



Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera
CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y PESCA

**CURSO “EL CULTIVO DE LA FRUTILLA: AVANCES TECNOLOGICOS”
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE**

30 JUNIO 2008

IFAPA

**INSTITUTO ANDALUZ DE INVESTIGACION Y FORMACION AGRARIA, PESQUERA,
ALIMENTARIA Y DE LA PRODUCCION ECOLÓGICA
(IFAPA).**

**FISIOLOGIA Y ANATOMIA DE LA PLANTA DE FRUTILLA
1.MORFO-ANATOMIA**

José Manuel López Aranda

Centro IFAPA Churriana (Málaga). Cortijo de la Cruz s/n. 29140 Churriana, Málaga (España)



Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera
CONSEJERÍA DE INNOVACIÓN, CIENCIA Y EMPRESA



JUNTA DE ANDALUCÍA

Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera
CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y PESCA

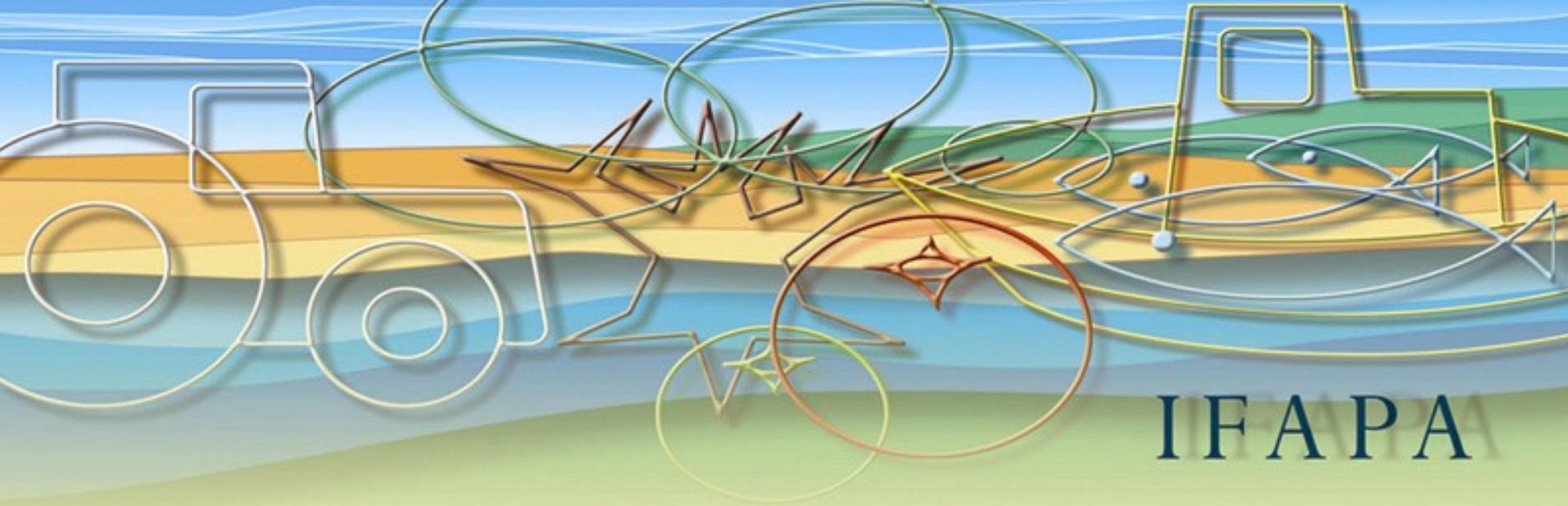
IFAPA

CARACTERÍSTICAS BOTANICAS GENERO *FRAGARIA*



JUNTA DE ANDALUCÍA

Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera
CONSEJERÍA DE INNOVACIÓN, CIENCIA Y EMPRESA



IFAPA

Autores: López-Aranda, J.M.

Título: Micropropagación de Fresa

Tipo de Participación: Conferencia

Congreso: Acto científico en Facultad de Agronomía. Universidad Católica de Chile.

Lugar de Celebración: Santiago de Chile Fecha: 18/03/1992



Prof. G. Staudt
6-3-2008



OCT

Dr.J.J. Medina
28-10-2003

-Sistemática y Taxonomía.

La fresa cultivada y silvestre pertenece al género *Fragaria* dentro de la familia Rosaceae, tribu Rosaceae o Potentilleae.

El género *Fragaria*, con un número básico de cromosomas $x = 7$, está formado por unas 20 especies.

Estas especies se caracterizan por ser hierbas perennes estoloníferas con escapos florales.

Las especies del género *Fragaria* se pueden agrupar por su nivel de ploidía en cuatro grandes categorías:

diploides ($2n=14$),
tetraploides ($2n=28$),
hexaploides ($2n=42$) y
octoploides ($2n=56$).

-Sistemática y Taxonomía.

Dentro de las especies diploides, se encuentra *Fragaria vesca* L. que es la especie más difundida en forma silvestre (fresa de los bosques),

además se encuentra:

Fragaria viridis Duch.;

Fragaria nilgerrensis Schlecht.;

Fragaria daltoniana Gay;

Fragaria nubicola Lindl. ex Lacaite;

Fragaria iinumae Makino;

Fragaria yezoensis Hara;

Fragaria nipponica Mak.;

Fragaria mandschurica Staudt;

Fragaria gracilisa y

Fragaria pentaphylla

Especie	Ploidía	Localización
<i>F. vesca</i> L.	2 x	Norteamérica, Norte de Asia, Europa
<i>F. viridis</i> Duch.	2 x	Europa, Este de Asia
<i>F. nilgerrensis</i> Schlect	2 x	Sudeste de Asia
<i>F. daltoniana</i> Gay.	2 x	Himalaya
<i>F. nubícola</i> Lindl.	2 x	Himalaya
<i>F. iinumae</i> Makino	2 x	Japón
<i>F. yezoensis</i> Hara	2 x	Japón
<i>F. nipponica</i> Mak.	2 x	Japón
<i>F. Mandschurica</i> Staudt	2 x	Manchuria
<i>F. gracilisa</i>	2 x	Sudeste de China
<i>F. Pentaphylla</i>	2 x	Sudeste de China

-Sistemática y Taxonomía.

Dentro de las especies tetraploides, se encuentran:

Fragaria orientalis Losinsk;

Fragaria moupinensis (Franch.) Card. y

Fragaria corymbosa.

La única especie hexaploide reconocida es:

Fragaria moschata Duch.

esta especie está muy difundida en centro-norte de Europa.

<u>Especie</u>	<u>Ploidía</u>	<u>Localización</u>
<i>F. orientalis</i> Losinsk	4 x	Norte de Asia (Mongolia, Corea...)
<i>F. moupinensis</i> Card.	4 x	Sudeste de China
<i>F. corymbosa</i> Losinsk	4 x	Norte de China
<i>F. moschata</i> Duch.	6 x	Norte y Centro de Europa

-Sistemática y Taxonomía.

Las especies octoploides son cinco:

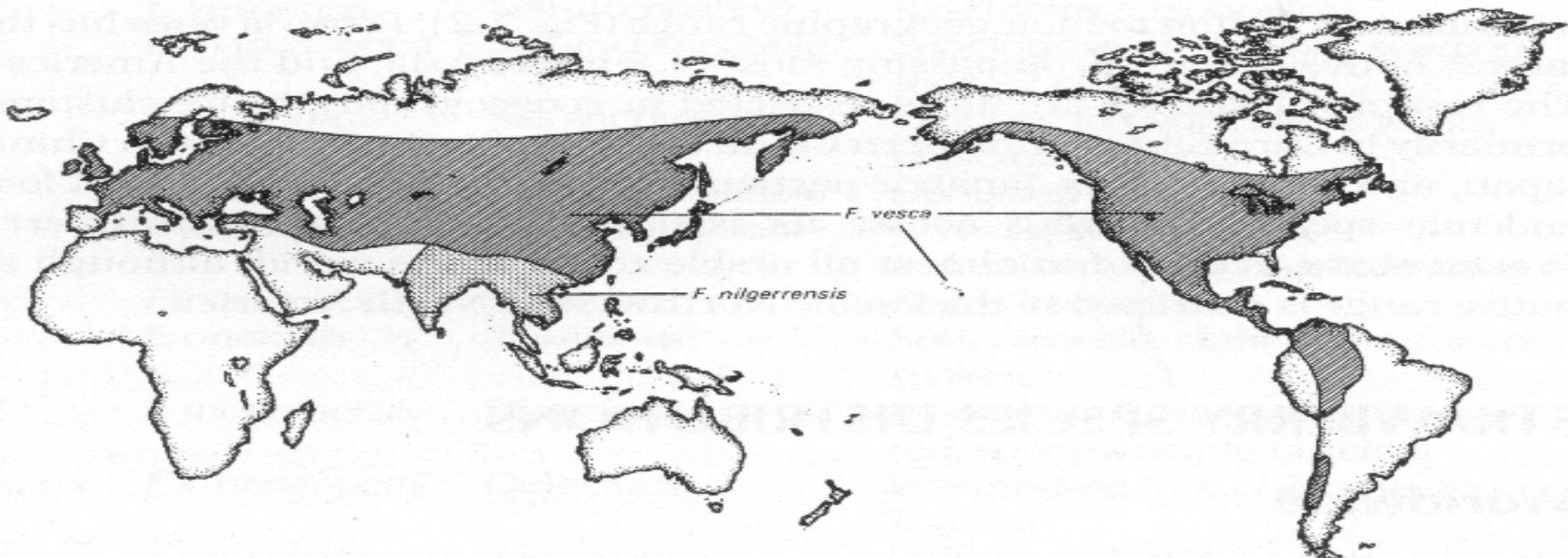
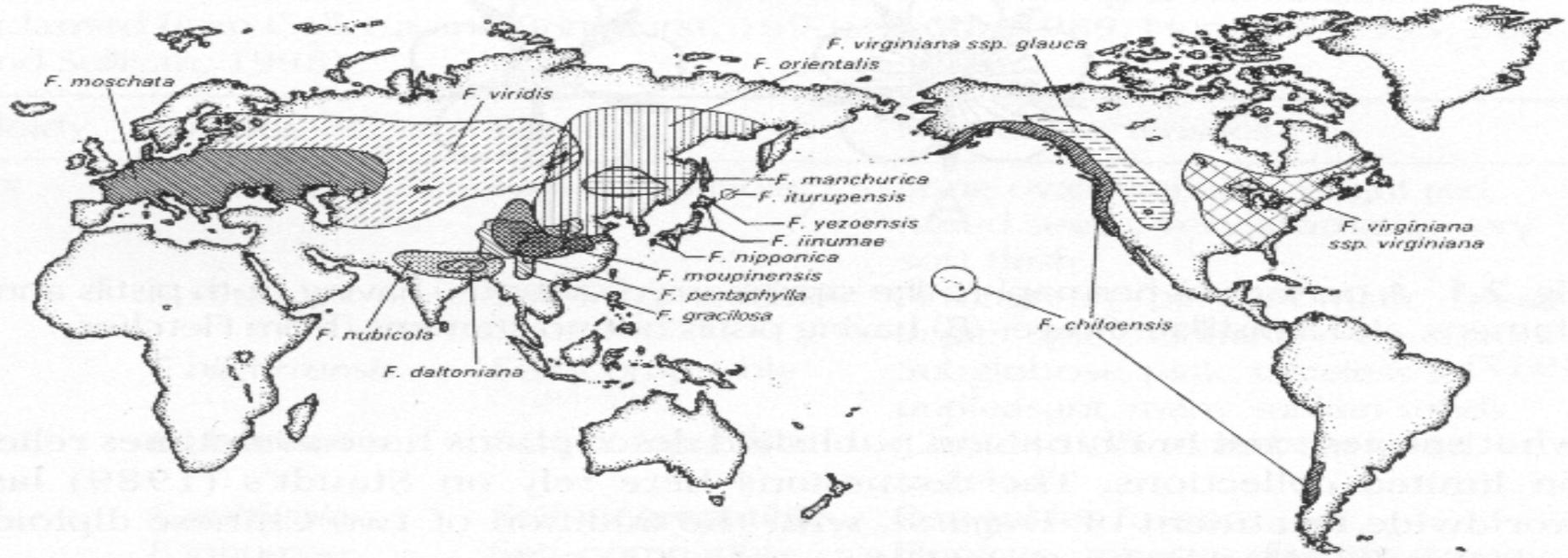
Fragaria ovalis,
Fragaria iturupensis Staudt,
Fragaria chiloensis Duch.,
Fragaria virginiana Duch. y
Fragaria x ananassa Duch.

Son el núcleo más importante de la fresa cultivada, particularmente *F. chiloensis* Duch. y sobre todo *F. x ananassa* Duch..

En efecto, *F. chiloensis* Duch. es originaria de la costa de Chile y zona de los Andes (Chile y Argentina) y *Fragaria virginiana* Duch. es originaria de las praderas centrales de Norte América.

Ambas especies fueron llevadas a Europa, dando lugar por hibridación entre individuos de ambas a la actual fresa cultivada *F. x ananassa* Duch. a comienzos del siglo XVIII.

Especie	Ploidía	Localización
<i>F. chiloensis</i> (L.) Duch.	8 x	Costa Pacífica, Norteamérica, Chile
<i>F. virginiana</i> Duch.	8 x	Norteamérica Central y Este
<i>F. iturupensis</i> Staud	8 x	Japón
<i>F. ovalis</i> (Lehm.) Rydb.	8 x	Norteamérica
<i>F. x ananassa</i> Duch.	8 x	Cultivada





Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera
CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y PESCA

**CURSO “EL CULTIVO DE LA FRUTILLA: AVANCES TECNOLOGICOS”
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE**

30 JUNIO 2008

IFAPA

**INSTITUTO ANDALUZ DE INVESTIGACION Y FORMACION AGRARIA, PESQUERA,
ALIMENTARIA Y DE LA PRODUCCION ECOLÓGICA
(IFAPA).**

**FISIOLOGIA Y ANATOMIA DE LA PLANTA DE FRUTILLA
1.MORFO-ANATOMIA**

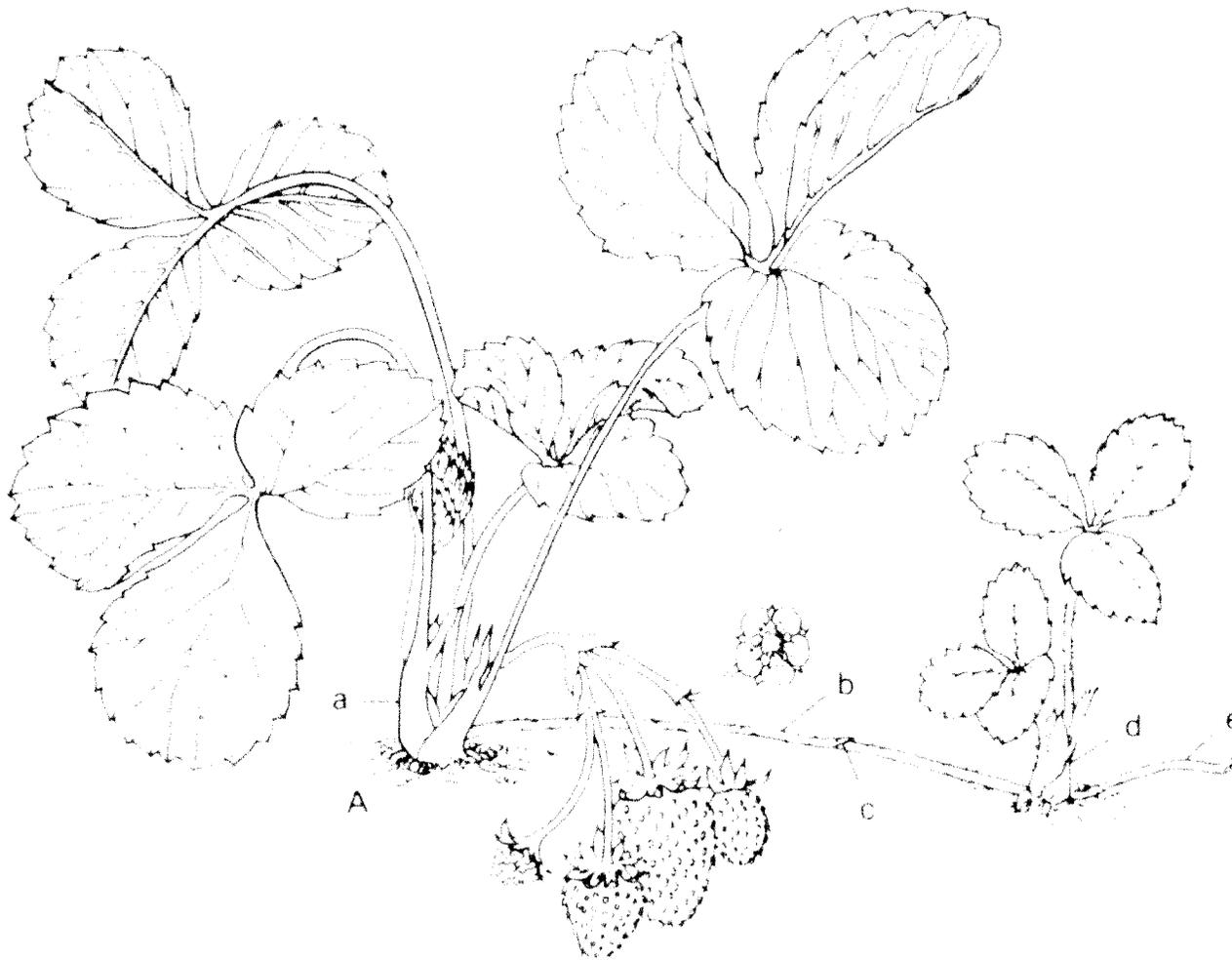
José Manuel López Aranda

Centro IFAPA Churriana (Málaga). Cortijo de la Cruz s/n. 29140 Churriana, Málaga (España)



Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera
CONSEJERÍA DE INNOVACIÓN, CIENCIA Y EMPRESA

Dibujo
Autora: Linda Chandler



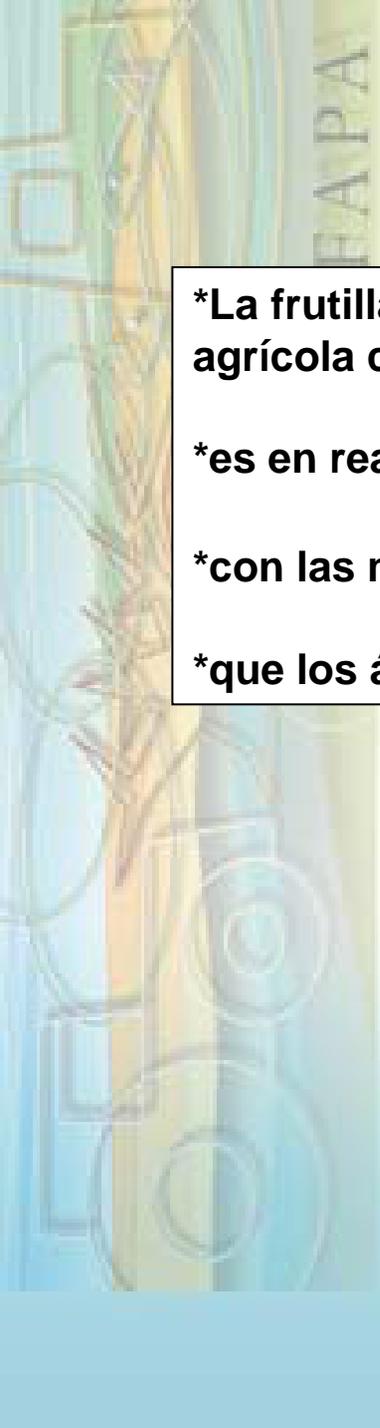
a: corona y base de las hojas.
b: estolón (filamento).
c: primer nudo del estolón.
d: planta hija.
e: estolón secundario.

Aunque la frutilla parece herbácea y acaulescente no es tal.

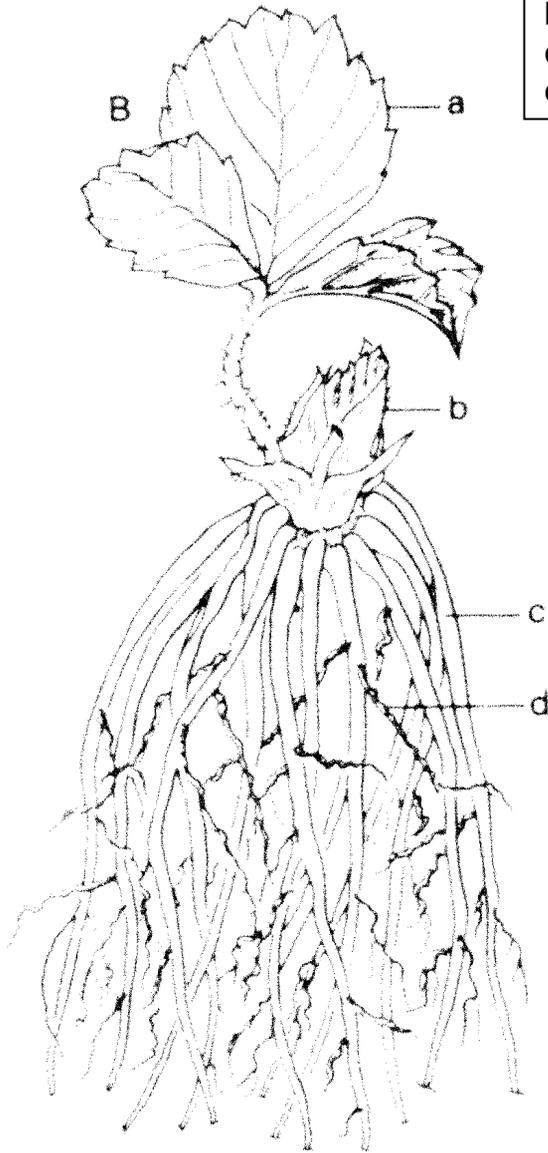
El tallo está comprimido en una roseta de 2,5 cm cubierta por unas hojas basales o estípulas solapadas (rizoma.)

La corona (tallo) produce hojas en muy estrechos intervalos, flores en posición terminal y raíces en su base. Además, produce en la axila de las hojas yemas o meristemos axilares.

Estos meristemos axilares, dependiendo del estado nutricional y de las condiciones ambientales (T y F), evolucionarán de diferente manera: permanecerán aletargados o desarrollarán estolones o ramas o escapes florales.

- 
- *La frutilla cultivada aunque suele considerarse en nuestro entorno científico y agrícola como especie hortícola de tipo herbáceo,**
 - *es en realidad una especie leñosa y perenne,**
 - *con las mismas o similares pautas fisiológicas**
 - *que los árboles y arbustos frutales de hoja caduca.**

a: hoja adulta.
b: corona.
c: raíz primaria.
d: raíz secundaria.



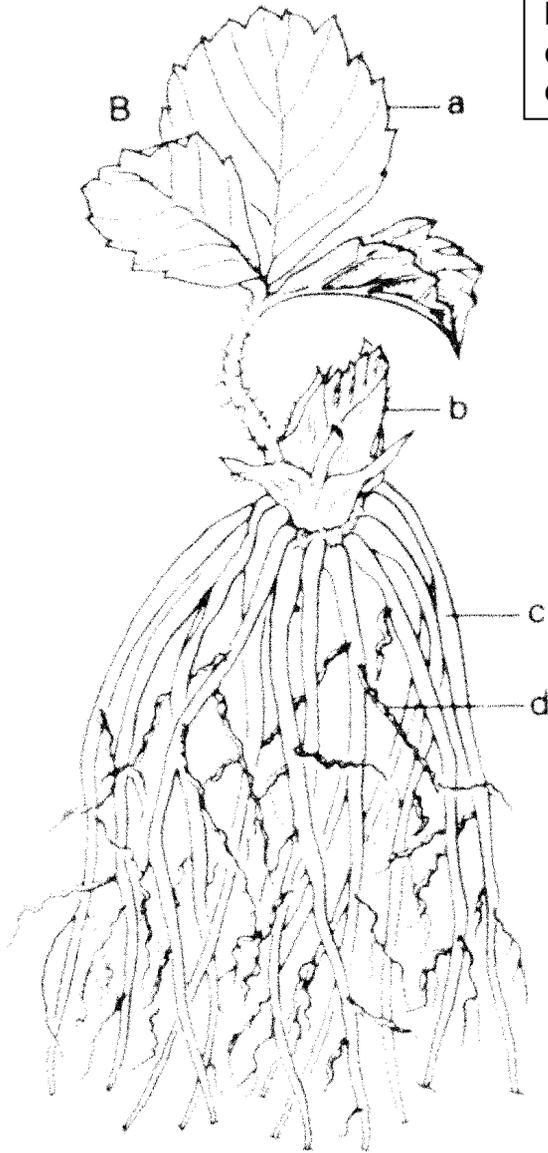
Coronas (tallos)

*Las coronas están compuestas de una médula central, un cilindro vascular formado por una red de cilindros vasculares anastomosados y trazas de pecíolos de hojas, yemas, raíces y pecíolos florales, un área cortical parenquimatosa y la epidermis.

