FISIOLOGÍA VEGETAL

PARTE IV

MORFOGÉNESIS, CRECIMIENTO Y DESARROLLO

REGULADORES DEL CRECIMIENTO

APLICACIONES AGRONÓMICAS DE LOS REGULADORES DEL CRECIMIENTO

DESARROLLO REPRODUCTIVO

FISIOLOGÍA DE LA GERMINACIÓN

BASES FISIOECOLÓGICAS DE LA BIOPRODUCCIÓN

FISIOLOGÍA DE LA POST COSECHA

FISIOLOGÍA DEL ENRAIZAMIENTO

FISIOLOGÍA DEL INGERTO

Elaborado por: Fernando Pérez Leal

2017

MORFOGÉNESIS, CRECIMIENTO Y DESARROLLO

MORFOGÉNESIS

La **morfogénesis** (del griego *morphê* forma y *genesis* creación) es uno de los tres aspectos fundamentales de la biología del desarrollo, junto con el control del crecimiento celular y de la diferenciación celular. La morfogénesis incluye la forma de los tejidos, de los órganos y de los organismos completos y las posiciones de varios tipos de células especializadas. El estudio de la morfogénesis pretende comprender el proceso que controla la organizada distribución espacial de las células que aparece a lo largo del desarrollo embrionario de un organismo y que da lugar a las formas características de los tejidos biológicos, de los órganos y de la anatomía corporal.

Las primeras ideas en torno a cómo las constricciones físicas y matemáticas afectan al crecimiento biológico se las debemos a D'Arcy Wentworth Thompson y Alan Turing. En sus trabajos postularon la presencia de señales químicas y procesos físico-químicos como la difusión, la activación y la desactivación en el crecimiento celular y orgánico. La completa comprensión de los mecanismos implicados en los organismos actuales requirió el descubrimiento del ADN y el desarrollo de la biología molecular y de la bioquímica.

Varios tipos de moléculas son particularmente importantes durante la morfogénesis. Los morfogenes son moléculas solubles que pueden difundir y llevar señales que controlan las decisiones de diferenciación celular dependiendo de la concentración química.

Se llama morfogénesis al proceso responsable del desarrollo de la forma y estructura de los órganos vegetales, a través de la división, diferenciación y crecimiento celular.

Incluye la dinámica de la producción y muerte de los tejidos determinados por el flujo de C (carbono) y N (nitrógeno) para la formación de los mismos.

Este proceso puede ser definido a nivel de planta completa o a nivel de unidad vegetativa funcional: macollo en gramíneas o estolón enraizado en el caso de trébol blanco.

La morfogénesis posee control genético. Además, está directamente condicionada por los factores del medio ambiente como luz (intensidad y composición espectral), temperatura, disponibilidad de agua y nutrientes.

Los estudios sobre morfogénesis permiten reconocer similitudes y diferencias por ejemplo entre fitómeros de una misma planta así como entre fitómeros de diferentes géneros y especies. De esta manera se conoce que las distintas especies forrajeras poseen características morfogenéticas propias, las que determinan la estructura de la pastura que integran y su adaptación a diferentes patrones de defoliación.

Variables morfogenéticas de interés forrajero:

1. Cantidad y tamaño de hojas. En gramíneas esta variable está íntimamente relacionada con la cantidad y tamaño de los macollos (densidad). Se estudian como Morfogénesis foliar.
2. Crecimiento en largo y diámetro de tallos en leguminosas. Se estudian como Morfogénesis caulinar.
3. Crecimiento en largo y diámetro de las raíces. Se estudian como Morfogénesis radicular.

Morfogénesis foliar:

Los procesos de formación y desarrollo de las hojas son fundamentales dado el rol de las mismas en la fotosíntesis. Durante el estado vegetativo en gramíneas, se pueden agrupar las hojas que se forman a partir del meristema apical de cada macollo (y tallo principal) en tres grupos de edades:

a) aquellas completamente expandidas,

b) las que están en expansión, asomando por el cuello del fascículo foliar, y
c) los primordios foliares que rodean al meristema apical.

Varios índices han sido propuestos para la evaluación de la producción de hojas, por ejemplo:

> Plastocrono: período de tiempo en días que media entre la aparición de dos primordios foliares sucesivos. También puede medirse en grados días.
> Filocrono: período de tiempo en días que media entre la aparición de dos hojas sucesivas. También puede medirse en grados días.

Variables morfogenéticas en gramíneas y leguminosas:

En un macollo de gramínea, las variables morfogenéticas se asocian a los siguientes procesos:

1. Tasa de aparición de hojas (TAH): Se refiere a la aparición de nuevas hojas, considerado como plastocrono o filocrono.
2. Tasa de elongación de hojas (TEH): Se refiere al incremento en longitud de las láminas en un intervalo de tiempo medido en días o grados días.
3. Vida media foliar (VMF): Se refiere al intervalo de tiempo que media entre la aparición de una hoja y el comienzo de su senescencia. Puede ser expresado como la cantidad de intervalos de aparición de hojas.

Para leguminosas como trébol blanco, las variables morfogenéticas se asocian a la diferenciación y crecimiento de fitómeros y de los órganos y sus partes dentro de cada fitómero del estolón, por ejemplo el crecimiento de los entrenudos, pecíolos y láminas. En este caso, varios autores consideran que los índices plastocrono y filocrono son equivalentes.

POLARIDAD

Un hecho que resulta evidente es el de que todas las especies vegetales muestran una forma característica. Dentro de las distintas formas, todas constan de un eje longitudinal que sirve de soporte a órganos laterales tales como hojas o flores. En otras palabras el eje está diferenciado en tallo y raíz. A este respecto, se puede decir que el eje muestra polaridad.

Se podría definir la polaridad como cualquier situación en la que los dos extremos o superficie de un sistema viviente son diferentes.

La polaridad del eje longitudinal de los vegetales se observa fundamentalmente como diferencias morfológicas, pero no hay que desconocer que también existen diferencias fisiológicas entre los extremos de un órgano. Aunque la polaridad axial es uno de los hechos más sobresalientes en un vegetal, no hay que olvidar que existen otras formas de polaridad, como la dorsiventralidad de las hojas o la polaridad radial de cuerpos esféricos, como el alga *Chorella* o una manzana.

Determinación de la polaridad

La polaridad del eje longitudinal de las plantas superiores está ya determinada desde la primera división desigual que sufre el zigoto. El extremo radicular de un embrión se dirige siempre hacia el micrópilo del óvulo, mientras que el futuro tallo se aleja de él. De esta manera la orientación del eje de polaridad

en los embriones parece determinada por las condiciones prevalecientes en el saco embrionario, es decir, la polaridad de la futura planta está predeterminada por la polaridad de los tejidos de la planta materna.

Sin embargo, la polaridad del zigoto no está predeterminada en plantas inferiores tales como el género de la alga parda *Fucus*, cuyos huevos no están inicialmente polarizados. El huevo esférico fertilizado muestra pronto polaridad, ya que en uno de los lados comienza a crecer el futuro extremo rizoidal, antes incluso de que tenga lugar la primera división. Puede determinarse que la polaridad del huevo fecundado de *Fucus.* En la mitad no iluminada del zigoto y que dará lugar al rizoide se induce un flujo de entrada de iones calcio, probablemente provocado por una redistribución de canales de calcio causada por la desigual iluminación, al mismo tiempo que tiene lugar una salida de calcio en el polo opuesto (el iluminado). Esta corriente transcelular genera una diferencia de potencial eléctrico que puede alterar otras propiedades de la membrana, como la distribución de las proteínas de la membrana, así como alterar también la composición iónica del citosol. En este estado la polaridad inducida es aún muy lábil. La polaridad queda fijada cuando se produce el ensamblaje rizoidal y cuando se forma una pared celular alrededor del zigoto. Finalmente, el zigoto se divide y la célula rizoidal comienza su crecimiento apical. La luz tiene un efecto similar en la determinación de la polaridad de las esporas de *Equisetum*, donde la orientación de la primera pared celular forma ángulo recto con la dirección del a luz incidente. Otros factores que pueden influir en la inducción de la polaridad en huevos y esporas incluyen gradientes de pH, CO_2 y O_2.

Persistencia de la polaridad

Una vez que la polaridad ha sido inducida en un organismo, bien sea un embrión, planta con flores, huevo fertilizado de *Fucus* o una espora de *Equisetum*, es muy difícil o casi imposible revertirla. Este hecho queda muy bien ilustrado en los experimentos de regeneración en plantas con flores. Si tomamos trozos de tallo de sauce y los suspendemos en una atmósfera húmeda, desarrollarán raíces adventicias en el extremo inferior y yemas en el superior; similarmente, si tomamos segmentos de raíces de achicoria o diente de león y las plantamos en suelo húmedo o arena, las raíces se desarrollarán fundamentalmente en el extremo inferior y las yemas en el superior. Así, aunque el trozo de tallo de sauce, y aún menos de trozos de raíz, no muestran ninguna diferenciación morfológica entre los extremos superior e inferior, es evidente que éstos órganos poseen una marcada polaridad fisiológica que afecta al modelo de regeneración de yemas y raíces. Esta polaridad es inherente a los tejidos mismos y no depende de la gravedad, iluminación u otras condiciones externas, como se demuestra invirtiendo la colocación de los segmentos de tallo de sauce, que seguirán

formando raíces en el extremo originalmente inferior, aunque ahora se encuentre en la posición superior, y yemas en el extremo originalmente superior. Lo mismo ocurre con los segmentos de raíces de achicoria. La polaridad fisiológica parece estar construida en los mismos tejidos. Se podría pensar que se debe a gradientes de metabolitos u otras sustancias a lo largo del tallo o raíz, pero no debe ser así, ya que la polaridad persiste desde una estación a la siguiente, a través incluso de un período de dormición en el que la actividad metabólica es muy escasa, de tal forma que es poco probable que persistan los gradientes de metabolitos. Es posible que el enraizamiento de los segmentos implique un gradiente de hormona de crecimiento dentro del tallo, pero este gradiente sería uno de los resultados de la polaridad de los tejidos y no su causa.

Polaridad celular

Si tal tallo (hablado anteriormente) se divide en dos, cada mitad se comporta de forma similar y el proceso puede incluso repetirse con piezas muy pequeñas de tallo. Si fuera posible llevar este proceso al límite, deberíamos concluir que cada célula individual exhibe polaridad y, de hecho, hay evidencia de que éste es el caso. El alga verde filamentosa *Cladophora* muestra la misma polaridad que el cuerpo vegetal, es decir, en el extremo basal forma un rizoide. Si las células de un filamento de *Cladophora* se plasmolizan de tal forma que los protoplastos se separan de las paredes celulares (estos rompe las conexiones protoplasmáticas entre las células) y son entonces desplasmolizadas, cada célula subsecuentemente regenera un nuevo filamento desarrollando un rizoide en el extremo basal de la célula. Este experimento suministra clara evidencia de la polaridad de células individuales de *Cladophora*. Evidencia comparable con células de plantas superiores es más difícil de obtener, aunque hay evidencia indirecta que apoya esta hipótesis, tal como la aparición de divisiones celulares desiguales.

Bases estructurales y moleculares de la polaridad

En los apartados anteriores se ha presentado una serie de datos que parecen sugerir lo siguiente:

1. La polaridad de los tejidos de tallo y raíz es muy estable y no es fácilmente reversible.
2. La polaridad persiste incluso después de períodos de dormición, cuando la actividad metabólica es muy baja.
3. La polaridad de un tejido refleja aparentemente la polaridad de células individuales.

Con ésta base, se ha sugerido que deben existir algunas bases estructurales permanentes para la polaridad celular. La observación de que una pieza de tallo

puede dividirse en otras más pequeñas y cada una muestra la misma polaridad de regeneración recuerda a un imán que puede ser similarmente dividido y cada pieza se transforma en un pequeño imán. En un imán cada átomo de hierro posee polaridad magnética y los átomos quedan alineados durante el proceso de magnetización de tal forma que los polos norte y sur de cada átomo quedan orientados a lo largo de la barra de imán. Por analogía, podemos postular que cada célula de órganos polarizados, tales como tallos, contiene moléculas polarizadas que están orientados a lo largo del eje de cada célula formando un citoesqueleto. Como la orientación de éstas moléculas no es destruida por la ciclosis, parece que éste citoesqueleto se encuentra localizado en las capas extremas del citoplasma, donde la ciclosis, probablemente no tiene lugar. Ha sido sugerido que este citoesqueleto podría consistir en moléculas fibrosas de proteínas orientadas longitudinalmente, aunque por ahora los intentos realizados para demostrarlo no han tenido éxito. Es interesante el que las únicas estructuras linealmente orientadas que se conocen en las capas más externas del citoplasma, los microtúbulos, están formando ángulos rectos con los ejes de polarización en tallos y raíces.

División celular polarizada

Los planos de la división celular durante el desarrollo de un órgano desempeñan un papel muy importante en la determinación de su forma y tamaño final. Puede comprobarse que sin divisiones celulares orientadas no existe forma organizada en ningún vegetal, caso que ocurre en los cultivos de callo de tejido en los que el plano de división celular es al azar, siendo los tejidos resultantes masas estructuralmente desorganizadas y sin ninguna forma característica. Así, las divisiones celulares polarizadas dan al vegetal su forma tridimensional. En el desarrollo de entrenudos, la mayoría de las divisiones celulares están orientadas de tal forma que los husos acromáticos mitóticos están en paralelo con el eje del entrenudo; consecuentemente, el entrenudo crece principalmente en longitud y mucho menos en diámetro. En frutos de calabaza de diferente forma, se ha demostrado que en los alargados las divisiones en las que el huso acromático está orientado en paralelo al eje longitudinal son mucho más frecuentes que las divisiones en las que el huso está en otros planos, mientras que en frutos redondeados, las divisiones en un plano particular no predominan.

Parece que el eje de polaridad del órgano entero tiene una fuerte influencia en el plano de división celular, afectando a la orientación del huso acromático. La regulación de este fenómeno es aún desconocida, pero se ha visto que parece estar determinado por la banda de microtúbulos que aparece en el citoplasma antes de la profase, en el plano de la futura placa ecuatorial. La polaridad no sólo

es importante en la determinación de la forma de los vegetales, sino que también es importante para otros aspectos de la diferenciación y morfogénesis.

División celular asimétrica

Ya sabemos que la primera división del óvulo fertilizado en las angiospermas es frecuentemente desigual, como resultado del a polarización del citoplasma celular. En este caso la división desigual es el primer acontecimiento en la historia de una nueva planta, pero las divisiones asimétricas son también frecuentes en estados posteriores de la diferenciación.

El hecho de que la división asimétrica esté precedida por diferencias polarizadas en el citoplasma queda bien ilustrado en el desarrollo de los granos de polen, en los que el huso está orientado de tal forma que un núcleo hijo pasa al extremo del a célula en el que el citoplasma es más denso y se transforma en el núcleo generativo, mientras que el otro núcleo hijo se traslada a la región de la célula con citoplasma menos denso y se transforma en el núcleo vegetativo.

En los casos citados de división asimétrica, la diferenciación citoplasmática, es más y menos densa, es anterior al ciclo mitótico. En otros casos, sin embargo, esta diferenciación citoplasmática es posterior a la mitosis, obteniéndose entonces, después de la división celular, dos células cuantitativamente idénticas. En la etapas posteriores, una de ellas perderá la mayor parte de los orgánulos citoplasmáticos, incluso el núcleo, mientras que la otra actuará como una célula normal, manteniéndose todos sus orgánulos y procediendo a una diferenciación estrictamente metabólica sin alterar la estructura celular.

CRECIMIENTO Y DESARROLLO

Formación De La Planta

Las plantas con flores presentan un patrón de organización estructural muy uniforme que puede ser considerado como la sobre imposición de dos modelos. El modelo basado en el eje apical – basal en el que de arriba hacia abajo se origina: meristemo apical o del brote, cotiledones, hipocótilo, meristemo radicular y caliptra. Perpendicular a este eje tendríamos el modelo radial en el que a modo de capas concéntricas se generarían de afuera a dentro la epidermis, tejido basal, del que derivarían el córtex y la endodermos y en el centro el cilindro central con el periciclo, floema y xilema. Este sistema claramente deriva del embrión en su fase de forma de corazón. El embrión puede dividirse en tres partes: apical que produce el meristemo apical y la mayor parte de los cotiledones; central que produce el resto de los cotiledones, el hipocótilo y las iniciales del meristemo radicular, el centro quiescente y la caliptra.

Formación de la raíz

Todas las células del as raíces se desarrollan a partir de un meristemo, que desde el punto de vista funcional puede ser considerado como formado por dos meristemos opuestos que rodean a una zona con una actividad meristemática casi nula, el llamado centro quescente. Las células de estos dos meristemos opuestos muestran un crecimiento fuertemente polarizado. Las células del meristemo que se encuentran por debajo del centro quiescente, y que darán lugar a la caliptra, crecen en sentido acropétalo. La división celular cesa tan pronto como éstas alcanzan cierta distancia del centro quiescente, continuando después el crecimiento exclusivamente por elongación celular. Las células del meristemo que se encuentran por encima del centro quiescente y que darán lugar a la epidermis radicular, corteza y estela tienden a crecer en filas radiales. La zona de división celular puede extenderse más de un milímetro desde la punta de la raíz: por encima de esta zona, el crecimiento tiene lugar por elongación celular.

El centro quiescente es un depósito de células relativamente resistentes a la destrucción debido a su inactividad; en él pueden ocurrir divisiones ocasionales y pueden convertirse en un centro activo cuando son dañadas las células iniciales. La función del centro quiescente es por ahora desconocida, aunque se ha sugerido por algunos autores que puede ser el lugar de la síntesis de auxinas.

Los límites del cilindro vascular, córtex y epidermis comienzan a ser reconocibles a una cierta distancia de las células iniciales apicales. Las distintas zonas pueden distinguirse por el tamaño del as células y por los planos de división; las células de las capas más internas del córtex tienden a desarrollarse mediante divisiones periclinales mientras que los planos de división del futuro tejido vascular son menos regulares. El procámbium del floema es reconocible en un estado temprano del desarrollo debido a sus células pequeñas en sección transversal. Este procámbium se desarrolla en sentido acropétalo y la diferenciación del xilema y el floema sigue la misma dirección. Los primeros elementos del floema maduran típicamente más cerca del ápice que los primeros elementos del xilema. Por lo que respecta a las raíces laterales, éstas se originan a alguna distancia del meristemo apical de la raíz principal y a partir de un tejido situado a cierta profundidad. Tanto en las gimnospermas como en las angiospermas, la raíces laterales se originan en el periciclo de la raíz principal y crecen a través del córtex.

Estructura del ápice vegetativo del brote y desarrollo del tallo

Los ápices vegetativos del brote varían en tamaño, forma, estructura citohistológica y actividad meristemática. Los ápices del brote de las coníferas son

reducidos y de forma cónica. En algunas monocotiledóneas y dicotiledóneas es estrecho y alargado, con la zona distal muy elevada, libre de primordios foliares. Por otra parte, en muchas dicotiledóneas la zona distal apenas se eleva por encima de los primordios foliares o incluso se presenta por debajo de ellos.

En el ápice vegetativo del as angiospermas pueden distinguirse dos partes: una de ellas formada por varias capas de células, denominadas **túnica**, que rodea y envuelve el **cuerpo.** Estas zonas pueden distinguirse por los planos de división celular. En la túnica, las divisiones son predominantemente anticlinales, mientras que en el cuerpo son tanto anticlinales como periclinales. El grosor de la túnica es variable y puede estar constituida por una o más capas de células; incluso dentro de una misma especie puede variar con la edad o estado nutricional. La distinción entre túnica y cuerpo en gimnospermas está aún peor definida y aunque las divisiones en las capas de células externas en *Pinus* son predominantemente anticlinales, se suele dar con frecuencia una mezcla de divisiones anticlinales y periclinales.

El cuerpo primario del tallo de la mayoría de las plantas superiores deriva sólo indirectamente del meristemo apical. La mayoría de las células de los entrenudos se generan por meristemos situados por debajo del os primeros primordios foliares, que forman lo que se conoce como **meristemo subapical**. La longitud del tallo está determinada fundamentalmente por la actividad de dicho meristemo subapical.

Cuando este meristemo, por cualquier causa, se encuentra inactivo, se producen plantas enanas. Las células producidas por este meristemo sufren un proceso de elongación y finalmente de diferenciación. A medida que el procámbium se diferencia entre las células derivadas del meristemo apical, adquiere el perfil del futuro sistema vascular que se desarrollará a partir de él. La maduración de los elementos vasculares primarios puede tener lugar mientras el procámbium se halla todavía en división activa, o bien sucede después de que la mayoría de las divisiones se han completado. El primer caso se da con frecuencia en las plantas con semillas, donde la separación entre los tejidos vascular y fundamental no es precisa. En cambio. La delimitación temprana del sistema procambial es típica de muchas plantas vasculares inferiores. El comienzo de la delimitación del procámbium por debajo del ápice del brote puede reconocerse en las plantas con semillas mediante tinción diferencial entre las células derivadas del meristemo apical. Las células del meristemo fundamental pronto muestran vascuolización creciente, mientras que las células procambiales experimentan repetidas divisiones longitudinales. Pero se extienden sólo muy limitadamente en sentido transversal. Así el procámbium llega a distinguirse del resto por sus

células densas y estrechas, alargadas paralelamente respecto al eje longitudinal del órgano.

El establecimiento del procámbium es seguido por la diferenciación de algunas células en elementos floemáticos y xilemáticos. Los primeros elementos floemáticos se diferencian normalmente en sentido acropétalo a lo largo de la periferia externa del procámbium. La diferenciación xilemática se inicia en la parte interior del procámbium, generalmente cerca de la base del as hojas o en su nudo, y desde allí progresa acropétalamente hacia dentro del a hoja y basipétalamente hacia el interior del tallo.

El crecimiento del tallo producido por la actividad del meristemo apical, en conexión con el inicio de los primordios foliares, queda articulado en nudos y entrenudos, sobre todo por el crecimiento de estos últimos. El crecimiento de un entrenudo puede tener lugar acropétalamente o basipétalamente. El alargamiento de los sucesivos entrenudos puede ocurrir paso a paso o puede coincidir como en el caso de las gramíneas. En algunos entrenudos, la causa principal de alargamiento es la elongación celular, mientras que en otros es la división celular. El crecimiento del tallo en diámetro también ocurre por la división y elongación celular.

Si todas las células procambiales se diferencian en tejido vascular primario, no se forma cámbium; por el contrario, si parte del procámbium permanece en estado meristemático después determinar el crecimiento primario, se convierte en el cámbium del cuerpo secundario.

Desarrollo de la hoja

Las hojas se originan como resultado de una serie de divisiones celulares periclinales en los flancos del meristemo apical. Como resultado de esta serie de divisiones en un área muy localizada, se forma una pequeña protuberancia que dará lugar al futura primordio foliar. El número de capas celulares que intervienen en estas divisiones iniciales varía considerablemente en las diferentes especies.

Desarrollo de la flor

En algún momento del ciclo biológico del as angiospermas, uno o más de los ápices vegetativos de la planta cesan de producir nuevas hojas y yemas y se transforman en un ápice floral. Este cambio de la actividad vegetativa a reproductora implicará un cambio en la estructura del ápice vegetativo del brote. El primer cambio detectable es un aumento en la división celular en la región del cuerpo, que generalmente se extiende hacia abajo y hacia los flancos. Al mismo tiempo, se observa una reducción marcada de la división celular en la parte central

del meristemo, donde algunas de las células sufren una fuerte vacuolización. Como resultado de estos cambios, la región apical del brote queda transformada en una estructura consistente en una zona medular fuertemente vacuolizada, cubierta por un manto de células meristemáticas más pequeñas y densamente coloreadas. Este manto que incluye la túnica y las capas de células más externas del cuerpo, dará lugar a las brácteas y al primordio floral; este último se extenderá por toda la superficie del ápice, de tal forma que el tejido meristemático que da diferenciado.

