona bien a los abonos orgánicos, pareciendo estar los valores de aplicación en el entorno de 3 kg/m² de compost, con valores similares a un testigo con fertirrigación (Pomares, 2008). Se recomienda la aplicación del abono orgánico bien compostado o si no es posible, al menos un mes de la plantación, aunque suelen ser frecuentes las aplicaciones al preparar el terreno. Teniendo en cuenta los datos de extracciones, un brócoli requeriría al menos una cantidad similar de abono orgánico y la col, aproximadamente 2/3 de la dosis de la coliflor.

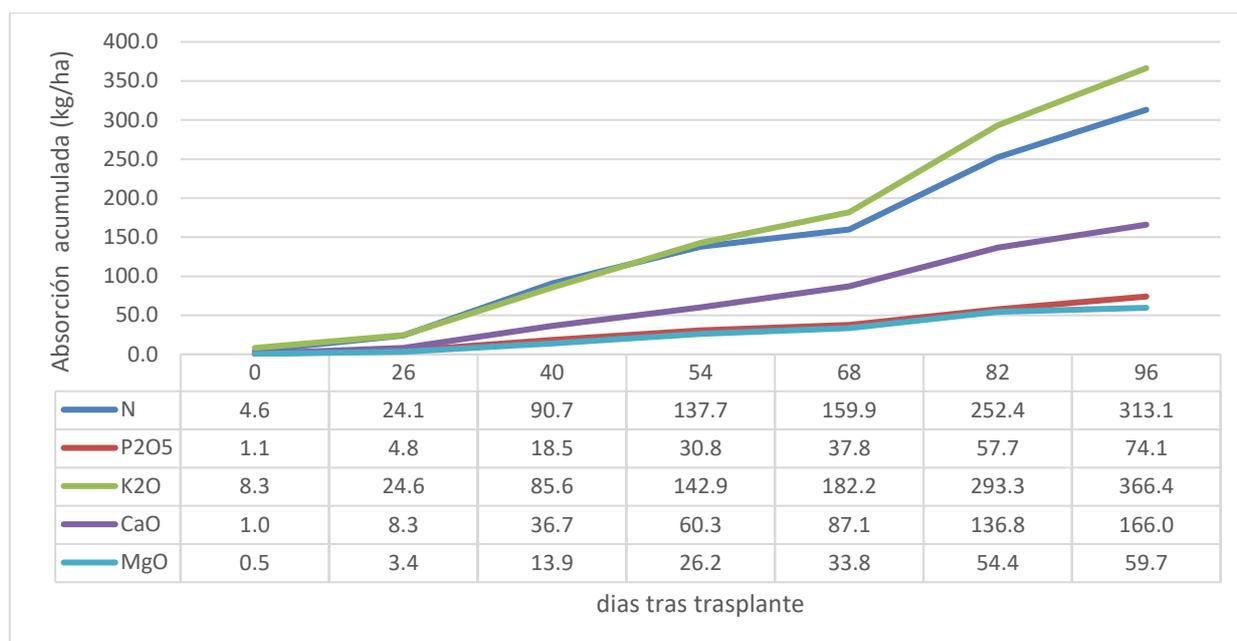


Figura 32: Absorción de N, P₂O₅, K₂O, CaO y MgO n un cultivo de coliflor cv Profil en en ciclo de otoño invierno (trasplante 10 septiembre) (adaptado de Rincón et al, 2001)

Tabla 5: Dosis orientativas de nutrientes				
Referencia	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
	kg/ha			
Ramos y Pomares (2010) coliflor	260 - 300	70 - 90	300 - 360	---
Cajamar (2012) coliflor	200	85	200	---
Ramos y Pomares (2010) brocoli	280 - 320	80 - 100	370 - 450	---
Bar Yosef (1990) brocoli	202	59.6	199	---
González y Ayuso (2021). brócoli	170 - 225	75 - 100	200 - 250	20 – 30
Ramos y Pomares (2010) col	230 - 250	65 - 75	290 - 320	---
Haifa (2022)* col y coliflor	120 - 160	50 - 100	180 - 200	---

*: <https://www.haifa-group.com/fertilization-cabbage-and-cauliflower-open-field-1>

En los casos que el N disponible de la descomposición de composts o abonos verdes anteriores, puede que sean necesarios aportes de N adicionales (guano, compost peletizado, harina de sangre o de huesos, torta de alfalfa, etc), que normalmente se aplican cuando la planta tiene unos 15 cm de alto (Guerena, 2020).

Ríos y Santos (2007) recomiendan una fertirrigación para coliflor en 2 etapas: un equilibrio 1:1.7:0.6:0.6CaO durante los primeros 20 – 25 días, con un aporte total de abono entre 0.4 y 0.5 g/L. A partir de los primeros 25 días, se cambia a un 1:0.7:1.5:0.5CaO con un aporte de 0.4-0.5 g/L. (recomendaciones para suelos medios de Tenerife (altos niveles de P y K) con aguas con altos contenidos de magnesio y bajos de calcio).

A la hora de controlar la fertilización y para evitar algunas fisiopatías, suele ser necesario tomar muestras foliares para hacer un seguimiento, bien por sospechar de algún desequilibrio o para confirmar una buena programación de la fertilización. En la tabla 6 se presentan valores para los 3 cultivos de este tema.