*Con la edad (normalmente al final de la primera estación de crecimiento), se produce la lignificación de varios de los elementos vasculares de la corona, cambiando a leñoso su tejido.

Dibujo
Autora: Linda Chandler

a: hoja adulta.
b: corona.
c: raíz primaria.
d: raíz secundaria.



Raíces

*Son adventicias con cambium y además existe un sistema de raicillas nutricias de color claro, de corta vida, carentes de tejido cambial.

*Este sistema de raicillas vive pocas semanas, nuevas raicillas se emiten en el mismo lugar donde mueren las anteriores.

*Las raíces penetran hasta 1-2 m en el suelo la mayor concentración se sitúa entre los primeros 30-35 cm de profundidad.

*Además de las funciones normales de los sistemas radiculares, almacenan almidón en el período de latencia invernal para el posterior desarrollo y floración de la planta.

Dibujo
Autora: Linda Chandler

Hojas

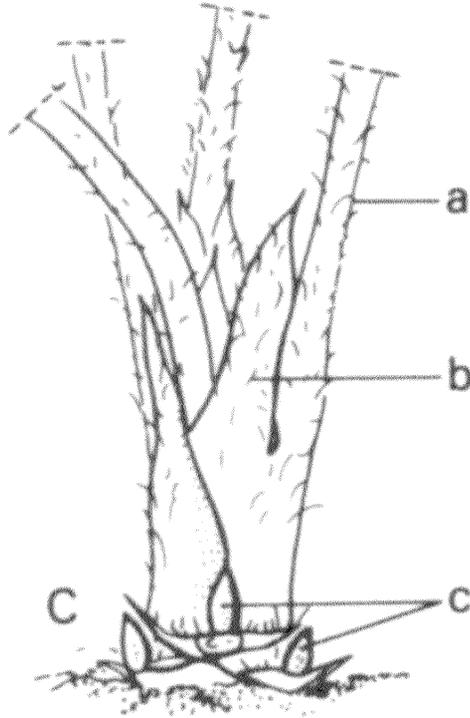
*Son normalmente trifoliadas. Se unen al tallo mediante un pecíolo largo y pubescente ensanchado en la base, en donde existe una estípula alada que envuelve al tallo.

*Los folíolos se unen al pecíolo mediante peciolillos. El borde de los folíolos es una característica morfológica para cada variedad.

*El color del haz es otra característica varietal. El envés es pubescente.

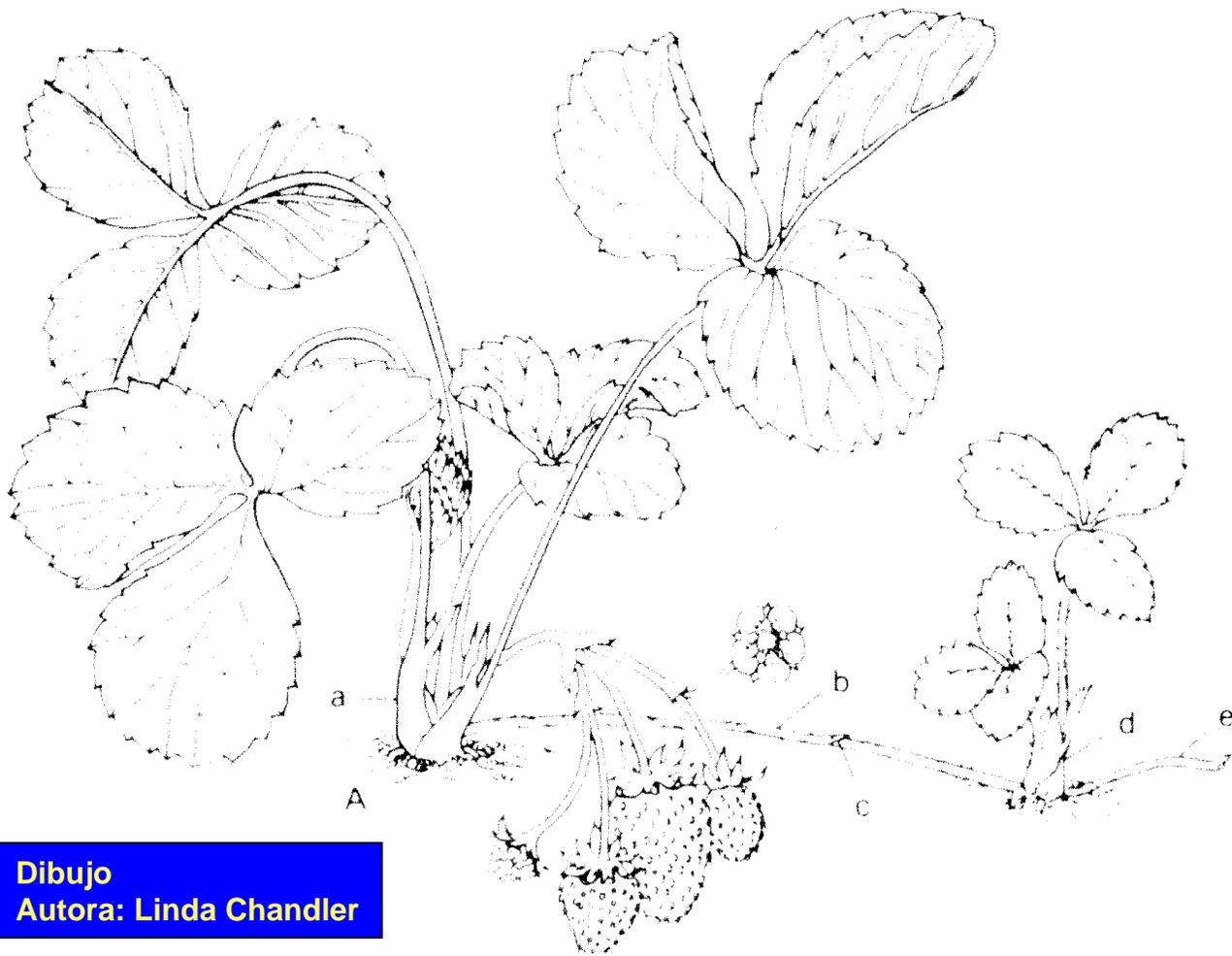
*La vida media de la hoja varía desde uno a tres meses, después muere aunque no haya sufrido enfermedad siendo reemplazada por nuevas hojas a lo largo del período de actividad vegetativa.

*Las hojas se colocan apretadamente en $1/5$ de espiral de la corona; colocándose la sexta hoja justo por encima de la primera.



a: base del pecíolo de una hoja adulta.
b: estípula en la base de una hoja adulta.
c: yema axilar (reproductiva o vegetativa).

Dibujo
Autora: Linda Chandler



Dibujo
Autora: Linda Chandler

Hojas

***Estípulas**

***Peciolos y peciolillos,**



Dibujo
Autora: Linda Chandler

a: corona y base de las hojas.
b: estolón (filamento).
c: primer nudo del estolón.
d: planta hija.
e: estolón secundario.

ESTOLONES

***Son tallos postrados originados a partir de las yemas axilares de la corona. El primer estolón nace en la axila de la primera hoja de la corona iniciada en primavera.**

***El primer entrenudo se alarga hasta que la aparición de una bráctea y una yema axilar marcan el fin del entrenudo (llamado nudo ciego). A partir de ese nudo primario se produce otro entrenudo.**

***El segundo entrenudo se prolonga hasta la formación de un segundo nudo con bráctea y yema axilar. Los posteriores entrenudos son muy cortos, con los nudos portando hojas trifoliadas con yemas axilares.**



Dibujo
Autora: Linda Chandler

a: corona y base de las hojas.
b: estolón (filamento).
c: primer nudo del estolón.
d: planta hija.
e: estolón secundario.

ESTOLONES

***La primera yema axilar de la planta hija puede producir a su vez otro estolón con dos nudos y otra planta hija para formar una cadena de estolones.**

***La yema axilar del primer nudo del estolón permanecerá “dormida” pero puede desarrollar una planta hija si el segundo entrenudo se daña o destruye, si la dominancia apical se interrumpe o se aplican reguladores de crecimiento (fitohormonas).**

***Una planta hija es autosuficiente después de 2-3 semanas de vivir unida a la planta madre a través de los estolones (filamentos estoloníferos).**



Dibujo
Autora: Linda Chandler

a: corona y base de las hojas.
b: estolón (filamento).
c: primer nudo del estolón.
d: planta hija.
e: estolón secundario.

ESTOLONES

***Plantas vigorosas pueden producir entre 10 y 15 sistemas estoloníferos, pudiendo llegar a enraizarse más de 100 plantas hijas. Comercialmente x30-x50.**

***Esa capacidad de estolonado es una característica varietal.**

***En general las llamadas variedades de día neutro tienen una escasa capacidad de estolonado en comparación con las llamadas variedades de día corto.**

INFLORESCENCIAS

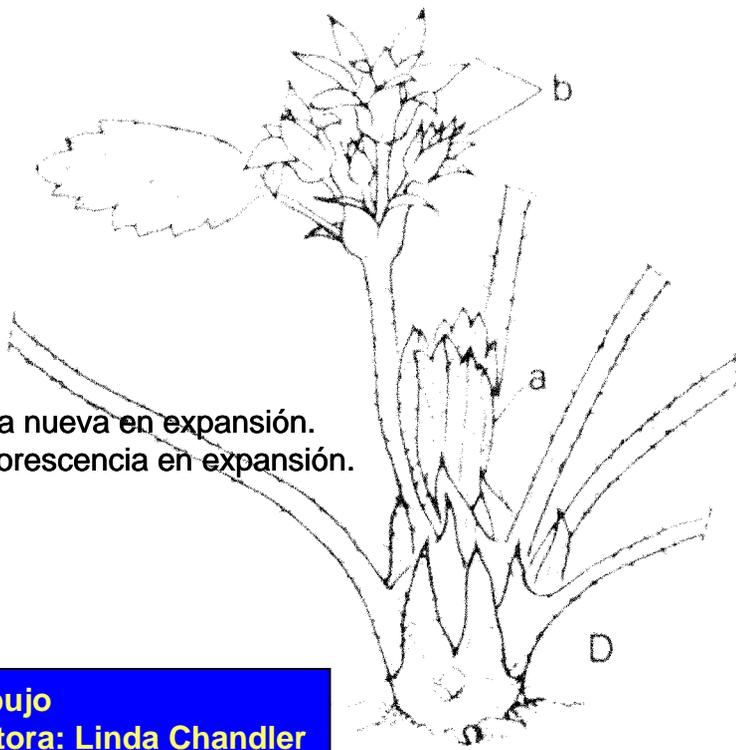
*El tallo que porta la inflorescencia es el escapo floral y el tallo que soporta cada flor individual es el pedúnculo floral.

*El conjunto de escapo y pedúnculos será el ramo floral.

*La inflorescencia de la frutilla es una cima dicásial o bípara con un número de flores ilimitado.

*En esquema se puede señalar la presentación de una flor primaria, dos flores secundarias, cuatro terciarias, ocho cuaternarias, sin ir más allá del orden quinto.

*La longitud de los ramos florales depende del F, con correlación directa entre longitud del día y la de los racimos florales.



a: hoja nueva en expansión.
b: inflorescencia en expansión.

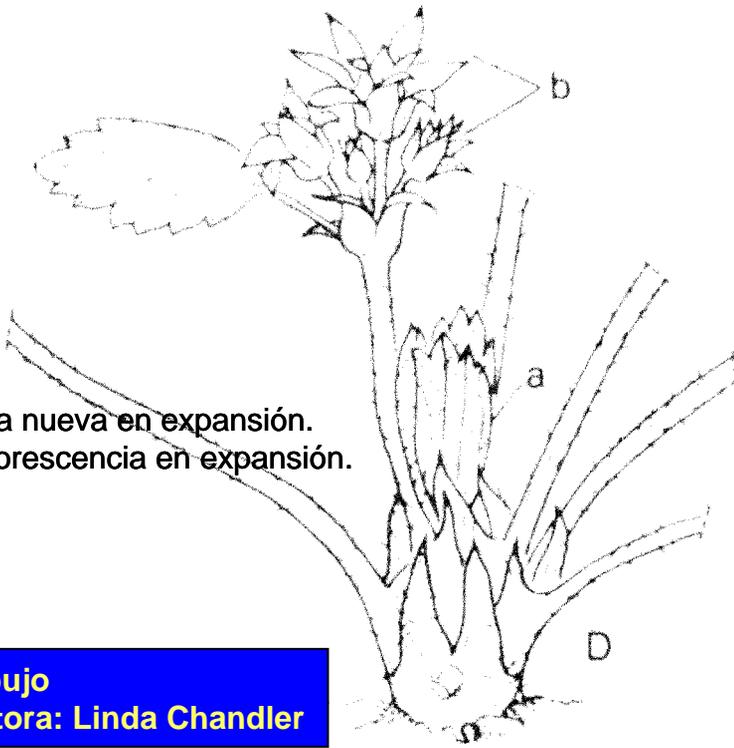
Dibujo
Autora: Linda Chandler

a: hoja nueva en expansión.
b: inflorescencia en expansión.

INFLORESCENCIAS

a: hoja nueva en expansión.
b: inflorescencia en expansión.

a: hoja nueva en expansión.
b: inflorescencia en expansión.



Dibujo
Autora: Linda Chandler

***La inflorescencia es de posición terminal. La inflorescencia limita cualquier crecimiento axial ya que hay una desconexión entre las hojas y las flores.**

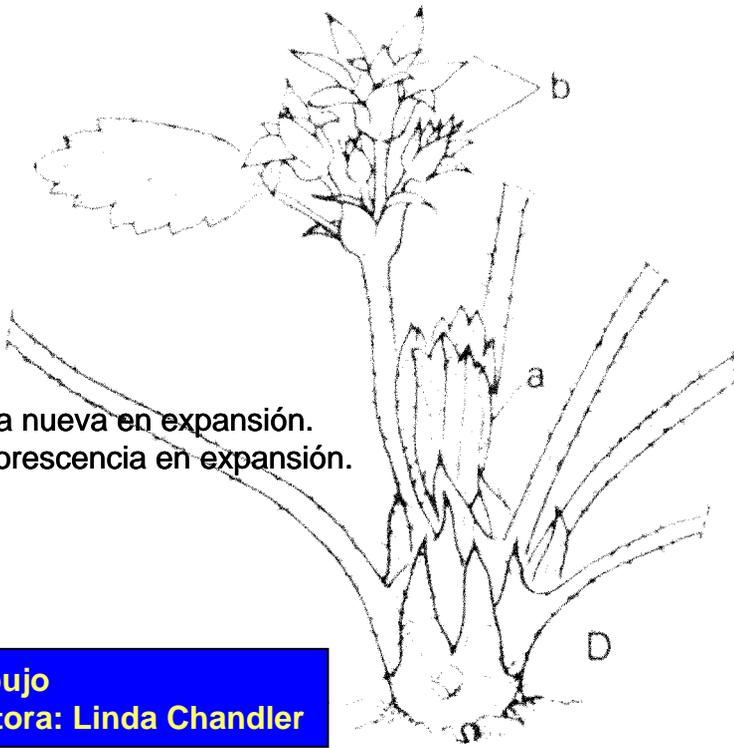
***La primera inflorescencia se forma en el eje principal; también existe producción floral en las coronas secundarias. También en este caso la floración limitará el crecimiento axial.**

***En condiciones ambientales adecuadas la inflorescencia se expande y se elonga y llega a abrirse. La flor primaria abre primero, seguida de la secundaria y así sucesivamente.**

INFLORESCENCIAS

a: hoja nueva en expansión.
b: inflorescencia en expansión.

a: hoja nueva en expansión.
b: inflorescencia en expansión.



Dibujo
Autora: Linda Chandler

***La constitución de las inflorescencias de la frutilla es compleja; las inflorescencias pueden partir de yemas axilares o de posición terminal. Asimismo pueden ser de posición basal o distal.**

***En otoño las inflorescencias son de posición basal en ellas el escapo floral es casi inapreciable y aparecen flores de igual rango aparente con pedúnculos de similar tamaño.**

***En primavera las inflorescencias son de posición distal, apareciendo una flor terminal y flores secundarias, terciarias, etc., que parten de ejes florales del mismo rango.**

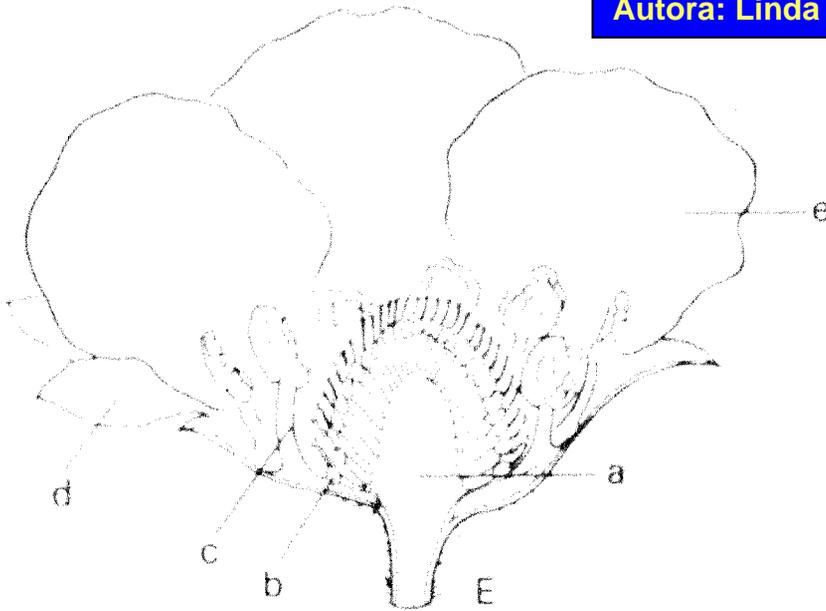
INFLORESCENCIAS

La presencia de inflorescencias con abundantes flores secundarias y terciarias puede ser cultivar dependiente, e incluso parece que puede variar con el tiempo si no se vigila la pureza varietal o se cambian las condiciones de cultivo fijadas para una variedad (p.e. cultivo in vitro incontrolado).

Eso puede suponer un problema de irregularidad de cosecha.

EJEMPLOS: 'Irvine' (cultivar dependiente) y 'Chandler' (1993-1996) (pureza varietal)

Dibujo
Autora: Linda Chandler



a: receptáculo.
b: pistilo y pared del fruto.
c: antera.
d: sépalo.
e: pétalo.

FLORES

La flor de la frutilla es hermafrodita. El eje floral engorda al final del pedicelo para dar lugar al receptáculo. ('Pandora' es pistilada).

En el receptáculo engrosado se insertan espíralmente centenares de pistilos. Los ovarios se hayan en el interior del receptáculo y conectados con éste.

Los estilos y estigmas salen fuera del receptáculo; hay un doble verticilo de estambres, unos 20-35, y por fuera de estos se hayan los pétalos, normalmente cinco de color blanco, tras la corola, más externamente se encuentra el cáliz, que presenta dos verticilos de sépalos.

Formación de la flor de frutilla: Se muestran los cuatro verticilos florales, que, en realidad, son una hoja modificada.

Los verticilos de las angiospermas son cáliz, corola, estambres y pistilos

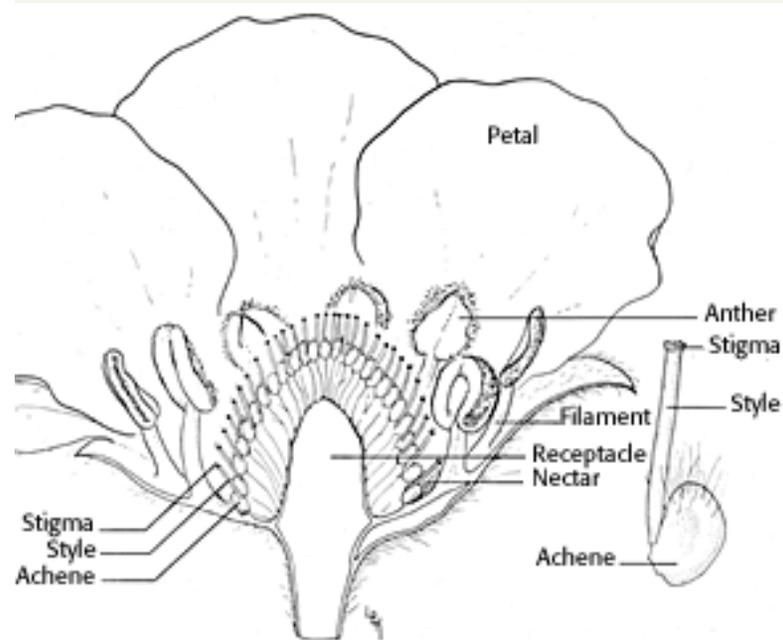
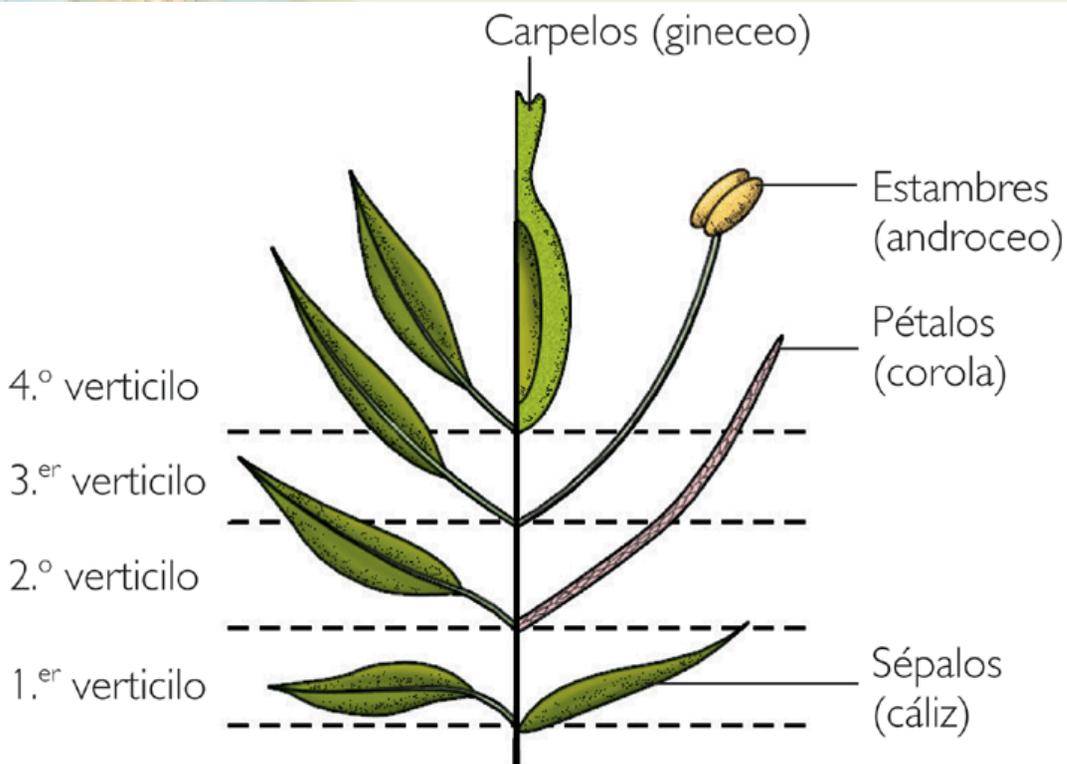


Figure 177. - Longitudinal section of 'Tioga' strawberry, x7, with individual achene and style, x35.



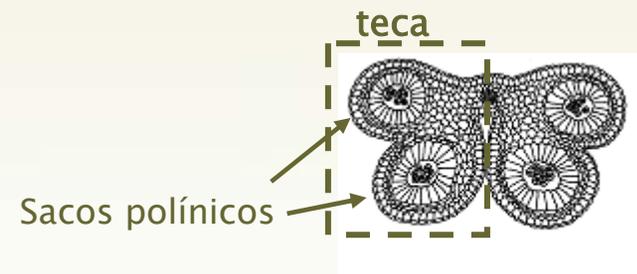
Lcda. M. Ariza
6-3-2006

Androceo: Gameto masculino

Los estambres constan de un filamento y una antera
Cada antera posee 2 tecas unidas por tejido conectivo
y cada teca 2 microsporangios (sacos polínicos).