Regulación Hormonal De La Morfogénesis

Podemos asumir razonablemente que la distribución y concentración de auxinas, giberelinas y citoquininas, además del ácido abscísico y etileno, son factores vitales en la regulación del a diferenciación y morfogénesis en los vegetales.

Los factores muy importantes en la coordinación y regulación de la diferenciación y morfogénesis en la planta entera son:

a) La localización de los lugares de síntesis de hormonas.
b) Su movimiento y distribución desde los lugares de síntesis.

Los lugares jóvenes, especialmente las hojas en desarrollo o las regiones apicales del brote, son sitios muy activos e la síntesis de auxinas. Parece que, en general, las auxinas son transportadas desde los lugares de producción en dirección predominantemente basipétala, aunque el mecanismo de este transporte no está totalmente aclarado. Las giberelinas parecen sintetizarse en hojas en crecimiento, frutos, raíces y semillas y son transportadas libremente en todas direcciones, probablemente por el floema y el xilema. La evidencia actual sugiere que la biosíntesis de citoquininas puede estar restringida a las raíces; las semillas en desarrollo son ricas en este tipo de hormona, pero si son sintetizadas allí, o acumuladas procedentes de otras partes de la planta, es por ahora desconocido.

Como resultado de la elevada proporción de auxinas en la región apical del brote y de su transporte basipétalo, se forma un gradiente de concentración de auxinas e la planta. También aparecen en el tallo gradientes en la concentración de giberelinas, estando la mayor concentración en las zonal apicales. El crecimiento de los entrenudos está afectado y puede ser controlado por las hormonas que le llegan desde la región apical del brote. Las hojas jóvenes en desarrollo tienen un efecto importante en la diferenciación del tejido vascular en el tallo, y se sabe ahora que este efecto está mediatizado por las auxinas y giberelinas producidas por las hojas jóvenes.

Las zonas de una planta en proceso de diferenciación y morfogénesis sintetizan sus hormonas precisamente en tejidos que soportan de manera preferencial la diferenciación, pero se establece la necesidad de que si ciertas hormonas presentan capacidades morfogenéticas, deberán ser exportadas a tejidos en vías de diferenciación algo alejados de los lugares de morfogénesis.

CORRELACIONES DE CRECIMIENTO

Los distintos procesos de crecimientos que ocurren simultáneamente en una planta no son independientes entre sí, sino que están íntimamente relacionados. Si observamos el crecimiento de una planta, veremos que el tallo crece en longitud por efecto del crecimiento del meristemo del ápice, y al mismo tiempo crece en grosor aumentando la rigidez de las zonas mas viejas. A su vez, este aumento en tamaño del tallo implica un incremento en las necesidades de agua y nutrientes y, para satisfacerlas, se equilibra con el crecimiento del sistema radicular, lo cual también significa un aumento en las necesidades de sustancias orgánicas que debe aportar el tallo.

Este tipo de crecimiento que implica una interdependencia entre el desarrollo de distintas partes de una planta se conoce como ***Correlaciones de crecimiento.*** En el ejemplo que hemos citado se trata de un crecimiento acompasado de dos zona de una planta, pero hay ocasiones en las que el desarrollo de una parte implica el cese del crecimiento de otra, como es el caso de la fructificación, que cuando se produce hace que cese el crecimiento vegetativo de la planta. En estos casos, el crecimiento activo queda restringido a ciertas zonas, mientras que en otras, donde es potencialmente posible, se detiene o no se produce.

Dentro de éste último tipo de fenómenos de correlación, el más estudiado ha sido el de la **dominancia apical** o inhibición correlativa de las yemas laterales. El meristemo apical de una tallo crece vigorosamente mientras que en las yemas laterales situadas por debajo de él, el crecimiento permanece inhibido. Dentro de este tipo de fenómeno se puede incluir también el caso de la inhibición del crecimiento de un tallo por la presencia de otro dominante. Este fenómeno de la dominancia apical está extendido por todo el reino vegetal.

El problema básico del a dominancia apical es porque las yemas laterales no se desarrollan normalmente n presencia del a yema apical. Una de las primeras hipótesis para explicar éste fenómeno es la llamada **teoría nutritiva** que asume que, dado que el meristemo apical está presente ya en el embrión y que es el primero en crecer durante la germinación, su mayor desarrollo hace que acapare

todos los nutrientes en detrimento del crecimiento de las yemas laterales que son de formación posterior. Según esto el ápice actuaría como un sumidero metabólico que mantiene un gradiente de concentración de nutrientes dirigiéndolos hacia él, lo cual impide el crecimiento de las yemas laterales.

FISIOLOGÍA DE LA GERMINACIÓN

El término germinación se utiliza para referirse a un gran número de procesos, tales como germinación de semillas, de esporas de bacterias, hongos y helechos, además de los que tiene lugar en la formación del tubo polínico.

La germinación de semillas puede ser definida como una serie de acontecimientos metabólicos y morfogenéticos que tiene como resultado la transformación de un embrión en una plántula que sea capaz de valerse por sí sola y transformarse en una planta adulta.

La germinación es el conjunto de fenómenos que se desarrollan en la semilla cuando pasa del estado de vida latente al de vida activa, es decir, cuando reanuda el crecimiento embrionario después de su periodo de descanso. El fin último de la germinación es producir una planta semejante a aquella de la cual procede la semilla.

La germinación de las semillas tiene lugar cuando se dan determinadas condiciones. En general, es preciso disponer de un suelo con pH, textura y estructura apropiadas, oxígeno, humedad, temperatura e insolación, y otros parámetros como la fertilización y drenaje adecuados. Si las condiciones de temperatura son extremas (excesivo frío o calor) se pierde capacidad de germinación. En algunos casos es necesario que la semilla esté expuesta a la luz durante un tiempo para que la germinación se produzca. Cuando el embrión comienza a desarrollarse se alimenta de las reservas contenidas en los cotiledones, recibiendo después el alimento a través de las primeras hojas que produzca; este embrión o planta incipiente se denomina plántula mientras dependa para su desarrollo de los nutrientes contenidos en la semilla.

La viabilidad de una semilla, es decir su capacidad de germinar y transformarse en nuevas plantas, no es una característica lineal. La germinación puede ser un proceso inmediato después de que las semillas se hayan dispersado, o pasar previamente por un periodo de descanso más o menos largo que dependerá de las condiciones ambientales. El poder de germinación de las semillas varía mucho de unas especies a otras; mientras que en algunas dura escasos días después de su diseminación, otras pueden conservarlo latente a lo

largo de varios años (en algunos casos hasta miles de años). Así, las semillas del sauce pierden todo su poder de germinación a los pocos días de desprenderse del árbol; y en el caso de una ninfeácea como es el loto blanco de Oriente (Nymhpaea lotus), se ha demostrado que puede germinar después de 3.000 años.

Es necesario respetar el periodo de viabilidad de cada especie, ya que sólo así se garantizará la producción de plantas fuertes y sanas. Las semillas que se distribuyen comercialmente suelen estar sujetas a determinadas leyes de calidad y pureza en cada país; los análisis y controles de viabilidad (índices de viabilidad), permiten establecer una garantía porcentual de que determinados lotes de semillas serán viables, y que no diferirán de la variedad deseada.

Como norma general, con la germinación de la semilla la testa se rompe y la radícula emerge. Una vez fuera, la radícula penetra el suelo, produce pelos absorbentes y a veces raíces laterales, comenzando los procesos de absorción de nutrientes el suelo. En muchas semillas los cotiledones y el ápice caulinar emergen cuando el hipocótilo se alarga como resultado de un crecimiento intercalar; este tipo de germinación se llama epigea. En muchas plantas los cotiledones que contienen las sustancias de reserva permanecen dentro de la testa y bajo el suelo, el hipocótilo no se alarga o apenas si lo hace. Este tipo de germinación se llama hipogea. En este caso la yema terminal del embrión es empujada hacia fuera por alargamiento del epicótilo, que es el entrenudo que hay sobre los cotiledones.

Acontecimientos Celulares Durante La Germinación

Cuando una semilla seca viable y no durmiente se encuentra en condiciones adecuadas de agua y temperatura, se ponen en marcha una serie de acontecimientos que tienen como resultado final la emergencia de la radícula, hecho indicativo de que la germinación se ha completado con éxito. Con la toma de agua la actividad metabólica se reanuda, siendo la respiración y la síntesis de RNA y proteínas acontecimientos celulares fundamentales para el éxito del a germinación y que preparan a la semilla para el crecimiento posterior y su transformación en una plántula autónoma.

Toma de agua y reanudación de la actividad metabólica

El primer proceso que tiene lugar durante la germinación es la toma de agua por la semilla. Esta toma de agua se conoce como **fase de inhibición.** La magnitud de la fase de inhibición está determinada por tres factores: composición química de la semilla, las semillas ricas en proteína absorben gran cantidad de agua, mientras que las oleaginosas absorben menos; *permeabilidad* de agua en el medio ambiente. La imbibición es un proceso físico sin ninguna relación con la

viabilidad de las semillas, ya que ocurre igual en semillas vivas que en semillas, ya que ocurre igual en semillas vivas que en semillas muertas por el calor. Durante la imbibición, las moléculas del solvente penetran en el interior de la semilla provocando un hinchamiento y un aumento en el peso fresco de la misma. La entrada de agua en el interior de las semillas da lugar a una dispersión de los coloides, necesaria para la vuelta a la vida activa, rehidrata las reservas alimenticias, que sólo pueden transformarse en sustancias asequibles al embrión en presencia de agua; por último, los sistemas enzimáticos responsables de la hidrólisis de las sustancias de reserva sólo se activan en presencia de agua que los hidrate.

La entrada de agua en el interior de la semilla se debe exclusivamente a una diferencia de potencial hídrico entre la semilla y el medio ambiente. Este potencial hídrico es mucho más bajo en las semillas secas maduras que en el medio ambiente en condiciones normales.

La toma de agua por la semilla seca madura es trifásica. La **fase I** se caracteriza por una toma rápida inicial debida, como acabamos de decir, a que el potencial hídrico de la semilla es mucho más bajo que el del medio húmedo que la rodea. La entrada de agua en esta fase puede producir algunas perturbaciones estructurales temporales, particularmente en las membranas, lo que provoca una rápida e inmediata salida de solutos y metabolitos de bajo peso molecular al medio. Este es un síntoma indicativo de la transición de los fosfolípidos de la membrana desde la fase de gel adquirida durante la desecación al estado hidratado normal. En un breve periodo de tiempo las membranas recuperan su configuración estable y el goteo de solutos se interrumpe. La **fase II** es una fase de meseta en la que el potencial hídrico de la semilla no excede valores de -1 a -1,5 MPa. Durante esta fase tiene lugar los principales acontecimientos metabólicos que conducen a la emergencia de la radícula en semillas no durmientes. Las semillas durmientes son también metabólicamente activas en esta fase. Sólo las semillas aptas para germinar entran en la **fase III**, en la que tiene lugar un nuevo incremento en la toma de agua y que es ocurrente con la elongación de la radícula.

Durante todo este proceso de toma de agua o imbibición se reanuda rápidamente la actividad metabólica en las semillas quiescentes. Se asume que las estructuras y enzimas necesarios para la reanudación de la actividad metabólica están presentes en la semilla seca y que han sobrevivido, al menos, parcialmente intactos la fase de desecación. La rehidratación es suficiente para reanudar la actividad metabólica, y durante algunas horas tiene lugar el recambio o sustitución de los componentes deteriorados.

Uno de los primeros cambios que se observan durante la imbibición es la reanudación de la actividad respiratoria, que puede ser detectada al cabo de algunos minutos.

Tres rutas respiratorias, glucólisis, ciclo de las pentosas fosfato y ciclo del ácido cítrico, son funcionales en las semillas inhibidas. Estas tres rutas producirán una serie de compuestos intermediarios del metabolismo vegetal, así como considerables cantidades de energía y poder reductor. La respiración de las semillas secas es muy débil, debido con toda seguridad al bajo contenido de agua que poseen y que oscila entre el 5 y el 10 por 100, ya que la mayoría de las semillas secas están equipadas con todo el equipo bioquímico necesario para llevar a cabo una intensa actividad respiratoria. La introducción de las semillas secas en agua tiene como resultado un aumento casi inmediato del intercambio de gases. Básicamente en el proceso de toma de oxígeno pueden distinguirse tres o cuatro fases. La primera se caracteriza por un aumento brusco del a respiración que dura aproximadamente entre 6 y 10 horas, debido fundamentalmente a la hidratación de enzimas respiratorias. La segunda fase se caracteriza por una estabilización en el intercambio gaseoso y tiene lugar cuando el hinchamiento de la semilla se ha completado: durante estas dos fases el cociente respiratorio es superior a la unidad debido probablemente a la actividad fermentativa observada en muchas semillas en estos primeros momentos de la germinación. La fase tercera se caracteriza por un segundo aumento en el intercambio gaseoso y que suele coincidir con la rotura de la testa por parte de la radícula, lo que hace que el intercambio de gases tenga lugar sin limitación impuesta a veces por la cubierta seminal; durante esta fase el cociente respiratorio es aproximadamente 1 en semillas con carbohidratos como reserva principal. Una cuarta fase que marca una disminución en la respiración y coincide con la desintegración de los cotiledones, una vez que se ha agotado las reservas nutritivas, puede observarse en muchas semillas. Los mecanismos de la respiración y fermentación pueden ser extraordinariamente variados. Sin embargo, el mecanismo mejor establecido de la respiración es el que comienza con la glucólisis, seguido por la oxidación del piruvato en el ciclo de Krebs. Un mecanismo alternativo es la oxidación directa de la glucosa fosfato por la ruta de las pentosas fosfato. El proceso fermentativo tiene lugar a través de la glucólisis, pudiendo el ácido pirúvico formado ser descarboxilado y reducido a alcohol, o bien reducido directamente formándose ácido láctico. El objetivo fundamentalmente del proceso respiratorio es el de formación de ATP y piridín nucleótidos necesarios para la intensa actividad metabólica que tiene lugar durante la germinación. La existencia de estos procesos respiratorios en semillas está perfectamente documentada, como se demuestra mediante la determinación de los enzimas necesarios o por la acumulación de etanol durante la germinación.

Los tejidos de las semillas maduras contienen mitocondrias y, aunque estos orgánulos se encuentran probablemente diferenciados como consecuencia de la fase de desecación, parecen contener cantidad suficiente de enzimas del ciclo de Krebs funcionales y oxidasas terminales como para suministrar cantidades adecuadas de ATP para mantener la actividad metabólica durante varias horas después de la imbibición. Parecen existir dos modelos distintos de desarrollo mitocondrial y dependen de la naturaleza de las reservas almacenadas. En las semillas amiláceas predomina el modelo de reparación y activación de orgánulos preexistentes, mientras que en semillas oleaginosas se forman nuevas mitocondrias.

Síntesis de proteínas durante la germinación

En la semilla seca están presentes todos los componentes necesarios para la reanudación de la síntesis de proteínas con la excepción de los polisomas, ausentes en la semilla seca madura. Sin embargo, después de un corto período de tiempo, 10 a 15 minutos desde el comienzo de la imbibición, ya se detecta la formación de polisomas, y la capacidad para sintetizar proteínas se pone en marcha.

Dos fases pueden distinguirse claramente e la síntesis de proteínas durante la germinación. Una primera utiliza mRNA preexistentes y que traducen mensajes residuales asociados con los procesos de desarrollo, como pueden ser proteínas LEA y que son degradas rápidamente durante la imbibición. También puede codificar proteínas requeridas durante las primeras fases de germinación y que son remplazadas por mensajes idénticos cuando la síntesis de proteínas se va haciendo más dependiente de los mRNA sintetizados ya durante la germinación. En la segunda fase se produce la síntesis de nuevos mRNA que son transcritos durante la germinación. La mayoría de estos genes codifican proteínas esenciales para el mantenimiento de las actividades metabólicas normales de una célula vegetal. Por otra parte, nos encontramos con aquellos genes específicos de la germinación, genes que, por ahora, están aún sin caracterizar, ya que los que más se han citado como específicos de la germinación son los que codifican enzimas implicados en la movilización de reservas y éste es un proceso que, pertenece a la fase de postgerminación y no a la germinación en sentido estricto.

Extensión de la radícula

La extensión de la radícula a través de las envueltas seminales es el acontecimiento que, salvo algunas excepciones, finaliza la germinación propiamente dicha y marca el inicio del crecimiento del a plántula. Esta extensión puede ir acompañada o no por división celular; en cualquier caso, dos fases

distintas de síntesis de DNA se dan en las células de la radícula después de iniciada la imbibición. La primera tiene lugar inmediatamente después del inicio de la imbibición y probablemente está relacionada con la respiración del DNA dañado durante la fase de desecación, así como también con la síntesis de DNA mitocondrial. La segunda fase está asociada con la división celular que tiene lugar ya durante la postgerminación.

La extensión del a radícula es un proceso regulado por el potencial de presión y requiere una flexibilización de las paredes celulares del eje embrionario situadas entre la caliptra y la base del hipocótilo. Tres posibles razones son las que se dan para explicar el proceso de la extensión celular. La primera está basada en la existencia de un potencial osmótico muy negativo en las células radiculares como consecuencia de la acumulación de solutos derivados de la hidrólisis de las reservas poliméricas. La disminución en el potencial osmótico conduciría a la toma de agua y la turgencia resultante dirigiría la extensión celular. Una segunda posibilidad es que sea la propia extensibilidad de las paredes la que le permita la elongación- la intervención del enzima xiloglucanendotrasglicosilasa (XET) y de las expansinas puede ser importante.

Una tercera posibilidad es la de que sean los tejidos seminales que rodean a la radícula los que se ablanden, permitiendo así la extensión radicular. Esta disminución en la resistencia puede estar mediatizada por la producción y secreción por el endospermo de hidrolasas, tales como hemicelulasas que contribuyan a la degradación de las paredes celulares.

MOVILIZACIÓN DE LAS RESERVAS

Una vez que comienza la germinación, se van a producir una serie de reacciones metabólicas en el interior de la semilla, que darán como resultado la transformación de las macromoléculas de reserva en moléculas solubles mas sencillas y asequibles al embrión. Estas reacciones serán catalizadas por los correspondientes enzimas hidrolíticos, cuya actividad aumenta considerablemente durante la germinación, bien por activación de los enzimas preexistentes o bien por síntesis de nuevos enzimas.

a) *Carbohidratos.*- Aunque se han encontrado en semillas diversos polisacáridos como material de reserva, sólo el embrión ha sido extensamente estudiado en su metabolismo durante la germinación, debido a estar presente en casi todas las semillas y constituir en la mayoría de ellas la principal reserva de energía. Dos rutas catabólicas participan en la degradación del almidón. Una de ellas es hidrolítica e implica la acción de dos amilasas, la α y la β.
La amilasa y la amilopectina son atacadas por la α – amilasa que hidroliza los enlaces glucisídicos α 1, 4 de una manera desordenada en distintos puntos de

la cadena; debido a su incapacidad para hidrolizar los enlaces α 1,6 de las cadenas ramificadas de la amilopectina, se liberan grupos de sub unidades de glucosa muy ramificadas, las llamadas dextrinas límite que son hidrolizadas por unos enzimas desramificadores, produciendo oligosacáridos lineales. La acción combinada de α-amilaza y enzima desramificador es suficiente para la hidrólisis completa de almidón. La β-amilasa libera sub unidades de β-maltosa y β-dextrina límite. El disacárido maltosa es hidrolizado por la maltasa en dos moléculas de glucosa.

La otra ruta del catabolismo del almidón es fosforílica:

Amilasa + amilopectina + P Fosforilasa Glucosa-1-P + dextrina límite

La fosforilasa incorpora fosfato, en lugar de agua, a través del enlace α 1,4 entre el último y el penúltimo residuo de glucosa, en el extremo no reductor de la cadena del polisacárido, liberándose una molécula de glucosa -1-P. como este enzima no puede tampoco actuar sobre los enlaces α 1,6, se liberan también dextrinas límite.

Todos los enzimas descritos han sido encontrados en gran cantidad de semillas. Sin embargo, no está perfectamente claro el papel que *in vivo* tiene cada uno, ya que mientras el almidón en solución es fácilmente degradado en mayor o menor proporción por cualquiera de los enzimas mencionados, los gránulos de almidón son bastante resistente al ataque enzimático. Durante la germinación de las semillas, los gránulos de almidón están en contacto directo con el citoplasma, presentando una superficie rugosa en contraste con la lisa original, indicando que la hidrólisis se realiza *in situ.*

La tasa de desaparición del almidón se incrementa durante la germinación y hay dos fases claras en la evolución: una lenta durante los primeros días y otra rápida que desemboca generalmente en la práctica desaparición del polisacárido.

En general, todas las actividades enzimáticas sufren un incremento considerable durante la germinación. La β-amilasa, fosforilasa y amilopectina-1,6-glucosidasa suelen ser enzimas preexistentes y presentan un nivel de actividad considerable en las semillas sin germinar, comenzando el incremento de la actividad ya durante los primeros momentos de la germinación. La α-

amilasa, sin embargo, presenta una actividad muy baja en las semillas sin germinar. Este nivel se mantiene o aumenta muy poco durante el principio de la germinación, hasta que sufren un espectacular aumento al cabo de dos o tres días de germinación.

La movilización del almidón en los cotiledones de leguminosas comienza después de que la radícula ha comenzado su elongación. El primer enzima que aumenta su actividad en los cotiledones es la fosforilasa, seguida algunos días después por un aumento en las amilasas. Parece, por tanto, que la degradación inicial lenta del almidón en leguminosas es consecuencia de la actividad fosforolítica y que posteriormente la degradación rápida del almidón requiere la actividad amilolítica. El papel del a fosforilasa durante estos primeros momentos del a germinación podría ser también el de suministrar el sustrato para la glucólisis sin necesidad de consumir ATP.

b) *Proteínas.-* la degradación del as proteínas de reserva se logra por la acción mas o menos específica de enzimas proteolíticos cuyo importancia es vital para el desarrollo del a nueva plántula. Los enzimas proteolíticos o proteasas se han clasificado en cuatro grupos, basándose en las propiedades de sus centros activos: **serín-proteasas** que tienen serina en su centro activo; **sulfidrilproteasas**, que requieren un grupo –SH libre en su centro activo; **metaloproteasas**, que requieren iones metálicos como cofactores y son inhibidos por agentes quelantes; **ácido-proteasas**, que son activos a pH ácidos.

Estos enzimas pueden, a su vez, ser clasificados más específicamente con respecto a sus sustratos en los siguientes grupos: **endopeptidasas**, que rompen enlaces internos de las cadenas polipeptídicas, liberándose polipéptidos de menor tamaño; **aminopeptidasas**, que liberan secuencialmente los aminoácidos terminales comenzando su ataque por el extremo amino de la cadena polipeptídica; **carboxipeptidasas**, igual que en le caso anterior solo que el ataque se inicia por el extremo carboxil. Tanto éstas como las aminopeptidasas son **exopeptidasas.**

La hidrólisis de las proteínas en sus correspondientes aminoácidos puede hacerse por alguna de las dos rutas siguientes:

Polipéptidos Amino o carboxi Aminoácidos

peptidasas

Polipéptidos Endopeptidasa Polipéptido Péptido Aminoácidos

más pequeño hidrolasa

La movilización de las reservas proteicas ha sido estudiada con cierta profundidad en granos de cebada, en los que aparecen existir tres sistemas proteolíticos operando simultáneamente:

1. Un sistema que hidroliza las proteínas de la capa de aleurona y que suministra aminoácidos para la síntesis de enzimas hidrolíticos; este sistema se encuentra, probablemente, bajo el control del as giberelinas producidas por l embrión.
2. Un sistema responsable de la hidrólisis de las reservas proteicas localizadas en el endospermo; este sistema puede a su ves comprender dos componentes, una proteasa sintetizada y secretada por la capa de aleurona y también controlada por la giberelina, y otra proteasa preexistente en el endospermo y activada allí mismo.
3. Un sistema presente en el embrión y responsable del recambio de las proteínas durante el crecimiento del mismo, y de la hidrólisis de los pequeños péptidos transportados hacia el escutelo desde el endospermo.

c) *Lípidos.-* La principal reserva lipídica de las mismas son los triglicéridos. El paso inicial en su degradación implica la acción de lipasas que rompen los enlaces éster liberándose glicerol y ácidos grasos. El glicerol puede entrar en la ruta glucolítica, convirtiéndose en piruvato que será oxidado a través del ciclo de Krebs. Los ácidos grasos liberados pueden ser degradados por reacciones de oxidación. La principal ruta oxidativa de los ácidos grasos es la β-oxidación, que genera como producto final acetil –CoA.
La α-oxidación implica la eliminación de un átomo de carbono domo dióxido de carbono; es muy poco probable que la oxidación de los ácidos grasos se produzca por este mecanismo. Otra tercera ruta consiste en lo siguiente: los dobles enlaces de los ácidos grasos insaturados aparecen naturalmente en configuración *cis*, pero para que puedan ser oxidados por β-oxidación se necesita que adquieran la configuración *trans*; una isomerasa *cis-trans* realiza esta transformación.