Tabla 6: Valores de referencia en análisis foliares en brásicas (Mills y Benton Jones, 1996)

Elemento	coliflor ¹	brócoli ¹	col ²
N (%)	3.30 – 4.50	3.20 – 4.50	3.00 – 4.80
P (%)	0.33 – 0.80	0.30 – 0.75	0.30 – 0.65
K (%)	2.60 – 4.20	2.00 – 4.00	2.00 – 4.00
Ca (%)	2.00 – 3.50	1.00 – 2.50	1.30 – 3.50
Mg (%)	0.24 – 0.50	0.23 – 0.75	0.25 – 0.80
S (%)	--	0.30 – 0.75	0.30 – 0.75
Fe (ppm)	30 – 200	70 - 300	30 - 200
Mn (ppm)	25 – 250	25 – 200	25 - 200
Cu (ppm)	4 - 15	4 – 15	5 - 15
Zn (ppm)	20 - 250	20 - 200	20 - 300
B (ppm)	30 - 100	30 - 100	30 - 100
Mo (ppm)	0.5 – 0.8	0.3 – 0.5	0.3 – 1.0

1: Estado: encabezado. Toma de datos: 12 hojas (las últimas completamente formadas).

2: Estado: planta con cabezas formadas listas para recolección: Toma de datos: 12 hojas (de la parte exterior de las cabezas)

8. Recolección, comercialización y Postcosecha

8.1 Recolección

La recolección para consumo en fresco se realiza dando varias pasadas por parcela para recolectar las piezas en su punto idóneo, al no ser un proceso uniforme en todas las plantas, aunque hay un componente varietal, con una mayor o menor concentración de la cosecha (Maroto y Bauxauli, 2016).

En coliflor se suelen hacer de 4 a 6 pasadas, tardando unos 15 a 20 días en el proceso. Lo normal en brócoli es unas 3 pasadas en unas 2 semanas, dependiendo del ciclo (en primavera – verano, es más corto que en otoño invierno). En el caso de recolectar rebrotes, se puede alargar el periodo de recolección hasta 30 días, mientras las inflorescencias sigan siendo comerciales (Maroto y Bauxauli, 2016).

Los rendimientos medios de coliflores pueden estar entre 20 y 35 t/ha (Maroto et al, 2007; Ríos et al, 2002; Ríos et al, 2006^a; Santos et al, 2023b); mientras que en brócoli se trabaja con medias de 12 a 18 t/ha (Ríos et al, 2006b; Fernández et al, 2015; Santos et al, 2023a). En el caso de la col, las medias en Canarias se podrían estimar en 40 a 45 t/ha (Consejería de Agricultura, 2022; Vega et al, 2012, Alonso et al, 2013)

En coles, una vez las piezas están en condiciones de recolectar, con un llenado y compacidad de los cogollos aceptables, se suele ir a una recolección en una o dos pasadas. En algunos casos, se pueden ir recolectando en función de su estado, dejando aquellas más pequeñas en campo, pero en condiciones de primavera – verano o de temperaturas moderadas, esto puede causar que empiezan a rajarse por la presión del crecimiento de las hojas interiores sobre las exteriores o por una posible subida a flor (Maroto y Bauxauli, 2016). En Canarias, se buscan piezas en el entorno de los 800 – 1000 g/pieza mientras en Península se trabaja con 1000. a más de 2000 g/pieza (Maroto y Bauxauli, 2016). En Estados. Unidos se usa más el diámetro, considerando cabezas maduras las que tienen un diámetro mayor de 15 cm.

El momento de corte en coliflor suele ser cuando las hojas más internas se abren, dejando a la vista la inflorescencia, junto con que la pieza tenga el tamaño deseado sin perder compacidad. En

algunos cultivares de ciclo corto, las inflorescencias pueden quedar a la vista antes de alcanzar el tamaño idóneo. Según Maroto y Bauxauli (2016), el mercado nacional prefiere coliflores de gran tamaño: alrededor del 1,5 kg/pieza, aunque en ocasiones admite también calibres ligeramente inferiores, en el entorno de 1 kg/pieza. Por su parte los mercados de exportación suelen preferir coliflores de 600 a 1.000 g/pieza. En Canarias, la tendencia es ir a piezas de 800 – 1000 g/unidad. En general, en Canarias, la coliflor se comercializa “coronada”, quitando solo las hojas más grandes (más de 15 cm) dejando una especie de corona que rodea a la inflorescencia, pero también se comercializan coliflores sin ninguna hoja.

En brócoli, el momento de corte debe ser cuando el tamaño sea óptimo, con floretes firmes al tacto y antes de los granos o flores se abren y se pierda vida postcosecha. El periodo en que la inflorescencia va a estar en condiciones óptimas de calidad es corto (2-3 días). El corte se hace cortando y dejando entre 4 y 6 cm de tallo eliminando las hojas. El tamaño para mercado en fresco suele ser 400 a 500 g/pieza con diámetro de 14 a 16 cm, mientras que para industria se van a piezas más grandes (20 – 25 cm de diámetro) (González y Ayuso, 2021).

La recolección se realiza normalmente de forma manual, si bien en extensiones grandes se realiza con el apoyo de tractores provistos de unos bastidores transversales en la parte trasera del remolque para ir recogiendo las cabezas. En todo caso suele hacerse un acondicionamiento mínimo cortando las hojas para dejar las coliflores coronadas. El proceso de manipulación se puede realizar en campo sin demasiados problemas al no ser complicado (Maroto et al, 2007).

En el caso del brócoli hay que tener en cuenta que las cabezas no requieren prácticamente acondicionamiento al no tener esa corona de hojas y que no se tarda lo mismo en recolectar las cabezas principales que los posibles rebrotes o cabezas secundarias. Por otra parte se requiere una manipulación tras la recolección más trabajosa que la de la coliflor que debe hacerse en empaquetado. Se podría considerar entre 60 y 120 piezas/hora.operario (Maroto et al, 2007).

La recolección mecánica asistida suele consistir en sistemas para facilitar sacar la producción ya cortada de la parcela o aperos con cintas de recogida por encima de la altura del suelo que permiten que el operario solo corte, en el caso de la coliflor preacondicionadas y deje la cabeza sobre la cinta de recogida. El apero puede tener una zona central donde se encajan y apilan las cabezas. En ese caso se puede llegar a 114 piezas/hora.operario en coliflor y hasta 360 piezas/hora.operario en brócoli (Maroto et al, 2007).