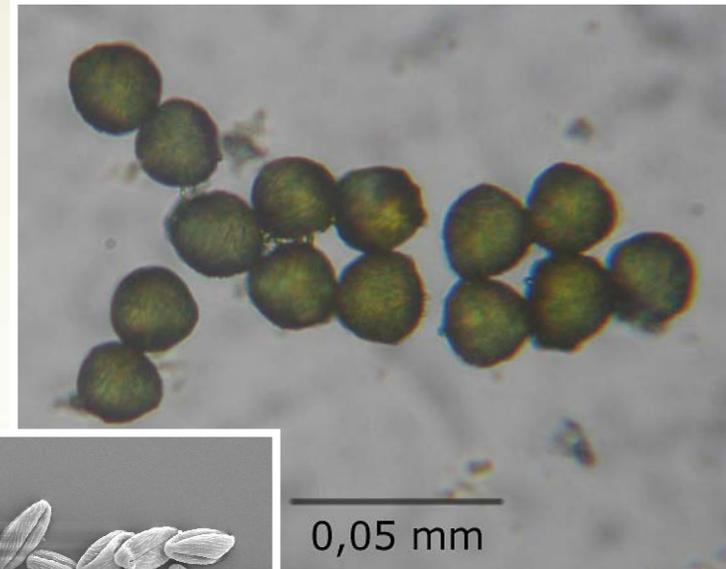
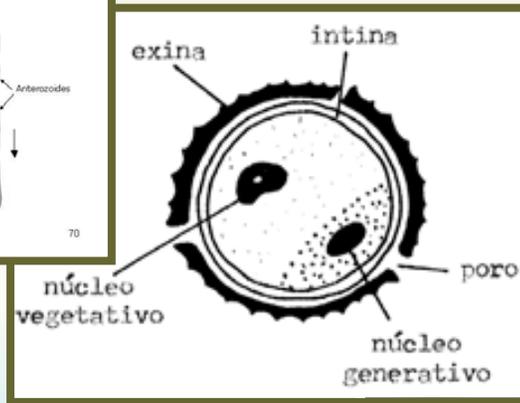
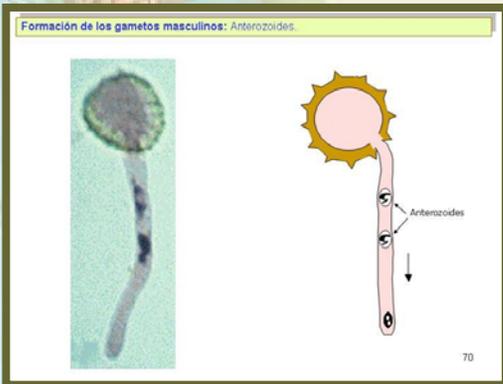
Anteras de fresa



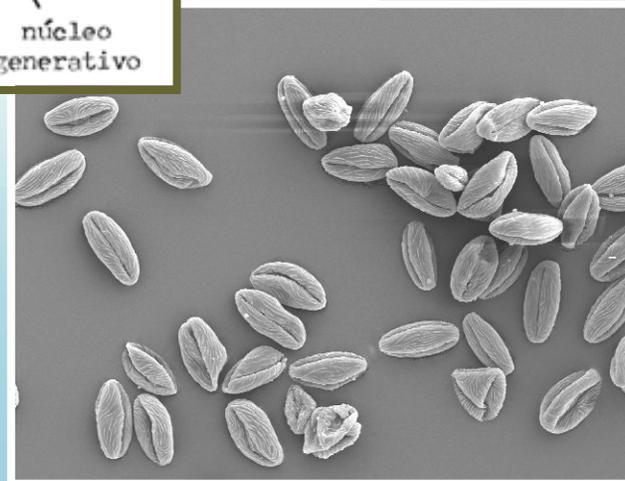
Corte transversal de antera

En el interior del microsporangio o saco polínico se produce microsporas (granos de polen).

En el interior de esta microspora está el gametofito masculino. El gametofito masculino está reducido a tres células (dos son espermáticas o gametos masculinos y la tercera, el núcleo vegetativo, que formará el tubo polínico).



Esquema grano de polen binucleado y trinucleado al germinar

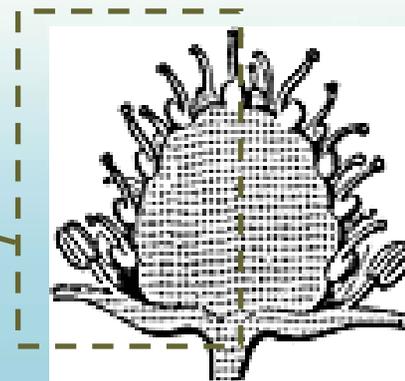
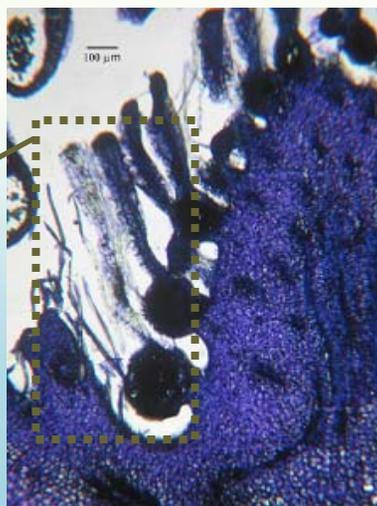


Polen de fresa

Gineceo: Gameto femenino

Los carpelos son hojas cerradas y modificadas que mantienen los óvulos dentro.

El carpelo o pistilo tiene tres zonas: estigma (superficie preparada para recibir al grano de polen), estilo (cuello preparado para hacer crecer al tubo polínico hacia el óvulo) y ovario (cámara que alberga al óvulo).

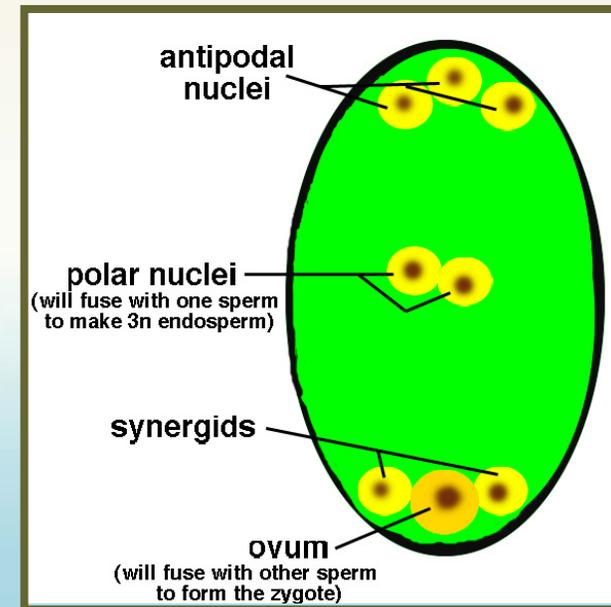


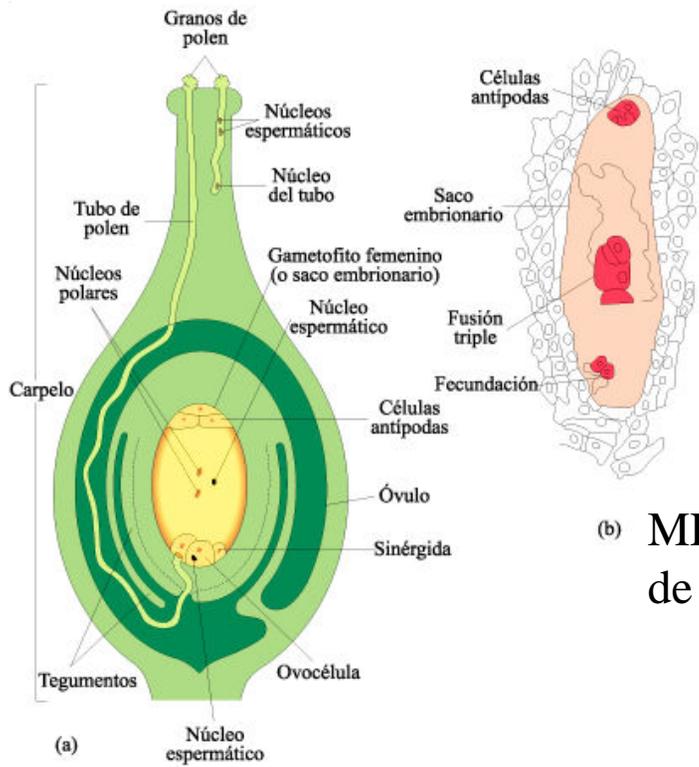
El gametofito femenino (óvulo o saco embrionario) está reducido a siete células:

- 3 células antípodas (n)
- Célula central del saco embrionario con sus 2 núcleos polares ($n + n$)
- 2 células sinérgidas ($2n$) y Ovocélula (n)

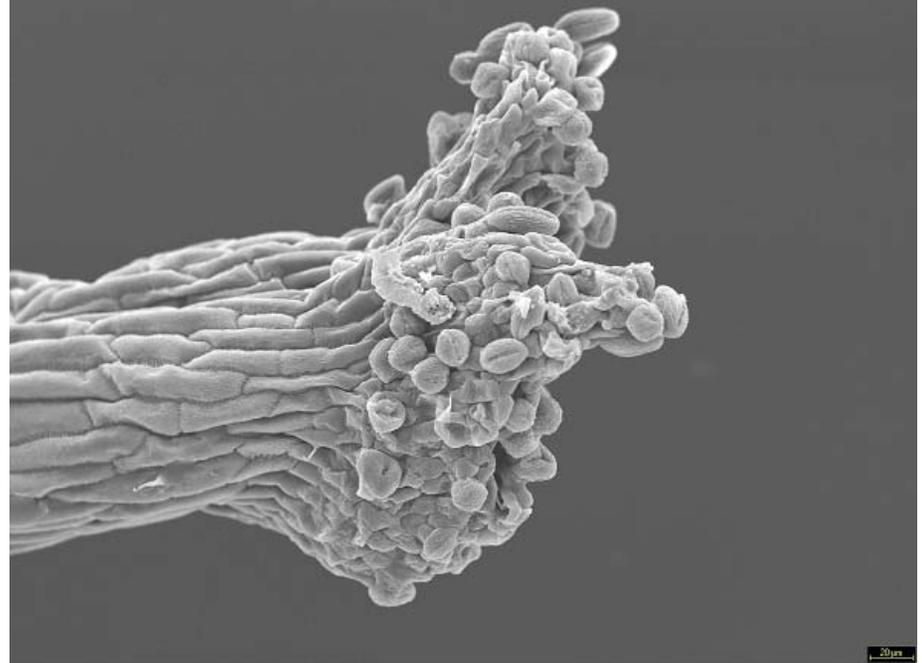
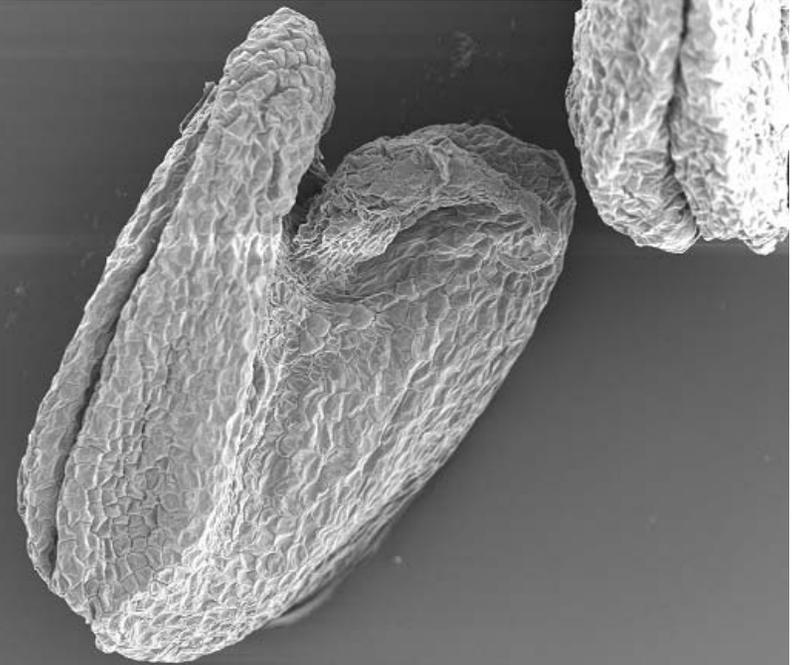
Hay una doble fecundación:

- Los dos núcleos polares se fusionan con uno de los gametos masculinos dando el endospermo ($3n$).
- El otro gameto masculino se fusiona con la ovocélula para originar el cigoto ($2n$) y, por división, la semilla.



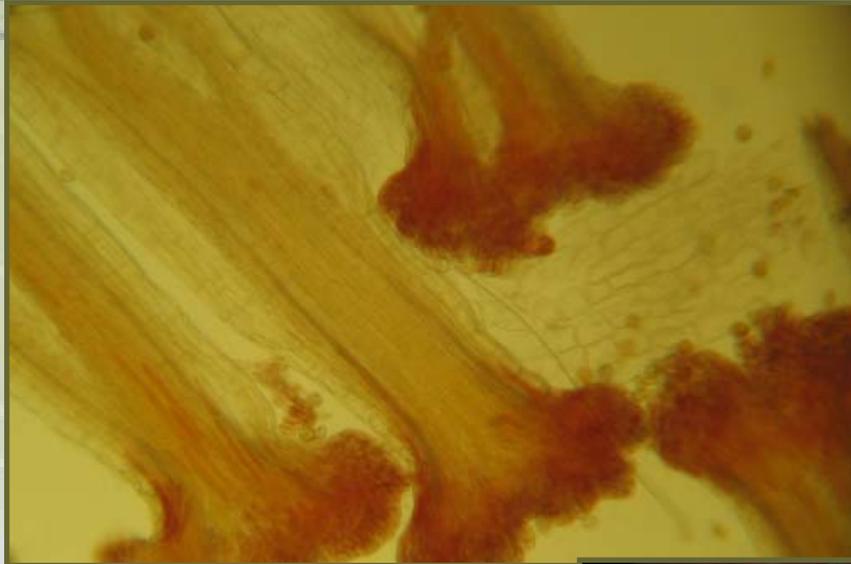


(b) MEB: antera de frutilla

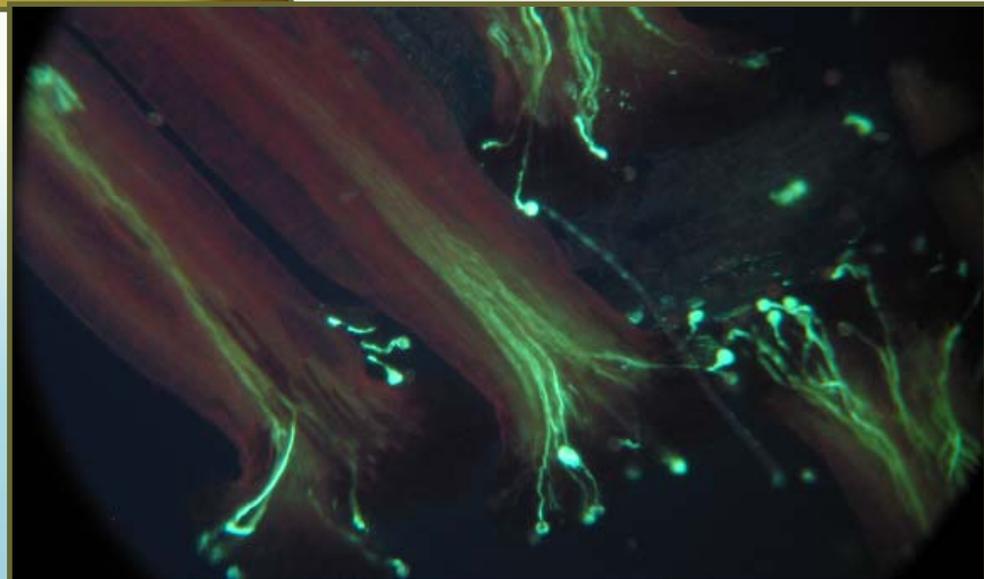


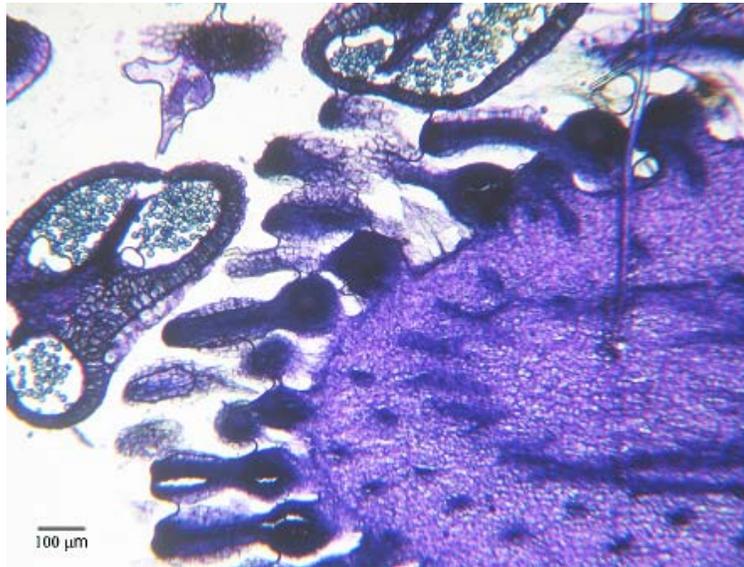
MEB: polen unido al estigma

Germinación 'in vivo' (receptividad estigmática)
Tasa crecimiento del tubo polínico

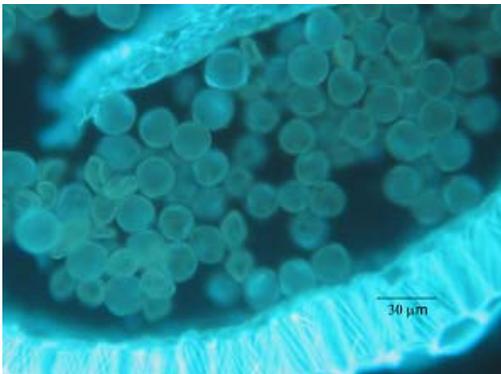


Germinación 'in vivo' del
grano de polen





Microscopia óptica.
Detalle del receptáculo con sus carpelos sentados y corte de una antera presentando sus 4 sacos polínicos



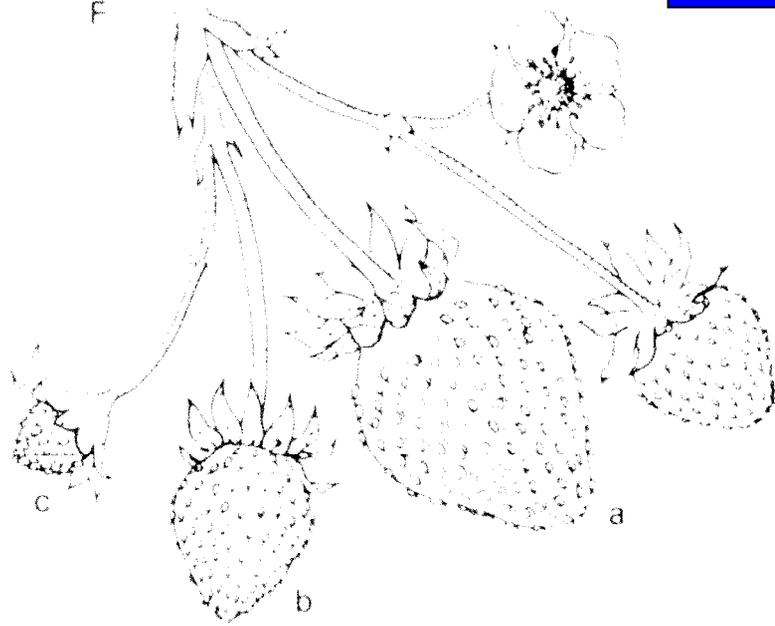
Flor de 2 días antes de anthesis (2 días antes de la apertura floral): Se muestra la antera cortada y los granos de polen

Polen germinado en medio in vitro



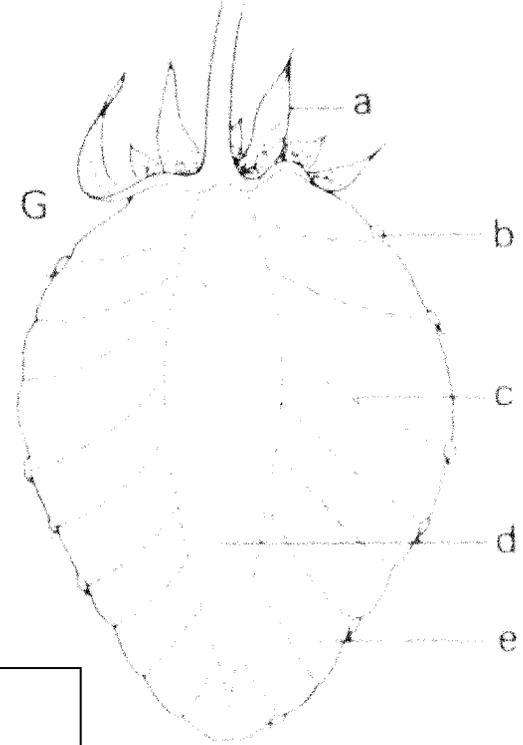
a: fruto primario.
b: fruto secundario.
c: fruto terciario.

Dibujos
Autora: Linda Chandler

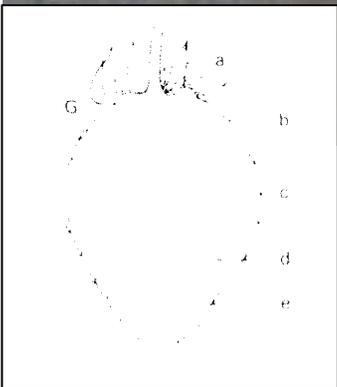


FRUTOS

a: cáliz.
b: aquenio.
c: haz vascular.
d: médula.



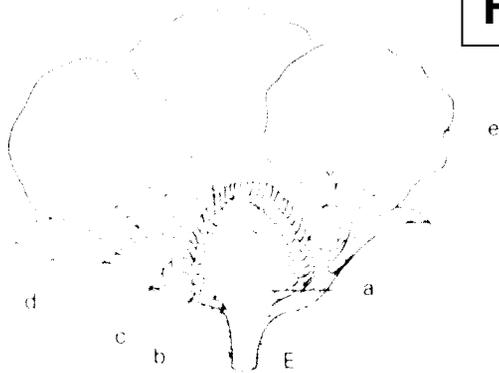
FRUTOS



a: cáliz.
b: aquenio.
c: haz vascular.
d: médula.