El acetil CoA puede ser oxidado completamente por el ciclo de Krebs en CO_2 y H_2O, o utilizado a través del ciclo del glioxilato par producir carbohidratos, proceso este último muy importante e la germinación de semillas oleaginosas.

La degradación de las reservas lipídicas implica tres orgánulos distintos, además del citoplasma de las células que almacenan lípidos. Estos orgánulos son los **cuerpos lipídicos**, donde tiene lugar la lipólisis, los **glioxisomas**, donde tiene lugar la oxidación de los ácidos grasos y la síntesis de succinato a través del ciclo del glioxilato, y las mitocondrias, donde este succinato es transformado en oxalacetato; por último, en el citoplasma tiene lugar la conversión del oxalacetato en sacarosa a través de una ruta gluconeogénica.

La actividad de las lipasas suele variar con el progreso de la germinación.

Los glioxisomas son unos orgánulos celulares agrupados junto con los peroxisomas en la categoría denominada microcuerpos.

d) Fosfato.- El ácido fítico es la reserva principal de fosfato en las semillas y, dado que en su forma de almacenamiento se encuentra formando sales con K^+, Mg^{2+} y Ca^{2+}, es también la fuente principal de estos macro nutrientes en las semillas. Este compuesto es degradado por el enzima fitasa, cuya actividad es ya muy elevada en las semillas secas de cereales. En dicotiledóneas, por el contrario, la actividad es muy baja en semillas secas y aumenta durante la imbibición. Los catabolitos derivados de su degradación son transportados el eje embrionario donde son utilizados en la síntesis de fosfolípidos y nucleótidos.

e) Ácidos nucleicos.- Tanto en monocotiledóneas como en dicotiledóneas se observa una disminución tanto en RNA como en DNA, bien en el endospermo o en los cotiledones. Responsables de esta degradación son los enzimas **ribonucleasas** y **desoxirribonucleasas**, depositados en los cuerpos proteicos. Ni la degradación en el endospermo ni en los cotiledones suministran los suficientes precursores requeridos para la síntesis de DNA y RNA en los ejes embrionarios, por lo que es de suponer que en su síntesis se utilizan otras fuentes alternativas de nitrógeno.

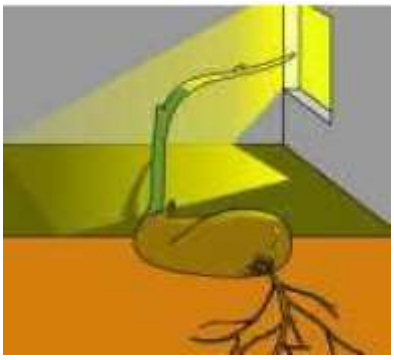
TROPISMOS

Movimientos de las plantas

Los seres vivos necesitan adaptarse al medio que los rodea para asegurar su supervivencia. Los animales se caracterizan por su capacidad de cambiar de lugar cuando las condiciones ambientales se lo exigen. Las plantas, a pesar de estar enraizadas en el suelo, necesitan también disponer de estrategias que les permiten desplazamientos para sobrevivir. Los principales son los siguientes:

Los tropismos: Son movimientos que experimentan las plantas cuando necesitan adaptarse a unas condiciones ambientales más favorables. Los movimientos se producen por fenómenos de crecimiento vegetal, con aumento de la masa total de la planta, por lo que, a diferencia de los movimientos que se producen en el reino animal, no pueden deshacerse y son totalmente involuntarios. Entre estas adaptaciones tenemos:

- *Fototropismos*: O reacciones de las plantas cuando son estimuladas por la luz. El tallo tiene fototropismo positivo. El caso contrario es la raíz con fototropismo negativo. Un ejemplo de fototropismo lo tenemos cuando colocamos un vegetal en una habitación junto a una ventana. Este, poco a poco, se irá doblando en dirección a la luz. Estos movimientos se producen porque las plantas poseen unos receptores especializados, llamados fototropinas, que activan la hormona vegetal auxina. Este fenómeno fue descubierto en 1880 por Charles Darwin y posteriormente desarrollado por Fritz Went. Ambos pusieron las bases de las importancia de las hormonas en el mundo vegetal como reguladoras de la mayoría de los procesos de las plantas.



- *Gravitropismo*: Se producen por la fuerza de la gravedad. La raíz presenta gravitropismo positivo, es decir tiende a crecer en la misma dirección que la fuerza de la gravedad, mientras el tallo presenta gravitropismo negativo, pues busca la dirección opuesta. El gravitropismo se produce por la presencia de amiloplástidos en células especializadas. Estos, al cambiar de posición dentro de las mencionadas células, producen una

descompensación de masa que es la que dispara un crecimiento desigual que origina los tropismos.

- *Tigmotropismos* : Reacciones de las plantas cuando están en contacto con objetos sólidos. Estos movimientos permiten a ciertas plantas poder trepar al aferrarse, a otras plantas u objetos circundantes como aquellas que poseen zarcillos, tallos volubles o raíces aéreas.



Plantas con tallos volubles del frijol. Plantas con zarcillos (foto campanilla)

- *Hidrotropismos*: reacciones vegetales frente al estímulo del agua.

Las Nastias

Las nastias: son movimientos de las plantas , que responden a estímulos externos, como el contacto. Estos movimientos, a diferencia de los anteriores no se dirigen en la misma dirección del estimulo y no presentan un aumento de la masa vegetal. Un ejemplo de ello lo tenemos en la *Mimosa pudica*, cuyas hojas reaccionan al contacto:



Ritmos circadianos: son cambios que experimentan las plantas en consonancia con estímulos ambientales y de acuerdo a unos estímulos biológicos predeterminados. Dentro de estas tendríamos, por ejemplo, los movimientos fotoperiódicos y estacionales, que son respuestas de los vegetales a las

variaciones de la luz solar entre el día y la noche y entre unas estaciones y otras. Estos cambios se manifiestan en la distinta posición de las hojas, en la cerrazón nocturna de las flores, el periodo de floración, la germinación de las semillas, etc. Se llevan a cabo porque los vegetales presentan proteínas fotorreceptoras, llamadas fitocromos, que activan hormonas femeninas, siendo entre ellas las auxinas las más importantes. La luz y la temperatura parecen ser los estímulos exteriores que más influyen en estos cambios.

GERMINACIÓN IN VITRO

Fundamentos de la Germinación In Vitro

Germinación Simbiótica y no Simbiótica de Semillas

Mediante la germinación in vitro, se reproducen semillas en frascos de vidrio o plástico sobre un medio de agar nutritivo que contiene los azúcares y minerales necesarios para que las semillas germinen y crezcan. Hay dos tipos básicos de germinación in vitro: simbiótica y no simbiótica.

En la germinación simbiótica, las semillas se siembran con una pequeña porción del hongo micorriza apropiado. El hongo crece en el medio, coloniza a las semillas en proceso de germinación y se origina una relación simbiótica que se espera alimente al protocormo hasta que éste produzca hojas y se vuelva autotrófico. Esta técnica es ampliamente usada para la propagación de orquídeas terrestres en zonas templadas.

Tiene la ventaja de usar un medio simple (uno de los más comúnmente usados consiste en avena en polvo con una pequeña cantidad de extracto de levadura), y como resultado las plantas micorrizales suelen ser más fuertes y resistentes a infecciones que sus contrapartes cultivadas asimbióticamente. Sin embargo, la desventaja es que se necesita seleccionar el tipo de hongo micorriza adecuado para que se origine la simbiosis y prevenir parasitismo y la consecuente muerte de las semillas. Se ha realizado poca investigación sobre la relación del hongo micorriza con las orquídeas tropicales, y por lo tanto no se dispone del hongo micorriza apropiado.

La germinación asimbiótica es usualmente usada en la propagación de orquídeas tropicales, las mismas que tienden a crecer fácilmente en comparación con sus parientes en zonas templadas. El medio usado para la germinación asimbiótica es más complejo que para la germinación simbiótica, ya que todos los nutrientes orgánicos e inorgánicos y los azúcares deben estar disponibles para la orquídea en una forma apropiada puesto que ya no existe la intermediación del hongo. La germinación asimbiótica es un método empleado actualmente en el

programa de germinación in vitro en la Reserva Orquideológica El Pahuma. En caso de disponer del hongo a partir de siembras in situ, habría la posibilidad de usar técnicas simbióticas en el futuro.

Fundamentos para mantener condiciones de esterilización

Tanto para la germinación simbiótica y asimbiótica es de vital importancia que el medio, los frascos, los aparatos y las semillas se mantengan desinfectadas desde el principio del proceso de germinación. Cualquier bacteria u hongo que se introduzca en los frascos crecerá más rápido que las semillas y pronto ocupará su espacio hasta matarlas.

Las condiciones de esterilización en la preparación del medio se crean autoclavando el medio y los frascos a utilizarse por 15 minutos a 15 atm. Esta temperatura y presión son suficientes para matar todas las esporas de bacterias y hongos presentes en el medio.

Las semillas deben ser esterilizadas y transferidas a los frascos sin introducir hongos o bacterias externos. Generalmente, este proceso se realiza sembrando desde la superficie desinfectada de cápsulas verdes, o desinfectando semillas maduras con hipoclorito de sodio o calcio, o peróxido de hidrógeno. Además de asegurarse que todos los instrumentos utilizados en la transferencia estén desinfectados. Con cierto cuidado y práctica se puede crear y mantener condiciones de esterilización desde la germinación hasta el transplante de las semillas.

En el programa de germinación para El Pahuma, la esterilización consiste en vaciar el medio y sembrar las semillas utilizando una cámara de flujo laminar. Otras técnicas para mantener estas condiciones de esterilización son posibles (Thompson 1980), sin embargo son técnicamente más complicadas y no deben ser desarrolladas en condiciones húmedas y sin limpieza adecuada.

Uso de la cámara de flujo laminar

Se debe prestar atención a ciertas reglas básicas al usar la cámara de flujo laminar:

1. Siempre se la debe desinfectar por completo usando alcohol de 70-90% de concentración (de preferencia etanol, tener mucho cuidado si se utiliza alcohol antiséptico que contiene también metanol. El metanol es tóxico y puede causar ceguera si es ingerido). Use un roceador y limpie todas las superficies de la

cámara con un algodón empapado de alcohol (incluyendo las paredes y el techo). Se debe desinfectar tanto antes como después de utilizar la cámara. Tenga cuidado de no inhalar cuando se rocee el etanol para utilizar la cámara.

2. Todo lo que ingresará en la cámara debe estar esterilizado. Utilice guantes y desinféctelos completamente antes de usarlos, roceándo alcohol y guardándolos en la cámara hasta que el alcohol se haya secado. Con práctica, es posible en lugar de usar guantes, lavarse las manos y fregarse las uñas usando un jabón antibacterial, secarse y esterilizar con alcohol, sin embargo en caso de que existieran problemas con contaminación bacterial se debe volver a utilizar los guantes. Use un mandil de laboratorio y lávelo constantemente.

Asegúrese que los frascos de vidrio estén limpios. Los frascos de vidrio pueden ser roceados con alcohol al introducirlos en la cámara, pero con precaución. Cualquier nota escrita con marcador sobre el vidrio será borrada por el etanol. Si los frascos están limpios, rocearlos con etanol no será necesario. Los instrumentos pueden ser autoclavados antes de su uso, envolviéndolos previamente en papel de aluminio o papel de empaque café sellado con cinta adhesiva. Una vez en la cámara, la esterilización es asegurada sumergiéndola en etanol al 100% y encendiéndola tres veces antes de usarla. La mejor manera de conservar el etanol es en frascos grandes de vidrio para permitir la máxima exposición de los instrumentos al etanol. Después de flamear los instrumentos éstos deben ser ubicados rápidamente sobre un frasco de vidrio esterilizado para continuar con el flameado. Déjelos enfriar antes de su uso.

3. Recuerde que cualquier espora de bacteria u hongo dentro de la cámara flotará hacia el interior y en dirección a su persona. Nunca ponga las manos, mangas u otro objeto sobre o en dirección de algo desinfectado (como el medio). Mantenga movimientos leves y evite crear turbulencia de aire que pueda ocasionar contaminación. No hable, tosa o esturnede dentro de la cámara. Trabaje en lo posible por la parte de atrás de la cámara y minimice el tiempo de exposición de los medios cuando sea posible.

4. Mantenga las condiciones de esterilización mediante la limpieza regular de la cámara con alcohol, desinfecte nuevamente los instrumentos luego de su uso y lávese de nuevo las manos después de haber tenido contacto con cualquier objeto fuera de la cámara. De manera especial, no se toque el cabello o la cara con los guantes puestos.

Traspaso del Medio (verter en los frascos)

Para verter el medio en los frascos o cajas petri esterilizadas, se debe usar la cámara de flujo laminar (vea el literal 1.2.3). Los frascos deben ser

jabonados y lavados completamente cuatro veces antes de usarlos, y desinfectados por 15 minutos a 15 p.s.i. en la autoclave. Si tiene frascos con tapa, recuerde de cerrarlas totalmente antes de meterlas en la autoclave. Si no se tiene tapas disponibles, se puede cubrir los frascos con un pedazo de papel de aluminio. También se puede usar papel de empaque café sellado con una cuerda, pero es más inadecuado. Se debe repetir la esterilización de los frascos que salgan de la autoclave con huecos en el papel aluminio o sin el papel aluminio.

1. Espere que el medio se enfríe lo suficiente para cogerle con las manos. Cuando el agar esté menos líquido y la botella o frasco no esté tan caliente, se puede verter el medio. Si se vierte el agar muy caliente se puede ocasionar una alta condensación.

2. Ponga en línea los frascos o cajas petri comenzando desde el fondo de la cámara de flujo laminar, aflojando las tapas de los frascos.

3. Saque las tapas de los frascos o cajas petri y vierte el agar moviendo de izquierda a derecha (si es diestro) para evitar que cualquier parte de la mano o del mandil de laboratorio roce con un frasco o caja abierta.

4. Deje que se asiente el medio y ponga de nuevo las tapas. Se puede tapar los frascos inmediatamente luego de que se ha vertido el medio, pero se puede provocar condensación. El agua sobrante en los frascos puede o no ser útil dependiendo de la madurez de las semillas.

La preparación completa del medio desde la mezcla de los ingredientes hasta el asentamiento del medio vertido tiene un tiempo estimado de 4 horas de duración. Si se ha preparado 2 litros de medio se puede utilizar una estufa para mantener la una botella caliente hasta terminar de utilizar la otra. La estufa caliente debe ser usada solamente por lapzos cortos de tiempo (emergencias), ya que en caso de períodos más prolongados (como una media hora) se provocará la precipitación del carbón activado.

SIEMBRA DE LAS SEMILLAS

Colección y Almacenamiento de las Semillas

Las semillas pueden ser colectadas a partir de cápsulas verdes o cápsulas maduras.

Una cápsula verde que está madurando, y está lista para ser sembrada, se encuentra llena de semillas y no se deforma cuando se la aprieta con las pinzas, "queda intacta".

Las cápsulas pueden ser almacenadas por algunas semanas si se las envuelve en papel de cocina y si se las coloca en un lugar del refrigerador con bastante aireación (como el compartimiento para el queso). No se debe almacenar las semillas en fundas plásticas ya que las cápsulas sudarán y se podrirán.

Si es posible, es mejor colectar cápsulas que han estado expuestas a un día seco. Es aconsejable usar semillas frescas o secadas en una solución saturada de hexahidrato de calcio (Seaton & Pitchard, 19xx). Si este compuesto no está a la disposición, se las puede secar con clorito de calcio, sílica gel (más áspero que el clorito de calcio y solamente recomendado para usarlo a corto plazo) o simplemente dejarlas secar a la temperatura ambiente en una habitación (sólo en climas secos). Una vez que las semillas estén secas, se las puede almacenar por muchos meses en frascos cerrados dentro de un refrigerador (4-5°C). De nuevo, las semillas nunca deben ser almacenadas o transportadas en fundas plásticas o recipientes con aire encerrado.

El tiempo desde el florecimiento hasta la maduración de las semillas varía significativamente de acuerdo a la especie y el lugar. Por ejemplo, las semillas de *Epidendrum* o *Masdevallia* requieren aproximadamente de 3.5 meses para madurar mientras que las semillas de *Odontoglossum* requieren alrededor de 18 meses (Mónica de Navarro, conversación personal). Las estimaciones convencionales no toman en cuenta las diferencias climáticas; de hecho una cápsula que crece en un recipiente de vidrio caliente madurará mucho más rápido que una creciendo en el bosque nublado.

Todas las plantas colectadas en la Reserva Orquideológica El Pahuma deben ser marcadas con una cinta adhesiva y registradas con un código, y recuerde incluir este número en los detalles de la siembra.

Siembra de las Semillas

o **Cápsulas verdes vs. semillas secas**

Se puede sembrar semillas a partir de cápsulas verdes o a partir de semillas secas. A continuación se describen las ventajas y desventajas de ambos métodos:

1. Siembra a partir de cápsulas verdes. El interior de las cápsulas de orquídeas se mantiene estéril si las cápsulas están intactas. Entonces, si se esteriliza la parte exterior de las mismas, donde hongos y bacterias pueden desarrollarse, y se abre las cápsulas bajo condiciones de esterilización las semillas podrán mantenerse desinfectadas. La ventaja de este método es que no se requiere de la esterilización de las semillas, lo que podría provocar su deterioro. Además, algunas semillas tomadas de cápsulas casi maduras podrían germinar más rápido que las provenientes de cápsulas maduras a causa de los mecanismos de dormancia. La desventaja de este método es que al abrir la cápsula todas las semillas en ella deben ser utilizadas o eliminadas (algunas semillas maduras podrían secarse y ser almacenadas). También se debe considerar que las semillas sembradas a partir de cápsulas que no han madurado lo suficiente podrían germinar lentamente o simplemente no germinar.

2. Siembra a partir de semillas secas. Una vez que la cápsula es abierta, las semillas dejan de ser estériles y requieren de un proceso de esterilización. Comúnmente, se utiliza una solución de hipoclorito (cloro) de sodio, hipoclorito de calcio o peróxido de hidrógeno. Las semillas se agitan dentro de la solución que además contiene una gota de detergente para ¯humedecerlas‖, luego se las enjuaga con agua destilada y se las siembra en el medio preparado. La ventaja de este método es que las semillas pueden ser colectadas, secadas al aire, almacenadas por varios meses en el refrigerador y utilizadas cuando sea necesario.

Se debe considerar que lo que se siembra está determinado por la disposición de cualquiera de las dos formas de encontrar las semillas de acuerdo a la época en que se colectan.

- **Siembra a partir de cápsulas verdes**

El método general para sembrar semillas a partir de cápsulas verdes es el siguiente:

1. Con la ayuda de un bisturí, remueva cuidadosamente la flor muerta de la cápsula.

2. Utilice un cepillo de dientes suave para fregar suavemente la cápsula con la

solución jabonosa.

3. Enjuage la cápsula en agua.

4. Introduzca la cápsula por 10 minutos aproximadamente en una solución de hipoclorito de sodio al 1% a la que se ha añadido una gota de detergente (tome en cuenta que el *cloro* común es hipoclorito de sodio al 5% por lo tanto hay que diluir lo necesario).

5. Transfiera la cápsula sumergida en la solución de cloro a la cámara de flujo laminar.

6. Saque la cápsula de la solución de cloro usando unas pinzas y tomándola preferiblemente de lo que queda del peciolo. Luego sumérjala en alcohol al 100% y pásela rápidamente por el fuego (flamear). Deje que el alcohol se queme completamente y que la cápsula y las pinzas se enfríen. Repita el proceso dos veces para las cápsulas grandes. Para el caso de las cápsulas pequeñas y frágiles decida Usted con discreción el tiempo de pasarlas por la llama (tal vez sólo una vez). Si no es posible sostenerlas del peciolo, cambie la posición de las pinzas antes de flamearlas nuevamente.

7. Transfiera la cápsula a una superficie desinfectada (como una caja petri esterilizada). Corte longitudinalmente la cápsula en la mitad con la ayuda de un bisturí desinfectado. Utilice una hoja de bisturí nueva para cada cápsula para prevenir la propagación de virus.

8. Levante la una mitad de la cápsula con las pinzas y golpéela ligeramente sobre el medio para discernir las semillas.

9. Repetir este paso hasta que todas las semillas faltantes se utilicen. Las semillas menos maduras se pueden extraer de la cápsula con las pinzas.

10. Normalmente se añaden unas gotas de agua en cada frasco de modo que ciertos grupos de semillas se separen y se distribuyan sobre el agar.

- **Siembra a partir de cápsulas dehiscentes (abiertas con semillas secas)**

Existen diferentes métodos para la siembra a partir de semillas secas. Todos ellos se basan en la esterilización de las semillas y el lavado en agua destilada antes de sembrarlas, pero las técnicas varían. El tiempo de esterilización también varía dependiendo de la especie, del tiempo de maduración luego que la semilla es colectada, de las condiciones climáticas a momento de la colección y de los métodos de secado y almacenamiento.

Por ello, un rango de tiempos de esterilización es recomendado para las nuevas semillas.

El programa de conservación en El Pahuma usa principalmente dos técnicas para sembrar semillas maduras: el método de la jeringuilla y el método del paquete (o funda de papel). Es posible usar otras técnicas, como el método de filtración usando el embudo de Buchner, pero no están incluidas en este manual.

Tanto para el método de la jeringuilla como para el método del paquete es aconsejable esterilizar los instrumentos y el agua necesarios el día anterior, ya que el agua demora bastante en enfriarse luego del autoclavado.

En general, la técnica de la jeringuilla es usada para la mayoría de las semillas mientras que la técnica del paquete es utilizada para semillas más raras y pequeñas.

- **Método de la Jeringuilla**

1. Tome una jeringuilla de 5 ml, tape la punta de la jeringuilla con un trozo de algodón envuelto en un pedazo de tela de media nylon (vea el diagrama), inserte el émbolo nuevamente y autoclave. Al mismo tiempo, autoclave una cierta cantidad de agua destilada (en frascos o botellas) y las pinzas.

2. Saque el émbolo de la jeringuilla y vierta una pequeña cantidad de semillas en la jeringa. (Una gran cantidad de semillas formará una masa en forma de pasta si se usa la técnica 5b para la siembra, haciendo difícil la siembra apropiada). Inserte de nuevo el émbolo.

3. Absorber con la jeringuilla 4 ml de la solución de cloro al 1% (a la que se le añadió una gota de detergente). Agite la jeringa por 5 minutos (u otro tiempo de esterilización), asegúrese de que las semillas se mojen completamente en la solución y que no queden atrapadas en burbujas de aire. Expulse esta solución y absorba de nuevo otra porción de solución fresca. Agite por otros 5 minutos y vuelva a expulsarla.

4. Lave las semillas 3-4 veces absorbiendo agua destilada y esterilizada en la jeringuilla, agitando por un momento y luego expulsando el líquido.

5. Siembre las semillas ya sea a) esterilizando el cuello de la jeringuilla, vertiendo las semillas en el medio y eliminando el exceso de agua o b) expulsando todo el exceso de agua, sacando el algodón con unas pinzas y colocando las semillas sobre el medio.