En brócoli, principalmente, resulta muy conveniente evitar la recolección con altas temperaturas, mantenerse en campo el menor tiempo posible e intentar preenfriarlo lo más rápidamente posible, llegando a usar hielo picado para hacerlo en campo (Maroto y Bauxauli, 2016; González y Ayuso, 2021). En coliflor y en col, también debe procurarse evitar las horas de altas temperaturas para la recolección y que la producción se lleve a almacén lo más rápidamente posible.

En coliflor y brócoli es especialmente importante tratar las inflorescencias con cuidado ya que se pueden dañar fácilmente con golpes. En el caso de la coliflor, los golpes pueden volverse de color marrón y ser entrada a problemas de postcosecha. Cuanto más desnuda se corte la coliflor (con menos hojas) más probable es que aparezca este problema (Koike et al, 2009, González y Ayuso, 2021).

8.2 Criterios de clasificación

La norma UNECE FFV-11 (Naciones Unidas, 2019^a) trata sobre la coliflor. En primer lugar, se dan tres posibilidades de comercialización:

- Coronadas: Las coliflores están provistas del número suficiente de hojas que protejan la inflorescencia, recortadas a 3 cm como máximo del ras de la inflorescencia. El tallo se recortará quedando ligeramente por debajo de la inserción de las hojas de protección.
- Con hojas: Las coliflores están revestidas de hojas sanas y verdes en número y longitud suficiente para cubrir por completo la inflorescencia. El tallo se recortará quedando ligeramente por debajo de la inserción de las hojas de protección.
- Deshojadas: Las coliflores están desprovistas de todas las hojas y la parte no comestible del tronco. Se admiten hasta 5 hojas tiernas de color verde pálido, enteras y completamente ceñidas a la inflorescencia.

Se señalan 3 categorías (Extra, primera y segunda), que se diferencian normalmente en los defectos permisibles y en el color (extra blanca o crema, I: blanca a crema, II, blanca a amarillenta). Se señala como indicativo de tamaño el diámetro de la inflorescencia, pero no se señalan calibres.

Otra forma de clasificar sería por el peso de la inflorescencia: pequeño (600 – 800 g/pieza); medio (800 - 1000 g/pieza) y grande (1000 – 1500 g/pieza) (Interempresas, 2001).

Entre los defectos que se han de evitar estarían las manchas y daños de plagas y enfermedades en las hojas, manchas negras, cortes de cuchillo, daños por congelación y podredumbres por *Erwinia* como por *Sclerotinia* en la inflorescencia (Interempresas, 2001).

La norma UNECE FFV-48 (Naciones Unidas, 2019^b) trata sobre el brócoli. En esta norma se señalan 2 categorías I y II. Para la categoría I, las cabezas deben ser firmes y compactas, con granos completamente cerrados. En el caso de la II, las cabezas pueden ser algo menos firmes y compactas, con los granos “prácticamente en su totalidad” (sin especificar cuanto). En esta norma si se especifica más sobre el tamaño con un diámetro mínimo de 6 cm de la cabeza floral, con una proporción entre ese valor y el del tallo floral mayor de 2:1, con un largo máximo de éste de 20 cm.

Se pueden comercializar las cabezas centrales o bien las formadas por los hijuelos, en su caso. El color está entre azul verdoso a verde oscuro. La longitud del ramo en proporción con el tamaño de la cabeza no debe superar los 16 cm (Interempresas, 2001).

Los defectos a evitar son el amarilleamiento de la inflorescencia, la presencia de daños de insectos o de enfermedades, yemas de flor abiertas, tallo hueco, daños mecánicos, tejidos sobremaduros, tierra, suciedad, olores extraños, etc (Interempresas, 2001).

La norma UNECE FFV-09 (Naciones Unidas, 2019^c) trata sobre la col. En esta norma se señalan 2 categorías: I y II. Para la categoría I, las cabezas deben estar cerradas con las hojas bien unidas y sin desgarros. En el caso de la II, pueden presentar desgarros en las hojas exteriores. El calibre se establece por el peso de las cabezas, permitiendo un peso mínimo de 350 g/pieza para col temprana y de 500 g/pieza para el resto

Illescas y Bacho (2005) señalan dos tipos de formatos más comunes en MERCASA para coliflor: Cajas de 6 unidades para coliflor de calidad I y de 8 unidades para categoría II. La inflorescencia debe presentarse deshojada o coronadas (con parte de la hoja cortada de forma que se vea toda la parte superior de la inflorescencia). Usando cajas normalizadas de 600 x 400 mm y

140 o 190 mm de alto, se suelen poner de 6 a 8 piezas de coliflor y de 12 a 24 floretes de brócoli (Interempresas, 2001).

8.3 Conservación en postcosecha

El preenfriamiento es una operación especialmente importante en brócoli, al ser un órgano inmaduro, con una alta tasa de respiración y una elevada relación superficie/volumen. Debe evitarse la rotura de la cadena de frío a partir de ese momento, ya que tanto las hojas de acompañamiento como el tallo pierden color, los brotes se deterioran y pierden peso (Interempresas, 2001; Serrano et al, 2006; González y Ayuso, 2021).

Lo antes posible (incluso en campo) se puede envolver las inflorescencias de brócoli en plástico. Esta operación también es recomendable en coliflor (Koike et al, 2009; González y Ayuso, 2021). La diferencia entre envolver o no en brócoli puede ser de más del doble de vida más en postcosecha (1-2 semanas frente a casi 4) (González y Ayuso, 2021).

Tanto la coliflor como el brócoli son productos con una vida postcosecha relativamente baja. Para la coliflor, se aconseja una temperatura en el entorno de 0°C con alta humedad relativa (más del 95%). En la tabla 7 se observa como conservar a temperaturas más altas disminuye la duración del producto en postcosecha de forma severa (Koike et al, 2009).