En corte longitudinal, puede apreciarse la médula central, el anillo de haces vasculares, el córtex y la epidermis. Los aquenios se comunican con la médula mediante los haces vasculares

FRUTOS: No climatéricos



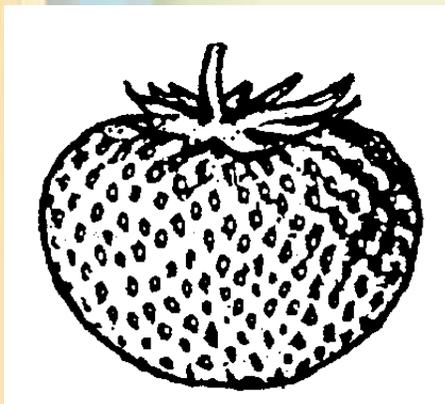
***El receptáculo floral se desarrolla y engrosa por encima del cáliz, colmándose de sustancias azucaradas y aromas perfumados, a ese conjunto se le llama impropia y familiarmente fruto.**

***Los verdaderos frutos, llamados erróneamente semillas, son los achenios, dispuestos en alveolos de profundidad/prominencia variable.**

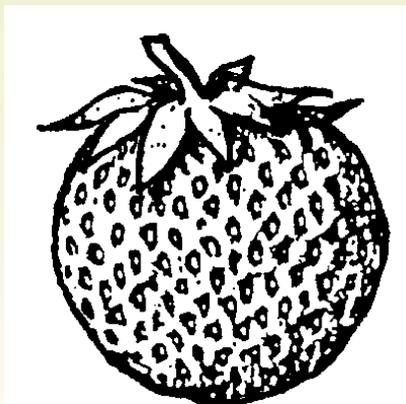
***El tamaño del 'fruto' depende de diversos factores genéticos, fisiológicos y ambientales: genotipo, autofertilidad, posición de la flor en la inflorescencia, número/tamaño de achenios, etc..**

***Existe una correlación positiva entre el tamaño de la flor y del fruto. La forma y tamaño de los 'frutos' es una característica varietal aunque se ve influenciada por la posición en la inflorescencia y otros factores ambientales. Las características morfológicas de los frutos son indicadores ampliamente utilizados en la identificación varietal (Tests DHE-UPOV).**

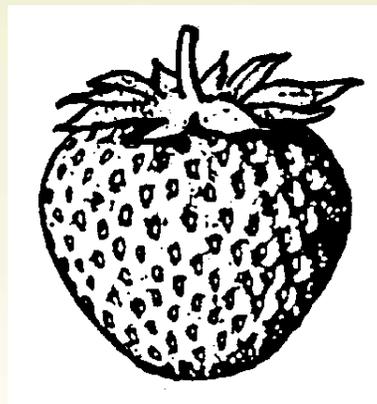
Forma predominante del fruto (Código CIREF)



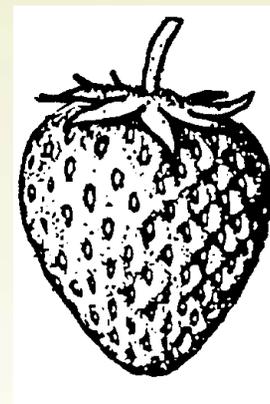
1. Reniforme



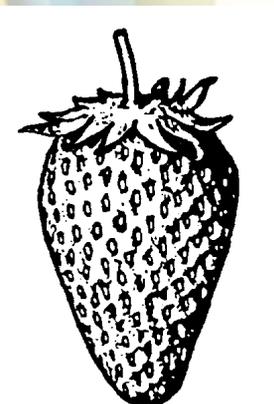
2. Globosa



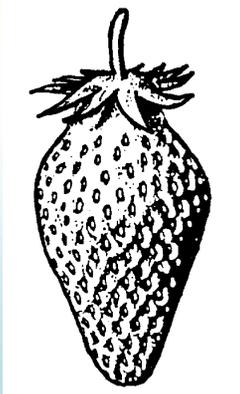
3. Acorazonada



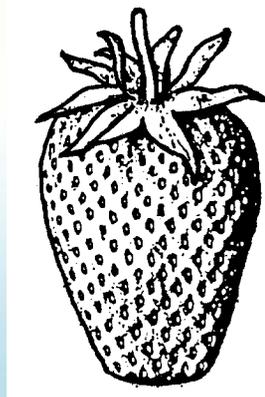
4. Cónica



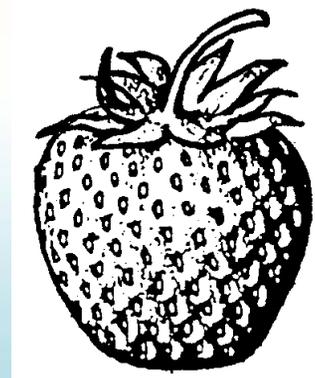
5. Cónica alargada



6. Bicónica



7. Cuneiforme larga



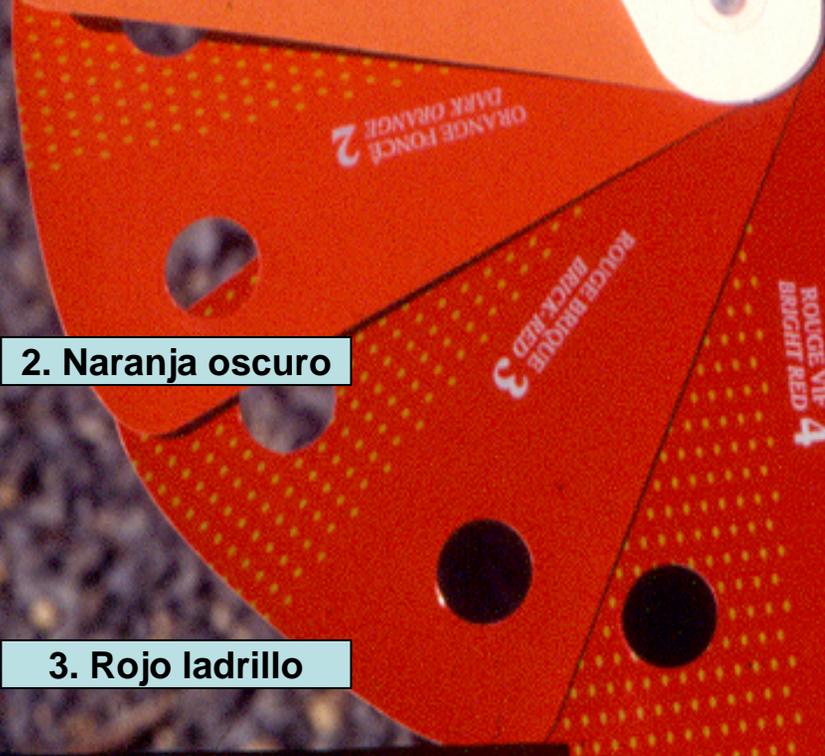
8. Cuneiforme corta

Color exterior del fruto

1. Naranja claro

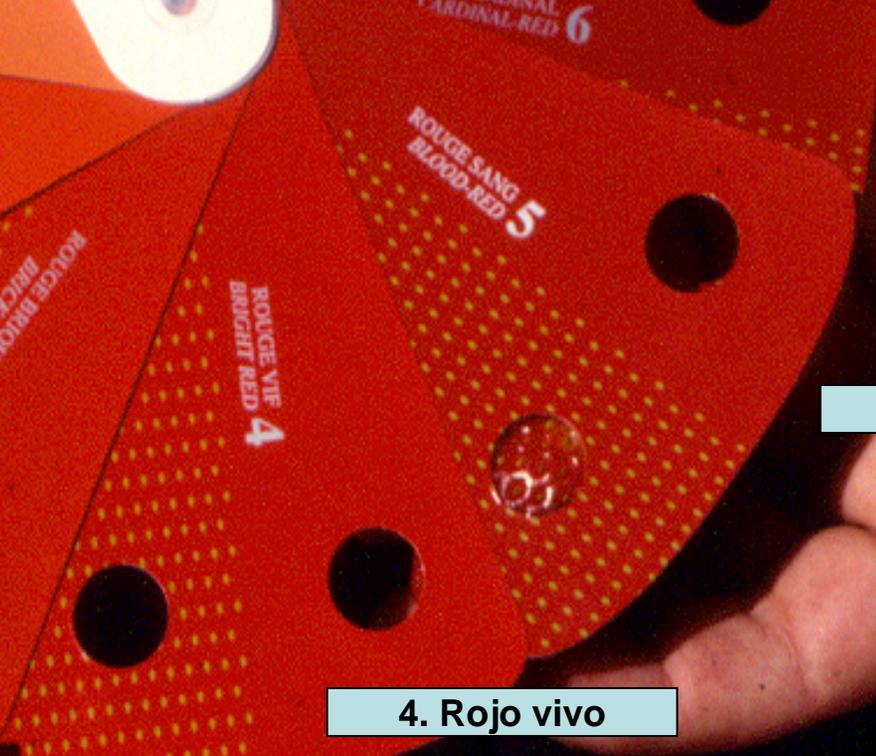


2. Naranja oscuro



3. Rojo ladrillo

4. Rojo vivo



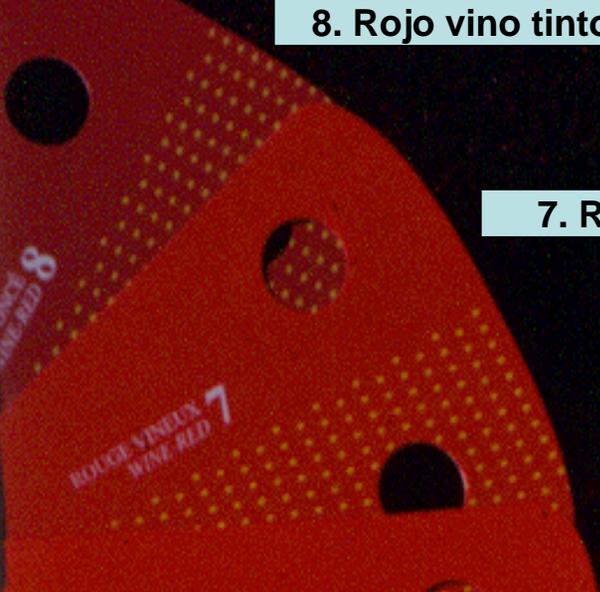
5. Rojo sangre

6. Rojo cardenal



7. Rojo vino tinto

8. Rojo vino tinto oscuro



Color interior del fruto

COLOR INTERNO DEL FRUTO



1.- Blanquecino



3.- Rojo Claro



5.- Rojo Medio



7.- Rojo Oscuro

Cavidad interior del fruto

CAVIDAD INTERNA DEL FRUTO



3.- Ausente/muy poca



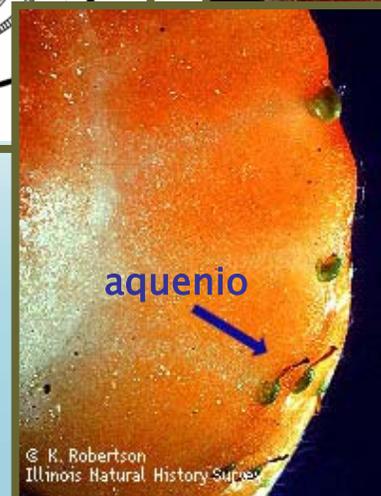
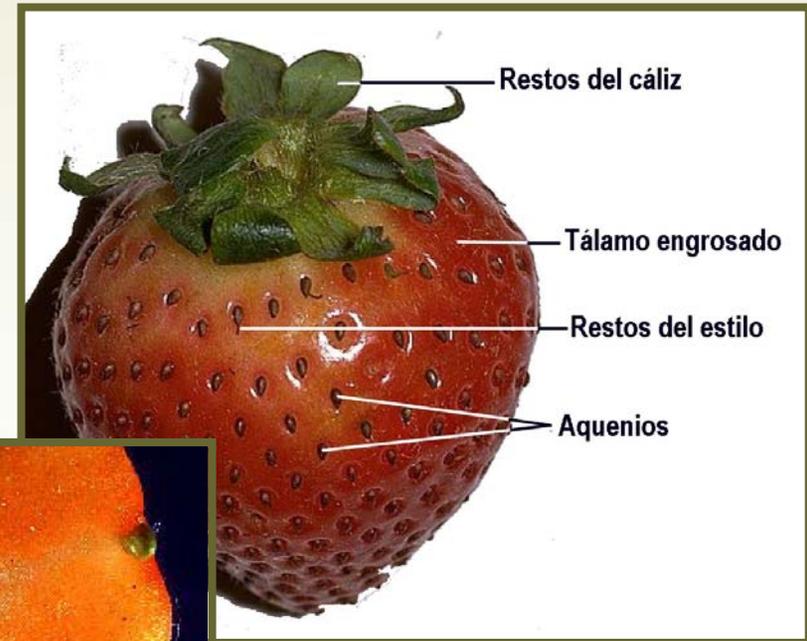
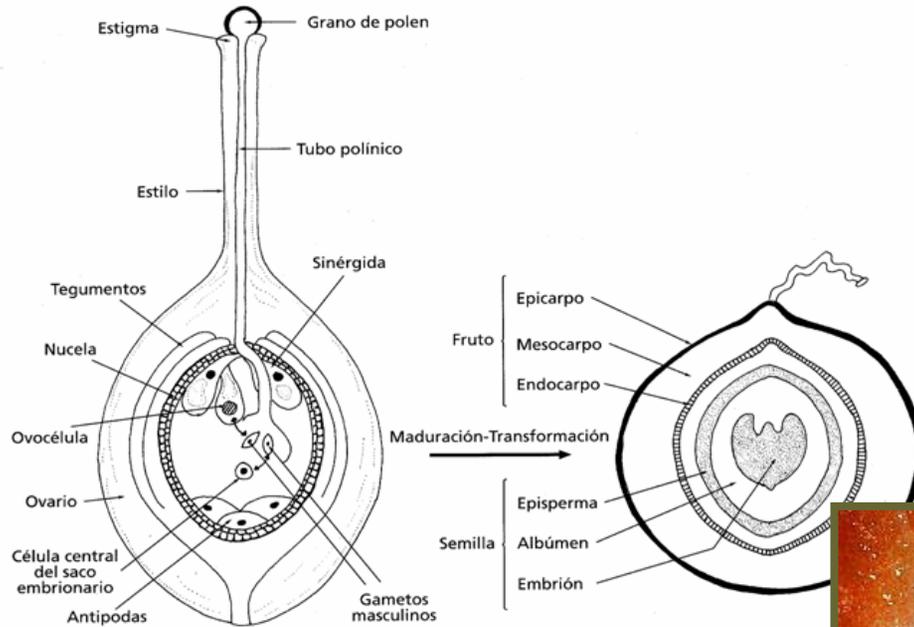
5.- Media



7.- Grande

Formación del 'fruto'

- *El fruto de la frutilla es un eterio: receptáculo engrosado.
- *En este receptáculo están insertados los aquenios (verdaderos frutos)
- *Cada aquenio se forma a partir de la unión del gameto masculino (célula espermática) con el gameto femenino (ovocélula).



La correcta fusión de los gametos origina el aquenio

Cada aquenio se encarga de secretar una hormona (auxina) a las células colindantes, dándose un engrosamiento de esa zona

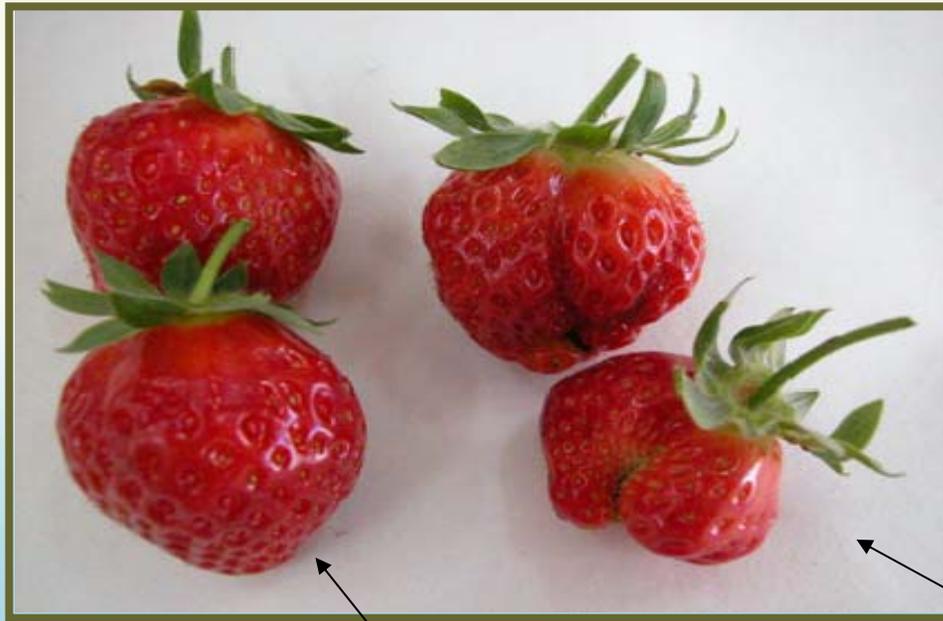
Cada receptáculo suele portar del orden de 150–200 carpelos, luego un fruto de fresa portará del orden de 150–200 aquenios. (Pueden llegar hasta 400).

Si en algunas zonas concretas del fruto, algunos de ellos no se fecunda, no se formarán los aquenios, se dará un engrosamiento desigual y aparecerá una de las fisiopatías descritas en la frutilla: la deformación

Breve referencia a la deformación del fruto

Pérdida de forma o Deformación del fruto de fresa es una fisiopatía que se da con bastante frecuencia en las primeras recolecciones quedando los frutos depreciados comercialmente.

La deformación origina una gran pérdida económica, fundamentalmente a principios de campaña (Enero-Febrero), momento en que el valor del fruto de fresa es más elevado.

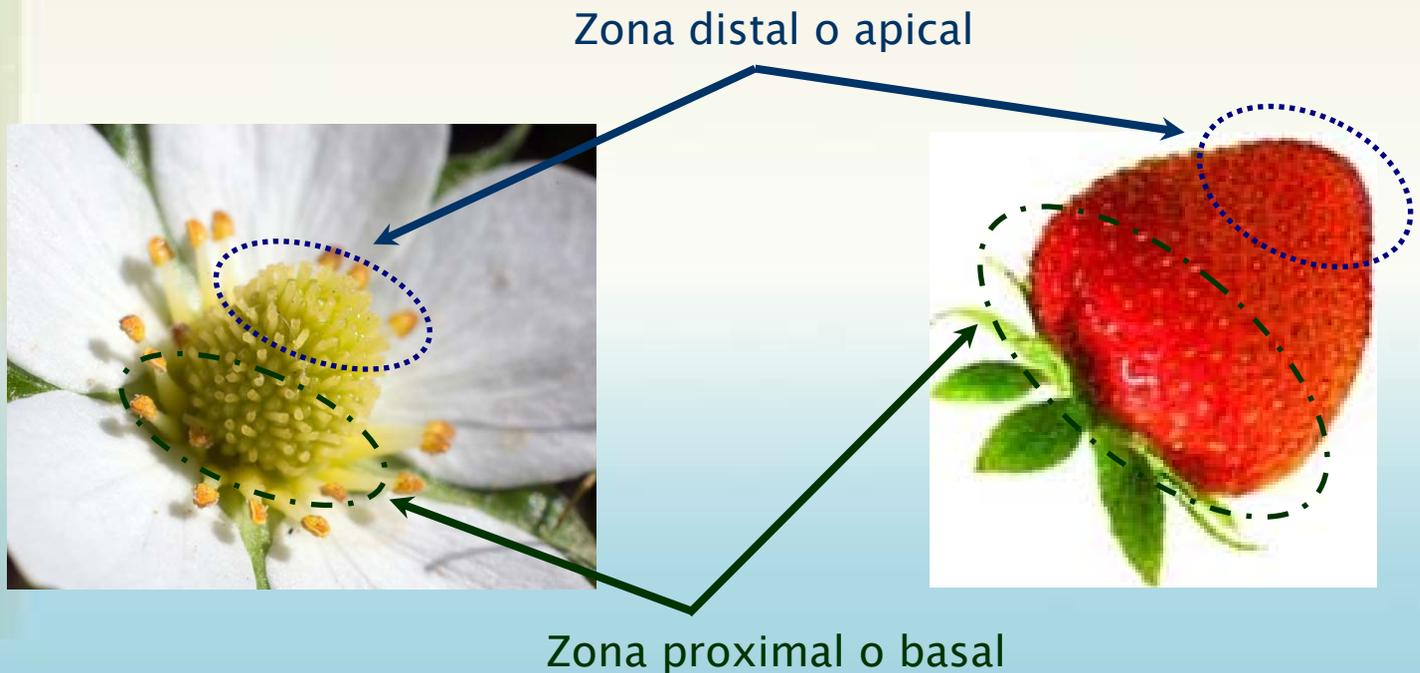


Fruto normal

Fruto deformado en la parte distal del receptáculo

➤ La deformación del fruto de fresa es una pérdida de simetría de dicho receptáculo engrosado que provoca una pérdida no solo en peso del fruto, sino una disminución en la calidad de dicho fruto. Suele ocurrir en la parte apical del fruto.

➤ Esquema de flor y fruto.



- La deformación del fruto de fresa puede ser el resultado de una pérdida de eficiencia en el proceso de fecundación y por lo tanto, en el desarrollo del aquenio (verdadero fruto de fresa).
- Tanto los órganos sexuales masculinos y femeninos están involucrados en el éxito de la correcta formación del aquenio.



Fruto deformado

La deformación podría producirse, entre otros, por:

Fallo en la formación del grano de polen

- Aborto o inviabilidad de células espermáticas
- Fallo en núcleo generativo,...

Fallo en la formación de los carpelos

- Estigma: no sustancias adhesivas
- Estilo: no sustancias de nutrición
- Ovario: aborto ovocélula

Fallo en formación o secreción de auxina en el aquenio recién formado.

Los aquenios de la zona deformada se sospechaban diferentes, ya que en frutos deformados se observó:

- ✓ la zona apical del fruto es la que más se deforma
- ✓ los aquenios de esta zona son de menor tamaño
- ✓ dichos aquenios tienen un diámetro menor de 0.4 mm

Se observaron diferencias en tamaño: aquenios mayores de 0.6 mm y menores de 0.4 mm

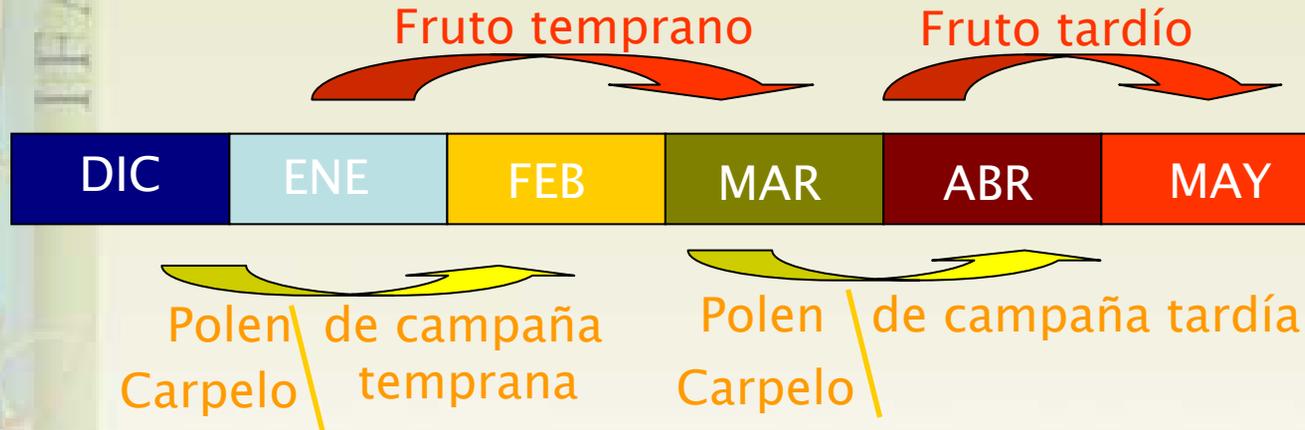
VARIEDAD	Media (% aquenios \leq 0.4mm)	Grupos Homogéneos
VenDEF	50.736	A
MedDEF	44.845	AB
CamDEF	41.549	B
MedNor	20.944	C
VenNor	17.567	C
CamNor	15.440	C

Frutos con más del 40% de sus aquenios pequeños \Rightarrow

DEFORMADOS

Porcentaje de aquenios menores de 0,4 mm de diámetro (inviabiles) en frutos deformados ('DEF') y no deformados ('Nor'), catalogados "de visu", de 3 variedades de fresa ($p < 0,001$).