- **Método del Paquete (o funda de papel)**

1. Elabore un paquete a partir de un pedazo de papel (vea el diagrama).

2. Esparza una pequeña cantidad de semillas dentro de los paquetes. Nuevamente, cantidades grandes de semillas provocará que se junten e impidan la penetración del cloro.

3. Doble y selle los paquetes usando grapas. Sumérjalos en agua destilada por 5-10 minutos, apretando suavemente para dispersar cualquier burbuja de aire.

4. Con la ayuda de pinzas, transfiera los paquetes a la solución de cloro al 1% y que además contiene una gota de detergente. Déjeles en la solución por 10 minutos (u otro tiempo de esterilización), agitándoles continuamente.

5. Transfiera el paquete más el cloro a la cámara de flujo laminar. Usando pinzas traspase el paquete a agua destilada (en un frasco). Agite. Repite este

procedimiento 3-4 veces para enjuagar las semillas.

6. Exprima suavemente los paquetes para eliminar el exceso de agua y transfiéralos a una superficie esterilizada. Corte y abra el paquete usando tijeras desinfectadas y siembre las semillas en el medio.

Normalmente, al emplear esta técnica se ponen los paquetes en un recipiente que contenga cloro y éste sobre una placa magnética. De acuerdo con la teoría, las grapas actuarán como campos magnéticos y agitarán los paquetes automáticamente. Esto nunca ha funcionado en mi experiencia personal. Tan sólo agitando los paquetes frecuentemente se

obtienen los mismos resultados, y al sumergir al mismo tiempo varios paquetes en cloro se puede acelerar el proceso de siembra.

Desarrollo reproductivo; envejecimiento

Fisiología de la germinación; reproducción; bases fisioecológicas de la bioproducción; post cosecha.

El formato de crecimiento, desarrollo, morfogénesis. Concepto de crecimiento y desarrollo, características del crecimiento y desarrollo, tipos de meristemas, bases celulares del crecimiento, aspectos cuantitativos del crecimiento, análisis del crecimiento. Control de los cambios morfogénicos, polaridad, diferenciación celular, histogénesis, organogénesis, regeneración, fotomorfogénesis, fitocromo, fototropismo, síntesis de clorofila.

Reguladores del crecimiento: Auxinas, Giberelinas, Citoquininas, Ácido abscísico, etileno, Brassino esteroides, Jasmonatos, fitoalexinas, retardantes, otros.

Aplicaciones agronómicas de los reguladores del crecimiento: enraizamiento, injertos, cuajado de frutos, control de la abscisión, raleo de flores y frutos, modificación de la expresión floral, retardo de la brotación y floración, modificación de la modalidad de crecimiento, retardo del envejecimiento, resistencia a factores adversos, maduración de frutos, herbicidas.

REGULADORES DE CRECIMIENTOS

CLASIFICACIÓN, ESTRUCTURA QUÍMICA, EFECTOS FISIOLÓGICOS DE LOS PRINCIPALES REGULADORES DEL CRECIMIENTO

INTRODUCCIÓN

Se entiende por hormonas vegetales aquellas substancias que son sintetizadas en un determinado lugar de la planta y se translocan a otro, donde actúan a muy bajas concentraciones, regulando el crecimiento, desarrollo o metabolismo del vegetal. El término ¯substancias reguladoras del crecimiento‖ es más general y abarca a las substancias tanto de origen natural como sintetizado en laboratorio que determinan respuestas a nivel de crecimiento, metabolismo o desarrollo en la planta.

DEFINICIONES:

REGULADORES DEL CRECIMIENTO

Se entiende por hormonas vegetales aquellas substancias que son sintetizadas en un determinado lugar de la planta y se translocan a otro, donde actúan a muy bajas concentraciones, regulando el crecimiento, desarrollo ó metabolismo del vegetal. El término ¯substancias reguladoras del crecimiento‖ es más general y abarca a las substancias tanto de origen natural como sintetizadas en laboratorio que determinan respuestas a nivel de crecimiento, metabolismo ó desarrollo en la planta.

REGULADORES DEL CRECIMIENTO

FITOHORMONAS Y HORMONAS VEGETALES

Las fitohormonas, también llamadas hormonas vegetales, son sustancias producidas por células vegetales en sitios estratégicos de la planta y estas hormonas vegetales son capaces de regular de manera predominante los fenómenos fisiológicos de las plantas.[1] Las fitohormonas se producen en pequeñas cantidades en tejidos vegetales, a diferencia de las hormonas animales, sintetizadas en glándulas. Pueden actuar en el propio tejido donde se generan o bien a largas distancias, mediante transporte a través de los vasos xilemáticos y floemáticos.

AUXINA

Las auxinas son un grupo de fitohormonas que funcionan como reguladoras del crecimiento vegetal. Esencialmente provocan la elongación de las células. Se sintetizan en las regiones meristemáticas del ápice de los tallos y se desplazan desde allí hacia otras zonas de la planta, principalmente hacia la base, estableciéndose así un gradiente de concentración. Este movimiento se realiza a través del parénquima que rodea a los haces vasculares.

La síntesis de auxinas se ha identificado en diversos organismos como plantas superiores, hongos, bacterias y algas, y casi siempre están relacionadas con etapas de intenso crecimiento.

Son las primeras hormonas que se describieron. Su estructura es un derivado del fenol o el indol, y tienen anillos aromáticos con dobles enlaces conjugados. Todas son ácidos. Se descubrieron a partir del efecto de curvatura de los tallos al cortar su parte apical. No se sabe el modo de acción pero está relacionado directamente con su estructura, ya que si se modifica pierde su función. Las auxinas principales son:

Ácido indolacético: es con la que más se ha experimentado.

Ácido 4-cloroindolacético

Ácido indolbutílico: actúa en el enraizamiento.
Ácido fenilacético

Efectos

Los efectos de las auxinas son:

Crecimiento: estimulan la elongación celular en tallos y coleoptilos (tallos jóvenes), incrementan la extensibilidad de la pared celular y estimulan la diferenciación del xilema y el floema.
Tropismos: responsables del fototropismo y gravotropismo.
Dominancia apical: la yema apical del tallo (produce la mayoría de auxinas) inhibe el crecimiento de yemas axilares cercanas.
Abscisión de órganos (hojas, flores y frutos): posee un control genético, y las auxinas retrasan la caída, aunque el etileno la induce.
Rizogénesis: estimulan la formación de raíces laterales o adventicias. Inhiben la elongación de la raíz principal.
Las aplicaciones agrícolas de las auxinas son la reproducción, la formación de frutos, floración, partenocarpia (frutos sin semilla), aparición de flores femeninas y creación de herbicidas.

PRECURSORES AUXÍMICOS

Las auxinas producidas en los tejidos vegetativos pueden ejercer su efecto en ese sitio, pero también se pueden translocar a otros sitios mediante un flujo hacia "abajo" y allá también ejercer su efecto. El transporte de las auxinas producidas en las raíces parece tener un flujo opuesto al de la parte vegetativa, mostrando ser hacia "arriba". En ambos casos se reconoce que el problema es el tejido vascular por donde ocurre la translocación.
Las auxinas aplicadas a los cultivos no tienen mucha movilidad (excepto el 2,4-D), lo cual se debe a que inmediatamente después de entrar al tejido se "unen" a proteínas y pierden capacidad de movimiento.

SUSTANCIAS DE TIPO AUXIMAS

Otro fenómeno gobernado por las auxinas es la dominancia apical o inhibición del desarrollo de las yemas laterales por la yema apical. Este hecho parece estar producido por el transporte descendente de auxina. La caída de las hojas y frutos, así como la iniciación de la raíz, también parece ser gobernada por las auxinas. En el primer caso se ha observado que demora su desprendimiento, mientras que en el segundo estimulan la aparición de raíces, como es el caso de las raíces adventicias. Como vemos el abanico de procesos

ANTIAUXINAS

Compuesto que presenta analogía estructural con las auxinas, pero que no provoca sus efectos fisiológicos. Las antiauxinas se utilizan como inhibidores de la acción auxínica.

GIBERELINAS

Son hormonas que proceden de una estructura química, no de una función concreta. Su estructura química deriva del ent-giberelano. Es un grupo de hormonas muy heterogéneo, existen muchas formas aunque pocas con función. Hay 130 distintas repartidas en distintos reinos y especies, a veces sirven como criterio taxonómico.
La estructura química común está formada por un esqueleto carbonado de 20 carbonos (a veces 19) con 4 anillos de ent-giberelano. Son diterpenos, metabolitos secundarios. En ocasiones existe una modificación en forma de enlace entre los dos últimos carbonos que provoca que el esqueleto quede formado por 19 carbonos y 5 anillos. Las hormonas con esta modificación son las más activas y se piensa que las de 20 C se modifican antes de actuar. Poseen grupos carboxilos que pueden cambiar en posición y número, aunque el carboxilo en posición 7 aparece en todas las activas. También poseen grupos hidroxilos cuyas posiciones relevantes son la 2, la 3 y la13. En la 2 producen la pérdida irreversible de la actividad, y la 3 confiere actividad biológica. Todas son ácidos, y se denominan GAX, siendo x un número del 1 al 130 en función del orden de descubrimiento.

Efectos

Los efectos de las giberelinas son:

Estimulan el crecimiento de los tallos (elongación) e hipocótilos.

Tienen un papel mayor que las auxinas en plantas con crecimiento de entrenudos.

En la reproducción estimulan la floración, sobre todo en aquellas plantas con floración por factores ambientales o floración del día largo como las coníferas. No son universales, en algunas especies puede inhibir la floración (angiospermas leñosas y frutales). Producen partenocarpia (reproducción sin fecundación donde el fruto se genera sin semillas). Tienden a producir plantas masculinas en especies dioicas. Provocan la reversión a fases juveniles de la planta.
Pueden suplir los fotoperíodos y los termoperíodos necesarios para el crecimiento. La germinación es su principal efecto. Casi todas las semillas germinan inducidas por GA. Posibilitan la movilización de reservasen la semilla.
Sustituyen requisitos ambientales.

CITOCININAS

Son un grupo más reducido de hormonas que deben su nombre a su función (citoquinesis). En conjunto con las auxinas estimulan la división celular. Derivan de adeninas, y las más frecuentes son la quinetina y benciladenina (sintéticas) y la zeatina (natural). La zeatina posee un doble enlace en el centro de la cadena y tiene isómeros cis y trans que parecen ser formas naturales. La zeatina puede estar en la base siguiente al 3‘ del anticodón del ARNt.

Efectos

Los efectos que producen son:
Crecimiento: en conjunto con las auxinas estimulan la proliferación de células meristemáticas, y también estimulan la expansión de los cotiledones tras el primer haz de luz que reciben.
Dominancia apical: estimulan el crecimiento de yemas laterales inhibiendo la apical (contrario a las auxinas, por lo que deben estar en equilibrio).
Diferenciación y morfogénesis: provocan cambios en la morfología según el tipo de crecimiento. Junto a las auxinas estimulan la formación de raíces y tallos.
Senescencia: son anti-senescentes.

ETILENO

Es la molécula C2H4.Su peso molecular es 28, es un hidrocarburo insaturado liposoluble (capaz de transpasar la membrana), y es un gas volátil a temperatura ambiente.

Efectos

Sus efectos fisiológicos son:
En cuanto al crecimiento:
Interviene en el desarrollo del síndrome de la triple respuesta., donde se provocan 3 alteraciones anormales: el tallo se curva perdiendo el hábito geotrópico normal, se inhibe el crecimiento en longitud de tallos y raíces y los tallos se engrosan (el etileno aumenta el grosor de las células parenquimáticas).
Epinastia foliar: en la zona superior de los peciolos se produce una estimulación temporal del crecimiento. El peciolo queda débil y las hojas no pueden orientarse quedando ineficaces.
Formación del ¯gancho‖ en plantas dicotiledóneas.
Estimula la elongación en tallos de plantas aromáticas, ya que éstas necesitan tener hojas fuera del agua rápidamente.
El etileno es una hormona de la abscisión casi universal. La abscisión está controlada por la planta de forma predeterminada. En el peciolo está la zona de abscisión, que con acción de enzimas se rompen las células provocando la caída de las estructuras. Los frutos pueden caer por otro fenómeno diferente a la abscisión.
Acelera la senescencia en tejidos vegetales. Es el responsable de la maduración de frutos climatéricos (tomate, manzanas, aguacate... cítricos no) y de otros tejidos como las hojas, tallos y flores. En los tomates transgénicos se inhibe la síntesis de etileno.
Estimula la germinación de semillas.
Es una hormona asociada a todas las situaciones de estrés de la planta (temperaturas extremas, heridas, patógenos...).
Interviene en la formación de parénquima, formando un tejido con huecos para favorecer la llegada de oxígeno a las raíces. Los huecos se obtienen mediante la lisis de células. También puede generarse un parénquima muy compacto para limitar el acceso de oxígeno.

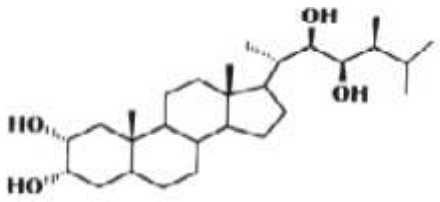
En cuanto a las aplicaciones agrícolas destacan la inducción de la floración en bromeliáceas (ya que en otros grupos induce la abscisión), la maduración controlada y el desverdecido (por ejemplo los cítricos pierden el color verde pero el fruto sigue estando inmaduro).

ÁCIDO ABSCÍCICOS

Históricamente se ha considerado como un inhibidor. Se trata de una molécula terpénica de 15 carbonos (sesquiterpeno) similar a los carotenoides pero con particularidades:
Es un ácido, por lo que posee un grupo COOH en un extremo.
Tiene una cadena con 2 dobles enlaces con sustituyentes distintos, normalmente el del carbono 2 es cis y el del carbono 4 es trans.
El anillo del primer carbono posee los 4 sustituyentes distintos, por lo que es asimétrico y tiene isomería óptica S/R.

Efectos

Estas hormonas proceden de la abscisión de órganos vegetales, pero no es la causante de éste en el 90% de los casos. Se trata de una hormona anti-estrés. Actúa contra el estrés hídrico provocando el cierre de estomas. Contrarresta el efecto de la auxina, pero no inhibe el crecimiento en sí. También provoca el letargo de las yemas (en ese sentido sí es anti-crecimiento). Es esencial para la biogénesis (formación de embriones viables). Evita la germinación prematura y por eso bloquea las giberelinas.

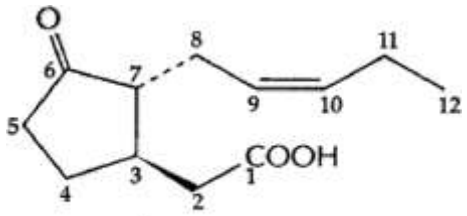


Estructura de la 6-desoxocastasterona (1)

BRASINO ESTEROIDALES

Son un grupo de hormonas esteroideas polihidroxiladas que juegan un papel importante en fenómenos de desarrollo de las plantas, como son: división y alargamiento celular de tallos y raíces, fotomorfogénesis, desarrollo reproductivo, envejecimiento foliar, respuestas al estrés y germinación.
Los brasinoesteroides se encuentran presentes en las plantas a muy bajas concentraciones, sin embargo tienen un fuerte efecto como promotores del crecimiento, estimulando tanto la división como el alargamiento celular. Estos actúan conjuntamente con otras hormonas vegetales en la regulación del crecimiento y la diferenciación. Una planta mutante de Arabidopsis es enana, ya que no sintetiza brasinoesteroide; sin embargo al aplicarle brasinoesteroide artificialmente, la planta se alarga y empieza a crecer normalmente, indicando que este es esencial para el alargamiento celular en plantas normales.

BR juega un papel importante en el desarrollo celular, promoviendo la diferenciación del xilema y suprimiendo la del floema. Promueve el desarrollo del tubo polínico desde el estigma y a través del estilo hasta el saco embrionario. Asi mismo, promueve la germinación de semillas de tabaco, independientemente del ácido giberélico.



(-) Ácido Jasmónico

JASMONATOS

La defensa de las plantas contra los herbívoros surge como una respuesta al daño ocasionado por insectos. Los insectos que se alimentan de las hojas de tomate dañan las células, conduciendo a la formación de una hormona polipeptídica la sistemina, lo que dispara la formación de otra hormona el ácido jasmónico como producto de la degradación de ácido linolenico, que es un ácido graso constituyente de la membrana celular. El ácido jasmónico entra en el núcleo de la célula, donde activa genes que programan la síntesis de un inhibidor de proteasas, lo que ocasiona que el insecto no pueda digerir las proteínas, retardando su crecimiento y provocando su muerte.
El ácido jasmónico se sintetiza a partir del ácido linolenico mediante la acción de enzimas que se encuentran en dos organelos celulares, los cloroplastos y los peroxisomas. El AJ activa la defensa de las plantas contra insectos y muchos hongos patógenos. Así mismo, regula otros aspectos del crecimiento de las plantas como son: el desarrollo de las anteras y el polen. Promueve la senescencia y abscisión de hojas, inhibe la germinación de semillas y el alargamiento de las raíces.

INHIBIDORES

Adsorción de agua e hinchamiento de materiales coloidales debido a la adsorción de moléculas de agua a las superficies internas de los materiales. Es el primer proceso que debe ocurrir en una semilla antes de la germinación.Mecanismo de control en el cual un incremento en la concentración de alguna molécula inhibe la síntesis posterior de dicha molécula.

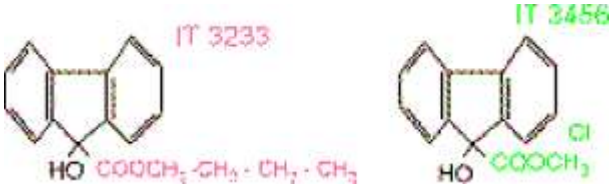
RETARDANTE

Compuestos químicos que retrasan la activación del meristema subapical responsable de la elongación de los tallos, no afecta de igual manera al meristema apical. Son principalmente derivados de cuatro grupos: Carbamatos (AMO 1618), derivados del ácido fosfónico (Fosofon D), análogos de la colina (CCC), ácidos succinamicos o maleamicos (SADH ó Alar).

MECANISMO DE ACCION:

MORFACTINA

Son sintéticas, derivan de un anillo de fluoreno con distintas sustituciones. Son inhibitorias específicas y actúan en un amplio rango de concentraciones, mucho más amplio que el del resto de los reguladores conocidos.



Mecanismo de acción:

Inhibitorias de manera específica

Inhiben el transporte del AIA, produciendo anormalidades en el crecimiento ya que rompen la dominancia apical y alterando los tropismos.

Aplicaciones en la Agricultura:

Inhiben la germinación de semillas.

Antagonizan con las giberelinas impidiendo la elongación del escapo floral en las plantas en roseta

Estimulas abscisión de flores y frutos

Herbicidas no toxicas, son altamente selectivas y no tienen perduración en el suelo

Promueve floración en plantas de días cortos

FITOALEXINAS

Las **fitoalexinas** son compuestos antimicrobianos que se acumulan en algunas plantas en altas concentraciones, después de infecciones bacterianas o fúngicas y ayudan a limitar la dispersión del patógeno.

Tienen varias características interesantes:

Se sintetizan muy rápido, en pocas horas después del ataque microbiano.

Su formación está restringida a una zona local alrededor del sitio de infección.

Son tóxicas a un espectro amplio de hongos y bacterias patógenas en plantas.

Frecuentemente más de una fitoalexina es sintetizada durante una interacción con el patógeno, en tales casos las fitoalexinas son comúnmente relacionadas biosintéticamente. En frijol se han descrito cerca de 16 tipos diferentes, las más conocidas son faseolina, faseolidina, faseolinisoflavona y kievitona. En general las fitoalexinas no son potentes antibióticos y son de baja especificidad, muchas son biocidas y otras tienen efectos bioestáticos.

INHIBIDORES NATURALES

Inhibidores: actúan sobre las enzimas en forma directa, los fenoles actúan sobre la AIA oxidasa y por consecuencia en la concentración de AIA, las cumarinas actúan sobre la oxidación del AIA y los flavonoides tambíen sobre la AIA oxidasa y la producción de ATP en las mitocondrias

APLICACIONES AGRONÓMICAS DE LOS REGULADORES DE CRECIMIENTOS

MÉTODO DE TRATAMIENTO

LENTO

Este tiempo de espera se convierte en la variable influyente principal de todo el proceso, de manera que ¯a menos tiempo para generar raíces, más fácil se logra el éxito".
Aunque muchos de los factores mencionados en el punto ¯Selección de las estacas" son influyentes en el tiempo de espera, el principal es, sin duda, la naturaleza más o menos recalcitrante del árbol a reproducir.

RÁPIDO

En general, más tarde o más temprano todas las estacas generarán raíces, el problema es que algunas pueden demorar hasta más de 7 meses en hacerlo, por lo que el reto principal al enraizar una estaca, es mantenerla viva por sí sola, sin raíces, y generalmente sin follaje, que es el generador de alimentos, durante ese tiempo de espera.

SUSTRATO ENRAIZANTE

Las hormonas de enraizamiento, es un producto químico que se utiliza, como bien se puede deducir, para favorecer el enraizamiento, tanto para plantones como para esquejes. Muy utilizado en la generación de frutales.
Las hormonas de enraizamiento o enraizantes las encontramos en el mercado en dos formatos (polvo o líquido), con o sin fungicida, etc..

NEBULIZACIÓN

Los sistemas de nebulización no sólo son herramientas útiles para el riego uniforme de las plantas, principalmente en espacios cerrados como los invernaderos, sino que además contribuyen a crear las condiciones de temperatura y limpieza del aire adecuadas para el crecimiento de los vegetales.

PRENDIMIENTOS DE INJERTOS

El prendimiento es el proceso mediante el cual el injerto es incorporado al lecho receptor y su éxito depende básicamente de la rapidez con que se restituya la irrigación de este tejido parásito isquémico. Este proceso se puede aplicar a cualquier tipo de injerto.
Tiene en 3 fases:

Inhibición plasmática:

- Normalmente dura entre 24 y 48 horas.
- Se forma una capa de fibrina entre el injerto y la zona receptora que mantiene la adherencia.
- El injerto absorbe nutrientes y O2 que difunden desde el lecho dador.

Inoculación:

- Los capilares de la zona dadora y receptora se alinean: *kissing capillaries*.

Revascularización. Existen 3 teorías que tratan de explicar este fenómeno:

- Anastomosis entre vasos del injerto pre-existentes y los vasos del lecho dador.
- Nuevos vasos desde la zona dadora invaden el injerto.
- Combinación de vasos nuevos y viejos.

CUAJADO DE FRUTOS Y PARTENOCARPIA INDUCIDA, CRECIMIENTOS DE FRUTOS

Se denomina cuaje al proceso que marca la transición del ovario de la flor a fruto. Este proceso involuca la iniciación de un crecimiento rápido de los tejidos del ovario, como consecuencia de una activa división celular, que constituye la primera fase del crecimiento del fruto. Si el crecimiento no se inicia, o una vez iniciado cesa, el ovario se desprende y, por lo tanto, no cuaja.
Para que se produzca el cuaje son necesarios tres requisitos:

1. la existencia de yemas florales maduras y bien formadas;
2. temperaturas durante la antesis e inmediatamente después que aseguren una adecuada polinización y fecundación;

3. un aporte adecuado de fotoasimilados o fotosintatos, es decir, de los productos de la fotosíntesis, cuando el ovario inicie el desarrollo.

En caso de que alguno de estos requisitos no se cumpla se produce la caída o abscisión de flores o frutos no cuajados. Esta abscisión ocurre en todas las especies cultivadas, y no es uniforme en el tiempo. Suelen producirse tres oleadas de caídas de flores y/o frutos.