Tabla 7: Vida en postcosecha de coliflor en función de la temperatura de almacenamiento (Koike et al, 2009)

Temperatura	días de vida en postcosecha
0°C	21 – 28
3°C	14
5°C	7 - 10
10°C	5
15°C	3

En el caso del brócoli, se trabajaría a 0 – 2°C, teniendo en cuenta que pueden haber problemas de congelación (zonas de color verde más oscuro y de aspecto traslucido), por lo que no se recomienda que se baje de -0.6 °C (González y Ayuso, 2021).

Las temperaturas deben mantenerse estables para evitar condensaciones en los plásticos de envoltura. Las coliflores y los brócolis no deben almacenarse o transportarse con productos que emitan etileno ya que se produce el amarilleamiento y caída de las hojas de la corona. En productos para IV Gama esto es más importante ya que las operaciones de cortado aumentan el estrés (Koike et al, 2009, González y Ayuso, 2021).

En brócoli de IV Gama se usan atmósferas modificadas se usan atmósferas modificadas que alargan la conservación, hasta casi 10 – 12 días (Rodríguez y Ayuso, 2021), normalmente con 10% de CO₂ y entre 0.5 a 1% de O₂ en función de la temperatura de almacenamiento (Maroto et al, 2007).

9. Principales accidentes y Fisiopatías

9.1 Tip burn

El tip burn (quemadura de puntas) es una fisiopatía menos frecuente que en lechuga que en las brásicas (una excepción serían las coles chinas, bastante sensibles). En algunos casos, si afecta a

las hojas de cubrición de la coliflor puede causar problemas de amarilleamiento al no cubrir bien la inflorescencia (Maroto et al, 2007). La sintomatología consiste manchas secas o húmedas de color marrón en los bordes de las hojas. Las causas y la prevención de esta fisiopatía se han discutido suficientemente en el tema de la lechuga.

9.2 Tallo hueco

La sintomatología es la aparición de un hueco en la médula del tallo en la zona entre la inflorescencia de brocoli y coliflor que se manifiesta al realizar el corte en la recolección. Normalmente no hay decoloración pero es frecuente que sea la entrada de problemas de infección en postcosecha (Wien y Wurr, 1997; González y Ayuso, 2021).

Este problema suele estar asociado a una carencia de boro, aunque no suele ser efectiva la aplicación de este microelemento. Como la fisiopatía está asociada a un crecimiento muy rápido como puede ser por una fertilización nitrogenada alta y marcos de plantación muy amplios junto con temperaturas altas. Se recomienda ir a densidades altas en ciclos de primavera – verano para restringir algo la frondosidad del cultivo (Wien y Wurr, 1997). Hay un componente varietal en la aparición de este problema: así podemos encontrar cultivares con una incidencia de baja a media alta en un mismo ensayo (Monge et al, 2015. González y Ayuso, 2021).

9.3 Carencia de molibdeno

La coliflor es un cultivo especialmente sensible a la deficiencia de molibdeno (aunque se puede observar en otras brásicas). Se manifiesta como malformaciones de la hoja que en casos extremos las deja reducidas solo al nervio central (fig 34). En muchos casos, la planta no llega a producir o las cabezas son bastante pequeñas (Maroto y Bauxauli, 2016).

Este problema suele estar asociado a suelos de pH ácido, recomendándose mantener el valor de este parámetro entre 6.7 y 7.5 (Dixon, 2007). Cuando se cultive de forma intensiva brásicas, puede ser interesante introducir este micronutriente en los planes de abonado.



Figura 34: Síntomas de carencia de molibdeno en coliflor

9.4. Plantas ciegas

La aparición de plantas sin yema terminal provoca que no se formen cabezas comerciales de brocoli o de coliflor. Suele estar asociado a una hojas más gruesas y abullonadas de lo normal. Esta fisiopatía parece deberse a condiciones de bajas temperaturas y baja radiación solar (González y Ayuso, 2021), aunque también se observan con carencias de molibdeno entre otros (Wien y Wurr, 1997).

9.4 Fisiopatías asociadas a temperaturas

Bracteamiento: En algunos casos, pueden aparecer hojas como brácteas en la inflorescencia de coliflores y brócolis (fig 35 derecha). Este problema suele estar asociado a las temperaturas altas, bien por una vernalización muy corta, una subida brusca de las temperaturas tras la fase de inducción y/o a periodos largos de temperaturas altas tras la fase juvenil (Maroto y Bauxauli, 2016).

Existe un componente varietal que puede controlarse (Dixon, 2007). El bracteamiento se ve favorecido en general cuando hay un estrés asociado, ya que la fisiopatía se puede inducir mediante la aplicación de etileno (Wien y Wurr, 1999).

Borra o vello: Las inflorescencias presentan una superficie aparentemente vellosa o demasiado granular (“ricing” o “riceyness” en inglés) (fig 35 izquierda). Este problema suele aparecer con altas temperaturas en conjunción con un crecimiento muy rápido (Maroto y Bauxauli, 2016). También aparece si las condiciones de temperaturas son bajas (menos de 15°C) después de la inducción floral. También hay un componente varietal siendo importante la selección del material vegetal. En algunos casos extremos, con bajas temperaturas durante periodos largos de tiempo en cultivos tropicales, la cabeza toma un color verdoso (Wien y Wurr, 1997).