Diagrama temporal



En general, para correlacionar calidad o cantidad de polen y carpelos con fruto deformado, consideramos que desde flor en antesis a fruto rojo (maduro) transcurren una media de 5-6 semanas

No es totalmente cierto, ya que en campaña temprana tarda mas tiempo en madurar un fruto, del orden de 56 días, mientras que en campaña tardía transcurren unos 32 días en 'Camarosa'



Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera
CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y PESCA

**CURSO “EL CULTIVO DE LA FRUTILLA: AVANCES TECNOLOGICOS”
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE**

30 JUNIO 2008

IFAPA

**INSTITUTO ANDALUZ DE INVESTIGACION Y FORMACION AGRARIA, PESQUERA,
ALIMENTARIA Y DE LA PRODUCCION ECOLÓGICA
(IFAPA).**

FISIOLOGIA Y ANATOMIA DE LA PLANTA DE FRUTILLA

2. LA PLANTA DE FRUTILLA Y SU DESARROLLO

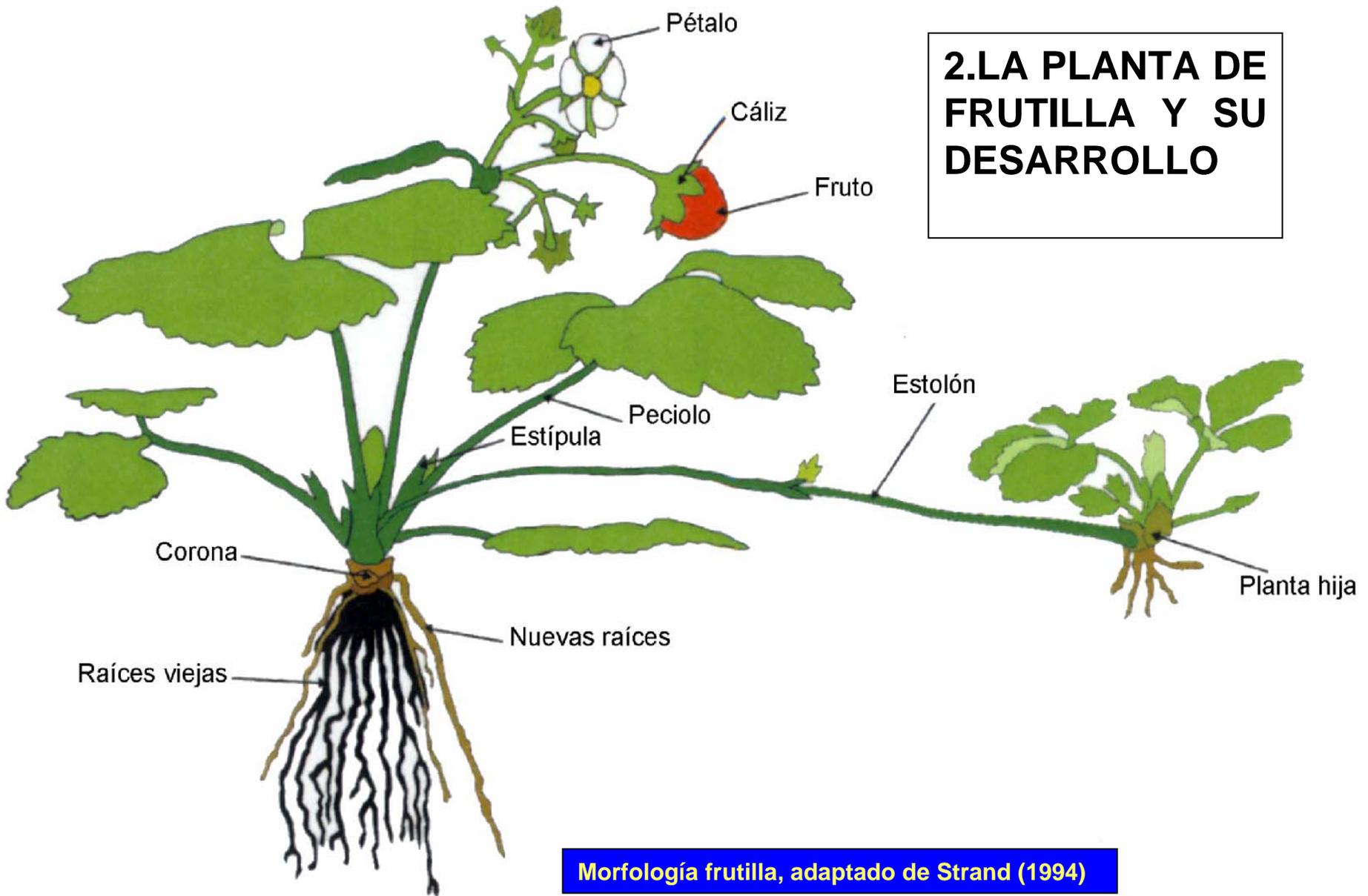
José Manuel López Aranda

Centro IFAPA Churriana (Málaga). Cortijo de la Cruz s/n. 29140 Churriana, Málaga (España)



Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera
CONSEJERÍA DE INNOVACIÓN, CIENCIA Y EMPRESA

2.LA PLANTA DE FRUTILLA Y SU DESARROLLO



Morfología frutilla, adaptado de Strand (1994)

***La frutilla (*Fragaria x ananassa* Duch.) va a desarrollar crecimiento vegetativo y crecimiento reproductivo, de una manera equilibrada, secuencialmente (uno tras otro) o simultáneamente según los tipos varietales que más adelante conoceremos.**

***El desarrollo y elongación de coronas, hojas, pedúnculos, estolones y plantas hijas forma parte de la esencia del crecimiento o fase vegetativa,**

***El desarrollo de la floración y consecuente fructificación es la parte esencial del crecimiento o fase reproductiva.**

***Los factores principales para la determinación y control del crecimiento vegetativo y/o reproductivo de la planta de frutilla son el ambiente y el genotipo.**

***En el ambiente son: Luz-Fotoperíodo (F), Temperatura-Termoperíodo (T), la interacción de ambos factores (F x T) y subsidiariamente la acción de los reguladores de crecimiento (principalmente las giberelinas GA).**

***Así pues la planta de frutilla producirá hojas, estolones, flores y raíces en modelos de desarrollo determinados por su comportamiento genético. Sin embargo, la interacción genotipo/ambiente modificará la intensidad y dirección del desarrollo.**

***Ya en 1938, Hamner y Bonner, establecieron que la percepción de esos factores, principalmente el F, se produce en las hojas (no solo en frutilla sino en muchas otras especies). Aunque el impacto se va a producir en los puntos de crecimiento (meristemas).**

***La percepción se va a materializar cuando transcurra un determinado número de ciclos inductivos (en la naturaleza días bajo un determinado F, creciente o decreciente).**

***La transición desde el crecimiento vegetativo al reproductivo en frutilla implica una serie de fases consecutivas: inducción floral, iniciación floral, diferenciación floral y desarrollo floral.**

***La iniciación implica cambios morfo-fisiológicos en el meristemo que recibe señal desde las hojas.**

***La diferenciación es la formación de flores microscópicas,**

***El desarrollo floral es el desarrollo de ramilletes florales macroscópicos.**

***En general, la inducción en *F x ananassa* está controlada principalmente por F y T.**

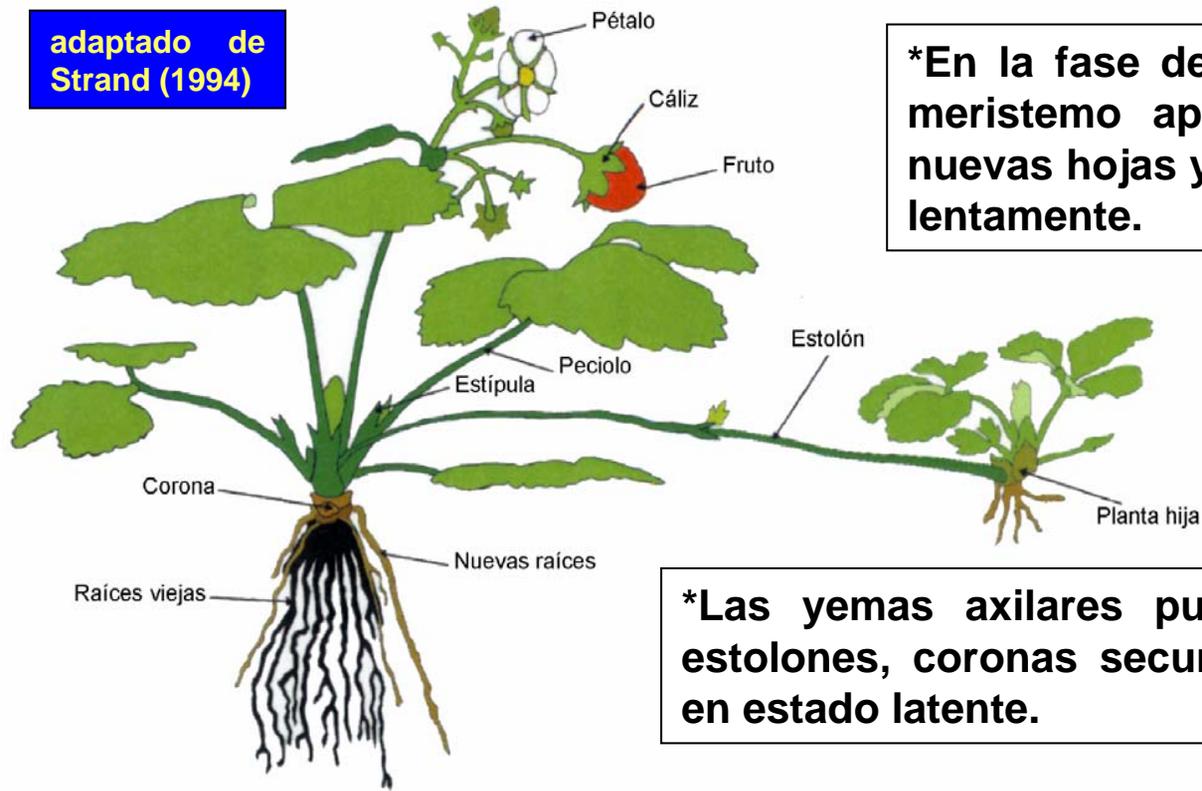
***El fotoperiodo (F) (longitud del día) impone su influencia sobre la formación de yemas florales, elongación de estolones, tamaño de las hojas y longitud de los pecíolos.**

***La respuesta a la longitud del día varía considerablemente según genotipos, y dichas diferencias forman la base de la clasificación en tipos varietales.**

***El termoperiodo (T), (temperatura) puede modificar e incluso anular los efectos de la longitud del día (F) y debe ser considerada de igual importancia en la determinación de la adaptación de la frutilla a ambientes concretos.**

El crecimiento vegetativo y reproductivo de la frutilla es más sensible a F y T que la mayor parte de los otros pequeños frutos. Pero la fisiología de frutilla y la interacción genotipo x ambiente deben interpretarse cuidadosamente (Larson, 1994).

adaptado de
Strand (1994)



***En la fase de crecimiento vegetativo, el meristemo apical continúa produciendo nuevas hojas y yemas y elongándose muy lentamente.**

***Las yemas axilares pueden desarrollarse formando estolones, coronas secundarias o pueden permanecer en estado latente.**

***La dirección particular del desarrollo para cada yema (apical y axilares) es determinada por el potencial genético de la planta en interacción con los factores ambientales: F, T, FxT y reguladores de crecimiento.**

***En general, la producción de estolones es una respuesta a los días largos (F largos > 14 horas) y el desarrollo de las coronas secundarias y las inflorescencias una respuesta a los días cortos (F cortos < 14 horas).**

***Las variedades de *Fragaria x ananassa* son el resultado de la hibridación de dos especies con una alta variabilidad de respuesta a T y F.**

***Por tanto, el genoma resultante hace posible un alto grado de adaptación a las condiciones locales.**

***Sin embargo, está bien establecido que la variedad mejor adaptada a una zona es normalmente una seleccionada en dicha zona (Darrow, 1966).**

***De ahí que las variedades importadas de otras zonas pueden no ajustarse idealmente a las combinaciones particulares de F y T prevalecientes. La frutilla es una especie de 'microclima' (Bartual, com.pers.).**

***Dicho con otras palabras: posiblemente las variedades mejor adaptadas a Chillán (Chile), p.e., serían aquellas cuyo individuo inicial (seedling) fue seleccionado en la zona.**

***De ahí el gran mérito de las variedades de la Universidad de California, ya que una de las principales razones de su predominancia en el mundo es su adaptabilidad en muchos climas de inviernos templados (Italia, Francia, Turquía, España, Méjico, Australia, Nueva Zelanda, Chile, Argentina) (Hancock y Scott, 1988) y recientemente en China.**

Para evaluar la adaptación de un genotipo particular a unas condiciones concretas es necesario considerar:

- .- El clima donde se ubique el vivero,**
- .- El clima donde se ubiquen los campos de fructificación,**
- .- El sistema de producción a utilizar**
- .- El tipo de planta**
- .- Otros factores como objetivos comerciales a los que se destine la producción.**

***En ese sentido, las respuestas a F y T son vitales para determinar la adaptación.**

***Sin embargo, no es una labor fácil ni evidente, G. Risser (com. personal), ha señalado insistentemente la ausencia de un conocimiento real del comportamiento fisiológico de *Fragaria x ananassa*.**

***Mi modesta experiencia avala esta afirmación.**



Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera
CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y PESCA

**CURSO “EL CULTIVO DE LA FRUTILLA: AVANCES TECNOLOGICOS”
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE**

30 JUNIO 2008

IFAPA

**INSTITUTO ANDALUZ DE INVESTIGACION Y FORMACION AGRARIA, PESQUERA,
ALIMENTARIA Y DE LA PRODUCCION ECOLÓGICA
(IFAPA).**

FISIOLOGIA Y ANATOMIA DE LA PLANTA DE FRUTILLA

3. PAUTA DE COMPORTAMIENTO ANUAL

José Manuel López Aranda

Centro IFAPA Churriana (Málaga). Cortijo de la Cruz s/n. 29140 Churriana, Málaga (España)



Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera
CONSEJERÍA DE INNOVACIÓN, CIENCIA Y EMPRESA

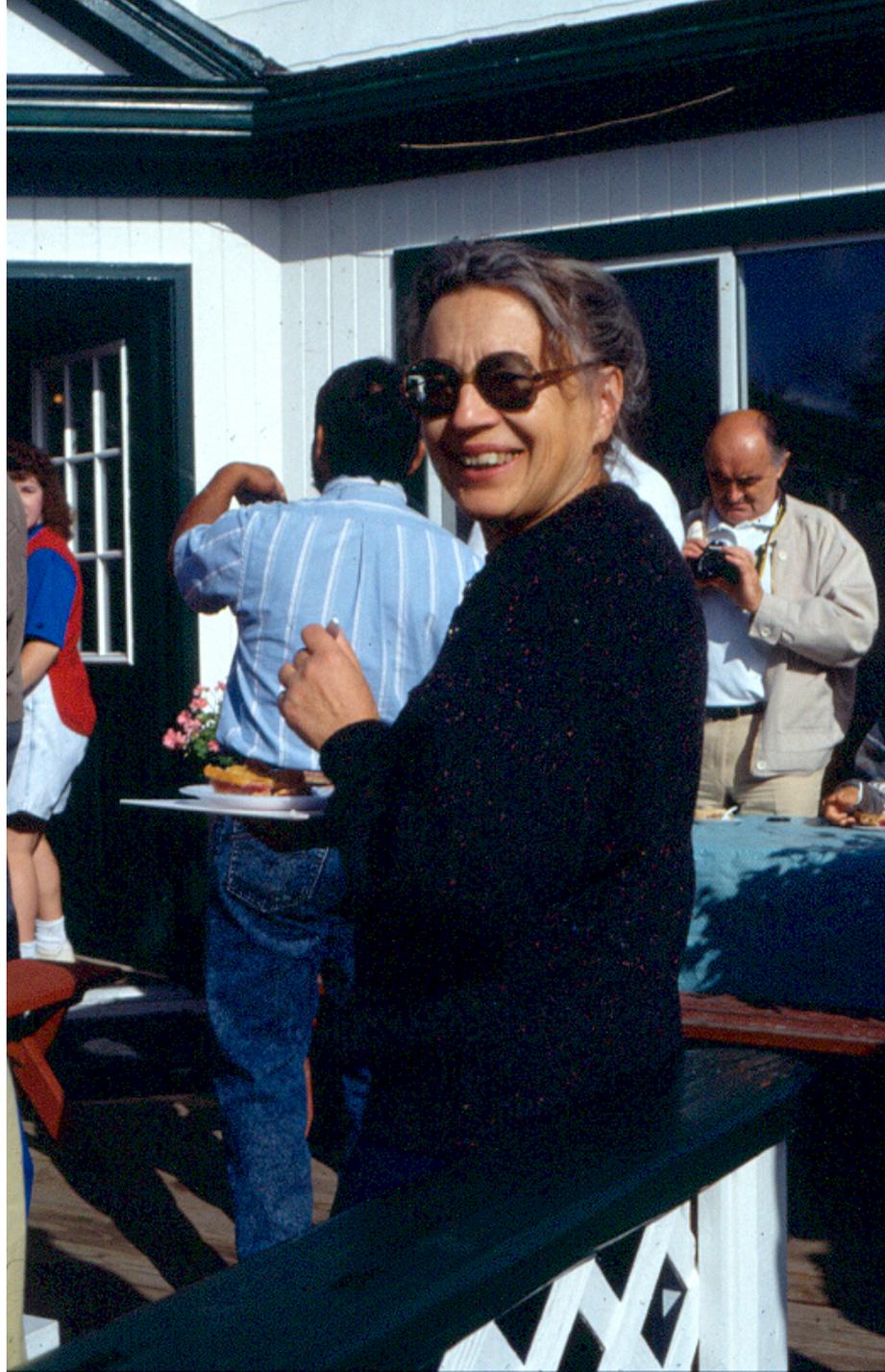
3. PAUTA DE COMPORTAMIENTO ANUAL

Comportamiento estacional de la frutilla (Verdier, 1987)

Estación	Características climáticas	Pauta de comportamiento
Otoño	Disminución de F Disminución de T	*Finalización del estolonado *Diferenciación floral *Iniciación de la latencia
Invierno	F mínimo T mínimo	*Parada vegetativa
Primavera	Aumento de F Aumento de T	*Reanudación actividad vegetativa *Floración-fructificación *Iniciación del estolonado
Verano	F máximo T máximo	*Disminución de la floración

Comportamiento estacional de la frutilla (Risser, 1979)

Estación	Características climáticas	Pauta de comportamiento
Verano	Días largos Temperaturas elevadas	*Período de crecimiento y multiplicación vegetativa (emisión de estolones)
Otoño	Días acortando Temperaturas decrecientes	*Paralización progresiva del crecimiento con acumulación de reservas en las raíces. *Período de iniciación floral y del comienzo de latencia.
Invierno	Días cortos Temperaturas bajas	*Paralización del crecimiento. *A partir de un cierto momento la planta surge de la latencia.
Primavera	Días cortos creciendo Temperaturas crecientes	*Reanudación de la actividad vegetativa (tanto más intensa a medida que la longitud del día crece), *Floración y fructificación.



**Dra. G. Risser
20-9-1992**

***Estas pautas de comportamiento son para variedades SD, principalmente, o sea varían según el genotipo y según los factores ambientales F y T, como insistentemente venimos discutiendo.**

***Es cierto que F es más constante al depender de una magnitud geográfica invariable como es la latitud (sin duda puede variar estacionalmente la intensidad lumínica y su duración; por ejemplo por el índice de nubosidad).**

***T al ser una magnitud climática está expuesto a importantes fluctuaciones estacionales, con importantes repercusiones tanto en zonas de viveros como en zonas de campos de fructificación.**

***Tanto es así, que el éxito agronómico y comercial de muchas campañas se ve amenazado por un régimen de T ligeramente superior a los normales en los meses de Septiembre-Octubre (otoño) en los viveros españoles, por ejemplo.**

***Por lo tanto, es interesante aportar la siguiente propuesta de Roudeillac et al. (1987) que matizaban las anteriores pautas de comportamiento en función de las variaciones térmicas estacionales: estaciones más frías o más templadas de lo normal para una zona determinada.**

Estación	Tendencia estacional de las temperaturas	
Invierno	Frío	Dulce
	<ul style="list-style-type: none"> *Necesidades en frío bien aseguradas. *Buena parada vegetativa. *Inducción floral parada. *Buen vigor vegetativo en primavera. *Recolección mediana y agrupada. *Estolonado precoz en primavera siguiente. *Riesgos de daños por heladas. 	<ul style="list-style-type: none"> *Necesidades en frío mal aseguradas en variedades de altos requerimientos. *Inducción floral prolongada. *Inducción de una cosecha prolongada. *Mediocre vigor vegetativo en primavera.
Primavera	Fresca	Dulce
	<ul style="list-style-type: none"> *Refloraciones estivales en ciertas variedades. *Riegos de malformaciones florales. 	<ul style="list-style-type: none"> *Fuerte estolonado. *Crecimiento vegetativo más rápido. *Buena polinización.
Verano	Fresco	Calido
	<ul style="list-style-type: none"> *Posibles refloraciones otoñales en ciertas variedades. *Favorecimiento del enraizamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> *Crecimiento vegetativo ralentizado. *Bloqueo de la inducción floral.
Otoño	Frío	Cálido
	<ul style="list-style-type: none"> *Rápida entrada en patencia. *Inducción floral buena pero limitada en el tiempo. 	<ul style="list-style-type: none"> *Lenta entrada en latencia. *Estolonado y desarrollo vegetativo prolongados. *Inducción floral prolongada.



P. Roudeillac. Curso sobre "El Cultivo de la Frutilla", para post-graduados. Universidad de Chile (Santiago de Chile). Noviembre, 1999



Dr. G. Galletta
20-9-1992



Dra. E. Izhak
15-11-1979

***Risser (1979) y Roudeillac et al. (1987) se referían a plantas frigo cultivadas en latitudes superiores a 43°N de variedades europeas seleccionadas en esas latitudes.**

***En material vegetal fresco, cultivado y seleccionado en latitudes inferiores, las pautas se verían sensiblemente modificadas y posiblemente atenuadas en relación con el esquema anterior de Roudeillac et al. (1987) .**

***Por otra parte podría añadirse el efecto 'hemisferio'. Este fenómeno sin base científica y de mi propia observación-intuición personal viene a indicar que las pautas de comportamiento estacional aparente de la frutilla en el cono sur latinoamericano pueden no ser exáctamente homologables a las europeas o norteamericanas (Florida) en igualdad de paralelo.**

***Por ejemplo, Huelva (España), paralelo 37°N, mantiene:**

- un ligero retraso aparente de actividad vegetativa respecto al Pedemonte (Tucumán, Argentina), paralelo 27°S,**
- una pauta similar a Bella Unión y Salto (Uruguay), paralelo 30-31°S,**
- un claro adelanto frente a las zonas de San Pedro y Angostura (Chile), 34°S.**

***Cultivos de variedades de día neutro ('Selva') y día corto en Linares y Los Angeles (Chile), 36-37°S, así como en provincia de San José (Uruguay), 35°S, aparentaban tener una pauta de crecimiento similar a las observadas en los años 90 en el sur de Valencia (España), de clima mediterráneo, en paralelo 39°N.**

***Ello podría tener cierto interés para interpretar mejor los datos aportados por autores del hemisferio norte.**

***En definitiva, en paralelos superiores, las manifestaciones fisiológicas de la frutilla (tanto en campos de fructificación como en viveros) pueden alterar sensiblemente los sencillos esquemas expuestos.**



Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera
CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y PESCA

**CURSO “EL CULTIVO DE LA FRUTILLA: AVANCES TECNOLOGICOS”
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE**

30 JUNIO 2008

IFAPA

**INSTITUTO ANDALUZ DE INVESTIGACION Y FORMACION AGRARIA, PESQUERA,
ALIMENTARIA Y DE LA PRODUCCION ECOLÓGICA
(IFAPA).**

**FISIOLOGIA Y ANATOMIA DE LA PLANTA DE FRUTILLA
4.TIPOS VARIETALES**

José Manuel López Aranda

Centro IFAPA Churriana (Málaga). Cortijo de la Cruz s/n. 29140 Churriana, Málaga (España)



Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera
CONSEJERÍA DE INNOVACIÓN, CIENCIA Y EMPRESA

***Podemos decir que hay diferentes tipos de respuesta a F y T por parte de las variedades de frutilla, siendo todas ellas botánicamente *Fragaria x ananassa*.**

***Cada tipo de respuesta ha dado lugar a un tipo de variedades comerciales que es necesario conocer y distinguir: día corto, refloreciente, día neutro, ect.**

***Las variedades de fresa se clasifican como SD o de día neutro (DN) dependiendo de la respuesta de las plantas al F para inducción floral (Durner et al., 1984).**

***Hay un tercer grupo de variedades conocido como LD o de día largo (LD) o refloreciente que tuvo importancia relativa en el pasado pero no actualmente a nivel comercial (Darnell and Hancock , 1996; Kirschbaum, 1998).**

Variedades SD

***El tipo más frecuente, variedades de "día corto" (SD), diferencia yemas de flor cuando los días llegan a ser cortos y las temperaturas son bajas a finales de verano o principios de otoño.**

***Las diferentes fases de su desarrollo tienden a ser separadas: floración, fructificación y emisión de estolones en esta secuencia.**

***Producen estolones vigorosamente hasta que los días se acortan hasta 12-14 horas. Entonces a $F < 14$ horas, iniciarán floración (Darrow, 1936).**

***Bajo condiciones de día corto, incluso con el estolonado ya parado, el desarrollo de coronas y hojas continuará mientras que las condiciones sean favorables.**

***Sabemos que F y T son los factores primarios en el control del crecimiento y desarrollo de las variedades SD.**

***La inducción floral en variedades SD sucede generalmente en F cortos (8-14 h) y T entre 25°C (día) y 9°C (noche),**

***mientras que la inducción de estolones es promovida por F largos (mas de 14 horas) y T entre 22°C y 26°C (Ito and Saito, 1962; Durner et al., 1984; Hellman and Travis, 1988; Bish et al., 1997).**

Variedades DN

***Por otro lado, las variedades DN parecen ser independientes de la longitud del día para iniciar flores.**

***Se ven relativamente no afectadas por la longitud del día (fotoperíodo) y por las temperaturas (termoperíodo);**

***Las variedades DN fructificarán siempre que las temperaturas sean suficientemente altas para mantener crecimiento. Los estolones se producen durante el verano y continúan hasta el principio de los días cortos. No entran en reposo bajo condiciones de días cortos si prevalecen temperaturas favorables.**

***Kirschbaum (1998) señala que variedades DN como 'Hecker' y 'Tristar' mostraron un número de inflorescencias por planta no significativamente diferente expuestas a F de 9 horas (condiciones SD) o a 16 horas (condiciones LD).**

Variedades LD

***Las variedades "reflorecientes" (o remontantes) (LD), diferencian yemas de flor más libremente en días largos (durante todo el verano) que en días cortos.**

***Los estolones se producen desde principios de primavera hasta que se paran por las bajas temperaturas en otoño.**

***A diferencia de las plantas SD las variedades LD producen menos estolones y tienden a formar múltiples coronas;**

***de hecho, existe una línea de opinión que fundamenta el uso de la micropropagación industrial sólo en las variedades "reflorecientes" para salvar este defecto natural de reproducción vegetativa.**

Variedades Interrmedias

***Esos grupos de respuesta a F y T, que dan lugar a una clasificación varietal agronómicamente importante, deben usarse sólo a modo de conveniencia y no se debe esperar límites claros entre ellos: SD-LD-DN.**

***Así, hay autores que recogen una cuarta categoría "Intermedia" entre SD y LD que incluye cultivares tales como 'Aiko', 'Redgaunlet' y 'Soquel.**

***T afecta a todos los estados de crecimiento y de desarrollo y puede modificar drásticamente las respuestas a F. Ello es suficiente para explicar el carácter muy relativo de la clasificación tripartita propuesta: SD-LD-DN.**

***Los límites entre los grupos no son discretos, hay un "continuum" de respuesta, además la confusión de tipos puede incrementarse cuando se utiliza un genotipo en un clima (agro-ambiente) diferente para el que fue obtenido/seleccionado.**

***De hecho, es frecuente la subclasificación de "día neutro" o de "día ligeramente neutro" (por ejemplo, las variedades 'Seascape' y 'Capitola') o de "día fuertemente neutro".**

***También se suelen subclasificar las "reflorecientes" o remontantes en "totalmente remontantes", "remontantes" o "parcialmente remontantes".**

***Por último, hay muchos autores y técnicos que identifican sencillamente las variedades "reflorecientes" (LD) con las "variedades de día neutro" (DN) en una única clasificación.**

***Aunque el tema es polémico.**

***Resumiendo:**

***Mientras las variedades LD son producto de una selección natural, las variedades DN, con un comportamiento fisiológico y productivo similar, son consecuencia de la mejora genética tradicional que busca la ruptura de la dependencia de F para incrementar las épocas de mercadeo.**

Origen de las variedades DN

*Las primeras variedades comerciales DN ('Hecker', 'Brighton', 'Aptos') fueron difundidas en 1979 por Bringhurst y Voth (Universidad de California); y obtenidas a partir de una hibridación de 'Shasta' con *Fragaria virginiana* ssp. *glauca* que dio origen a la amplia gama posterior: 'Fern', 'Selva', 'Muir', 'Mrak', 'Yolo', 'Irvine', 'Seascape', 'Capitola', 'Sunset', 'Aromas', 'Pacific', 'Diamante' ect., y recientemente 'Albion'.