1. En el período comprendido entre pre-antesis y caída de pétalos suele detectarse una primera caída, principalmente de flores que no fueron fecundadas. Las causas de ausencia de fecundación pueden ser varias: flores que presentan anomalías ovulares, polen que no desarrolló completamente en la antera, fallas en la dehiscencia de la antera, flores no visitadas por abejas, estigma no receptivo, polen que falló en su germinación, tubo polínico defectuoso, óvulos que perdieron su fertilidad, fertilización simple o incompatibilidades genéticas.
2. Una segunda caída se produce tras el cuaje de los frutos que inician su desarrollo.
3. La tercera caída tiene lugar al final de la fase de división celular. En el Hemisferio Norte, la última caída se presenta en el mes de junio, por lo cual se la denomina «caída de junio» o *June drop*;[31] en el Hemisferio Sur suele producirse en diciembre, con variaciones según la especie, el clima y la latitud.

PERAL

Planta: árbol piramidal, redondeado en su juventud, luego oval, que llega hasta 20 metros de altura y por término medio vive 65 años. Tronco alto, grueso, de corteza agrietada, gris, de la cual se destacan con frecuencia placas lenticulares. Las ramas se insertan formando ángulo agudo con el tronco (45º), de corteza lisa, primero verde y luego gris-violácea, con numerosas lenticelas. Cuando son jóvenes son espinosas, luego inermes y frágiles.

Sistema radicular: raíz profunda, con el eje central muy desarrollado, por lo tanto permite un buen anclaje y es resistente a la sequía.
Hojas: ovales, finamente dentadas o enteras, coriáceas, glabras o rara vez tomentosas, algo lustrosas por el haz, con pecíolo de igual longitud que la lámina o más corto; al principio son algo pelosas, pero terminan por hacerse lampiñas y tienen el margen crenado-serrado o casi entero.
Flores: tienen largos cabillos y forman corimbos umbeliformes en la terminación de las ramillas; son de buen tamaño, con ovario ínfero y de color blanco o blanco-rosado; el cáliz está formado por 5 sépalos lanceolados, estrechados en punta; los pétalos miden generalmente 12-15 mm y son obovados y libres.
Fruto: en pomo, estrechado en la base; ésta puede ser redondeada o atenuada y prolongada en el pedúnculo. Sépalos marcescentes en el ápice umbilicado. Con

cinco celdillas, cada una con 1-2 semillas de cubierta exterior lisa o algo mucilaginosa. La piel del fruto es más o menos lisa, verde, que pasa a parduzca o amarillenta al madurar. Pulpa dura, muy ácida o astringente primero, a la madurez blanda, con células esclerosas esparcidas.

DURAZNO

Los melocotones poseen un patrón de crecimiento que se describe como dos curvas sigmoideas sucesivas. Este tipo de patrón se caracteriza por dos etapas de rápido crecimiento separadas por una fase intermedia en la cual el crecimiento del fruto es muy escaso. Durante la primera etapa de rápido crecimiento (fase I o etapa de crecimiento exponencial), el ovario y su contenido crecen de forma exponencial, salvo el embrión y el endospermo, principalmente como resultado de la división celular. Este período, inmediatamente posterior a la floración, es crítico para el tamaño final del fruto. Cualquier estrés ambiental (calor, frío, deficiencias hídricas o de nutrientes) tiende a acortar esta fase y a afectar el tamaño final del fruto. La segunda etapa (fase II), que semeja una meseta, se caracteriza por el crecimiento del embrión y el endospermo, la esclerificación (¯endurecimiento‖) del endocarpio, y un escaso crecimiento de la pared del ovario. En esta etapa, el fruto incrementa su tamaño lentamente, pero el embrión crece rápidamente dentro del carozo en vías de esclerificación. En la tercera etapa (fase III) tiene lugar un crecimiento rápido del mesocarpo, que produce un rápido incremento del tamaño y el peso del fruto. Le sigue una cuarta etapa (fase IV) en que se produce la maduración del fruto

VID

Crecimiento: se observa la aparición de las distintas partes de la ramas y de los órganos que portan (entrenudo zarcillos, inflorescencia).
Maduración de la madera: se trata de una lignificaron, acompañada de una puesta en reserva del almidón. Esto le confiere al sarmiento buena resistencia al frío invernal, permitiendo una brotación normal en la primavera siguiente.
Caída de hojas: se observa luego de la vendimia y se produce por la migración del almidón hacía la madera. Desde entonces se considera que termina la vida activa de la Vid y pueden comenzar los trabajos de invierno (poda),

Ciclo reproductivo

Floración: se observa dos meses después del desborre, durando diez días en condiciones normales, que son días soleados y entre 18 a 25 grados centígrados. Cuando no se reúnen esas condiciones la fecundación es imperfecta. Se observa entonces una caída de flores la cual puede darse por bajas temperaturas, fuertes lluvias, exceso de vigor (el crecimiento de las ramas compite con la floración) y ataque parasitarios, dando como resultado un fenómeno denominado corrimiento (racimos con pocas bayas).
Cuajado: se denomina cuajado a la transformación de la flor en fruto, es de suma importancia definiéndose la cosecha futura. Los granos permanecen verdes por un tiempo más sin dejar de crecer, luego se produce un cambio de color denominado

envero llegando al color definitivo madurez. Luego se produce el enriquecimiento de azúcares y la baja progresiva de la cantidad de ácidos orgánicos contenidos en las bayas que conduce a una fase llamada maduración tecnológica.

OTRAS PLANTAS

Cuando el tubo polínico alcanza el saco embrionario a través del micropilo, su célula generativa se ha dividido en dos núcleos espermáticos haploides. Uno de ellos penetra en el saco embrionario y se fusiona con la ovocélula, también haploide. Esta fusión genera un zigoto, diploide, que se divide dando lugar al proembrión. Las células delanteras orientadas hacia el centro del saco embrionario se dividirán sucesivamente hasta formar el embrión. El resto del proembrión se divide formando un tejido llamado suspensor, encargado de acercar al embrión hacia el tejido nutritivo en formación o endospermo. El segundo núcleo espermático se fusiona con el núcleo secundario del saco embrionario, diploide, dando lugar a un núcleo endospérmico, triploide, que forma el endospermo. De los tegumentos se forma la testa o espisperma que rodea al resto de tejidos para formar la semilla. El endospermo resulta vital para el desarrollo del embrión una vez la semilla ha madurado e inicia la germinación. Aquel acumula almidón, durante el crecimiento, propiciado por el efecto sumidero que confiere el embrión a través de la síntesis de giberelinas. De ello se aprovechan el resto de los tejidos del fruto para acumular carbohidratos, reclamar agua y, así, crecer.

CONTROL DE LA ABSCICIÓN DE FLORES Y FRUTOS

Es la separación de una parte de un cuerpo cualquiera. Es un término usado habitualmente en botánica para el proceso por el cual una planta pierde una o más partes de su estructura, como pueden ser la hoja, un fruto, una flor o una semilla.

La abscisión de una parte de una planta se produce para desechar un órgano que ya no es necesario, como puede ser una hoja en otoño, o el perianto de la flor luego de la fertilización. La mayoría de plantas caducifolias dejan caer sus hojas por abscisión antes del invierno, mientras que las perennes lo hacen continuamente durante todo el año. Otra forma de abscisión es la caída de los frutos.

REDES DE FLORES Y FRUTOS

Durante el desarrollo floral, la simetría de la flor cambia. Esta simetría está determinada ya sea por la dominancia o la falta de dominancia del lado abaxial y adaxial de las flores. Se cree que hay dos gradientes que están influenciando y determinando ésta dominancia; el gradiente acropétalo (eje principal) y el gradiente basipétalo (Bráctea que subtiende a la flor). Cuando hay una mayor expresión del gradiente acropetalo y por ende menor del basipetalo el lado adaxial tendrá un desarrollo tardío y por lo tanto va a ver una dominancia del lado abaxial.

Cuando ocurra lo contrario, es decir una menor expresión del gradiente acropétalo y mayor en el gradiente basipétalo el lado abaxial tendrá una desarrollo tardío y por ende una dominacia del lado adaxial. Esta diferencia en la expresión de los dos gradientes junto con expresiones genéticas determinará que se desarrollen flores monosimétricas o cigomórficas, ya que éstas se caracterizan por tener un único plano de simetría el cual fue determinado por la dominancia del lado abaxial o abaxial. Por el contrario si el grado de expresión de ambos gradientes es igual, la simetría de la flor será radial o actinomórfica (igual dominancia de lado abaxial y adaxial).

MODIFICACIÓN DE LA EXPRESIÓN FLORAL

Se conoce poco acerca de la transición fisiológica del desarrollo que lleva a la producción de estructuras de reproducción sexual (flores), desde estructuras vegetativas producto de la división de meristema apical. Sin embargo, se sabe que el proceso de floración o de desarrollo de flores se divide en tres procesos:

1. inducción,
2. evocación y
3. desarrollo.

La inducción floral hace referencia a los eventos que le sirven como señal a una planta para alterar el desarrollo de los meristemas aéreos, empezando así la producción de flores. Con la inducción, los meristemas apicales se reorganizan para producir primordios o botones florales en vez de primordios de hojas. Se sabe que la inducción floral puede ser producto de cambios en la duración del día, que son interpretados por la planta como modificaciones en la cantidad de luz que recibe diariamente. En respuesta a esta señal, el meristema produce cambios metabólicos que catalizan la producción de flores en lugar de la de hojas u otras estructuras vegetativas.

La evocación floral comprende a los eventos que comprometen al meristema apical con la producción de flores. Se cree que este proceso se basa en una alteración de la tasa de respiración del meristema, al igual que cambios en la cantidad de RNA producido y a la tasa de síntesis de proteínas. En efecto, se conoce que estos fenómenos son consecuencia de cambios en la expresión genética del meristemo apical de tallo, pero los mecanismos moleculares de estos procesos todavía permanecen ocultos.

Una vez que la evocación floral se da, la producción de flores es irreversible y la planta se compromete con las rutas metabólicas del desarrollo de flores. En este punto se dice que el desarrollo floral está determinado y los primordios florales se generan en los meristemas apicales aéreos. Estos mismos continúan su desarrollo produciendo así estructuras florales maduras.

RETARDO DE LA BROTACION Y FLORACIÓN

Se pueden iniciar nuevos ápices de ramas o brotes ya sea:

1) Directamente del explantE.

2) Indirectamente del callo que se forma en la superficie cortada del explante.

Los dos factores más importantes que afectan la iniciación de brotes adventicios son:

1) La relación del explante
2) El régimen de hormonas que se suministran a las plantas.

Entre los tipos de explantes hay los siguientes; Porciones de hojas que se usan en plantas como Saintpaulia y rábanos picantes que de manera natural se regeneran de esta forma. Se utilizan explantes de puntas de tallos en varias especies como en orquídeas, y helechos en los cuales se desarrollan masas de tejidos de tipo callo y regeneran a un gran número de brotes, con el tiempo las plantas iniciadas de puntas de callos con el propósito inicial de brotes axilares, pueden revertir a formar alto porcentaje de brotes adventicios.
Cotiledones, hipocotilos y otras estructuras de plántulas han sido en particular útiles como material inicial para coníferas en las cuales se puede usar segmentos de cotiledones separados para regenerar nuevos brotes, en presencia de citoquininas,
Se han usado fascículos de agujas de jóvenes procedentes de árboles coníferos viejos para regenerar tallos. Los explantes obtenidos de tejidos vegetales que han sido rejuvenecidos a un estado juvenil han sido en particular responsivos.
Los discos de tejidos de tubérculos de papa, separado de la corteza justo en el interior o exterior del anillo vascular tienen capacidad para regenerar brotes adventicios, pero no así de aquellos procedentes de la medula.
La iniciación directa principia con células de parenquima que están situadas ya sea en la epidermis o justo abajo de la superficie del tallo; algunas de esas células se vuelve meristemoides las cuales aparentemente se originan de células individuales, sin embargo, la respuesta de los explantes depende de la concentración de hormonas

RESISTENCIA A FACTORES ABSCÍSICOS

El estrés hídrico es un factor importante en la calidad poscosecha de los frutos. Puesto que el ácido abscísico (ABA) es un regulador clave en la respuesta a la deshidratación, entender cómo se percibe esta hormona puede ayudar a identificar genes diana para mejorar la resistencia a la deshidratación en cultivos hortícolas. Para estudiar la implicación del sistema de percepción del ABA en la respuesta a la deshidratación de los frutos cítricos, hemos realizado un análisis transcripcional comparativo de los componentes del signalosoma de ABA (CsPYR/PYL/RCAR-PP2CA-SnRK2) entre frutos estresados de la naranja 'Navelate‘ (Citrus sinensis L. Osbeck) y su mutante específico de fruto y deficiente en ABA, denonimado 'Pinalate‘, que es más propenso a la deshidratación.

MADURACIÓN DE FRUTOS

La maduración de los frutos puede ser definida como la secuencia de cambios mor

fológicos, fisiológicos y bioquímicos que conducen a la formación de un fruto apto para el consumo humano.

- El fruto alcanza su tamaño potencial máximo
- Se reduce la velocidad de crecimiento
- Disminuye la concentración del inhibidor de la maduración
- Se agotan los promotores de las semillas maduras
- Se trata de un proceso programado genéticamente

HERBICIDAS

La presencia de la maleza en los cultivos ocasiona mermas en el rendimiento y calidad de los productos cosechados e incrementa los costos de producción. El manejo de maleza debe integrar prácticas para el control de la maleza existente y para prevenir la producción de nuevos propágulos, reducir la emergencia de maleza en los cultivos y maximizar la competencia del cultivo hacia la maleza. El manejo integrado de maleza hace énfasis en la conjunción de medidas para anticipar y manipular las poblaciones de maleza, en lugar de reaccionar con medidas emergentes de control cuando se presentan fuertes infestaciones (Dieleman y Mortensen, 1997).

La maleza puede ser controlada en forma mecánica, cultural, biológica o química. El control químico de la maleza se realiza por medio de la aplicación de herbicidas y es una de las principales herramientas en la agricultura moderna. Sin embargo, el uso de herbicidas requiere de conocimientos técnicos para la elección correcta y aplicación eficiente y oportuna de estos productos (Anderson, 1996).

Un herbicida es un producto químico que inhibe o interrumpe el crecimiento y desarrollo de una planta. Los herbicidas son usados extensivamente en la agricultura, industria y en zonas urbanas, debido a que si son utilizados adecuadamente proporcionan un control eficiente de maleza a un bajo costo, Peterson et al., 2001). No obstante, si no son aplicados correctamente los herbicidas pueden causar daños a las plantas cultivadas, al medio ambiente, e incluso a las personas que los aplican. En la agricultura, los herbicidas han sido una herramienta importante para el manejo de maleza por muchos años. Desde la década de los 1940´s los herbicidas han sido cada vez más sofisticados en el espectro de control de maleza, duración del período de control y selectividad a los cultivos. Aunque los herbicidas son aplicados extensivamente, son probablemente el componente menos entendido de un sistema de manejo integrado de maleza (Baumann *et al.*, 1998).

HERBICIDAS DE CONTACTO

De contacto, herbicidas que eliminan sólo las partes de la planta con las que

entran en contacto y tienen un transporte limitado dentro de la planta, por lo que se recomiendan para el control de maleza anual.

FENOLES SUSTITUIDAS

Son herbicidas ampliamente usados a nivel mundial. Desde un punto de vista histórico su importancia estriba en que el 2,4 D y el MCPA, destacados componentes de este grupo, fueron los primeros herbicidas orgánicos desarrollados. Actualmente, los herbicidas Fenóxidos de importancia económica son 2,4-D; MCPA; y 2,4-DB. Otros herbicidas de este grupo son el 2,4,5-T y 2,4,5-TP.

SALES CUATERNARIO DE DIPIRIDILO

Inhiben el proceso fotosintético interfiriendo en la reacción de Hill, en el flujo de electrones en el fotosistema I ó II.
Estos herbicidas no son metabolizados por las plantas superiores. En especies tolerantes resultan reducidos interviniendo el aparato fotosintético, la luz y el oxígeno forman un radical libre (OH) o el peróxido (P2O2) los cuales aparentemente son los agentes tóxicos (radicales libres), provocando un rompimiento de las membranas del cloroplasto. Son herbicidas de contacto aplicados al follaje debido a que son retenidos con fuerza por los coloides del suelo. Causan una rápida desecación del follaje, seguida de necrosis. Si estuviera a disposición del sistema radical, podría haber algún movimiento vía apoplasto, no obstante se absorben a constituyentes celulares del parénquima cortical. El Paraquat no inhibe el transporte de electrones en el FSII, sino que más bien, se los quita a la ferredoxina provocándole su reducción y la liberación de radicales libres, y por ende, la peroxidación de las membranas.
AMIDAS: Son inhibidores generales del crecimiento al afectar el metabolismo de los lípidos, la síntesis de proteínas y la formación de ceras de la cutícula.
En gramíneas se absorben por el coleóptilo y en hojas anchas por las raíces y el brote. Afectan el crecimiento principalmente de las raíces.
Cuando se aplican al suelo son absorbidos por el sistema radical y rápidamente transportados hacia las hojas, vía apoplasto (xilema). Cuando se aplican al follaje se comportan como herbicidas de contacto, al no poder movilizarse vía simplasto (floema), puede darse un significativo movimiento vía apoplasto funcionando como herbicida de contacto.

SUSTANCIAS TRASLADABLES

ORGÁNICAS

- **TIPO AUXÍMICO**

Las hormonas son sustancias químicas que afectan procesos fisiológicos que regulan el crecimiento y desarrollo de la planta. Pueden ser naturales o sintéticas.

a) Las hormonas naturales son producidas por la planta y están reguladas por procesos intrínsecos. Dentro de este grupo están las auxinas y el ejemplo mas común es el ácido indolacético (AIA).
b) Ciertos herbicidas actúan como hormonas sintéticas, ya que pueden ejercer todas las acciones que ejerce el AIA, pero no están sujetos a regulación intrínseca.

- **DERIVADO DE ÁCIDO BENZOICO**

Son derivados clorados del ácido benzoico. Sus propiedades como reguladores del crecimiento son similares a las de los fenoxi. El primer benzoico desarrollado fue el 2, 3, 6-TBA (ácido 2, 3, 6 diclorobenzoico). Luego se desarrollaron el dicamba y el cloramben.
El herbicida más importante de este grupo es el dicamba (2-metoxi-3,6 diclorobenzoico). El nombre comercial mas común es Banvel

- **DERIVADO DE ÁCIDO PICONÍLICO**
  Son derivados del ácido Picolínico. Cabe mencionar en este grupo al triclopyr, clorpiralid y Picloram. Este último es el más utilizado y el nombre comercial más común es Tordon.

Su toxicidad es baja. Se suele utilizar para control de malezas de hoja ancha en cereales y de malezas perennes o leñosas en potreros. En este último caso, las aplicaciones van dirigidas a la parte aérea, a la base del tronco o son inyectadas en los árboles: la formulación Picloram (17,6%) +Triclopyr (33.4%) (Togar) mejora el control de leñosas.

ÁCIDOS ALIFÁTICOS

Son compuestos orgánicos constituidos por carbono e hidrógeno cuyo carácter no es aromático.

- ✓ Herbicidas para hoja angosta.
- ✓ Pertenecen al grupo de ácidos alifáticos
- ✓ Son generalmente muy fuertes y destructivos

CARBAMATOS Y TRICARBAMATOS

Los tiocarbamatos son muy volátiles y requieren incorporación mecánica por lo que se aplican en presiembra. Las cloroacetamidas se utilizan tanto en presiembra como en preemergencia y requieren de lluvia o riego en los primeros 15 días después de su aplicación para que su acción sea óptima y su período de control se extienda hasta por 12 a 15 semanas. Los cultivos y las malas hierbas de semilla grande sobreviven a la acción de estos herbicidas debido a que sus brotes y raíces pueden crecer a través de la zona del suelo con alta concentración de herbicida.
Estos herbicidas se absorben por los brotes de los zacates y las raíces de las hojas anchas y se transportan por el xilema hacia los puntos de crecimiento. Su selectividad es fisiológica, al transformar las plantas tolerantes estos herbicidas a

compuesto no tóxicos, y posicional al colocar el herbicida fuera de la zona de germinación de los cultivos (Vencill, 2002). En las hojas anchas se observa el arrugamiento de hojas, la inhibición de crecimiento de la nervadura central y en general la falta de desarrollo de las plántulas. Los daños a los cultivos tratados con esta clase de herbicidas se incrementan si se presentan períodos de clima frío y húmedo (Anderson, 1996).

TRIAZINA: La selectividad de las triazinas y triazinonas se debe principalmente al metabolismo de los herbicidas por las plantas; en cambio, en las fenilureas y uracilos la selectividad se debe principalmente a la ubicación del herbicida en el suelo, que debe estar fuera del área de absorción radical (Peterson et al., 2001).

ÚREAS SUSTITUIDAS

Las fenilureas y uracilos la selectividad se debe principalmente a la ubicación del herbicida en el suelo, que debe estar fuera del área de absorción radical (Peterson et al., 2001). La persistencia en el suelo de los herbicidas móviles de esta clase es excelente y controlan a las malas hierbas por varias semanas. Sin embargo, si el pH del suelo es superior a 7.2, la textura es arenosa o el contenido de materia orgánica es pobre, se pueden presentar daños a los cultivos tratados (Vencill, 2002).

UMITROL: Antes conocido como aminotriazol. Herbicida sistémico. Aplicado en postemergencia es absorbido por vía foliar interfiriendo la función clorofílica. Una vez en el interior de la planta es traslocado en sentido ascendente y descendente hasta acumularse en los órganos de reserva con lo que se impide su posterior regeneración. El producto que cae al suelo inhibe y destruye las plántulas procedentes de las semillas que germinan en la zona superficial del suelo. Su acción es progresiva, lo que facilita su traslocación y acumulación en los órganos de reserva, las plantas afectadas pronto dejan de competir con el cultivo. Aplicado en época de heladas se frena su acción pero no sus efectos finales. En el suelo es poco móvil y se degrada con rapidez por vía química y biológica a urea y amoníaco, no acumulándose, siendo bajo su riesgo de contaminación por lavado. Su persistencia depende de la dosis aplicada, pudiendo alcanzar 4 meses.

CLASIFICACIÓN Y USO DE LOS HERBICIDAS POR SU MODO DE ACCIÓN

INTRODUCIÓN

La presencia de la maleza en los cultivos ocasiona mermas en el rendimiento y calidad de los productos cosechados e incrementa los costos de producción. El manejo de maleza debe integrar prácticas para el control de la maleza existente y para prevenir la producción de nuevos propágulos, reducir la emergencia de maleza en los cultivos y maximizar la competencia del cultivo hacia la maleza. El manejo integrado de maleza hace énfasis en la conjunción de medidas para anticipar y manipular las poblaciones de maleza, en lugar de

reaccionar con medidas emergentes de control cuando se presentan fuertes infestaciones (Dieleman y Mortensen, 1997).

La maleza puede ser controlada en forma mecánica, cultural, biológica o química. El control químico de la maleza se realiza por medio de la aplicación de herbicidas y es una de las principales herramientas en la agricultura moderna. Sin embargo, el uso de herbicidas requiere de conocimientos técnicos para la elección correcta y aplicación eficiente y oportuna de estos productos (Anderson, 1996).

Un herbicida es un producto químico que inhibe o interrumpe el crecimiento y desarrollo de una planta. Los herbicidas son usados extensivamente en la agricultura, industria y en zonas urbanas, debido a que si son utilizados adecuadamente proporcionan un control eficiente de maleza a un bajo costo Peterson et al., 2001). No obstante, si no son aplicados correctamente los herbicidas pueden causar daños a las plantas cultivadas, al medio ambiente, e incluso a las personas que los aplican. En la agricultura, los herbicidas han sido una herramienta importante para el manejo de maleza por muchos años. Desde la década de los 1940´s los herbicidas han sido cada vez más sofisticados en el espectro de control de maleza, duración del período de control y selectividad a los cultivos. Aunque los herbicidas son aplicados extensivamente, son probablemente el componente menos entendido de un sistema de manejo integrado de maleza (Baumann *et al.*, 1998). Por lo anterior, el objetivo de este folleto es proporcionar información sobre cómo actúan los herbicidas en las plantas para promover su uso eficiente.