Figura 35: Izquierda: borra o vello en coliflor. Derecha: bracteamiento en brócoli

Granos marrones: Es una fisiopatía frecuente en brócoli: algunos botones florales toman un color marrón, pudiendo terminar por caer de la cabeza, depreciando la calidad visual del producto. Suele aparecer en otoño y en primavera, asociada a elevaciones bruscas de temperatura (Maroto y Bauxauli, 2016). Está asociada a un crecimiento rápido por la conjunción de alta temperatura tras lluvias o riegos. Se recomienda evitar cambios bruscos de riego y nutrición (González y Ayuso, 2021). También tiene un componente varietal importante. Asociado o muy relacionado con los granos marrones, estaría el llamado “corazón negro” que correspondería a que la zona central pierde todos los botones florales (González y Ayuso, 2021).

Subida a flor prematura: En este caso, la subida a flor prematura sería un problema en col (y puede ser bastante problemática en col china). En la parte de fisiología se vieron los condicionantes de temperatura para la subida a flor prematura. La principal forma de control es el uso de material vegetal apropiado (Wien y Wurr, 1997).

10. Costes

Se presentan en las tablas 8 y 9 dos aproximaciones a la estructura de costes. En la primera se presentan datos de coliflor y brócoli de fincas de Murcia en 2106 mientras que en la segunda son datos recientes de col recopilados por el Observatorio de Precios Agrícolas de la Consejería de Agricultura del Gobierno de Canarias.

Tabla 8: Costes producción brócoli y coliflor en Murcia en el año 2016 (MAPA, 2020).

	Brócoli regadío				Coliflor regadío			
	Nº explotaciones		14		Nº explotaciones		5	
	Superficie media		34,93 has		Superficie media		10,76 has	
	Producción media		13.700,34 kg/ha		Producción media		23.698,07 kg/ha	
	€/ha	Var. % (*)	€/100 kg	%	€/ha	Var. % (*)	€/100 kg	%
Producto Bruto								
1-INGRESOS DE PRODUCTOS	5.127,15	-6,68	37,42	100,00%	7.840,40	-	33,08	100,00%
2-SUBVENCIONES	-	-	-	-	-	-	-	-
3-INDEMNIZACIONES Y OTROS	-	-	-	-	-	-	-	-
PRODUCTO BRUTO (1+2+3)	5.127,15	-6,68	37,42	100,00%	7.840,40	-	33,08	100,00%
Costes								
4-TOTAL COSTES DIRECTOS	4.427,27	48,64	32,32	52,37%	4.998,64	-	21,09	49,26%
Semillas y plantas	848,40	15,19	6,19	10,03%	1.667,27	-	7,04	0,16
Fertilizantes	1.556,36	202,23	11,36	18,41%	1.246,13	-	5,26	0,12
Productos fitosanitarios	841,96	251,96	6,15	9,96%	401,91	-	1,70	0,04
Otros suministros	1.180,55	-20,65	8,62	13,96%	1.683,34	-	7,10	0,17
5-MAQUINARIA	769,25	291,70	5,61	9,10%	978,23	-	4,13	0,10
Trabajos contratados	59,12	251,32	0,43	0,70%	134,50	-	0,57	0,01
Combustibles y lubricantes	369,89	344,28	2,70	4,38%	412,83	-	1,74	0,04
Reparaciones y repuestos	340,24	253,30	2,48	4,02%	430,90	-	1,82	0,04
6-MANO DE OBRA ASALARIADA	1.410,94	42,56	10,30	16,69%	1.928,85	-	8,14	0,19
7-TOTAL COSTES INDIRECTOS PAGADOS	1.226,74	152,88	8,95	14,51%	1.317,75	-	5,56	0,13
Cargas Sociales	351,88	150,76	2,57	4,16%	674,11	-	2,84	0,07
Seguros de capitales propias	28,54	43,48	0,21	0,34%	30,89	-	0,13	-
Intereses y gastos financieros	3,80	-	0,03	0,04%	12,29	-	0,05	-
Canon de arrendamiento	349,57	-	2,55	4,13%	356,07	-	1,50	0,04
Contribuciones e impuestos	9,96	-59,27	0,07	0,12%	10,93	-	0,05	-
Conservación de edificios y mejoras	-	-	-	-	-	-	-	-
Otros gastos generales	482,99	138,28	3,53	5,71%	233,47	-	0,99	0,02
8-AMORTIZACIONES	236,07	26,10	1,72	2,79%	341,21	-	1,44	0,03
SUBTOTAL COSTES (4+5+6+7+8)	8.070,27	66,85	58,91	95,46%	9.564,69	-	40,36	0,94
9-TOTAL OTROS COSTES INDIRECTOS	384,19	-72,70	2,80	4,54%	582,98	-	2,46	0,06
Renta de la tierra	216,96	-56,95	1,58	2,57%	229,57	-	0,97	0,02
Intereses de otros capitales propios	35,20	-77,27	0,26	0,42%	80,04	-	0,34	0,01
Mano de obra familiar	132,03	-82,36	0,96	1,56%	273,37	-	1,15	0,03
COSTE DE PRODUCCIÓN COMPLETO	8.454,46	35,40	61,71	100,00%	10.147,67	-	42,82	1,00
Resultados								
10-PRODUCTO BRUTO (1+2+3)	5.127,15	-6,68	37,42	-	7.840,40	-	33,08	-
11-MARGEN BRUTO ESTÁNDAR (10-4)	699,88	-72,18	5,11	-	2.841,76	-	11,99	-
12-MARGEN BRUTO (11-5-6)	-1.480,30	-211,31	-10,80	-	-65,33	-	-0,28	-
13-RENTA DISPONIBLE (12-7)	-2.707,04	-420,46	-19,76	-	-1.383,08	-	-5,84	-
14-MARGEN NETO (13-8)	-2.943,11	-547,61	-21,48	-	-1.724,29	-	-7,28	-
15-BENEFICIO DE LA ACTIVIDAD (14-9)	-3.327,30	-343,85	-24,29	-	-2.307,27	-	-9,74	-

Tabla 9: Costes producción col (Consejería Agricultura Gobierno de Canarias, 2022)