Ancestros de las principales variedades de día neutro de la Universidad de California

Variedad	Semilla (año)	Difusión (año)	Ancestro (%)		
			Lassen	Shasta	F. virginiana
Fern	1972	1983	15,6	3,1	3,1
Selva	1975	1983	14,1	3,1	3,1
Muir	1975	1987	14,1	3,1	3,1
Mrak	1975	1987	17,2	3,1	3,1
Yolo	1975	1987	7,8	3,1	3,1
Irvine	1982	1988	22,7	1,6	1,6
Seascape	1983	1989	22,7	1,6	1,6
Capitola	1983	1989	23,8	1,6	1,6

Fuente: Bringhurst (1995)

***Volviendo a una sencilla definición de las variedades DN decimos que son aquellas que no se ven afectadas por F y que pueden fructificar siempre que T sea suficiente para mantener crecimiento.**

***De una forma vulgar yo suelo llamarlas desde 1982 tipo "tomate" (se plantan y se recolectan los frutos unos meses después, a partir de unos tres meses desde la plantación, sea cual sea la fecha de la plantación, siempre que exista clima natural o artificial adecuado para ello.**

***Los tipos varietales DN florecerán, fructificarán y estolonzarán simultáneamente (al menos teóricamente).**

***Producirán una cosecha continuada desde primavera hasta otoño (según climas) con varios picos de cosecha a lo largo del período de cultivo.**

Un criterio que suele usarse para determinar el carácter DN de un determinado material es la cantidad y precocidad de su floración.

***Las selecciones DN de un programa de mejora genética pueden identificarse porque florecen en tres meses desde el semillero, mientras que no lo hacen ni las variedades SD ni LD (Bringhurst y Voth, 1981).**

***Nosotros, nos fijamos en la floración durante el período de vivero in situ (verano: junio-octubre) entre el campo de selección de individuos y el primer campo de selección parcela a parcela para tratar de observar posible carácter DN de una progenie determinada.**



***Nuestro sector fresero de Huelva nunca se ha interesado seriamente por las posibilidades de las variedades DN.**

***Sería una buena pregunta, responder al por qué.**

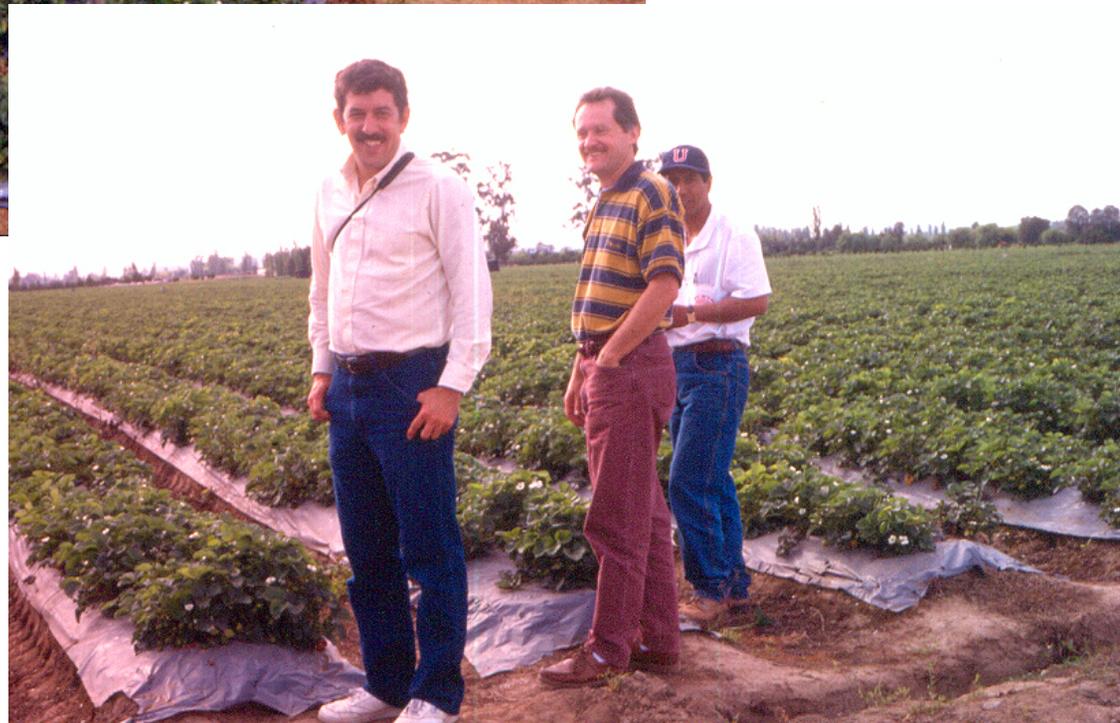
***‘Hecker’, ‘Brighton’ y ‘Aptos’, pasaron desapercibidas. ‘Fern’, ‘Selva’, ‘Irvine’, ‘Mrak’, ‘Seascape’, ‘Capitola’, ‘Evita’ y otras muchas variedades DN han sido ensayadas por nosotros, varios años, a partir de 1989-90 sin grandes resultados.**

***Pero siempre las hemos utilizado en las condiciones habituales de cultivo en la zona, es decir como si fueran SD y nunca buscando otras fechas de plantación y técnicas de cultivo para variar el período de cosecha y comercialización (p.e. plantación primaveral para producción verano-otoño o plantación estival para producción otoño-invernal).**

***Recientemente, la variedad DN ‘Albion’ ha sido utilizada por los agricultores en cultivo convencional con plantación temprana o en cultivo fuera de suelo a raíz desnuda o en maceta en plantación temprana (desde mediados de septiembre a primeros de octubre), buscando producción invierno-primaveral precoz pero como si fuese una variedad SD.**



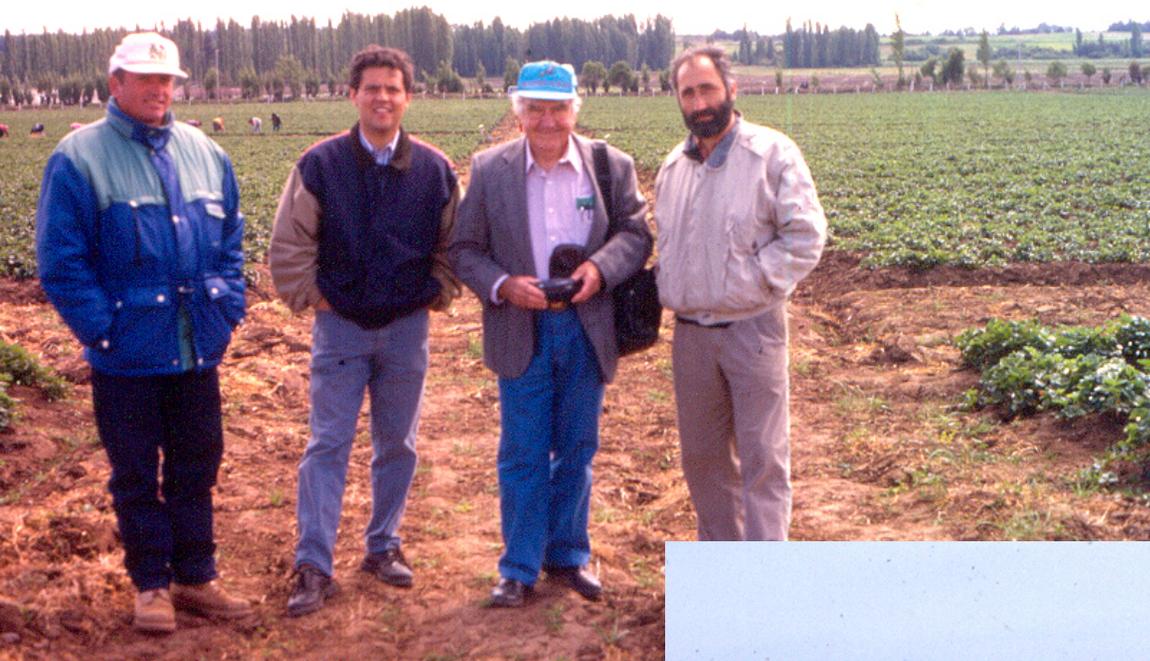
**Dr. M. Pritts
y R. Hepp
25-10-1995**



**Seminario Internacional Cultivo de la Frutilla.
Tecnología y Avances.**

Universidad de Concepción (Chile)

Chillán (Chile) Fecha: 27/10/1995



**Prof. Bringhurst
26-10-1995**



**Seminario Internacional Cultivo de la
Frutilla. Tecnología y Avances.
Universidad de Concepción (Chile)
Chillán (Chile) Fecha: 27/10/1995**

Variedades diferentes a día corto ensayadas por nuestro equipo de trabajo desde 2000. Tests DHE.

Denominación	Obtendor	1º Año ensayo	Tipo varietal: léase DN
Alta Vista	Driscoll	2000	Remontante
Baeza	Driscoll	2000	Remontante
Mirador	Driscoll	2000	Remontante
Priana-Captiva	Driscoll	2000	Parcialmente remontante
Gem Start	J&P Res.	2001	Parcialmente remontante
Whitney	VPP Corp.	2001	Día neutro
Ruby	J&P Res.	2001	Parcialmente remontante
Treasure	J&P Res.	2001	Parcialmente remontante
Galante	Cal Giant	2003	Parcialmente remontante
Gloria	Cal Giant	2003	Parcialmente remontante
Endurance	Plant Sciences (BG)	2003	Parcialmente remontante
Pedrone	FNM	2004	Día neutro
Albion	Univ. California	2004	Día neutro
D. El Dorado	Driscoll	2007	Parcialmente remontante
D. San Juan	Driscoll	2007	Parcialmente remontante
Camarillo	Driscoll	2007	Remontante
Cristal	Planasa	2008	Totalmente remontante
D. Jubilee	Driscoll	2008	Día neutro
D. Lanai	Driscoll	2008	Totalmente remontante
Galexia	Cal Giant	2008	Parcialmente remontante
Asia	New Fruits	2008	Remontante



Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera
CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y PESCA

**CURSO “EL CULTIVO DE LA FRUTILLA: AVANCES TECNOLOGICOS”
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE**

30 JUNIO 2008

IFAPA

**INSTITUTO ANDALUZ DE INVESTIGACION Y FORMACION AGRARIA, PESQUERA,
ALIMENTARIA Y DE LA PRODUCCION ECOLÓGICA
(IFAPA).**

FISIOLOGIA Y ANATOMIA DE LA PLANTA DE FRUTILLA

**5. EFECTOS DEL FOTOPERIODO, TEMPERATURA Y OTROS
FACTORES EN EL CRECIMIENTO REPRODUCTIVO Y VEGETATIVO
DE LA PLANTA DE FRUTILLA**

José Manuel López Aranda

Centro IFAPA Churriana (Málaga). Cortijo de la Cruz s/n. 29140 Churriana, Málaga (España)

Vamos ahora a discutir las magníficas revisiones de McPherson (1994), Larson (1994) y Kirchbaum (1998)

sobre la influencia de F en la floración y emisión de estolones, la T, la interacción F x T, control hormonal, niveles de carbohidratos, el estado de latencia y la adición de frío, así como un análisis concreto de los factores ambientales en zonas de vivero y en campos de fructificación.

McPherson, H.G., 1994. Photoperiod, Temperature and Flowering in Strawberry: Implications for the Auckland District. 30 pp. A report for The Auckland Berryfruit Growers Association (Inc.).

Larson, K.D. 1994. Strawberry. En: Handbook of Environmental Physiology of Fruit Crops, Vol. I, Chapter 10. B. Schaffer and P.C. Andersen, eds. CRC Press, Inc. 271-297.

Kirschbaum. 1998. Temperature and growth regulator effects on growth and development of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). Thesis for the degree of Master of Science. University of Florida. 144pp.



**Dr. D. Kirchbaum
1-12-2006**

Son trabajos clásicos que se pueden remontar hasta los años 30, forman parte del acervo científico de esta compleja especie, son paradigmáticos los siguientes autores:

- .- Mann 1930. Carbohidratos.**
- .- Darrow y Waldo, 1933. F y T.**
- .- Darrow, 1934, 1936. F y T.**
- .- Hamner y Bonner, 1938. F.**
- .- Hartman, 1947. F y T.**
- .- Went, 1957. F y T.**
- .- Guttridge, 1956-1985. F, T y reguladores.**
- .- Thompson y Guttridge, 1960. Reguladores.**
- .- Bringhurst et al., 1960. T y carbohidratos.**
- .- Ito y Saito, 1962. F y T.**
- .- Leshem y Koller, 1964, 1966. F y T.**
- .- Jahn y Dana, 1966. F y T.**
- .- Vincen-Prue y Guttridge, 1973. F y T.**
- .- Uematsu y Katsura, 1983. Reguladores.**
- .- Reid, 1983. Reguladores.**
- .- Durner et al. (Poling), 1984-1988. F y T.**

EFFECTOS DE LA LUZ Y LA TEMPERATURA EN LA INDUCCIÓN FLORAL EN FRUTILLA

Luz-Fotoperiodo (F)

- *Hemos visto como las variedades de frutillas se clasifican en base a sus respuestas F, en especial en relación con la inducción e iniciación floral (crecimiento reproductivo).**
- *El tamaño de hoja, la longitud de pecíolos y el desarrollo de estolones (crecimiento vegetativo) también son muy sensibles al F y T.**
- *El F es un factor ambiental fundamental en el control de la transición del crecimiento vegetativo al reproductivo en fresa.**
- *Aunque las respuestas vegetativa y reproductiva de las plantas de frutilla a F y a T están bien documentadas, los procesos fisiológicos que las regulan aún no han sido aclarados completamente.**

Luz-Fotoperiodo (F)

***El F óptimo y el número de ciclos inductivos necesarios para floración de variedades SD son T y cultivar dependientes. Dentro de las variedades SD, las condiciones para inducción floral pueden variar para cada variedad y a veces dentro de la misma variedad.**

***Darrow (1936) fue de los primeros autores que examinó los efectos del F en la iniciación floral de la fresa y concluyó que F de 9,5 a 13,5 horas producían el mayor número de flores en varias variedades SD. Más adelante, se amplió el rango así que el F requerido para inducción de yemas de flor en varias variedades SD se puede situar actualmente entre 8 y 14 horas.**

***Sin embargo, la mayoría de las variedades SD exhiben una respuesta SD facultativa, en la que la inducción floral ocurrirá mas o menos continuamente sin tener en cuenta F, siempre que T estén por debajo de unos 15^o-16^oC (Guttridge, 1985).**

Luz-Fotoperiodo (F)

***Lovelidge y Beech (1989) señalaron que la iniciación de flores se produce en variedades SD tanto con días cortos como largos si la temperatura ambiente permanece entre 6° y 14°C. Por debajo de 5°C las plantas entran en latencia y por encima de 15°C se hacen vegetativas bajo días largos. La mayor parte de las variedades SD florecerán con independencia de F con T moderadamente frías.**

***Es decir, la temperatura T es otro factor que debe considerarse a la hora de estudiar las respuestas al F en frutilla y muchas veces interaccionará con F para inducir la respuesta.**

***Un tercer factor que afecta las respuestas al F es el pre-acondicionamiento de la planta (a saber, la refrigeración o exposición a frío natural o en cámara).**

Luz-Fotoperiodo (F)

***Ito y Saito (1962) encontraron que la edad o el tamaño de la planta pueden condicionar la percepción de luz y temperatura cuando F y/o T no son óptimos para inducción floral. A mayor edad o tamaño de planta, mayor era la sensibilidad a F y T.**

***Las temperaturas críticas han sido situadas entre 9 y 18°C. A temperaturas más altas, F se hace más crítico y su umbral se sitúa entre 11 y 16 horas.**

***La longitud del día óptima en contraste con la crítica, se sitúa probablemente entre 8 y 11 horas.**

***El número de ciclos de día corto necesario para inducción floral se sitúa normalmente entre 7 y 14 días, pero puede ser superior a 23.**

***La exposición continuada a ciclos inductivos induce nuevos inicios. Sin embargo, tras una exposición prolongada a días cortos, se establece una condición de reposo o latencia.**

Luz-Fotoperiodo (F)

- *Las variedades reflorecientes (LD) y/o de día neutro (DN) florecen con independencia de la longitud del día (F).**
- *Aunque T también modifica la respuesta F de este grupo de variedades, son menos sensibles a las T altas que las variedades SD.**
- *Durner et al. (1984), Galletta y Bringham (1990), y otros han señalado la mayor diferencia entre tipos varietales era una sensibilidad decreciente a las altas T desde SD a LD a DN.**
- *En las plantas de día neutro (DN), a una temperatura media de 20 a 21°C, la floración se produce en ciclos regulares de seis semanas con independencia de F. Por lo tanto, se puede producir desde primavera hasta otoño.**
- *Si persisten las temperaturas favorables, las plantas no se verán afectadas por un período de reposo y los estolones pueden florecer y producir fruto también. A ese respecto, una planta de día fuertemente neutro puede producir fructificación fácilmente en sus estolones mientras que una planta de día ligeramente neutro no (Lareau et al., 1986).**

Fotoperiodo (F): Intensidad-calidad de luz

*Kirschbaum (1998) convirtió en unidades PPF (photosynthetic photon flux), las unidades de intensidad de luz usadas en estudios sobre fisiología del crecimiento en frutilla. Expresando los valores en $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

*La manipulación de la floración en frutilla a diferentes intensidades y calidades lumínicas ha sido ampliamente citada. Por ejemplo, Dennis *et al.* (1970) observaron que intensidades del orden de $430 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ con mezcla de luz fluorescente + incandescente casi doblaban el número de pedúnculos florales/planta en comparación con intensidades del orden de $220 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ en trabajos con la variedad DN 'Geneva', bajo F largo o luz continua a 24/21°C.

*En Reino Unido, Wright and Sandrang (1995) observaron una reducción en el número de coronas en la variedad 'Hapil' cuando el % de sombreado de la planta se incrementó desde el 0% al 70%, los autores sugirieron una potencial disminución del rendimiento en plantas bajo condiciones de >25% de sombreado como consecuencia de una bajada de la ramificación de la corona.

Fotoperiodo (F): Intensidad-calidad de luz

***Went (1957) había demostrado que a ciertas T, variedades SD pueden basarse en la intensidad lumínica para comportarse como plantas DN.**

***Para ello expuso plantas de la variedad 'Marshall' (SD) a luz continua (8 horas de luz solar + 16 horas de luz artificial de fuente no especificada) a 10°, 14° y 17°C e intensidades lumínicas artificiales de 72, 144, o 216 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.**

***En la temperatura más baja las plantas florecieron con independencia de la intensidad lumínica;**

***sin embargo, a 14°C las plantas florecieron solo en la intensidad lumínica más baja.**

***Las otras combinaciones de intensidad lumínica y temperatura no llegaron a producir floración.**

Fotoperiodo (F): Intensidad-calidad de luz

- *La iniciación floral en variedades SD puede regularse con la calidad de la luz (Collins, 1966; Vince-Prue and Guttridge, 1973).**
- *Estos últimos autores expusieron plantas de 'Cambridge Favourite' (SD) a luz fluorescente roja, incandescente roja o una relación 1:1 de ambas.**
- *La ampliación de F con luz incandescente roja retrasó la iniciación floral (sólo floreció el 20% de las plantas después de 17 ciclos SD).**
- *La ampliación de F con una relación 1:1 de ambas (fluorescente+incandescente) rojas produjo disminución de la iniciación floral (40% plantas florecidas después de 14 ciclos SD).**
- *La ampliación de F con luz fluorescente roja no retrasó la iniciación floral (60% plantas florecidas después de 14 ciclos SD).**

Fotoperiodo (F): Intensidad-calidad de luz

***A finales de los 90 se hicieron grandes esfuerzos para inducir floración en grandes cantidades de plantas bajo atmósfera controlada y con costes mínimos.**

Por ejemplo, plantas de la variedad SD 'Nyoho' expuestas a luz roja ($20 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, lámparas fluorescentes) durante un almacenamiento de 15 días (15°C , 8 horas F) aumentaron sus niveles de clorofila en hojas (lo que redujo el estrés post-trasplante), disminuyeron su crecimiento vegetativo y florecieron antes que plantas almacenadas en oscuridad continua (15°C) (Nishizawa *et al.*, 1997; Shishido *et al.*, 1998).