NOMENCLATURA DE LOS HERBICIDAS

Generalmente existe confusión al referirse al nombre de un herbicida. La etiqueta de un herbicida contiene tres nombres: el nombre químico, el nombre común y el nombre comercial. Por ejemplo, el herbicida vendido con el nombre comercial de Gesaprim, tiene el nombre común de atrazina, que es su ingrediente activo, y el nombre químico 6-cloro-N-etil-N´-(1-metiletil)-1,3,5, triazina-2,4-diamina. El nombre comercial es usado por la empresa de agroquímicos para promocionar la venta de su marca comercial y comúnmente es el nombre más conocido de un herbicida. El nombre común es el nombre genérico dado al ingrediente activo y está aprobado por autoridades apropiadas, como la Sociedad Americana de la Ciencia de la Maleza (WSSA) y International Organization for Standardization (ISO), y el nombre químico describe la composición química del compuesto herbicida (Caseley, 1996).

Las compañías de agroquímicos obtienen una patente para su herbicida antes de su introducción al mercado. Una compañía que desarrolló el producto tiene el uso exclusivo del mismo durante los 17 años que siguen a la aprobación de la patente (Caseley, 1996; Murphy, 1999). Después de que expira esta patente, otras compañías pueden acceder al mercado con este herbicida, sin embargo deben utilizar un nombre comercial diferente. Además, existen herbicidas que consisten de la mezcla de dos o mas herbicidas, por lo que es importante conocer los nombres comunes de los herbicidas.

Inhibidores de la fotosíntesis.

CLASIFICACIÓN DE LOS HERBICIDAS

Los herbicidas pueden ser clasificados de acuerdo a su época de aplicación, selectividad, tipo, familia química y modo de acción.

Época de aplicación

De acuerdo a su época de aplicación los herbicidas pueden clasificarse en forma general como preemergentes (PRE) y postemergentes (POST). Por lo general, los herbicidas PRE se aplican después de la siembra, pero antes de que emerjan la maleza y el cultivo. Los herbicidas PRE requieren de un riego o precipitación para situarse en los primeros 5 cm de profundidad del suelo, donde germina la mayoría de las semilla de maleza. Este tipo de herbicidas elimina a las malas hierbas en germinación o recién emergidas, lo que evita la competencia temprana con el cultivo. Por lo general la semilla de los cultivos se coloca por debajo de la zona de suelo con alta concentración de herbicida y la selectividad al cultivo puede ser tanto posicional como fisiológica. Los herbicidas PRE presentan una gran interacción con algunas características del suelo como son: textura, pH y materia orgánica que pueden afectar la cantidad de herbicida disponible en el suelo para controlar la maleza. Por lo general la dosis de este tipo de herbicidas se ajusta según el tipo de suelo y materia orgánica, requiriendo una mayor dosis en suelos arcillosos y con alto contenido de materia orgánica (Anderson, 1996).

Los herbicidas POST se aplican después de la emergencia del cultivo y la maleza. En la mayoría de los casos, la aplicación de herbicidas POST debe realizarse sobre malezas en sus primeros estados de desarrollo cuando son más susceptibles a los herbicidas y su competencia con el cultivo es mínima. Los herbicidas POST pueden ser más económicos para el productor al utilizarse sólo donde se presenta la maleza. La actividad de los herbicidas POST depende de factores como su grupo químico, especies de maleza presentes y condiciones de

clima como velocidad del viento, temperatura del aire, humedad relativa y presencia de lluvia (Buhler, 1998).

Selectividad

De acuerdo a su selectividad los herbicidas pueden ser clasificados como: Selectivos, herbicidas que a ciertas dosis, formas y épocas de aplicación eliminan a algunas plantas sin dañar significativamente a otras, por ejemplo, atrazina es un herbicida selectivo en maíz y sorgo. No selectivos: aquellos herbicidas que ejercen su toxicidad sobre toda clase de vegetación y deben utilizarse en terrenos sin cultivo o bien evitando el contacto con las plantas cultivadas. El glifosato es un ejemplo de herbicida no selectivo (Caseley, 1996).

Tipo de acción

Por su tipo de acción los herbicidas pueden ser: De contacto, herbicidas que eliminan sólo las partes de la planta con las que entran en contacto y tienen un transporte limitado dentro de la planta, por lo que se recomiendan para el control de maleza anual. Sistémicos: herbicidas que se aplican al suelo o al follaje y son absorbidos y transportados a toda la planta incluyendo sus raíces y otros órganos subterráneos. Debido a lo anterior, los herbicidas sistémicos son utilizados para el control de maleza perenne (Ross y Lembi, 1985).

Familia química

La clasificación de los herbicidas en familias químicas se basa en la composición de los diferentes compuestos usados como he rbicidas. Los herbicidas dentro de una familia química tienen propiedades químicas similares y generalmente tienen el mismo modo de acción (Retzinger y Mallory-Smith, 1997). Algunos ejemplos de las principales familias químicas de herbicidas son: las triazinas, las dinitroanilinas, los fenoxiacéticos, las cloroacetamidas, las ciclohexanodionas, las sulfonilureas y los bipiridilos (Hance y Holly, 1990). En Estados Unidos en la actualidad existen alrededor de 200 ingredientes activos utilizados en la fabricación de aproximadamente 800 herbicidas comerciales (Vencill, 2002). En México, existen

65 ingredientes activos en alrededor de 300 herbicidas comerciales (Anónimo, 2007).

Modo de acción

La forma más útil de clasificación de los herbicidas es según su modo de acción (Duke y Dayan, 2001; Schmidt, 2005). El modo de acción es la secuencia de eventos que ocurren desde la absorción del herbicida hasta la muerte de la

planta. Los herbicidas con el mismo modo de acción tienen el mismo comportamiento de absorción y transporte y producen síntomas similares en las plantas tratadas (Gusolus y Curran, 1996). Además la clasificación de los herbicidas según su modo de acción permite predecir, en forma general, su espectro de control de maleza, época de aplicación, selectividad a cultivos y persistencia en el suelo (Ashton y Crafts, 1981). Finalmente este tipo de clasificación permite diseñar los programas de control químico de maleza más eficientes y evitar los posibles efectos negativos del uso de herbicidas como son la residualidad en el suelo, el cambio de especies de maleza y el desarrollo de biotipos de maleza resistentes a herbicidas (Heap, 2001; Regehr y Morishita, 1989).

Aunque es común que los términos modo y mecanismo de acción de los herbicidas sean usados como sinónimos, existen claras diferencias entre estos términos. El modo de acción se refiere a los eventos que provocan los herbicidas y el mecanismo de acción al sitio o proceso bioquímico específico que es afectado (Baumann et al., 1998; Gunsolus y Curran, 1996).

Las siguientes clases de herbicidas según su modo de acción incluyen a la mayoría de los herbicidas en el mercado en México. En cada clase se citan ejemplos de los principales herbicidas y en algunos casos se incluyen herbicidas que aún no se comercializan en nuestro país, pero que son importantes en la clase. En el Cuadro 1 se citan los herbicidas comercializados en México en 2005, con su nombre común, nombres comerciales, modo de acción y empresa comercializadora (Anónimo, 2004).

1. REGULADORES DEL CRECIMIENTO

Los reguladores del crecimiento incluyen a las familias químicas: fenoxicarboxílicos, benzóicos, piridincarboxílicos y quinolincarboxílicos (Cavanaugh et al., 1998; Devine et al., 1993). El modo de acción de los reguladores del crecimiento incluye la epinastia o retorcimiento de pecíolos y tallos, la formación de callosidades, la malformación de hojas y finalmente la necrosis y muerte de la planta. La acción de estos herbicidas es lenta y requiere de una a dos semanas para matar a las malezas. Esta clase de herbicidas son usados principalmente para el control de especies dicotiledóneas u ¯hojas anchas‖ anuales y perennes en gramíneas. Una excepción es el 2,4-DB utilizado para el control de hojas anchas en leguminosas. Los reguladores del crecimiento se absorben por hojas y raíces y se transportan por el floema y xilema. Sin embargo, su uso principal es en postemergencia a cultivo y maleza (Sterling et al, 2005).

Los síntomas de daño a gramíneas cultivadas incluyen el enrolla miento de hojas o "acebollamiento", la "cristalización" de tallos, los que se quiebran fácilmente, la curvatura de tallos la fusión de raíces, la distorsión espigas y la esterilidad de flores. Los daños de los reguladores de crecimiento se acentúan en períodos de alta humedad en el suelo y alta temperatura (Sterling et al., 2005). Estos herbicidas son fácilmente acarreados por el viento a cultivos sensibles por lo que se deben utilizar con precaución. Los herbicidas de la familia de los fenoxicarboxílicos se formulan como ésteres o sales aminas. Los ésteres son volátiles y pueden causar daños a cultivos sensibles por el acarreo de vapores, mientras que las sales amina tienen baja volatilidad. Además, el equipo de aspersión debe ser cuidadosamente lavado para evitar daños a otros cultivos. En general, los reguladores de crecimiento no dejan residuos en el suelo que afecten la rotación de cultivos por un tiempo prolongado. Sin embargo, el picloram es soluble en agua y es persistente en el suelo, por lo que debe evitarse su uso en suelos arenosos con mantos freáticos poco profundos (Cavanaugh et al., 1998).

FAMILIA QUÍMICA	**NOMBRE COMÚN**	**NOMBRE COMERCIAL**	**CULTIVOS**
Fenoxicarboxílicos	2,4-D	Hierbamina y otros	Maíz, sorgo, cereales
	2,4-DB	Butyrac	Soya, maíz, sorgo, cereales
Benzoicos	Dicamba	Banvel, Fortune	Maíz, pastos
Piridincarboxílicos	Picloram	Tordon, Combo	Pastos, trigo
	Clopiralid	Stinger, Reclaim	Pastos, trigo
	Fluroxipir	Starane, Garlon	Áreas no agrícolas
	Triclopir	Tomahawk	Arroz
Quinolincarboxílicos	Quinclorac	Facet	

2. INHIBIDORES DEL CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS

Estos herbicidas actúan en las plántulas poco después de su germinación y antes de su emergencia, por lo que es común que sus efectos no sean visibles, ya que las plantas dañadas no llegan a emerger. Los inhibidores del crecimiento de plántulas tienen muy poca actividad foliar y se aplican en presiembra o preemergencia. Los inhibidores del crecimiento de plántulas se dividen en dos grupos: inhibidores de radículas e inhibidores de brotes (Murphy, 1999).

Inhibidores de radículas. Los inhibidores de raíces incluyen a la familia química de las dinitroanilinas. El modo de acción de estos herbicidas es la inhibición del desarrollo de radículas en las plántulas. Las plantas mueren por no poder tomar agua y nutrimentos del suelo. El mecanismo de acción es la inhibición de la división celular al impedir la mitosis en las células. Los inhibidores de raíces son más efectivos en el control de hojas anchas y zacates de semilla pequeña ya que se concentran en los primeros centímetros del suelo (Gusolus y Curran, 1986). Los cultivos y las malas hierbas de semilla grande sobreviven a la acción de estos herbicidas debido a que sus brotes y raíces pueden crecer a través de la zona del suelo con alta concentración de herbicida. Estos herbicidas se absorben por los brotes y raíces y presentan poco o nulo transporte dentro de las plantas y su selectividad es posicional. Su solubilidad en agua es muy baja y en su mayoría son volátiles y degradables por la luz, por lo que deben incorporarse mecánicamente al suelo. Los daños de los inhibidores de raíces en los cultivos incluyen la tumoración de las raíces, ausencia de raíces secundarias y el engrosamiento de hipocotilos en dicotiledóneas.

FAMILIA QUÍMICA	**NOMBRE COMÚN**	**NOMBRE COMERCIAL**	**CULTIVOS**
Dinitroanilinas	Trifluralina	Treflan, Trilin, Rival, Prime	Soya, algodón
	Pendimetalina	Prowl, Pratol	Maíz, soya, algodón, arroz
Cloroacetamidas	Metolaclor	Dual Maxx	Maíz, soya, algodón
	Acetochlor	Harness, Surpass, Anaclo, Ke	Maíz, Agave
	Dimetenamida	Frontier 2X	Maíz, soya, sorgo
Tiocarbamatos	EPTC	Eptam, Eradicane	Maíz
Ácidos Benzoicos	Clortal-dimetil	Dacthal	Hortalizas

Inhibidores de brotes. Los inhibidores de brotes incluyen a las familias químicas de las cloroacetamidas, los tiocarbamatos y ácidos benzoicos. El modo de acción de estos herbicidas es la inhibición del desarrollo de las plántulas en proceso de emergencia. El mecanismo de acción no está bien definido pero se cree que afectan la síntesis de lípidos y proteínas en las plántulas. Los inhibidores de brotes son más efectivos en el control de hojas anchas y zacates de semilla pequeña y algunos herbicidas de esta clase controlan ciperáceas (Caseley, 1996). Los tiocarbamatos son muy volátiles y requieren incorporación mecánica por lo que se aplican en presiembra. Las cloroacetamidas se utilizan tanto en presiembra como en preemergencia y requieren de lluvia o riego en los primeros 15 días después de su aplicación para que su acción sea óptima y su período de control se extienda hasta por 12 a 15 semanas. Los cultivos y las malas hierbas de semilla grande sobreviven a la acción de estos herbicidas debido a que sus brotes y raíces pueden crecer a través de la zona del suelo con alta concentración de herbicida. Estos herbicidas se absorben por los brotes de los zacates y las raíces de las hojas anchas y se transportan por el xilema hacia los puntos de crecimiento. Su selectividad es fisiológica, al transformar las plantas tolerantes estos herbicidas a compuesto no tóxicos, y posicional al colocar el herbicida fuera de la zona de germinación de los cultivos (Vencill, 2002). Es común que las gramíneas cultivadas con tolerancia a estos herbicidas requieran el uso de protectores en la semilla para evitar sus daños. Los daños de los inhibidores de brotes en gramíneas incluyen la distorsión de las hojas que no pueden extenderse normalmente al crecer, hojas quebradizas y de color verde oscuro. En las hojas anchas se observa el arrugamiento de hojas, la inhibición de crecimiento de la nervadura central y en general la falta de desarrollo de las plántulas. Los daños a los cultivos tratados con esta clase de herbicidas se incrementan si se presentan períodos de clima frío y húmedo (Anderson, 1996). Cuando se usan protectores en la semilla de los cultivos la presencia de lluvias torrenciales después de la siembra puede lavar el protector y promover el daño de estos herbicidas.

3. INHIBIDORES DE LA FOTOSÍNTESIS

Los inhibidores de la fotosíntesis pueden clasificarse en herbicidas móviles o sistémicos y herbicidas no-móviles o de contacto. Los inhibidores de la fotosíntesis móviles incluyen a las familias químicas de las triazinas, triazinonas, triazolinonas, fenilureas y uracilos y los de contacto a los nitrilos, benzotiadizoles y amidas (Markwell et al., 2005). Los inhibidores de la fotosíntesis se utilizan principalmente para el control de maleza de hoja ancha pero tienen efectos sobre gramíneas. El modo de acción de los inhibidores

móviles de la fotosíntesis se caracterizan por la clorosis intervenial, o amarillamiento entre las nervaduras, que se transforma en necrosis de las plantas tratadas, que empieza en los márgenes de las hojas. En los herbicidas de contacto de esta clase se presenta clorosis que se transforma rápidamente en necrosis del tejido tratado. El mecanismo de acción de los inhibidores de la fotosíntesis es la interrupción del flujo de electrones en el fotosistema II, que provoca la destrucción de la clorofila y los carotenoides, lo que causa la clorosis, y la formación de radicales libres que destruyen las membranas celulares provocando la necrosis (Duke y Dayan, 2001).

Los herbicidas sistémicos de esta clase se aplican al suelo y se transportan en las plantas por el xilema. Por lo anterior, los síntomas se manifiestan primero en las hojas más grandes y viejas que consumen más agua. Estos herbicidas no previenen la emergencia de la maleza y su acción se manifiesta hasta que las plantas desechan sus cotiledones e inician la fotosíntesis. La selectividad de las triazinas y triazinonas se debe principalmente al metabolismo de los herbicidas por las plantas; en cambio, en las fenilureas y uracilos la selectividad se debe principalmente a la ubicación del herbicida en el suelo, que debe estar fuera del área de absorción radical (Peterson et al., 2001). La persistencia en el suelo de los herbicidas móviles de esta clase es excelente y controlan a las malas hierbas por varias semanas.

Sin embargo, si el pH del suelo es superior a 7.2, la textura es arenosa o el contenido de materia orgánica es pobre, se pueden presentar daños a los cultivos tratados (Vencill, 2002).

FAMILIA QUÍMICA	**NOMBRE COMÚN**	**NOMBRE COMERCIAL**	**CULTIVOS**
Triazinas	Atrazina	Atranex, Gesaprim y Primatrex	Maíz, sorgo
	Ametrina	Ametrex, Amigan, Gesagard, Prometrex	Caña
	Prometrina		Soya, algodón
Triazinonas	Metribuzina	Sencor, Lexone	Soya, tomate
	Hexazinona	Velpar, Hexapar	Caña
Triazolinonas	Amicarbazone	Orión, Pegaso	Agave, maíz
Fenilureas	Fluometuron	Cotoran, Cottonex	Algodón
	Diuron	Karmex, Cañex y otros	Maíz, algodón
	Linuron	Linurex, Lorox	Soya, papa

Uracilos	Bromacil	Hyvar	Cítricos
	Terbacil	Sinbar	Caña, forrajes
Benzotiadizoles	Bentazon	Basagran	Maíz, soya
Nitrilos	Bromoxinil	Brominal, Buctril	Maíz, cereales
Amidas	Propanil	Pantox, Stamfos	Arroz

Los herbicidas no-móviles de esta clase se aplican en postemergencia y tienen un transporte limitado dentro de la planta, por lo que requieren un cubrimiento total de la misma (Baumann et al, 1998), por lo que se deben aplicar en malezas pequeñas para lograr un buen control. Estos herbicidas tienen una residualidad limitada en el suelo. La selectividad de los inhibidores de la fotosíntesis no-móviles se basa en la capacidad de las plantas tolerantes de metabolizar estos herbicidas en compuestos no tóxicos. En algunas ocasiones estos herbicidas causan quemaduras ligeras en las hojas de los cultivos tratados sin afectar las hojas nuevas.

4. INHIBIDORES DE LA SÍNTESIS DE PIGMENTOS

Los pigmentos de las plantas son compuestos que absorben la luz en ciertas regiones del espectro visible. Las longitudes de onda que no son absorbidas son reflejadas, por ello, la clorofila al absorber la luz en el espectro rojo y azul, refleja el verde, lo que da este color a las plantas. Los carotenoides son pigmentos de color amarillo y naranja que están asociados con la clorofila y la protegen al disipar el exceso de energía en las reacciones luminosas de la fotosíntesis (Devine et al, 1993). Los inhibidores de pigmentos inhibe la formación de carotenoides en las plantas que resulta en la destrucción de la clorofila. Este grupo de herbicidas incluye a las familias químicas: isoxazolidinonas, triazoles, isoxazoles y piridazinonas (Peterson et al., 2001). El modo de acción de estos herbicidas incluye el albinismo en las plantas susceptibles, que en algunos casos desarroll an un color rosa a violeta, y la necrosis de las hojas y tallos. Las plantas susceptibles a estos herbicidas mueren al no poder realizar la fotosíntesis por la ausencia de clorofila.

Los inhibidores de pigmentos se absorben por las raíces y se transportan por el xilema hacia la parte aérea. Esta clase de herbicidas son usados para el control PRE y POST de hojas anchas y gramíneas anuales. La selectividad a este grupo de herbicidas es por metabolismo de los herbicidas a compuestos no tóxicos. En el caso del clomazone, la aplicación de un insecticida organofosforado junto a la semilla en el suelo protege al algodón de la acción de este herbicida. Estos herbicidas pueden tener alta residualidad en el suelo y pueden causar daños a cultivos sembrados en rotación (Baumann et al, 1998).

FAMILIA QUÍMICA	NOMBRE COMÚN	NOMBRE COMERCIAL	CULTIVOS
Isoxazolidinonas	Clomazone	Gamit, Command	Soya, algodón
Triazoles	Amitrole	Amitrol	Áreas
Isoxazoles	Isoxaflutole	Balance	Maízindustil
Tricetonas	Mesotrione Tembotrione	Callisto Laudis	Maíz
Benzoilpirazoles	Topramezone	Convey	Maíz
Piridazinonas	Norflurazon	Zorial, Solicam	Algodón, Soya

Clasificación de los herbicidas

Los ocho modos de acción

1. Inhibidores de la síntesis de aminoácidos.
El modo de acción de la inhibición de la síntesis de aminoácidos incluye herbicidas de las siguientes familias químicas: sulfonilureas, imidazolinonas, triazolopirimidinas, inhibidores de la epsp sintetasa, e inhibidores de la glutamina sitetasa. Las sulfonilureas, imidazolinonas, y las triazolopirimidinas también se conocen como inhibidores de ALS o AHAS. Todos los herbicidas dentro de este modo de acción actúan sobre enzimas específicas para prevenir la producción de aminoácidos. Los aminoácidos son las unidades a partir de las cuales se forman las proteínas para el crecimiento y desarrollo de la planta. Dado el gran número de familias dentro de este modo de acción, existen muchos productos comerciales que incluyen Classic (ALS), Pursuit (ALS), Roundup (EPSP), y Liberty (Glutamina).



Daño típico que resulta de la aplicación de un herbicida ALS.



Ejemplo de un herbicida ALS, Pursuit, aplicado a varias plantas.

2. Inhibidores del crecimiento de las plántulas.

El modo de acción de la inhibición del crecimiento de las plántulas interrumpe crecimiento y desarrollo nuevo de la planta. Los herbicidas dentro de este modo de acción requieren ser aplicados al suelo y ya sea inhibir el crecimiento radical o el del brote de plántulas en emergencia. Los carbamotiatos, las acetamidas, y las dinitroanilinas conforman el grupo de familias químicas dentro de este modo de acción. Algunos nombres comerciales comunes en este modo de acción incluyen Eptam, Dual, Harness, Prowl, y Treflan.



Síntomas de los herbicidas que inhiben el crecimiento de las plántulas.



Ejemplo del Dual II Magnum, un inhibidor del crecimiento de las plántulas aplicado a la dosis 2X.

2. Reguladores del crecimiento.

A los reguladores del crecimiento amenudo se les llama auxinas, debido a que esta clase de herbicidas imita la acción de las auxinas naturales de la planta, causando un crecimiento rápido y descontrolado. Se cree que el sitio de acción son los receptores de las hormonas dentro de la célula, pero el sitio completo de acción todavía no se entiende. Las familias de herbicidas dentro de este modo de acción incluyen a los fenoxis, ácidos benzoicos, ácidos carboxílicos, y los ácidos picolínicos. Este es el modo de acción más viejo de los herbicidas sintéticos ya que esta clase incluye al herbicida 2,4-D. El nombre comercial de algunos herbicidas clasificados como reguladores del crecimiento incluye Clarity, Stinger, Tordon, MCPA, and Paramount.





Los herbicidas reguladores del

Los reguladores del crecimiento crecimiento como el Banvel y el 2,4-D, comúnmente causan el retorcimiento se pueden volatilizar y moverse a y epinastia que se observan en la especies que no se deseaba afectar,
foto. como estas plantas de soya.

3. Los inhibidores de la fotosíntesis son uno de los próximos modos de acción más importantes que siguieron a los reguladores del crecimiento. Los herbicidas dentro de este modo de acción, como lo implica su nombre, inhiben uno de varios sitios de enlace en el proceso de la fotosíntesis. Sin la fotosíntesis, la planta no puede elaborar su comida. Además, durante la inhibición de la fotosíntesis se acumulan varios compuestos secundarios destructivos y, por lo tanto, la causa puntual de la muerte de la planta es más que la falta de fotoasimilados (hambre). Puesto que los herbicidas dentro de este modo de acción inhiben la fotosíntesis, los herbicidas inician su actividad hasta que las plantas emergen y se exponen a la luz. Las familias dentro de este modo de acción incluyen triazinas, uracilos, fenilureas, benzothiadiazoles, nitrilos, y piridazinas. Herbicidas comerciales comunes incluyen Atrazine, Sencor, Hyvar, Karmex, Basagran, y Buctril.