Partida		Coste (€/ha y ciclo)
Costes directos medios		9.550,34
Insumos	Plantas	1.952,00
	Fertilizantes	1.405,88
	Productos fitosanitarios (y/o lucha integrada)	615,58
	Agua	3.024,00
	Otros (material auxiliar, combustible,...)	482,07
	Total insumos	7.479,53
Mano de obra		1.944,81
Seguro agrario		126,00
Costes indirectos medios		2.201,54
Amortizaciones	Preparación del terreno	103,69
	Instalación de riego	210,00
	Estanque y cuarto de riego	385,44
	Rentas de la tierra	625,00
	Otras (maquinaria, vehículos,...)	877,41
TOTAL		11.751,88

Coste : 1,18 €/m² y ciclo

Rendimiento medio: 4,5 kg/m²

COSTE MEDIO DE PRODUCCIÓN: 0,26 €/kg

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Referencias primarias:

- Bauxauli, C. y Maroto, J.V. 2016. **Brocolis, coliflores y coles**. p. 371-374. En: Maroto, J.V. y Bauxauli, C. (Coord.). Cultivos hortícolas al aire libre. CAJAMAR Caja Rural. Almería. 786 p.
- Cotrina, F. 1981. **Cultivo de la coliflor**. Hoja Divulgativa 21/81. Ministerio de Agricultura y Pesca. Madrid. 28 p.
- Dixon, G.R. 2007. **Vegetable brassicas and related crucifers**. CAB International. Wallingford. Reino Unido. 327 p.
- González, J.A.; Ayuso, M.C. 2021. **Manual de cultivo del brócoli**. CYCITEX. Junta de Extremadura. 102 p. Disponible en línea en: <http://cicytex.juntaex.es/es/noticias/379/cicytex-edita-un-manual-del-cultivo-del-brocoli-en-extremadura>
- Maroto, J.V.; Pomares, F. y Bauxauli, C. 2007. **El cultivo de la coliflor y el brócoli**. Mundi-Prensa. Madrid. 403 p.
- Wien, H.C. y Wurr, D.C.E. 1997. **Cauliflower, broccoli, cabbage and Brussels sprouts**. p. 511 -552. En Wien, H.C. (Ed). **The physiology of vegetable crops**. CABInternational. New York.

Referencias secundarias:

- Afonso, D.; Castro, N.; González, A.J.; Lorenzo, R. ; Medina, C.E.; Monterrey, A.F.; Morera, M.E.; Ríos, D.J. y Tascón, C. 2012. **Varietades agrícolas tradicionales de Tenerife y La Palma**. ASAGA-AGRICOMAC. S/C de Tenerife. 138 p.
- Allen, R.G.; Pereira, L.S.; Raes, D. y Smith, M. 1998. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. FAO irrigation and drainage paper 56. FAO. Roma. 300 p.
- Ayers, R.S. y Westcot, D.W. 1994. **Water quality for agriculture**. FAO Irrigation and drainage paper. 29. Rev. 1 FAO Roma.
- Alonso, A.; Monge, J.; Trujillo L. y Santos, B. 2013. **Varietades de col verde y morada. verano 2013**. Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural. 10 p
- Bar Yosef, B. 1999. **Advances in fertigation**. Advances in Agronomy, 65: 1-77.
- Branca, F.; Chiarenza, G.; Cavallaro, C.; Gu, H.; Zhenqing, Z. y Alessandro, T. 2018. **Diversity of Sicilian broccoli (Brassica oleracea var. italica) and cauliflower (Brassica oleracea var. botrytis) landraces and their distinctive bio-**