Fotoperiodo (F): Intensidad-calidad de luz

***Kirschbaum (1998), planteó que la producción de flores y frutos en invierno podría ser mejorada mediante el incremento de la intensidad de la luz a niveles entre 400 - 450 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$,**

***incluyendo fuentes de luz ricas en el espectro rojo y eficientes en el rango PAR (Photosynthetically Active Radiation): que es el rango espectral de luz solar entre 400 y 700 nanómetros (fotosíntesis), esta región se corresponde con la luz visible al ojo humano.**

Temperatura (T):

A veces usaremos T como termoperiodo

***Darrow y Waldo (1933) indicaron que T era tan importante como F en la regulación del crecimiento de la planta.**

***A T por encima de 16°C el F crítico para iniciación floral era de 10 horas o menos, mientras que a T más bajas la iniciación se produce con F mayores de 10 horas.**

***Se consideró que la latencia o reposo en algunas variedades era causada por una combinación de F cortos y bajas T. Este período de reposo fue roto mediante la exposición a T muy frías o simplemente incrementando el F diario.**

Temperatura (T):

- *La temperatura (T) condiciona la respuesta de la frutilla al F.**
- *Tanto en variedades SD como DN.**
- *T está considerado tan importante como F para la floración en altas latitudes en las que prevalecen largos F (Heide, 1977), y en latitudes ecuatoriales, en las que F es suficientemente corto para que florezca todo el año pero en las que las T son demasiado altas.**
- *Por esa razón, en las regiones ecuatoriales, la frutilla solo puede cultivarse comercialmente en tierras altas en las que las T son más bajas (p.e. Centro-sur de México).**
- *El desarrollo de variedades adaptadas a ambas situaciones extremas de latitud ha permitido la expansión de este cultivo.**
- *Por ejemplo, en los años 90 se ha producido un enorme desarrollo del cultivo de la frutilla en los países nórdicos (Finlandia, Noruega, Suecia, Dinamarca).**

Interacción F x T:

***Darrow (1936) realizó experimentos que evidenciaron que la floración en frutillas SD estaba relacionada con T. En consecuencia, esas plantas fueron clasificadas como SD-cualitativas o absolutas a altas T, y SD-cuantitativas o facultativas a bajas T (Salisbury and Ross, 1992).**

***Darrow (1936) encontró que las condiciones SD favorecían la iniciación floral e inhibían la formación de estolones, con independencia de la T. Sin embargo, la T óptima para la iniciación floral o la formación de estolones era dependiente del F.**

***Expuso plantas de 9 variedades a 3 F (<13.5, 14, y 16 h) combinados con 3 T (12°, 15.5°, y 21°C), durante 2 meses. Encontró que:**

***F (<14 horas) combinados con T de unos 15°C producían las mejores respuestas en floración.**

***A mayor F menor T era necesario para maximizar el número de flores.**

***Por el contrario, ambientes con largos F y T relativamente altas minimizaban inducción floral y promovían crecimiento vegetativo. ***

***El estolonado se inhibía a F <14 horas con independencia de T.**

Interacción F x T:

***Evidencias apoyando esos resultados de Darrow (1936) han sido continuamente publicados desde los años 30: Hartman (1947), Ito y Saito (1962), Heide (1977), Bringhurst y Voth (1981) .**

**Interacción F x T:
Ciclos inductivos**

***La percepción se va a materializar cuando transcurra un determinado número de ciclos inductivos (en la naturaleza días bajo un determinado F x T, creciente o decreciente).**

***El número mínimo de ciclos inductivos es una buena medida de la eficiencia de la interacción F x T para lograr inducción floral.**

***La inducción floral en frutilla SD ocurre tras 9-16 ciclos de F cortos entre 8 y menos de 14 horas (<14 h), y temperaturas entre 18^o-25^oC (día) y 9-16^oC (noche), aunque las temperaturas de alrededor de 15^oC (constantes) parecen ser también efectivas.**

***El número de ciclos fotoinductivos de SD necesarios para la iniciación floral en variedades SD de frutilla es muy variable, debido a las interacciones T x F, así como a factores estacionales y de pre-acondicionamiento (Guttridge, 1985).**

***El número mínimo de ciclos requeridos para la inducción floral es proporcional a la T y normalmente se sitúa entre 7 y 14, pero puede llegar a 23 o más, y es mayor a mayores T.**

***Por ejemplo, con un F de 16 horas, se necesitarán más de 16 ciclos para la inducción floral a 17^oC, pero sólo 10 a 9^oC. Del mismo modo, con un F de 8 horas, se necesitarán sólo 10 ciclos a 24^oC y más de 20 ciclos a 30^oC.**

Bajas temperaturas:

***En general, el enfriamiento natural (y/o artificial) realza el crecimiento vegetativo, reduce la inducción floral, no afecta la iniciación floral pero aumenta la diferenciación floral (Durner and Poling, 1987).**

***A medida que el enfriamiento crece se incrementa la longitud de los pecíolos, el tamaño de hojas, el número de hojas, el área foliar y la formación de estolones (Guttridge 1969; Bringhurst *et al.*, 1960).**

***Las necesidades en frío son cultivar dependientes en frutilla (Voth and Bringhurst, 1970; Darnell and Hancock, 1996; Durner *et al.*, 1986), probablemente debido a la sensibilidad al frío contrastada de sus parentales *F. virginiana* y *F. chiloensis*.**

****F. virginiana* (del norte, USA) tiene mayores exigencias en frío que *F. Chiloensis* (sur, Chile).**

Bajas temperaturas:

***En general, podemos señalar que a medida que el tiempo de enfriamiento crece la inducción floral decrece.**

***Por tanto, Durner y Poling (1988) señalaron que el enfriamiento (natural) anterior a la fecha óptima de arranque en vivero fue ventajosa para la producción precoz en regiones cálidas, mientras que el enfriamiento extra (artificial) después de la fecha óptima de arranque en vivero tuvo efectos negativos en la floración.**

***El enfriamiento artificial suministrado a plantas propagadas en el sudeste USA y California después del arranque y antes de la plantación en Florida, redujeron o no tuvieron efecto en la producción precoz (Albregts and Howard, 1974, 1977, and 1980).**

***Aunque se discute lo contrario (Bringhurst *et al.*, 1960; Bish *et al.*, 1996a; Reichart, 1973; Lieten, 1997).**

***Se discutía si el frío natural es equivalente al artificial en producción de frutilla.**

Bajas temperaturas:

***La aplicación de frío a las plantas frescas de modo artificial, en cámara frigorífica, es una práctica que pareció generalizarse a finales de los 80 pero no llegó a mantenerse y hoy día no se realiza.**

***Valenzuela e Ilic (1989) establecieron la duración en semanas de dicha práctica en 'Chandler'; con producciones superiores en almacenamiento frigorífico de 1-2 semanas respecto a 3-4 semanas.**

***Según Hennion y Bardet (1992), en 'Chandler', la planta fresca-refrigerada parecía dar buenos resultados.**

***Verdier (1987) señaló que la cámara frigorífica viene a proporcionar una adición bivalente de frío, como complemento de un déficit natural de horas-frío en vivero.**

***Sin embargo, señalaba que las horas-frío artificiales (en cámara), aunque tienen su efecto, no son homologables a las acumuladas en pleno campo.**

***Bailey y Rossi (1964), eran de la misma idea afirmando que la acumulación de frío natural es más eficaz que el recibido durante el almacenamiento frigorífico.**

***Por contra, Risser y Robert (1993) señalaban, que el frío actúa en la fisiología de las plantas de igual modo tanto si es aplicado antes o después del arranque de las plantas en vivero.**

Bajas temperaturas:

***Con objeto de estudiar el comportamiento productivo de plantas frescas de la variedad 'Chandler', sometidas a diferentes regímenes de horas-frío naturales y artificiales, se realizó un ensayo durante tres campañas de cultivo en diferentes condiciones de horas-frío en vivero de altura y fechas de arranque y plantación (con y sin frío adicional en cámara frigorífica) (Medina Mínguez et al., 1994).**

***El frío adicional consistía en almacenamiento frigorífico a 3°C durante una semana, inmediatamente después del arranque en vivero y plantación en la costa de Huelva sin solución de continuidad.**

***Nuestros resultados mostraron el cultivar 'Chandler' no parecía mejorar sus condiciones de productividad respecto al material vegetal en similares condiciones de vivero que no pasó por frío adicional en almacenamiento frigorífico previo al trasplante.**

Bajas temperaturas:

***En general se entiende por horas-frío, las transcurridas en vivero a temperaturas por debajo de + 7°C (Faedi et al., 1986; Himelrick y Galletta, 1990; Noto, 1975; Verdier, 1987), aunque otros autores sitúan el umbral en + 6°C (Nestby, 1978).**

***No obstante, el método clásico de horas bajo + 7°C, aún siendo un valor indicativo para el estudio de las necesidades de frío de las especies frutales, dista mucho de ser satisfactorio (Egea, 1989).**

***El momento idóneo para la recolección de los estolones es cuando se produce la parada vegetativa después de haber recibido un número determinado de horas-frío (Verdier, 1987).**

***Los cultivares de origen californiano tienen en general menores exigencias en horas-frío que los de origen europeo (Noto, 1975).**

***Así, se consideraba que 'Tioga' requería una media de 400 horas, 'Douglas' sólo 200 horas, y 'Chandler' prácticamente no tenía requerimientos de frío.**

***El paulatino delante de la fecha de plantación (y arranque en vivero) buscando cosechas más precoces en zonas de clima templado ha hecho que el conocimiento de las exigencias en horas frío de las variedades recientes sea muy escaso.**

**Bajas temperaturas:
LATENCIA**

- *Sabemos como en otoño, la exposición a T frías y F cortos produce inducción floral, desarrollo de coronas secundarias, reducción de superficie foliar y,**
- *Después de un período inductivo prolongado de días cortos, las plantas entran en latencia o reposo.**
- *La duración de las condiciones inductivas necesarias para entrada en reposo no se ha cuantificado, pero puede ser del orden de 4 a 6 semanas (Guttridge, 1985).**
- *Sin embargo, este período parece ser cultivar dependiente y puede ser mas corto para algunas variedades (Durner et al., 1986).**
- *La latencia en frutilla es controlada sólo por condiciones externas (ectodormancia), tales como T y F; las plantas en latencia (reposo) pueden reanudar el crecimiento cuando las condiciones ambientales son favorables (Saure, 1985).**
- *Las plantas latentes mantienen hojas verdes y capacidad de crecimiento si el ambiente permanece soportable.**

**Bajas temperaturas:
LATENCIA**

***Sin embargo, el desarrollo vegetativo de las plantas en latencia está muy disminuido; los pecíolos son cortos, las hojas pequeñas, las inflorescencias emergentes pequeñas, no se forman estolones y el continuo crecimiento proporciona nuevos puntos que hacen formar luego nuevas inflorescencias.**

***Las plantas en latencia responden a los cambios en F y T en la misma forma general de las plantas no latentes pero en un menor grado (Guttridge, 1985).**

***Una completa satisfacción de las necesidades de frío promueve un crecimiento vegetativo vigoroso, y una rápida formación de hojas, incrementa la longitud de los pecíolos, aumenta la superficie foliar e incrementa la formación de estolones así como la inhibición de la inducción floral.**

***Después del enfriamiento, los pecíolos crecen con mayor longitud, las hojas se hacen mayores, y las inflorescencias emergentes son mayores, los estolones se inician más fácilmente en nuevos puntos axilares y se inhiben nuevas inflorescencias o se inhiben más fácilmente que en plantas latentes.**

**Bajas temperaturas:
LATENCIA**

- *Las variedades tienen una amplia variabilidad en necesidades de frío para su liberación de la latencia. La respuesta es de tipo cuantitativo. Hay pocos datos sobre el efecto del enfriamiento en el número de flores o frutos por inflorescencia.**
- *En ausencia de suficiente enfriamiento, las plantas latentes de frutilla tienen un bajo vigor vegetativo, pecíolos cortos y pequeños folíolos y rinden poco.**
- *En ausencia de bajas T, el período de reposo en algunas variedades de frutilla puede romperse alargando el período de luz diario.**
- *También, variedades del sur USA (Florida) o regiones similares (Israel) crecen adecuadamente a T relativamente bajas bajo SD y aparentemente tienen un pequeño o ningún período de reposo.**
- *El crecimiento durante SD de octubre, noviembre y diciembre (hemisferio norte), se considera como una indicación de una adaptación regional de la variedad;**
- *la mayoría de las variedades de zonas templadas crecen pobremente en esa época del año y entran en un período de reposo, mientras que las variedades adaptadas al sur de USA crecerán adecuadamente si las T son suficientemente cálidas.**

**Bajas temperaturas:
LATENCIA**

***Un adecuado enfriamiento lleva a una estación prolongada de fructificación porque la iniciación de flores continúa durante el invierno (si es suficientemente dulce para el crecimiento) y la primavera hasta terminar por la longitud del día y/o altas temperaturas del verano.**

***Por ejemplo, algunas variedades que son de cosecha única en regiones del norte de Estados Unidos fructifican en una larga estación en Florida y en algunas circunstancias en California donde los inviernos son dulces. Ver ejemplo en Finlandia, Polonia, Valle del Po, Campania y Sicilia (Italia).**

***En las plantas SD el posterior desarrollo de flores iniciadas normalmente necesita algún período de enfriamiento con temperaturas por debajo de unos 10°C.**

***Estas necesidades de enfriamiento varían según genotipos y, en parte, determinan la adaptación a los sistemas de invierno/primavera en California, Florida, Méjico y otras regiones así como en los sistemas de forzado bajo invernadero o túneles de plástico de Japón y Europa (Hancock et al., 1990).**

***Generalmente, las variedades adaptadas a las zonas de mayor latitud tienen mayores necesidades de enfriamiento que las de zonas de menor latitud.**

**Bajas temperaturas:
LATENCIA**

***Las variedades difieren sustancialmente en la duración de sus períodos de reposo (Scott y Lawrence, 1975).**

***Las variedades SD originarias del sur crecen bajo días cortos a una temperatura relativamente baja de crecimiento y necesitan un período pequeño de reposo o ningún reposo.**

***Las variedades del norte crecen muy poco bajo los días cortos, si primero se exponen a períodos de luz de día corto, necesitan un período de latencia de baja temperatura para romper su período de reposo (Darrow, 1966).**

***Las plantas EB y DN se benefician mas del enfriamiento que las plantas SD (Voth, 1991).**

***Bringhurst et al. (1989) están de acuerdo en que las reflorecientes tienen una necesidad bastante alta de enfriamiento**

Sin embargo, las plantas DN tienen menos necesidad de enfriamiento que las reflorecientes.



Ing. E. Bardón
20-9-1999







V. Voth
20-9-1992

CONTROL HORMONAL DEL CRECIMIENTO VEGETATIVO Y REPRODUCTIVO EN FRUTILLA

Los reguladores de crecimiento son piezas claves en el control de varios procesos en el ciclo de la vida de las plantas de frutilla. Veremos los efectos de las hormonas más importantes: giberelinas, citoquininas, auxinas, ácido abscísico, y etileno en frutilla.

GIBERELINAS: (GA)

GIBERELINAS: (GA) en hojas

***Las giberelinas (GA) son probablemente las hormonas más estudiadas en frutilla y suelen asociarse con la promoción del crecimiento vegetativo (Guttridge and Thompson, 1959; Guttridge, 1985). No obstante, la mayoría de los estudios relacionados con GA se basan en la respuesta de la planta a aplicaciones exógenas.**

***Las aplicaciones de GA incrementan la longitud de pecíolos incluso en F simulando el efecto de F largo en el crecimiento de pecíolos (Guttridge and Thompson, 1964; Tafazoli and Vince-Prue, 1978; Tehranifar and Battey, 1997).**

***Además, cuanto mayor es la concentración de GA aplicado más rápida es la tasa de crecimiento del pecíolo (Porlingis and Boynton, 1961b; Choma and Himelrick, 1984).**

***La expansión y número de hojas también incrementa con la aplicación de GA (Waithaka *et al.*, 1978); Tafazoli and Shaybany, 1978), con resultado de un incremento del área foliar (Tafazoli and Vince-Prue, 1978; Waithaka *et al.*, 1978).**

***Los pesos frescos y secos de hoja son mayores en plantas tratadas con GA en comparación con los controles no tratados (Tafazoli and Shaybany, 1978; Weidman and Stang, 1983).**

GIBERELINAS: (GA) en estolones

- *La aplicación de GA exógeno promueve la formación de estolones en frutilla. Se absorbe a través de las hojas y se transloca hacia las yemas axilares.**
- *Si eso ocurre en condiciones de en F largos mas yemas axilares desarrollarán en estolones que en F cortos (SD) (Porlingis and Boynton, 1961b).**
- *Por lo tanto, mayores cantidades de GA son necesarias para realizar una promoción significativa de estolones durante F cortos (Blatt and Crouse, 1970; Tafazoli and Vince-Prue, 1978).**
- *Los efectos de GA en la producción de estolones son cultivar dependientes.**
- *La promoción de estolones mediante la aplicación de GA ha sido señalada en variedades SD, DN y LD (Moore and Scott, 1965; Dennis and Bennett, 1966; Braun and Kender, 1985; Dale *et al.*, 1996).**
- *Además del número de estolones, incrementa la longitud (Leshem and Koller, 1966) y la ramificación (Singh *et al.*, 1960) de los filamentos estoloníferos y el número de plantas hijas (Dennis and Bennett, 1969; Franciosi *et al.*, 1980; Choma and Himelrick, 1984).**

GIBERELINAS: (GA) en coronas

- *La longitud del eje principal (corona, tallo) se incrementa con la aplicación de GA (Foster and Janick, 1969).**
- *La elongación de la corona por aplicación de GA es cultivar dependiente (Weidman and Stang, 1983).**
- *La elongación de la corona puede llegar a ser tan pronunciada que las plantas pueden llegar a perder su típico hábito en roseta (Guttridge, 1985).**

GIBERELINAS: (GA) en pedúnculos

- *El GA exógeno incrementa la longitud del pedúnculo (Jonkers, 1965; Leshem and Koller, 1966). Dicha elongación puede ser de tal magnitud que los ramilletes florales se proyectan por encima del follaje (Guttridge, 1985; Tehranifar and Battey, 1997).**
- *La elongación del pedúnculo sigue el mismo modelo que otras partes sensibles al GA (pecíolos, estolones, y coronas).**
- *La extensión de los entrenudos del pedúnculo en invierno tras la aplicación de GA era similar a la observada en verano sin aplicación de GA. Por ello, se sugirió una cierta relación entre el nivel endógeno de GA y el F (Foster and Janick, 1969).**

GIBERELINAS: (GA) flores y producción de frutos

***Posiblemente, las bajas T promueven la biosíntesis endógena de GA (Uematsu and Katsura, 1983) a tales niveles que el crecimiento de las flores inducidas es acelerado.**

***Por tanto, el GA exógeno se ha señalado como acelerador de la iniciación floral y desarrollo floral.**

***Algunas de las respuestas beneficiosas al GA relacionadas con el fruto son el acortamiento del período entre plantación y primera recolección, incremento del rendimiento precoz y total, del número de frutos y la duración del período de cosecha; sin embargo, el peso del fruto puede verse reducido (Singh *et al.*, 1960; Tehranifar and Battey, 1997).**

***Choma and Himelrick (1984) observaron que GA aplicado a variedades SD, DN y LD incrementó el peso y el número de los frutos durante el año siguiente al tratamiento,**

***Aunque la respuesta contraria era la esperada si la concentración de GA fuese demasiado alta (Dennis and Bennett, 1969; Weidman and Stang, 1983; Tehranifar and Battey, 1997).**

***Algunas variedades SD produjeron el mayor número de flores cuando fueron expuestas a luz continua y tratadas con GA (Tafazoli and Vince-Prue, 1978).**

GIBERELINAS: (GA) y producción de frutos

***La producción precoz debida a la aplicación de GA fue atribuida a una aceleración de la maduración, asociada con la concentración de GA. Por lo tanto, dentro de un rango limitado de concentración de GA, a mayor concentración mayor precocidad de cosecha (Turner, 1963).**

***Sin embargo, aplicaciones repetidas de GA, o una aplicación de GA en condiciones cálidas, puede causar una elongación excesiva del receptáculo carnoso, produciendo disminución en el tamaño y/o malformaciones del fruto (Castro *et al.*, 1976; Tehranifar and Battey, 1997).**

***Algunos autores han señalado un incremento en el número de flores tras una aplicación de GA en spray, pero en muchos casos todas las flores abortaron (Porlingis and Boynton, 1961b; Guttridge, 1985; Jonkers, 1965).**

***Castro *et al.* (1976) y Smith (1960) observaron un incremento en la producción precoz y total en plantas SD con 3 aplicaciones de GA a baja dosis.**

***El tiempo entre la aplicación de GA y la floración se redujo significativamente cuando plantas SD fueron tratadas con GA bajo condiciones de día corto (Smith *et al.*, 1961; Jonkers, 1965).**

GIBERELINAS: (GA) y producción de frutos

***Para inducir una producción precoz, Leshem and Koller (1966) sugirieron la aplicación de un tratamiento de 50 ppm de GA cuando los primordios foliares fuesen perceptibles.**

***Algunos agricultores de Argentina, Italia y Japón incluyen GA en sus practicas de cultivo para promover cosechas más precoces (Kirschbaum, 1998; Oda, 1991). Giberelinas combinadas con otros reguladores de crecimiento también incrementa la producción precoz (Maroto *et al.*, 1993; Lopez-Galarza *et al.*, 1990, 1993).**

***Por lo tanto, el GA puede ser importante para el crecimiento continuado de flores inducidas y consecuente frutificación. Aunque está prohibido su uso en los Reglamento Oficiales de Producción Integrada como el que se realiza en la costa de Huelva.**

***El uso de GA está permitido en cultivo convencional en Huelva (España), pero está considerado como práctica prohibida en el Reglamento Oficial de Producción Integrada.**

INHIBIDORES DE GA:

***El papel del GA en el crecimiento y desarrollo de la frutilla ha sido ilustrado mediante el uso de inhibidores de biosíntesis de GA.**

***Kirschbaum (1998), realizó una magnífica y completa revisión de las diferentes formulaciones químicas de inhibidores de la biosíntesis de GA usadas comercialmente para reducir el crecimiento y desarrollo de las plantas (retardantes).**

***A efectos prácticos sólo el PACLOBUTRAZOL se ha utilizado como retardante del crecimiento en frutilla. Por su mayor eficiencia, paclobutrazol sustituyó al CCC, que fue muy estudiado en el pasado en frutilla (Sachs and Iszak, 1974; McArthur and Eaton, 1987).**

***Dado que paclobutrazol reduce el crecimiento vegetativo su uso en frutilla se suponía que iría a promocionar la producción principalmente al principio de la campaña.**

***En general, la cantidad de reducción del crecimiento aumentaba de forma cuadrática o lineal en relación con la dosis de paclobutrazol (Deyton *et al.*, 1991; Bish *et al.*, 1996b).**

***Aplicaciones de paclobutrazol (100 to 300 ppm) incrementa el peso medio del fruto y los rendimientos precoces y totales de frutilla (Bish *et al.*, 1996b; Deyton *et al.*, 1991; McArthur and Eaton, 1987). No se ha impuesto en absoluto como práctica de cultivo.**

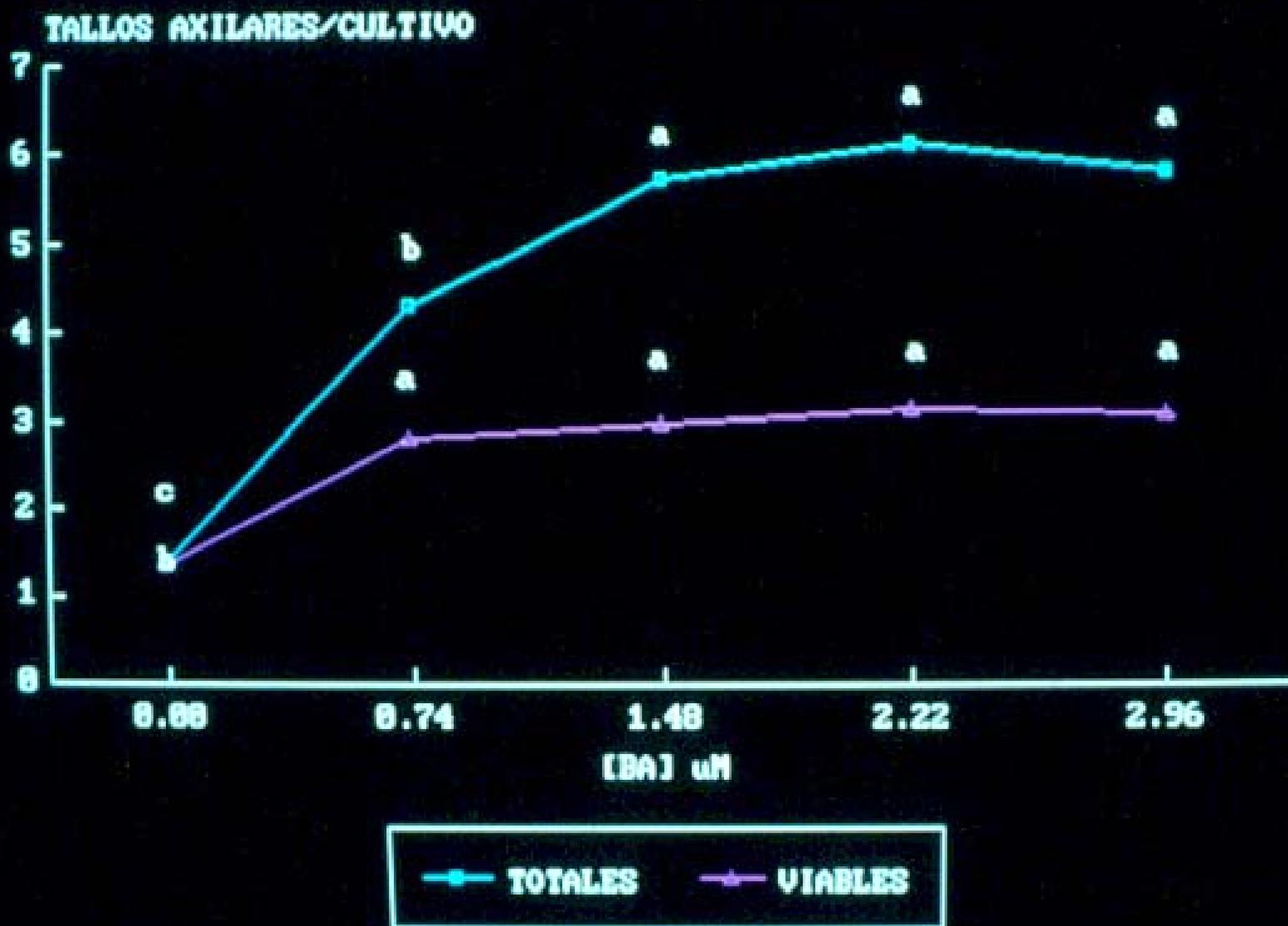
CITOQUININAS: CK en hojas

***El acortamiento y engrosamiento de los pecíolos y la reducción del área foliar fueron los cambios morfológicos más notables inducidos con la aplicación de CK en plantas de frutilla.**