Los herbicidas fotosintéticos producen síntomas de necrosis eventualmente liquidando a las especies susceptibles.



Síntomas de herbicidas que inhiben la fotosíntesis, como el buctril, inician con necrosis en la zona distal de la hoja.

4. Inhibidores de la síntesis de lípidos.

Los inhibidores de la síntesis de lípidos típicamente inhiben la síntesis de lípidos de las plantas. Si no se producen lípidos dentro de la planta entonces no continua la producción de membranas celulares, por lo que se detiene el nuevo crecimiento. Los ariloxifenoxipropionatos y las ciclohexanodionas son las dos familias dentro de este modo de acción. ejemplos de productos comerciales dentro de este modo de acción son Poast, Assure II, y Select.



Planta de una gramínea tratada con un inhibidor de la síntesis de lípidos. A menudo mostrarán coloración morada y eventualmente la muerte en el punto de crecimiento de la planta.



Poast Plus, un herbicida que inhibe la síntesis de lípidos, aplicado a varias plantas. Note que las especies de hoja ancha no son afectadas.

5. Rompen membranas celulares.

Los herbicidas dentro del modo de acción de ruptura de las membranas celulares reaccionan dentro de la planta para formar compuestos como superóxidos y radicales hidroxilo, los cuales luego destruyen las membranas celulares. Estos herbicidas por lo general no se transportan por lo que sólo afectan áreas de las plantas con las que entran en contacto, si bien luego de penetrar a las células de esas áreas. Las familias de herbicidas dentro de este modo de acción incluyen: difenileter, aril triazolinonas, fenilpthalamidas, y bipiridilos. Algunos productos comerciales comunes incluyen Cobra, Blazer, Authority, Aim, y Gramoxone.



Los destrucotres de las membranas celulares son herbicidas de contacto, por lo que una buena cobertura del follaje a eliminar, durante la aspersión, es fundamental para asegurar la muerte de las plantas tratadas.



Como sugiere su nombre, los herbicidas que rompen las membranas celulares lo hacen en células de plantas susceptibles, como esta hoja de Abutilon theophrasti, que se asperjó con Blazer.

6. Inhibidores de pigmentos.

El modo de acción de la inhibición de pigmentos trabaja previniendo la producción de compuestos que protegen a la planta de la destrucción de la clorofila. En vez de ser verdes, los tejidos se tornan blancos. Los herbicidas dentro de este modo de acción generalmente se usan como preemergentes; sin embargo, unos cuantos también tienen actividad postemergente. las Isoxazolidinonas, los isoxazoles, y las piridazinonas constituyen las familias de este modo de acción. Algunos nombres comerciales de herbicidas que inhiben los pigmentos incluyen: Balance, Callisto y Command.



Los herbicidas inhibidores de pigmentos permiten la destrucción de la clorofila lo que resulta en que las plantas muestren tejidos blancos.



Esta planta blanca de Ipomoea sp es el resultado de una aplicación preemergente de Callisto.

CONCLUSIONES:

Comprender el MdA de los herbicidas es importante tanto en la I&D como en el uso práctico. Continuamente se están lanzando nuevos productos, pero un nuevo MdA es cada vez más raro. De hecho, a excepción de unos pocos herbicidas

menores cuyos MdA nunca han sido descubiertos, la totalidad de los casi 300 ingredientes activos comercializados alguna vez se pueden incluir en no más de 25 MdA. Es saludable darse cuenta de que los ‗días dorados' de descubrimiento parecen haber pasado hace tiempo con una marcada reducción a comienzos de la década del '70 y el último MdA nuevo fue la inhibición de la HPPD.La resistencia de las malas hierbas

BIBLIOGRAFIA

Anderson, W. P. 1996. Weed Science: Principles. 3rd edition. West Publishing Co., St. Paul, MN. 338 p.

Anónimo. Diccionario de Especialidades Agroquímicas PLM. 2007. 17ª Edición. Thompson PLM, S.A. de C.V. Versión en CD.

Ashton, F. M. and A. S. Crafts. 1981. Mode of action of herbicides. Wiley-Interscience, New York, NY. 525 p.

Baumann, P. A., P. A. Dotray and E. P. Prostko. 1998. Herbicide mode of action and injury symptomology. Texas Agriculture Extension Service. The Texas A&M University System. SCS-1998-07. 10 p.

Buhler, D.D. 1998. Tillage systems and weed population dynamics and management. pp:

223-246. *In:* J.L. Hatfield, D.D. Buhler and B.A Stewart, eds. Integrated Weed and Soil

Management. Ann Arbor Press.
Chelsea, MI.

Caseley, J.C. 1996. Herbicidas. *In:* Labrada, R., J. C. Caseley y C. Parker, eds. Manejo de malezas para países en desarrollo. Estudio FAO Producción y Protección Vegetal 120. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. http://www.fao.org/docrep/T1147S/t1147s0e. htm#TopOfPage

Cavanaugh, K. J., B. R. Durgan, R. K. Zollinger and W. A. Selberg. 1998. Herbicide and nonherbicide injury symptoms on spring wheat and barley. North Dakota Extensión Service. BU-06967. 30 p.

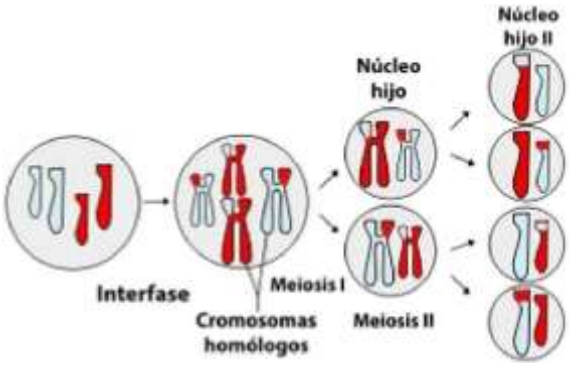
CICLOS REPRODUCTIVOS DE LOS ORGANISMOS

La mitosis y la meiosis son procesos que se encargan del crecimiento, la reparación de tejidos y la reproducción de los seres vivos.

La mitosis la realizan las células del cuerpo durante la mayor parte del tiempo para crecer y renovar tejidos. La meiosis se encarga de la madurez sexual para producir gametos, que den origen a un nuevo organismo.

El ciclo de vida diploide se da cuando los organismos con fase diploide, predominan durante casi toda la vida, el ciclo de vida haplointe se da en organismos como los moluscos y helechos que alternan la fase haploide y la fase diploide.

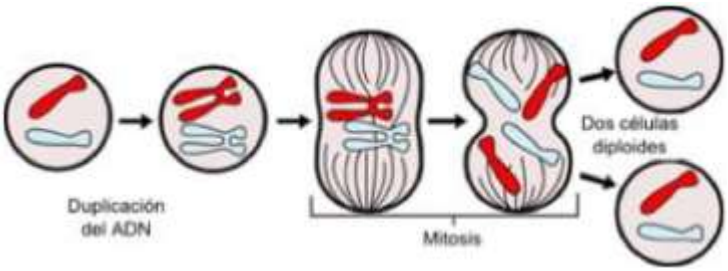
MEIOSIS
2 ABRIL, 2014 DEJA UN COMENTARIO



MEIOSIS: Es una de las formas de la reproducción celular, este proceso se realiza en glándulas sexuales para la reproducción de gametos. Es un proceso de división celular en el cual una célula diploide experimenta dos divisiones sucesivas. Con la capacidad de generar cuatro células haploides. En los organismos con reproducción sexual tienen importancia ya que es el mecanismo por el que se produce los óvulos y los espermatozoides.
Tanto la meiosis 1 y como la 2 tienen 4 fases, profase, metafase y telofase.

PROFASE 1: La envoltura nuclear se fragmenta, el nucléolo se desorganiza, los centrosomas migran en sentidos opuestos uno respecto del otro y las fibras del huso se organizan y ensamblan. Los cromosomas homólogos se unen formando bivalentes en la sinopsis, ocurre el entrecruzamiento e intercambios de cromáticas lo que posteriormente traerá como consecuencia que las cromáticas dejen de ser genéticamente idénticas.
METAFASE 1: Los bivalentes se mantienen unidos en los quiasmas, los cromosomas son movilizados por la fibra del huso hacia la placa metafasica en el ecuador de la célula. En la metafase 1 las fibras del huso están plenamente constituidas y organizadas, alineados los bivalentes en la placa metafasica .
ANAFASE 1: Los homólogos de cada bivalente se separan y se dirigen hacia los polos, cada cromosoma posee dos cromatidas.
INTERCINESIS: Este periodo entre la meiosis1 y 2 es similar a la interface entre las divisiones mitóticas. Sin embargo, no ocurre replicación de DNA ya que los cromosomas fueron duplicados previamente.

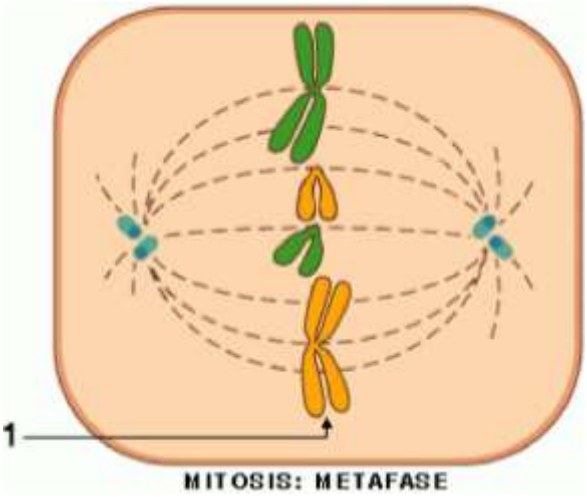
MITOSIS
30 MARZO, 2014 DEJA UN COMENTARIO



Es un proceso que ocurre en el núcleo de las células eucariotas y que se producen inmediatamente a la división celular, consiste en reparto equitativo. Del material ideritario (ADN) característico. Este tipo de división ocurre en las células somáticas y normalmente concluyen con la formación de dos núcleos separados (cariocinesis) seguido de la partición del citoplasma (citocinesis), para formar dos células hijas.

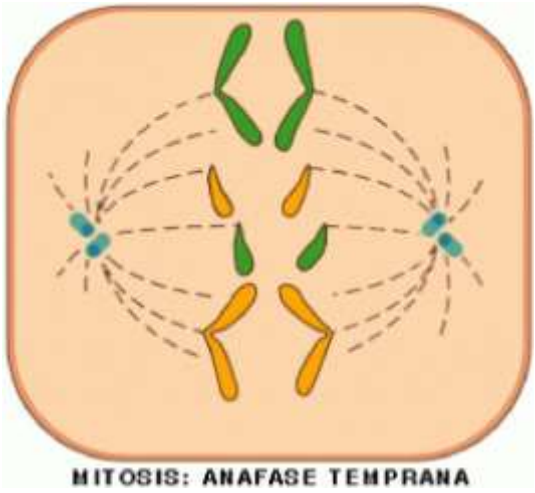
PROFASE: En esta primera etapa, el material cromosómico llamado cromatina se condesa y aparece gradualmente como barras cortas y los cromosomas pueden comenzar a a observarse con el microscopio.
Cada cromosoma costa de dos hebras llamadas cromatinas, las cuales se mantienen unidas por una parte llamada centró mero, poseen además una zona externa llamada cinetocoro.

METAFASE: es la segunda etapa de la mitosis durante la cual los pares cromatinas se mueven hacia el centro o ecuador de la célula, las cromatinas se disponen en una fila formando ángulos rectos con la fibra del huso mitotico.

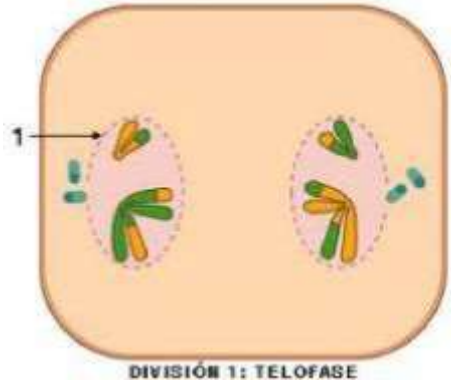


MITOSIS: METAFASE

ANAFASE: Es la tercera etapa de la mitosis, al comienzo, el centromero de cada par se divide y los cromosomas separados son jalados hacia los polos o extremos del huso mitotico por las fibras del huso que se han pegado al cinetocoro.


MITOSIS: ANAFASE TEMPRANA

TELOFASE: Es la ultima etapa de la mitosis, los cromosomas toman la forma de hilos, se alargan y quedan como estaba al comienzo de la profase en cada polo de las celulas se encuentran las cromatinas duplicada, se observa una reducción a la mitad de la carga genética.



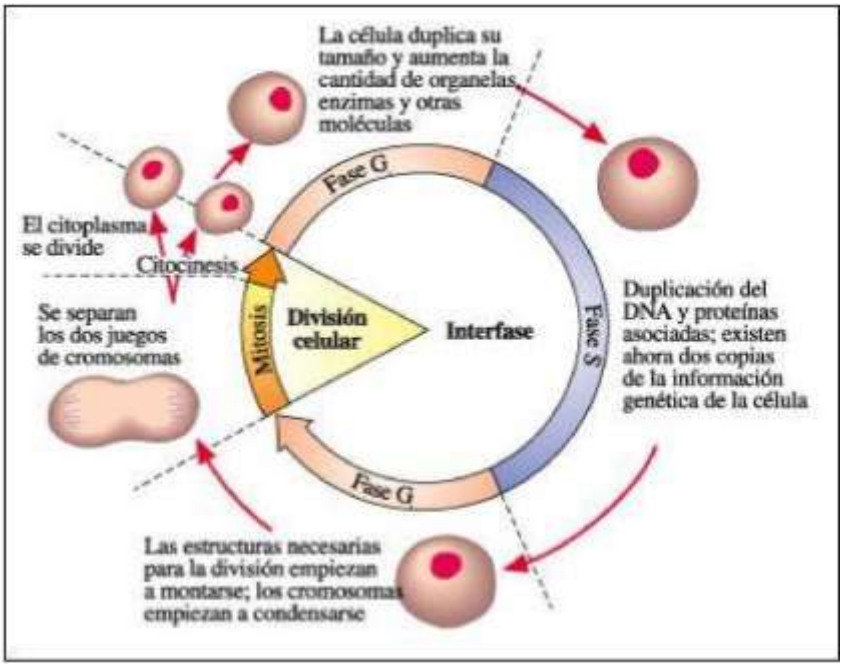
DIVISIÓN 1: TELOFASE

CICLO CELULAR
28 MARZO, 2014 DEJA UN COMENTARIO

Es un conjunto de etapas que una célula debe para dividirse y producir dos células idénticas a la madre. La duración depende el tipo de células algunas bacterias, como:

Escherichia coli dura 30 minutos en el ciclo celular las neuronas duran toda la vida sin dividirse.

INTERFACE: La interface, es por excelencia la etapa predecesora a una mitosis, la cual ocupa la mayoría del ciclo celular (95%) y está compuesta por tres etapas o fases.



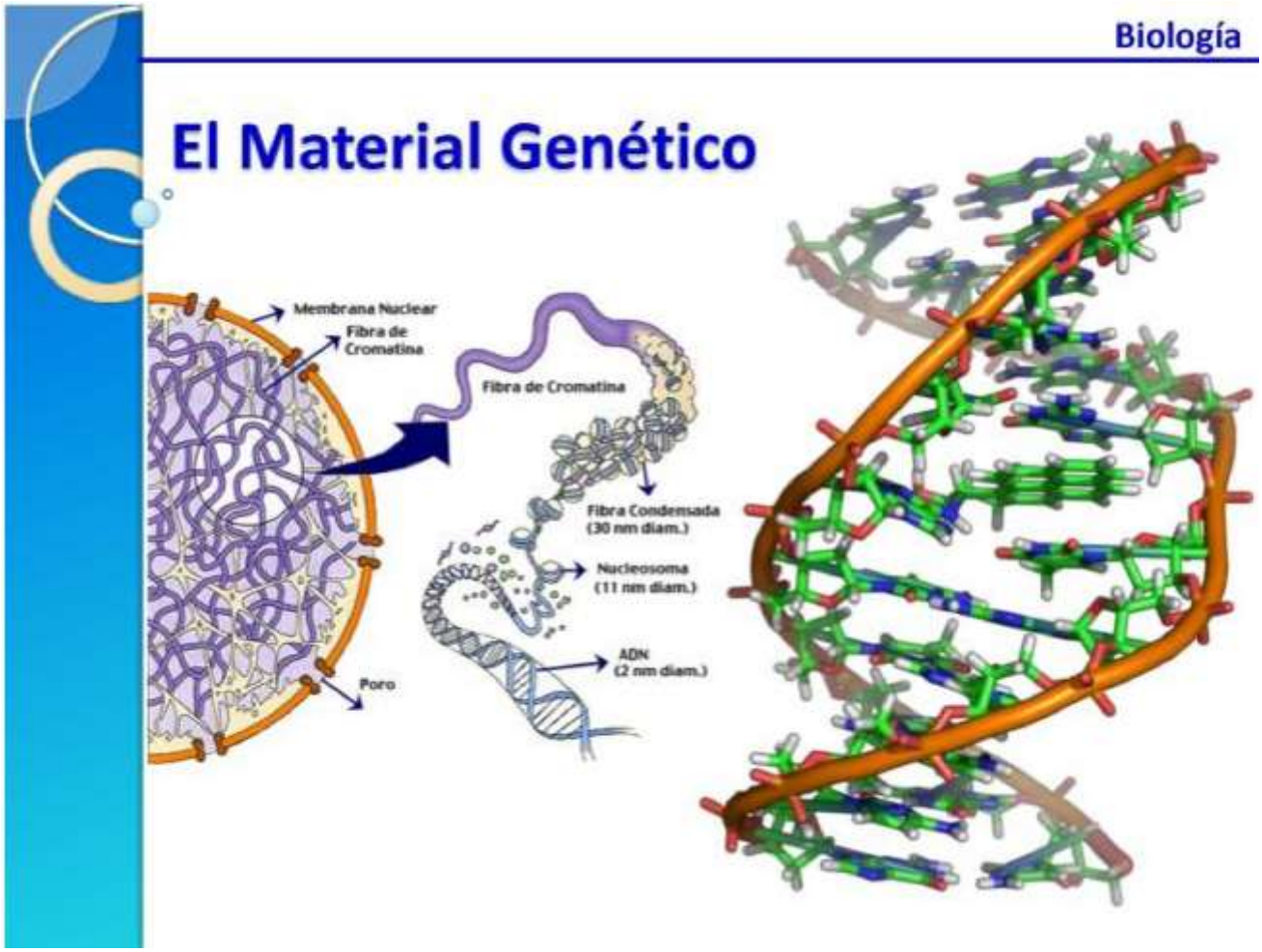
FASE G1: Este periodo toma lugar entre m y s y aquí la célula opta entre dos posibilidades de seguir, continuar con el ciclo hasta una nueva mitosis o detener el ciclo y diferenciarse.

Si debido a la regulación celular, la célula opta por continuar hasta S, entonces comienza un proceso de crecimiento y proliferación, para estar en condiciones de S replicar su AND. Este crecimiento implica síntesis de proteínas, de ARN y un continuo crecimiento de todos los componentes celulares para luego en mitosis poder repartirlos equitativamente.

FASE S: Luego de pasar el punto de control localizado al final del G1, célula entra en la fase S. En esta fase ocurren dos importantes sucesos. Primero la replicación de ADN. La cual es semiconserva y segundo la duplicación del centrosoma, constituidos por dos centriolos. Como resultado la replicación del material genético, la célula pasa a tener sus cromosomas duplicados, los cuales por lo tanto quedan formados por dos cromatidas hermanas.

FSE G2: Esta fase, la cual precede a M ha sido considerada como un simple transito necesario a seguir para llegar a miosis. Sin embargo es aquí donde la célula revisa todos los procesos llevados a cabo en S, y determina si la célula está en condiciones de seguir adelante o si posee fallas las cuales resultarían en que las células hijas ¯nazcan‖ dañadas.

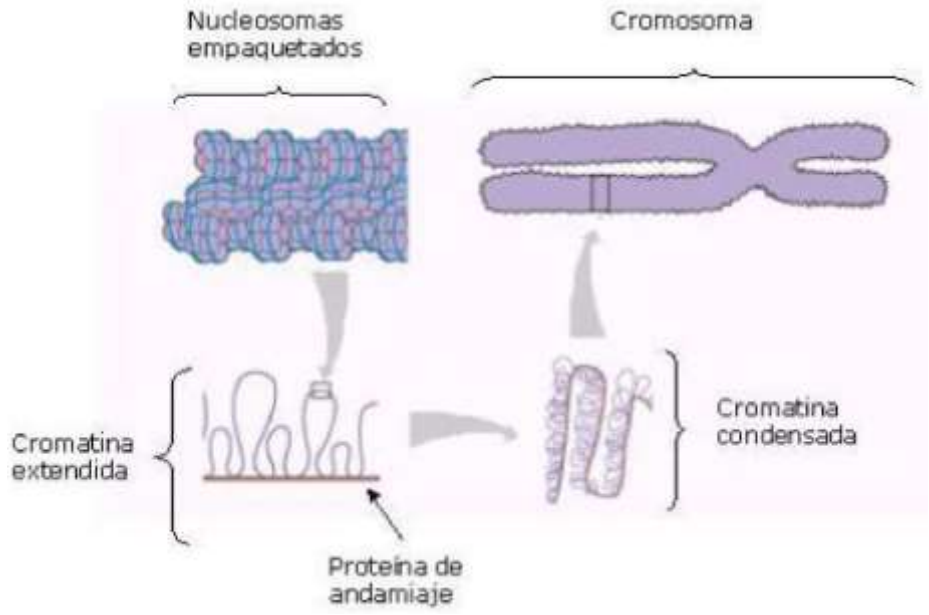
EL MATERIAL GENÉTICO
15 FEBRERO, 2014 DEJA UN COMENTARIO



La genética de una forma de vida orgánica y está almacenado en el núcleo de la célula. Para todos los organismos conocidos actualmente, el material genético es casi exclusivamente ácido desoxirribonucleico Algunos virus usan ácido ribonucleico como su código genético.

pueden representarse de dos formas, en forma de cromatina y de cromosomas.

CROMATINA: Esta constituida por proteínas y ADN, guarda información genética en unos segmentos llamados genes, en los genes se almacenan amanera de código, información útil para la formación de las características internas y externas de los órganos. Durante el proceso de divicion celular la cromatina se condensa (espesa) y se empaquetan en estructuras individuales llamadas cromatinas.



CROMOSOMAS:

Los cromosomas fueron descubiertos por Karl Wilhelm von Nägeli en 1842. En 1910, Thomas Hunt Morgan describió a los cromosomas como los portadores de los genes. El nombre**CROMOSOMA** les fue dado por Wilhelm von Waldeyer en 1889 (cuerpo *coloreado). S*u nombre se debe a que se dejan teñir fácilmente.(cromo = color) (soma= cuerpo).

los cromosomas se hacen visibles después de a verse duplicado en el proceso de DIVICION CELULAR como recolectando del intervienen proteínas llamadas listonas, aparecen conformados por dos brazos llamados cromatinas hermanas las

cuales contienen una copia idéntica de ADN cada cromatina esta unida por un centromedro asu cromatina hermana.

La dotación cromosomica, de cada especie es propia y se identifica por el numero del tamallo y la forma de los cromosomas.

La célula de los órganos complejos se denominan diploides porque poseen dos series de cromosomas (ZN), otras células poseen solo una serie de cromosomas y se llaman aploides (N).

Las series de cromosomas de un organismo se le conocen como cariotipo,por ejemplo la especie humana costa de 46 cromosomas , 23 aportados por el padre, y 23 aportados por la madre, las cuales son células aploides.