- morphological, antioxidant, and genetic traits.** Genetic Resources and Crop Evolution. 65. <https://doi.org/10.1007/s10722-017-0547-8>.
- CAJAMAR. 2012 **Abonado de coliflor.** Boletín Informativo El Huerto nº30. Disponible en línea en: <https://www.cajamar.es/storage/documents/boletin-huerto-30-1496042601-cf5e9.pdf>
- CAJAMAR. 2016. **Dosis de riego en coliflor.** Boletín Informativo El Huerto nº 179. Disponible en línea en: <https://www.cajamar.es/storage/documents/boletin-huerto-179-1478610785-af812.pdf>
- Chowdhurry, M. Kiraga, S.;Islam, M.N; Alí, M, Reza M.N; Lee, W-H. y Chung, S-O. 2021.. **Effects of temperature, relative humidity and carbon dioxide concentration on growth and glucosinolate content of kale growth in a plant factory.** Foods, 10: 1524. <https://doi.org/10.3390/foods10071524>
- Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Aguas del Gobierno de Canarias. 2022. **Observatorio de Precios Agrícolas.** Disponible en línea en: <https://www.gobiernodecanarias.org/agp/sgt/temas/estadistica/agricultura/observatorio-precios.html>
- Coello, A.; Fernández, J.; Saavedra, O.; Santos, B. y Ríos, D: 2015. **Ensayo de variedades de coliflor en ciclo de otoño – invierno. Campaña 2015.** Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural. 23 p.
- Coello, A.; Saavedra, O.; Fernández, J y Santos, B. 2016. **Ensayo de variedades de coliflor. Ciclo de verano. Campaña 2015.** Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural. 6 p.
- Comunidad Europea. 2022. **Plant variety database.** Disponible en línea en: http://ec.europa.eu/food/plant/plant_propagation_material/plant_variety_catalogues_databases/search/public/index.cfm.
- Consejería de Agricultura y Agua. Región de Murcia. 2012. **Orden de 10 de mayo de 2012, de la Consejería de Agricultura y Agua por la que se regulan las normas técnicas de producción integrada en el cultivo de brócoli.** Boletín Oficial de la Región de Murcia nº 118 de 23 de mayo de 2012. 22136-22147.
- Giufreda, F.; Cassaniti, C.; Malvuccio, A. y Leonardi. C. 2016. **Effects of salt stress imposed during two growth phases on cauliflower production and quality.** Journal of Science of Food and Agriculture. 97(5): 1552-1560
- Grattan, S.R.; Bowers, W.; Dong, A.; Snyder, R.L.; Carroll, J.J. y George, W. 1998. **New crop coefficients estimate water use of vegetales, row crops.** California Agriculture, 52(1): 16-21
- Guerena, M. 2020. **Cole crops and other brassicas: organic production.** ATTRA Sustainable Agriculture. 18 p. Disponible en línea en: <https://attra.dev.ncat.org/wp-content/uploads/2022/06/cole-crops.pdf>
- Heather, D.W.; Sieczka, J.B.; Dickson, M.H. y Wolfe, D.W. 1992. **Heat tolerance and holding ability in broccoli.** J. Am. Soc. Hort. Sci, 117(6): 887-892
- Houben, S.; Brinks, H.; Salomons, J.; de Cara, M.; Thorsted, M.D.; Michel, V.; Molendijk, L. y Shalholer, M. 2020. **Rotación de cultivos: información práctica.** Proyecto BEST4SOIL. Disponible en línea en: https://orgprints.org/id/eprint/43540/7/ES_ROTACIO%CC%81N%20DE%20CULTIVOS_%20INFORMACIO%CC%81N%20PRA%CC%81CTICA.pdf
- Idso, S.B. 1982. **Non-water-stressed baselines: a key to measuring and interpreting plant water stress.** Agricultural Meteorology, 27: 59-70.
- Ilahy, R. , Tlili, I.; Pék, Z.; Montefusco, A.; Siddiqui M.W.; Homa, F.; Hdider, C; R’Him, T.; Lajos, H y Lenucci, M.S. 2020. **Pre- and Post-harvest Factors Affecting Glucosinolate Content in Broccoli.** F.ront. Nutr. 7:147. doi: [10.3389/fnut.2020.00147](https://doi.org/10.3389/fnut.2020.00147)
- Illescas, J.L. y Bacho, O. 2005. **Evolución y tendencias en los mercados de frutas y hortalizas (II). Análisis de las principales variedades de hortalizas y patatas.** Distribución y Consumo, 83: 29-105.
- Instituto Canario De Estadística ISTAC. 2022. **Sector Primario.** Disponible en línea en: http://www.gobiernodecanarias.org/istac/temas_estadisticos/sectorprimario/
- Interempresas. 2001. **El caso de la coliflor y el brócoli. Posrecolección y comercialización. de hortalizas.** Disponible en línea en: <http://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/63313-El-caso-de-la-coliflor-y-el-brocoli-Posrecoleccion-y-comercializacion-de-hortal.html>
- Kresnatita, S.; Ariffin; Hariyono, D. y Sitawati. 2018. **Micro climate behavior of cauliflower pant canopy intercropping system with sweet corn in Central Kalimantan.** International Journal of Scientific and Research Publications, 8(4): 76 - 83.
- Koike, S.T.; Cahn; M, Cantwell; M.; Fennimore, S.; Lestrangle, M.; Natwick, E.; Smith, R.F. y Takele, E. 2009. **Cauliflower production in California** Vegetable Production Series. University of California. Vegetable Research and Information Center. Disponible en línea en: <https://anrcatalog.ucanr.edu/pdf/7219.pdf>
- Marín, J. 2021. **Vademecum de semillas. Portagrano. Variedades hortícolas.** Jose Marín Rodríguez. Almería. 477 p.
- MERCATENERIFE. 2022. **Col** Fichas de Productos. Disponible en línea en: <http://mercatenerife.com/wp-content/uploads/2018/03/Lechuga-2018.pdf>