***Dichos efectos eran mayores con incremento de dosis de CK (Waithaka *et al.*, 1978; Weidman and Stang, 1983).**

***Marcotrogiano *et al.* (1984) y otros muchos autores incrementaron la proliferación de tallos axilares in vitro cuando se aplicaba CK. ES MI TESIS DOCTORAL.**

NIVELES OPTIMOS BA. CHANDLER. PG17
Resultados medios de 8 subcultivos



CITOQUININAS: CK en estolones

***En general, cuando se aplica CK en condiciones de largo F y a niveles de T del orden de 30°/15°C (día/noche) se produce un incremento del estolonado (Waithaka and Dana, 1978; Braun and Kender, 1985; Pritts *et al.*, 1986; Hasse *et al.*, 1989; Dale *et al.*, 1996) y un incremento de ramificación de los filamentos estoloníferos (Waithaka and Dana, 1978).**

***Sin embargo, diferentes variedades, con independencia de su tipo varietal, responden de manera diferente a la aplicación de CK exógeno (Biañ and Guitman, 1979; Braun and Kender, 1985; Kender *et al.*, 1971).**

***Pritts *et al.* (1986) incrementaron el estolonado con un único tratamiento de CK pero lo disminuyeron cuando la misma cantidad de hormona se repartía en varias aplicaciones.**

***CK reduce la elongación y promueve el engrosamiento de entrenudos de los estolones, debido a un incremento en el número y tamaño de las células (Waithaka *et al.*, 1978).**

CITOQUININAS: CK en coronas y raíces

***Las aplicaciones de CK promueven la formación de multicoronas en frutilla (Weidman and Stang, 1983; Archbold and Strang, 1986), aunque el diámetro de cada corona (Dale *et al.*, 1996) y su peso fresco (Braun and Kender, 1985) se ven negativamente afectados.**

***El crecimiento de raíces se ve negativamente afectado por tratamientos con CK. Tanto en variedades SD como LD (Waithaka and Dana, 1978; Weidman and Stang, 1983).**

CITOQUININAS: CK en producción de frutos

***El número de inflorescencias se incrementó en variedades LD como resultado de la formación de mas coronas por planta con la aplicación de CK (Waithaka and Dana, 1978).**

***Además, se ha señalado que CK incrementa el número de yemas florales, pero grandes concentraciones de esta hormona han resultado en disminución del peso del fruto (Archbold and Strang, 1986; Pritts *et al.*, 1986; Hasse *et al.*, 1989).**

MEZCLAS DE GIBERELINAS Y CITOQUININAS: GA+CK

- *Estudios in vivo han planteado la hipótesis de que CK despierta a las yemas axilares del estado de dormancia y luego GA participa en la promoción de elongación de esas yemas que desarrollarán en estolones bajo condiciones LD (Kender *et al.*, 1971).**
- *Posteriores estudios han apoyado esta hipótesis (Waithaka and Dana, 1978; Braun and Kender, 1985; Dale *et al.*, 1996; Kahangi *et al.*, 1992).**
- *Weidman y Stang (1983) señalaron que frutillas SD tratadas con una mezcla de GA-CK produjeron un menor número de botones florales en comparación con los controles sin tratar.**
- *También se ha observado reducción del calibre comercial del fruto después de aplicaciones de GA-CK (Lopez-Galarza *et al.*, 1990, 1993).**
- *Dale *et al.* (1996) recomendaron el uso de mezclas de GA-CK para incrementar la producción de plantas hijas en variedades DN de frutilla.**
- *El beneficio del uso de mezclas GA/CK permanece oscuro debido a los resultados inconsistentes aportados por la literatura científica.**

MEZCLAS DE GIBERELINAS Y CITOQUININAS: GA+CK

***De hecho nuestros resultados RAEA de 2 años (2007 y 2008) señalan la inexistencia de efecto agronómico algunos:**

**en caracteres de producción precoz y total y
en caracteres de calidad de fruto (firmeza y contenido en azúcares) y
de calidad post-cosecha (resistencia al magullado, frescura de cáliz y % de frutos podridos).**

***Cuando se comparan controles sin tratar de cuatro importantes variedades SD: 'Camarosa', 'Candongga', 'Coral' y 'Ventana', cultivadas en macrotúnel, con dos fechas distintas de plantación: 4 y 19 de octubre, frente a tratamientos de Prometin (GA+CK) a diferentes dosis y fechas de aplicación (Medina-Mínguez et al., 2008).**

***Además el uso de mezclas GA+CK no está registrado-autorizado para el cultivo de la frutilla en España.**

ETILENO (ETHEPHON)

***El papel del etileno en el crecimiento vegetativo y reproductivo de la frutilla sigue siendo difícil de entender y, debido a los resultados contradictorios, no se ha conseguido aún un uso práctico de ese compuesto (Kirschbaum, 1998).**

OTROS REGULADORES

***ABA parece ser más importante en el control del desarrollo del fruto que en el crecimiento de la planta.**

***Los efectos de la aplicación de ABA en frutilla son inconsistentes.**

***La relación ABA-auxina podría ser parte de la señal que dispara la maduración del fruto en frutilla (Perkins-Veazie, 1991 and 1995).**

***Puesto que se ha registrado una acumulación de ABA y una reducción de auxina en los receptáculos y aquenios de los frutos en maduración (Archbold and Dennis, 1984).**

***En efecto: las auxinas están consideradas como reguladores clave en la maduración de la frutilla ya que se ha observado una reducción del nivel auxínico en el fruto cuando su crecimiento queda completado (Archbold and Dennis, 1984; Perkins-Veazie, 1995).**

***Tamién, se ha determinado una marcada reducción de la auxina endógena en el momento de la inducción floral en frutilla, como resultado de la propia inducción floral mas que como factor causante de la misma (Moore y Hough, 1962).**

***El fruto de frutilla y el desarrollo está controlado por el AIA (ácido indol acético), auxina natural sintetizada en los aquenios (Mudge *et al.*, 1981; Nitsch, 1950).**

***Acido naftalén acético (NAA) y naftoxiacético (NOA) aplicados reemplazan el IAA en frutos sin aquenios (Mudge *et al.*, 1981), y en frutos con polinización deficiente (Lopez-Galarza, *et al.*, 1990), reduciendo el % de frutos malformados.**

***La aplicación de auxinas puede ser importante para incrementar el rendimiento comercial en situaciones de bajas temperaturas invernales (Castro *et al.*, 1976), movimiento limitado de aire, y/o falta de insectos polinizadores, que son los factores que impiden la síntesis de auxina y reducen el desarrollo del fruto (Hancock, 1998).**

CONTROL DE LOS HIDRATOS DE CARBONO POR F Y T EN PLANTA DE FRUTILLA:

- A) EFECTOS DE F Y T EN LA COMPOSICIÓN DE CARBO-HIDRATOS**
- B) VARIACIONES ESTACIONALES EN LA COMPOSICIÓN DE CARBO-HIDRATOS**
- C) CONCENTRACIÓN DE CARBOHIDRATOS Y CALIDAD DE PLANTA**

A.- EFECTOS DE F Y T EN LA COMPOSICIÓN DE CARBO-HIDRATOS Y REPARTO EN LOS ÓRGANOS DE LA PLANTA

***El F y T son los factores principales que afectan la composición y concentración de hidratos de carbono y su reparto en los órganos de la planta de frutilla; también afectan la nutrición nitrogenada y el propio genotipo (Bringhurst *et al.*, 1960; Durner *et al.*, 1984).**

***La mayoría de los trabajos sobre el metabolismo de carbohidratos en frutilla están dedicados a los solubles (fructosa, glucosa, y sacarosa) y a los insolubles (almidón).**

***Durner *et al.* (1984) determinaron que el nivel total de carbohidratos no estructurales en hojas expuestas a largos F era mayor que en hojas expuestas a cortos F (9% frente a 6,6%, respectivamente).**

***Greve (1936) señalaba que un tratamiento F de 11 horas (F corto) aplicado durante 40 días a la variedad SD 'Howard 17' indujo floración y también una acumulación de hidratos de carbono totales en raíces (29,8% de masa seca), en comparación con plantas creciendo en las condiciones del verano de Maryland (USA) (largo F), que no florecieron y acumularon menos hidratos de carbono totales en raíces (22,3% de masa seca).**

***Maas (1986) señalaba que F cortos (8-12 horas) y baja temperatura (10°C) eran más favorables para la acumulación de almidón en raíces que los F largos (16 horas) y temperaturas mas altas (15°C).**

***Le Miere *et al.* (1996) establecieron que la concentración de almidón en raíces en la variedad 'Elsanta' estaba modulada por la T más que por el F. Observaron una relación inversa entre temperatura y acumulación de almidón en raíces.**

***Se ha observado un descenso en los niveles de fructosa, glucosa y sacarosa en raíces, coronas, y hojas después de 16 días de exposición a oscuridad continua a 15°C o F corto a 27°/15°C (día/noche) y un correlativo notable incremento de almidón en las raíces y en las coronas (Nishizawa *et al.*, 1997).**

B.-VARIACIONES ESTACIONALES EN LA COMPOSICIÓN DE CARBO-HIDRATOS Y REPARTO EN LOS ÓRGANOS DE LA PLANTA: ALMIDON-AZÚCARES

***Mann (1930), encontró que contenido de almidón en raíces variaba desde pequeñas cantidades durante mediados de verano (período de producción activa de estolones) hasta máximos niveles en invierno.**

***Determinó que la tasa de acumulación de almidón incrementaba desde otoño a invierno, un tiempo en el que las células se llenan enteramente con almidón y las plantas comienzan a pararse fisiológicamente (dormancia o latencia).**

***Long (1935), estableció que los carbohidratos solubles (azúcares) producidos en las hojas eran enviados a las raíces y a las coronas para su almacenamiento como almidón durante el otoño, cuando el almidón radicular puede suponer un 75% del almidón total de la planta.**

***Como consecuencia de la reanudación del crecimiento de la planta con las temperaturas más altas y el mayor F en el final del invierno-inicios de primavera, la concentración de carbohidratos solubles (azúcares) en hojas incrementa debido a la degradación del almidón.**

HAY UN PASO DE AZUCARES A ALMIDON Y DE ALMIDON A ZUCARES

EN EFECTO:

- *En acuerdo con Nishizawa and Hori (1989), los carbohidratos incrementan en las raíces y coronas de frutilla desde el final del verano al inicio del invierno.**
- *Simultáneamente, los niveles de carbohidratos en hojas y ápices caen en el mismo período.**
- *Al final del invierno, el almidón comienza a hidrolizarse y los hidratos de carbono solubles son removilizados a los tejidos aéreos (Mann, 1930; Long, 1935).**
- *Posiblemente, la alta demanda de los órganos sumidero, como las flores ya polinizadas, induce el agotamiento de los carbohidratos en las raíces. Darnell y Martin (1988) señalaron un 43% de incremento de fructosa y glucosa en flores de 'Fern' (DN) 144 horas después de la polinización.**
- *No obstante, Kirschbaum (1998) insiste que aunque la latencia y la inducción floral en frutillas SD están controladas por F cortos y bajas T, la relación entre la composición de hidratos de carbono en la planta y la repartición a dormancia y/o inducción floral esta aún poco clara.**

C.-CONCENTRACIÓN DE CARBOHIDRATOS Y CALIDAD DE PLANTA DE VIVERO

***La concentración de carbohidratos en raíces y coronas es un factor importante para determinar la calidad de las plantas de frutilla en el momento del transplante.**

***Tras observar que la ubicación del vivero y la fecha de arranque tienen un profundo efecto en el comportamiento de las plantas en campo de fructificación, se prestó una gran atención al status del almidón en las raíces.**

***Bringhurst *et al.* (1960) señalaron que las plantas multiplicadas en latitudes o altitudes más altas, o arrancadas en el invierno temprano, eran más vigorosas que las obtenidas en menores latitudes/altitudes, o arrancadas más temprano en el otoño.**

***Esos contrastes se podían relacionar posiblemente con la gran cantidad de frío recibido por las plantas que crecían en latitudes o altitudes más altas, o arrancadas temprano en el invierno.**

***La capacidad de las plantas para mantener su productividad tras períodos de almacenamiento frigorífico se asoció al nivel de carbohidratos encontrado en las raíces (Bringhurst *et al.*, 1960; Freeman and Pepin, 1971; Cieslinski and Borecka, 1989; Lieten, 1997a; Schupp and Hennion, 1997).**

***Bringinghurst et al. (1960) señalaron que la calidad de los frutos (tamaño y firmeza) de las plantas arrancadas en noviembre era consistentemente inferior que las arrancadas en diciembre.**

***Freeman y Pepin (1971) observaron la misma tendencia en arranques a mediados de octubre en comparación con plantas arrancadas a finales de noviembre o principios de diciembre en Canadá. Esas plantas eran enfriadas a -1°C y plantadas en la misma fecha. INICIOS DEL CULTIVO GREENPLANTAS CANADA / FLORIDA. El contenido de almidón en raíces y el vigor de la planta resultaron mucho más inferiores en otoño que invierno.**

***Los aspectos visuales de las plantas multiplicadas en ambientes fríos o cálidos son frecuentemente similares, el análisis del almidón en raíces y coronas parece ser un método exacto para predecir futuros comportamientos en campo.**

***El contenido en almidón en raíces puede ser estrechamente relacionado con el vigor de la planta en el trasplante.**

***El vigor de las plantas en el trasplante puede ser estrechamente relacionado con la capacidad de un rápido enraizamiento tras el trasplante.**

***Hay una elevada evidencia de que la rizogénesis en frutilla puede ser correlacionada con los niveles altos de carbohidratos en las raíces.**

***El nivel de almidón y carbohidratos solubles son sensibles al F y a las temperaturas, haciendo a estos carbohidratos adecuados para estudios destinados a establecer una conexión entre señales agroambientales y respuestas de planta.**

***F cortos y bajas temperaturas promueven inducción floral y dormancia (latencia) en variedades SD.**

***Las necesidades para la inducción floral se cubren con unos pocos ciclos de baja temperatura y F corto, mientras que el inicio de la dormancia (o latencia) se produce después de una exposición más prolongada de las plantas a esos factores.**

***En F cortos y T basas, se observa ascenso del nivel de almidón y descenso de carbohidratos solubles en las raíces, sugiriendo que hay una correlación entre los cambios en carbohidratos y la floración y/o dormancia.**

***Además, la rizogénesis y el rendimiento en cosecha fueron correlacionados positivamente con el nivel inicial de almidón en raíces, lo que es muy importante desde el punto de vista agronómico.**

***El problema para estudiar los cambios en los carbohidratos en frutilla es que el almidón también tiende a acumularse en las raíces como respuesta a las necesidades de dormancia (latencia), por lo que es difícil diferenciarlo de las necesidades para floración.**

TRANSICIÓN DESDE EL ESTADO VEGETATIVO AL REPRODUCTIVO. TRANSMISIÓN DEL ESTÍMULO FLORAL

***Hamner y Bonner (1938) establecieron que la percepción del F se producía en las hojas.**

***Además, determinaron que las hojas totalmente expandidas eran más efectivas para percibir el estímulo del F que las hojas en expansión.**

***Hartmann (1947) estudió la inducción floral mediante la exposición a SD de una hoja, 50% de la superficie foliar y 100% de la superficie foliar, mientras que el resto de la planta se mantenía en condiciones LD. La floración se produjo en los 3 casos en la misma semana, pero a mayor superficie foliar mayor fue la respuesta en floración.**

TRANSICIÓN DESDE EL ESTADO VEGETATIVO AL REPRODUCTIVO. TRANSMISIÓN DEL ESTÍMULO FLORAL

MODELO DE PROMOTOR DE FLORACIÓN:

***Varios estudios de los años 30 (Chajlachjan, 1936; Borthwick and Parker, 1938; Hamner and Bonner, 1938) propusieron que cuando las plantas se exponen a F inductivos (cortos) se produce una sustancia 'florigénica'.**

***Debido a que la percepción del F ocurrían en las hojas y la inducción floral en las yemas, se atribuyó a la una hormona ser dicha sustancia 'florigénica'.**

***La supuesta hormona 'florigénica' debería ser traslocada desde la antena del F (hojas) a los puntos de crecimiento activo de la planta (meristemas).**

***En los años 40, los fisiólogos comenzaron a buscar esa hormona 'florigénica' en frutilla.**

***Hartmann (1947) teniendo en cuenta lo observado en la diapositiva anterior, especuló con que la frutilla tras percibir un número suficiente de ciclos de día corto liberaba una sustancia 'florigénica' que era traslocada hacia los meristemas, que entonces se sometían a una transición desde vegetativos a reproductivos. Propuso que a medida que más hojas eran expuestas a SD, se liberaba más sustancia 'florigénica' (es decir la respuesta al F era cuantitativa).**

TRANSICIÓN DESDE EL ESTADO VEGETATIVO AL REPRODUCTIVO. TRANSMISIÓN DEL ESTÍMULO FLORAL

MODELO DE INHIBIDOR DE FLORACIÓN:

***Esta teoría (Guttridge, 1959), señalaba que durante F largos, las plantas no florecerían porque estaba presente en gran concentración un inhibidor floral.**

***Por tanto, bajo F cortos, la cantidad relativa de inhibidor disminuía permitiendo expresarse un promotor floral. Este presunto inhibidor floral era un promotor también de crecimiento vegetativo.**

***La edad de la hoja podía ser importante desde el punto de vista de la promoción floral en especies SD como la fresa. Recuérdese: hojas totalmente expandidas eran más sensibles a la percepción del F que las hojas jóvenes en pleno despliegue (Hamner and Bonner, 1938).**

TRANSICIÓN DESDE EL ESTADO VEGETATIVO AL REPRODUCTIVO. TRANSMISIÓN DEL ESTÍMULO FLORAL

MODELO DE INHIBIDOR DE FLORACIÓN:

***Thompson y Guttridge (1960) estudiaron los efectos de la edad de la hoja en la inhibición floral.**

***Las conclusiones fueron:**

- a) las hojas maduras inhiben la floración, pero si las hojas jóvenes estuvieran presentes podrían competir con las yemas por el inhibidor, haciendo esa inhibición más débil;**
- b) la floración fue controlada por un inhibidor sintetizado por las hojas cuando éstas eran expuestas a la luz;**
- c) la hormona 'florigénica' propuesta por Hartmann (1947) no se producía en las hojas.**

En los años 60, los investigadores trataron de identificar el inhibidor floral.

El mejor candidato para ocupar el lugar de 'inhibidor floral fue el GA (ácido giberélico), (Guttridge, 1985).

TRANSICIÓN DESDE EL ESTADO VEGETATIVO AL REPRODUCTIVO. TRANSMISIÓN DEL ESTÍMULO FLORAL

MODELO DE PROMOTOR vs INHIBIDOR DE FLORACION:

***En conclusión (Kirschbaum, 1998), la hipótesis de que la floración en frutilla está asociada con una sustancia translocable inhibidora de la floración y promotora del crecimiento vegetativo, parece tener más base científica que la hipótesis del promotor de floración. Pero realmente ninguna hipótesis sobre la existencia de un estímulo floral ha sido aún probada.**

LD

Hojas maduras (fuente del inhibidor 'I')



Síntesis acrecentada de 'I'



Translocación de 'I' a través del floema junto con los carbohidratos



No floración (promotor floral reprimido)

SD

Hojas maduras (fuente del inhibidor 'I')



Síntesis reducida de 'I'



La cantidad translocada de 'I' no es eficaz para la inhibición floral



Floración (promotor floral no reprimido)

Esquema del mecanismo de control de la floración en frutilla de acuerdo con el modelo del inhibidor floral (Guttridge 1959a, b). Transcripción de Kirschbaum (1998).

TRANSICIÓN DESDE EL ESTADO VEGETATIVO AL REPRODUCTIVO. TRANSMISIÓN DEL ESTÍMULO FLORAL



Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera
CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y PESCA

**CURSO “EL CULTIVO DE LA FRUTILLA: AVANCES TECNOLOGICOS”
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE**

30 JUNIO 2008

IFAPA

**INSTITUTO ANDALUZ DE INVESTIGACION Y FORMACION AGRARIA, PESQUERA,
ALIMENTARIA Y DE LA PRODUCCION ECOLÓGICA
(IFAPA).**

FISIOLOGIA Y ANATOMIA DE LA PLANTA DE FRUTILLA

6. RECAPITULACION ALGUNAS CONCLUSIONES

José Manuel López Aranda

Centro IFAPA Churriana (Málaga). Cortijo de la Cruz s/n. 29140 Churriana, Málaga (España)



Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera
CONSEJERÍA DE INNOVACIÓN, CIENCIA Y EMPRESA

- *El proceso de multiplicación vegetativa y reproductiva de frutilla está fuertemente relacionado con el fenotipo.**
- *La inducción floral en frutilla SD ocurre tras 9-16 ciclos de F cortos entre 8 y menos de 14 horas (<14 h) y temperaturas entre 18°-25°C (día) y 9-16°C (noche).**
- * F largo y/o frío promueve la posterior iniciación floral y el desarrollo.**
- *Las necesidades en F y T para iniciación floral y desarrollo floral parecen ser diferentes de las necesidades para inducción floral.**
- *Aparentemente, F largos (>14h) en general y temperaturas entre 18° y 20°C promueven iniciación floral y desarrollo floral en *F x ananassa*.**
- *Los efectos de F largos llevan a mayores crecimientos de los ramilletes florales y a más flores por ramillete.**

- *Sin embargo, en zonas muy precoces (como Florida), las plantas de frutilla inician y desarrollan flores y frutos de modo continuado durante el invierno, bajo F cortos y bajas temperaturas, lo que es mas satisfactorio para la inducción floral pero no para la iniciación floral y desarrollo floral.**
- *El GA exógeno se ha señalado como acelerador de la iniciación floral y desarrollo floral. El GA puede ser importante para el crecimiento continuado de flores inducidas.**
- *Aunque está prohibido su uso en los Reglamento de Producción Integrada como el que se realiza en la costa de Huelva. Pero el papel o el uso práctico de otros reguladores del crecimiento en frutilla aún permanecen confuso.**
- *El problema para estudiar los cambios en los carbohidratos en frutilla es que el almidón también tiende a acumularse en las raíces como respuesta a las necesidades de dormancia (latencia),**
- *Por lo que es difícil diferenciarlo de las necesidades para floración.**

- *Sabemos que probablemente GA y los niveles de carbohidratos son sensibles al F y a la temperatura, como lo es la floración.**
- *Además, ambas sustancias pueden ser trasladadas fácilmente dentro de la planta, lo que es una de las exigencias para que una sustancia pueda controlar en proceso de floración.**
- *Las evidencias científicas están a favor de la transmisión de una sustancia, promotora del crecimiento vegetativo, entre hojas y yemas o entre plantas madre e hijas mas que la transmisión de una sustancia florigénica, aunque esta última posibilidad (teoría) no se ha podido descartar aún.**
- *Además, el movimiento de un potencial estímulo florigénico de planta a planta ha sido asociado frecuentemente con el movimiento de los carbohidratos.**
- *Pero los estudios realizados no han señalado evidencia alguna al respecto.**
- *A pesar de los precoces, serios y amplios estudios sobre la fisiología de la planta de frutilla, aún permencen grandes incógnitas en este área del conocimiento.**