- Mills, H.A. y Benton Jones, J. 1996. **Plant Analysis Handbook II**. Micro-Macro Publishing. Athens. GA. EE.UU. 422 p.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). 2020. **Resultados técnico-económicos de Hortícolas 2016**. Subdirección General de Análisis, Coordinación y Estadística. Subsecretaría. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid. 40 p.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). 2023a. **Estadísticas agrarias: superficies y producciones actuales de cultivos 2021**. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Disponible en línea en: <https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/superficies-producciones-anales-cultivos/>
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). 2023b. **Registro de Variedades**. Oficina Española de Variedades Vegetales. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Disponible en línea en: <https://www.mapama.gob.es/app/regVar/index.aspx?id=es&app=variedades>
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). 2023c. **Registro de Productos fitosanitarios**. Disponible en línea en: <https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/productos-fitosanitarios/registro-productos/>
- Naciones Unidas. 2019a. **UNECE Standard FFV-11, concerning the marketing and commercial quality control of cauliflower**. Disponible en línea en: https://unece.org/fileadmin/DAM/trade/agr/standard/fresh/FFV-Std/English/11_Cauliflower.pdf
- Naciones Unidas. 2019b. **UNECE Standard FFV-48 concerning the marketing and commercial quality control of broccoli**. Disponible en línea en: https://unece.org/fileadmin/DAM/trade/agr/standard/fresh/FFV-Std/English/48_Broccoli.pdf
- Naciones Unidas. 2019c. **UNECE Standard FFV-09 concerning the marketing and commercial quality control of headed cabbage** Disponible en línea en: https://unece.org/sites/default/files/2020-12/09_HeadedCabbage.pdf
- Perera, S.; Trujillo, L.; Rodríguez, C. y Tascón, C. 2015. **Efecto de la biofumigación con crucíferas en el cultivo de la papa en Tenerife durante dos campañas consecutivas**. Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural. 14 p.
- Pomares, F. 2008. **La fertilización y la fertirrigación, programa de nutrición, influencia sobre la programación**. Actas de Horticultura, 50: 133-143
- Rahman, H.U.; Hadley, P.; Pearson, S. y Dennett, M.D. 2007. **Effect of incidente radiation integral on cauliflower growth and development after curd initiation**. Plant Growth, Reg. 51:41-52.
- Ramos, C. Y F. Pomares. 2010. **Abonado de los cultivos hortícolas**. 181 – 192. En: Ruano, J. Lloveras, P. Urbano, M. Pérez, J. Ortiz y B.Mª Rodríguez. **Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España**. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid. 259 p.
- Rincón, L.; Saez, A.; Pérez, J.A.; Gómez, M.D. y Pellicer, C. 1999. **Crecimiento y absorción de nutrientes del brócoli**. Investigación Agraria: Producción Vegetal, 14(2): 225-236.
- Rincón, L.; Pellicer, C.; Saez, A.; Abadía, A.; Pérez, A. y. Marín, C. 2001. **Crecimiento vegetativo y absorción de nutrientes de la coliflor**. Investigación Agraria: Producción Vegetal, 16(1): 119-130.
- Ríos, D.; Nazco, R. y Santos, B. 2006a. **Resultados del ensayo de cultivares de coliflor en Tenerife del programa nacional de experimentación con coliflor 2002**. XXXV Seminario de Técnicos y Especialistas en Horticultura. Santiago de Compostela. 2005. Servicio de Publicaciones del MAPA. 414 p.
- Ríos, D.; Mesa, S. y Santos, B. 2006b. **Resultados del ensayo de cultivares de brócoli en Tenerife del programa nacional de experimentación con coliflor 2002**. XXXV Seminario de Técnicos y Especialistas en Horticultura. Santiago de Compostela. 2005. Servicio de Publicaciones del MAPA. 414 p.
- Ríos, D. y Santos, B. 2007. **Abonado simple de los principales cultivos hortícolas del mercado interior**. Curso Riego y Fertirrigación. Colegio de Ingenieros Agrónomos de Centro y Canarias. Delegación de Santa Cruz de Tenerife.
- Ríos, D.; Raya, V.; Delgado, M.A. y Solaz, C. 2002. **Ensayo de variedades de coliflor. Campaña 2001**. Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural. 19 p.
- Rodríguez, J.J. 2012. **Coliflor con goteo**. Navarra Agraria, 191: 37-38.
- Roselló, J. 2009. **La coliflor, el brócoli y la romanesco en el litoral mediterráneo**. Agricultura, 924: 882-885.
- Serrano M, D Martínez, D., Guillén, F., Castillo, S. y Valero, D. 2006. **Maintenance of broccoli quality and functional properties during cold storage as affected by modified atmosphere packaging**. Postharv. Biol. Technol. 39:61-68.
- Santos, B.; Coello, A.; Trujillo, L.; Tascón, C. 2023a. **Avance de resultados ciclo otoño-invierno. Ensayo de variedades de brocoli**. Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural. 10 p.
- Santos, B.; Coello, A.; Trujillo, L.; Tascón, C. 2023b. **Avance de resultados ciclo otoño-invierno. Ensayo de variedades de coliflor**. Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural. 12 p.
- Scialabra, N.; Gómez, I. y Thivant. L. 2015. **Training manual for Organic agriculture**. FAO. 105 p.

- Stansell, Z. y Björkman, T. 2020. **From landrace to modern hybrid broccoli: the genomic and morphological domestication syndrome within a diverse *B. oleracea* collection.** Horticulturae Research 7, 159. <https://doi.org/10.1038/s41438-020-00375-0>
- Tascón, C.; Cubas, F.; Trujillo, E. y Perera, S. 2007. **Ensayo sobre desinfección de suelos mediante solarización y biosolarización para el control de hongos de suelos, especialmente *Rhizoctonia solani* en el cultivo de papa.** Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural. 14 p.
- Tellextea, N.; Biurrun, R, Goñi, C. Aldaz, S. 2021. **Brócoli. Cultivar en mezcla con veza para reducir plagas.** Navarra Agraria, 246: 21-24.
- Tempesta, M.; Pennisi, G.; Giaquinto, G.; Hauser, M y Tagliavini, M. 2022. **Contribution of cauliflower residues to N nutrition of subsequent lettuce crops grown in rotation in an Italian alpine environment.** Agronomy for Sustainable development, 42: 25: <https://doi.org/10.1007/s13593-022-00756-w>
- TRIDGE. 2022. **Fresh cauliflower** TRIDGE. Global sourcing hub of food and agriculture. Disponible en línea en: <https://www.tridge.com/intelligences/cauliflower>
- TRIDGE. 2022. **Fresh head broccoli.** TRIDGE. Global sourcing hub of food and agriculture. Disponible en línea en: <https://www.tridge.com/intelligences/broccoli>
- TRIDGE. 2022. **Fresh cabbage** TRIDGE. Global sourcing hub of food and agriculture. Disponible en línea en: <https://www.tridge.com/intelligences/cabbage>
- Vega, D.; Monge, J; Trujillo, L. Santos, B. y Ríos, D. 2012. **Variedades de col verde y morada. Campaña 2012.** Infomación Técnica_Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural Cabildo Insular de Tenerife. 6 p
- Villalobos, S.; Castellanos, J.Z.; Tijerina, L. y Crespo, G: 2005. **Coefficientes de cultivo de brócoli en riego por goteo.** Terra latinoamericana, 23(3): 329-333,
- Xie, Y.; Li, J.; Jin, L.; Wei, S.; Wang, S.; Jin, N.; Wang, J.; Xie, J; Feng, Z; Zhang, G; Lyu, J y Yu, J. 2022. **Combined Straw and Plastic Film Mulching Can Increase the Yield and Quality of Open Field Loose-Curd Cauliflower.** Front Nutr, 29;9:888728. doi: [10.3389/fnut.2022.888728](https://doi.org/10.3389/fnut.2022.888728)