La Fecundación vegetal es la unión de las gametas masculinas (Anterozoides) y femenina (Oósfera) que se realiza en el Ovario de la Flor.

Los Anterozoides son producidos por el Androceo (aparato reproductor masculino) que se encuentran contenidos en los granos de pólen que se hayan ubicados en las Tecas del Androceo.

La Ovocélula o Oósfera es sintetizada en el Gineceo (aparato reproductor femenino) y se encuentra en el Ovario de la Flor en las Angiospermas o bien libre en las Gimnospermas.

Una vez que la flor es polinizada comienza la Doble fecundación en las flores de las Angiospermas y la Fecundación simple en las Flores de las Gimnospermas. Se desarrolla el tubo polínico por crecimiento de la Intina que lleva consigo a los 2 Anterozoides provenientes de la célula generativa en las Angiospermas, atraviesa el Estilo hasta llegar al Ovario de la flor. En el Ovario floral, el 1º Anterozoide fecunda a la Oósfera formando el embrión que contiene a todos los elementos vegetativos (plúmula o gémula, talluelo, radícula), mientrsa que el 2º Anterozoide fecunda al Núcleo secundario del saco embrionario formando la sustancia de reserva o Albúmen que se almacenará en los cotiledones.

Luego de la doble fecundación, los Óvulos o primordios seminales quedan transformados en Semillas mientras que el Ovario de la flor queda transformado en Fruto.

En las Gimnospermas el proceso de fecundación es igual al de las engiospermas salvo que en ellas hay fecundación simple, un solo anterozoide proveniente de la célula generativa fecunda a la Oósfera formando el embrión que contiene todos los elementos vegetativos (gémula, talluelo, radícula).

¿Qué es la fecundación vegetal?

La fecundación vegetal es la unión de la gameta masculina, llamada anterozoide, con la gameta femenina, denominada oósfera, la cual se encuentra en el ovario de la flor.Como estas dos células son haploides, su unión dará origen a un embrión diploide que se encuentra dentro de la semilla.Todas las plantas con flor poseen estructuras reproductivas de ambos sexo.

La parte masculina está compuesta por los granos de polen contenidos en las anteras y la femenina por el óvulo que se encuentra en el interior del ovario de la flor.

La fecundación es la unión de la gameta masculina, llamada anterozoide, con la gameta femenina, denominada oósfera, la cual se encuentra en el ovario de la flor. Como estas dos células son haploides, su unión dará origen a un embrión diploide que se encuentra dentro de la semilla.

FECUNDACIÓN

¿Qué sucede después de la polinización? Después de que el polen llega hasta el estigma del pistilo, se inicia un proceso crucial llamado fecundación.

En términos simples, ocurre de la siguiente forma: desde el grano de polen se forma un tubo, llamado polínico, el cual llega hasta el ovario. Por este tubo descienden dos anterozoides -células o gametos masculinos-, uno de ellos fecunda (se une) a la oosfera (gameto femenino), y el otro fecunda al núcleo secundario, formándose el endosperma que corresponde a una sustancia nutritiva.

La finalidad de la fecundación es la formación de la semilla, que está formada por el embrión y el endosperma. La semilla queda contenida en el ovario, el cual va transformando sus paredes; crece, se desarrolla y madura, dando como resultado la formación de un fruto que contiene las semillas.

La fecundación

Para tener más claro cómo se producen la formación y desarrollo de la semilla y el fruto se dará una pequeña explicación.

Todas las plantas con flor poseen estructuras reproductivas de ambos sexos. La parte masculina está compuesta por los granos de polen contenidos en las anteras y la femenina por el óvulo que se encuentra en el interior del ovario de la flor.

La fecundación es la unión de la gameta masculina, llamada **anterozoide**, con la gameta femenina, denominada **oósfera**, la cual se encuentra en el ovario de la flor. Como estas dos células son haploides, su unión dará origen a un embrión diploide que se encuentra dentro de la semilla.

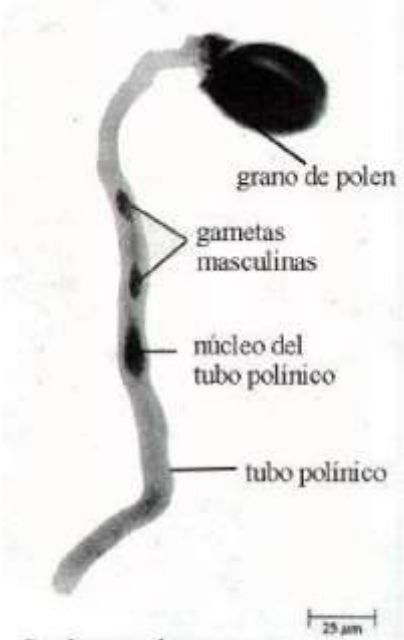


Esquema de las estructuras masculinas y femeninas de la flor.

Pero, en las plantas, la fecundación es algo más compleja, ya que este embrión –como los de todos los organismos- necesita de sustancias de reserva para desarrollarse. Pero, diferencia de los animales, las sustancias de reserva que lo nutren no provienen de la "madre" sino que deberán estar contenidas en la misma semilla.

Entonces ¿cómo es el proceso de fecundación?

En las plantas con flor, podemos reconocer estructuras masculinas y femeninas. El grano de polen (que se encuentra e las anteras de las flores) posee las gametas masculinas. Estas gametas deberán llegar hasta las estructuras femeninas de la misma u de otra flor para dar lugar al embrión.



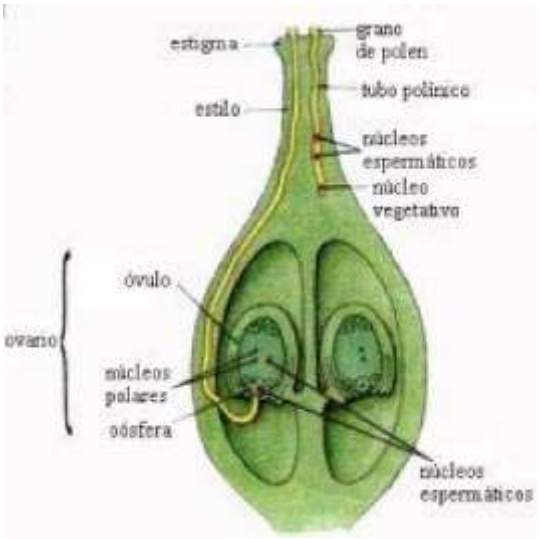
Se observan las gametas masculinas y el núcleo del tubo polínico (cél. vegetativa) avanzando dentro del tubo polínico.

Para alcanzar la gameta femenina (**oósfera**), el grano de polen primero se deposita en el estigma y luego avanza hasta la parte inferior del carpelo (a través de un tubo que él mismo genera llamado **tubo polínico**) hasta llegar a la oósfera.

En el **grano de polen** existen dos tipos de células: la **vegetativa**, cuyo núcleo gobernará el crecimiento del tubo polínico, y otra muy pequeña, la **generativa**, la cual se dividirá para producir dos**gametas masculinas**. El tubo polínico crece atravesando el estigma y el estilo, llevando en su extremidad el núcleo de la célula vegetativa, seguido por el núcleo de la célula generativa.

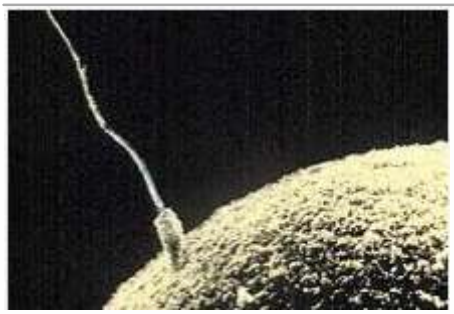
El crecimiento del tubo continúa por el estilo, nutriéndose a expensas de sus tejidos, y dirigiéndose al ovario. Luego prosigue por las paredes del ovario hasta llegar al óvulo.

En las plantas, el **óvulo** está formado por siete células, de las cuales las más importantes son la gameta femenina (oósfera) y otra célula de mayor tamaño que contiene dos núcleos llamados **núcleos polares**. (FOTO ovario)Cuando el tubo polínico llega hasta el óvulo, uno de los **gametos masculinos** se fusiona con la **oósfera**para dar la **cigota** (diploide), a partir de la cual se formará luego el **embrión** por sucesivas mitosis; mientras que el otro gameto se une con los **núcleos polares** para dar la célula madre del endosperma (triploide). A partir de esta célula, también por mitosis, se formará el **endosperma**, tejido que almacena las sustancias de reserva de la semilla.



El resultado final de la fecundación en las plantas es la obtención de la semilla, la cual contiene al embrión y a las sustancias de reserva. Si querés saber cómo sigue consultá la página de la semilla y el embrión de mono y dicotiledóneas...

Fecundación



Un espermatozoide a punto de fecundar un óvulo de un mamífero.

La **fecundación**, también llamada **singamia**, es el proceso por el cual dos gametos (masculino y femenino) se fusionan durante lareproducción sexual para crear un nuevo individuo con un genoma derivado de ambos progenitores. Los dos fines principales de la fecundación son la combinación de genes derivados de ambos progenitores y la generación de un nuevo individuo.

En el caso de las plantas con semilla, se debe diferenciar el fenómeno de la fecundación propiamente dicho (unión íntima de dos células sexuales hasta confundirse sus núcleos respectivos y, en mayor o menor grado, sus citoplasmas),[1] del proceso biológico que lo antecede: la polinización, en el que los granos de polen, desarrollados en las tecas que contiene cada antera de un estambre (hoja reproductora masculina), son transportados por el viento o los insectos a los estigmas, donde germinan emitiendo un tubo polínico que crece hacia el ovario. En este caso no se trata de gametos, sino de esporas, pues cada grano de polen contiene dos gametos o células reproductoras masculinas, que son transportadas a un carpelo (hoja reproductora femenina) de otra flor (polinización cruzada) o de la misma flor (autopolinización).

Proceso

Los detalles de la fecundación son tan diversos como las especies; sin embargo, existen cuatro eventos que son constantes en todas ellas:

1. El primer contacto y reconocimiento entre el óvulo y el espermatozoide, que en la mayor parte de los casos es de gran importancia para asegurar que los gametos sean de la misma especie.
2. La regulación de la interacción entre el espermatozoide y el gameto femenino. Solamente un gameto masculino debe fecundar un gameto

femenino. Esto puede lograrse permitiendo que sólo un espermatozoide entre en el óvulo, lo que impedirá el ingreso de otros.

3. La fusión del material genético proveniente de ambos gametos.
4. La formación del cigoto y el inicio de su desarrollo.

Biológicamente las plantas son seres vivos, carentes de capacidad motora y fotosintéticos (utilizan la luz como fuente de energía principal, para la transformación ¯síntesis‖ de sales minerales inorgánicas en materia orgánica que utilizan en su desarrollo). **Las plantas obtienen la energía de la luz (solar o artificial) por medio de la clorofila que está presente en sus cloroplastos.** A través de la fotosíntesis transforman sustancias inorgánicas (sales minerales) en materia orgánica que necesitan para su desarrollo. En la realización de la fotosíntesis emiten oxígeno y consumen CO2, invirtiendo este proceso durante las horas de oscuridad.

Casi todas las plantas, excepto las algas, **poseen tres partes: raíz, tallo y hojas.** Esas tres partes u órganos se encargan de la función de nutrición de la planta, es decir, de **absorber, conducir y transformar las sustancias que necesitan para producir su propio alimento**: el agua, las sales minerales del suelo, los gases de la atmósfera y la luz solar.

-Además, los vegetales más evolucionados o modernos, tienen **flores en donde se encuentra el aparato reproductor**, que permite que nazcan nuevas plantas y la supervivencia de los vegetales. Esas flores se transforman en frutos después de la polinización y la fecundación.

-A su vez, **los frutos contienen las semillas**.

4. Las Flores.

Las plantas que cuentan con estructuras florales se llaman **angiospermas**, estas producen flores una o más veces en su vida. La mayoría lo hacen todos los años. Las flores son sus órganos reproductores. En su interior poseen todos los órganos que necesita para fabricar el fruto y la semilla.

Las flores tienen dos partes: **la corola y el cáliz.**

La corola es la parte más vistosa de la flor y está formada por los pétalos, que son de colores variados. Esto hace que **los insectos se sientan atraídos por los llamativos colores y olores de las flores** y, al posarse sobre ellas para alimentarse, su cuerpo se impregne de polen, lo transporten a otras flores y ayuden a que se produzca la fecundación cruzada, la especialización en cuanto al tipo de insecto que fecunda cada flor es tan extenso como el mundo de los insectos en sí.



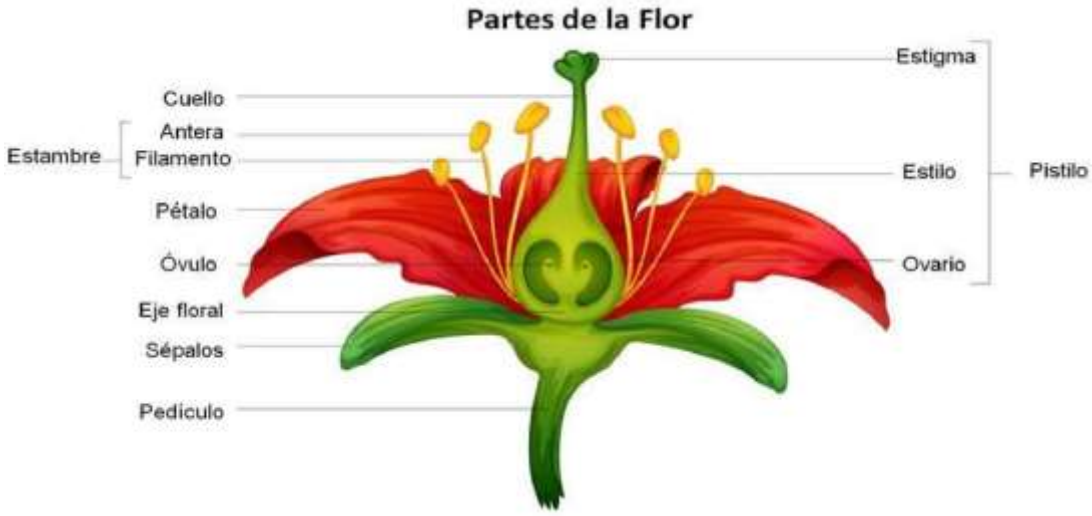
El **Cáliz:** Es la estructura que contiene en su interior los órganos sexuales de la planta, externamente está cubierto por los sépalos que son de color verde y los pétalos que son de colores

El **gineceo o pistilo**, es un órgano con forma de botella antigua, es el aparato reproductor femenino. Dentro del pistilo está el ovario, donde se encuentran los óvulos, que son las células sexuales femeninas, una vez fecundados, estos se convertirán en las semillas.

El aparato reproductor masculino de las flores también está en el cáliz. Lo forman los estambres y las anteras. Un estambre es un órgano muy fino, como un hilo, en cuyo extremo hay un abultamiento: la antera. **En las anteras se producen los granos de polen**. Estos granos de polen son las células sexuales masculinas.

Hay flores que son masculinas, con estambres y sin pistilo. Otras son femeninas, con pistilo y sin estambres. Y hay flores que tienen los dos aparatos reproductores: el masculino y el femenino. Asimismo hay flores que se fecundan por medio de la acción de los insectos (Entomófilas) y otros lo hacen por medio de la acción del viento (Anemófilas)

El pedúnculo floral es un tallo delgado que une la flor al tallo de la planta.



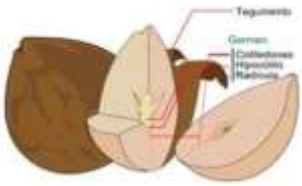
5.El fruto y la semilla.

Una vez fecundada la flor, es decir cuando los granos de polen de una flor, **se unen al óvulo entrando en el pistilo**. Esta sufre una transformación que da lugar al fruto que contendrá las semillas.

Tras la fecundación, los pétalos y otras estructuras que ya no son útiles se secan, se marchitan y finalmente caen. Al mismo tiempo, el ovario cuaja y engorda, dando lugar al fruto dentro de éste. Asimismo se desarrollan las semillas, cuando el fruto ha madurado por la acción del sol, es ingerido por animales que transportan sus semillas, o caen cerca de sus progenitores, donde ayudados de la descomposición del fruto, las semillas germinarán dando lugar a la siguiente generación de plantas.

Las semillas son muy resistentes y pueden aguantar muchos años sin germinar. Lo harán cuando las condiciones de temperatura y humedad sean las adecuadas para que la nueva generación crezca. Muchas semillas necesitan condiciones más especiales para hacerla viable y que estas puedan germinar, las variables pueden ir desde pasar por el tracto intestinal de algún animal concreto, sufrir congelación invernal, o simplemente ser expuestas a humedad y temperatura adecuada.

Un semilla contiene a una planta con sus órganos en sí, en el momento de la eclosión, se suceden cambios físicos y químicos que da como lugar una planta nueva que durante sus primeros días de desarrollo no dependerá de los nutrientes del suelo, obteniendo toda esta energía de sí misma. Existen miles de tipos de semillas diferentes, con capacidades distintas.



Crecimiento de las plantas:

Las funciones básicas de una planta son aquellas que necesita para poder cerrar sus ciclos de crecimiento y reproducción.

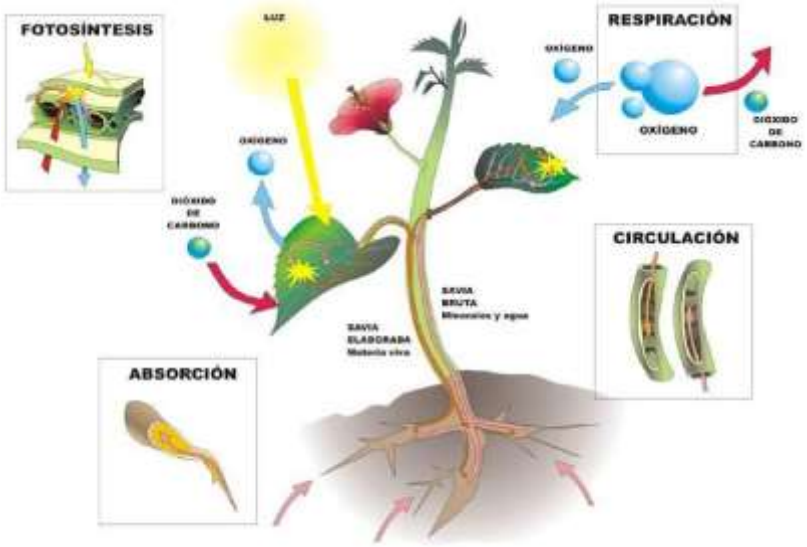
Para realizar dichas funciones la planta necesita de diferentes elementos, los principales son, **Agua, Minerales, Dióxido de Carbono y Oxígeno.**

El Agua: Todos los seres vivos sobre la tierra somos dependientes del agua, las plantas no son la excepción, de hecho el 95% de una planta es agua. A nivel celular cuando una célula vegetal está llena de agua, la presión ejercida por esta dentro de la célula, en sus paredes, así como la que se genera por tanto, entre las demás células contiguas, es la presión que sostiene la planta erguida y los tejidos vegetales en su posición optima a este fenómeno o función se le denomina . De la misma forma que el contenido óptimo de agua genera el sostén, su déficit provoca que la célula se contraiga y que la planta empiece el proceso de marchitación, empezando por los nuevos brotes que son los más susceptibles a momentos de sequía o de déficit hídrico. Las células tienen la capacidad de recuperarse de estos momentos de déficit siempre y cuando la corrección hídrica se haga rápidamente.



La toma de minerales está completamente asociada a la toma de agua, pues los minerales inorgánicos están disueltos en el agua y pasan a la planta de esta forma, diluidos. El agua pasa a la planta por medio de la raíz y en especial por los pelos radiculares, pero el proceso de paso es por ósmosis es decir que las células vegetales que forman la raíz son células permeables al agua y al paso de nutrientes aunque en el caso de los minerales actúa a modo de micro-filtro dejando sólo pasar las moléculas más pequeñas de dichos minerales.

En el proceso de toma de agua, evaporación y pérdida de agua por la hoja, se denomina transpiración, la planta sólo empleará entre un 2% y un 5% del agua tomada del suelo, el resto se pierde por transpiración, en forma de vapor de agua eliminado por medio de los estomas foliares.



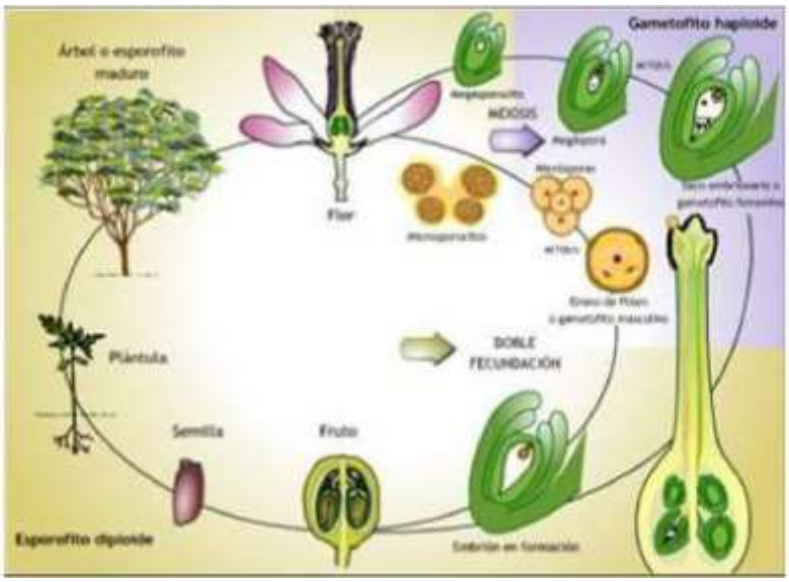
Las plantas realizan un intercambio de tipo gaseoso con la atmósfera a través del cual absorben el oxígeno que necesitan, eliminando a su vez, dióxido de carbono. Esto ocurre en la fase oscura es decir durante la noche. Al igual en la fotosíntesis, el intercambio de gases que se produce con la respiración se hace a partir de los estomas, ubicado en las hojas y que regulan la entrada y salida de los gases y otros elementos. **Por medio de los estomas, las plantas y vegetales eliminan vapor de agua, transpiran.**

La fotosíntesis es la propiedad que tienen las plantas que consiste en elaboración de sustancias orgánicas a partir de sustancias inorgánicas a través de energía obtenida de la luz. Este proceso es realizado principalmente en las hojas aunque cualquier parte verde de la planta tiene esta propiedad. Las células vegetales disponen de unos órganos especializados llamados cloroplastos. La clorofila, es un pigmento de color verde formado por la planta para la absorción de la energía lumínica a través de la cual la planta podrá transformar la luz del sol y el CO_2 en azucares y almidones asimilables por la planta, produciéndose la fotosíntesis.

La Planta distribuye las sustancias que son elaboradas en la fotosíntesis a cualquier punto donde se necesite llegando desde la raíz al brote apical. El alimento es transportado a través de un tejido conductor llamado **floema.**

El alimento que no es utilizado por la planta se almacena como almidón. Muchas plantas disponen de órganos modificados a fin de almacenar los almidones. La patata cuyos tubérculos son tallos modificados especializados en este fin, o la zanahoria que lo hace en su raíz, también modificada a fin de almacenar.

REPRODUCCION EN PLANTAS CON FLORES



Las plantas se marchitan y mueren Sin embargo, las especies vegetales siguen existiendo en la Tierra porque las plantas se reproducen; es decir, de una planta adulta que es la madre o progenitora, nacen nuevas plantas iguales a ella. Muchos vegetales se reproducen en primavera, cuando las condiciones de humedad y temperatura son más favorables para que se reproduzcan en mayor cantidad.

Por eso, en esa estación, vemos los campos y las montañas llenos de colores producidos por infinidad de flores.

Ya hemos visto que hay dos grandes grupos de

plantas: Las que tienen flores

Las que no tienen flores

Para que una planta de este grupo se reproduzca, tienen que ocurrir dos fases o procesos.

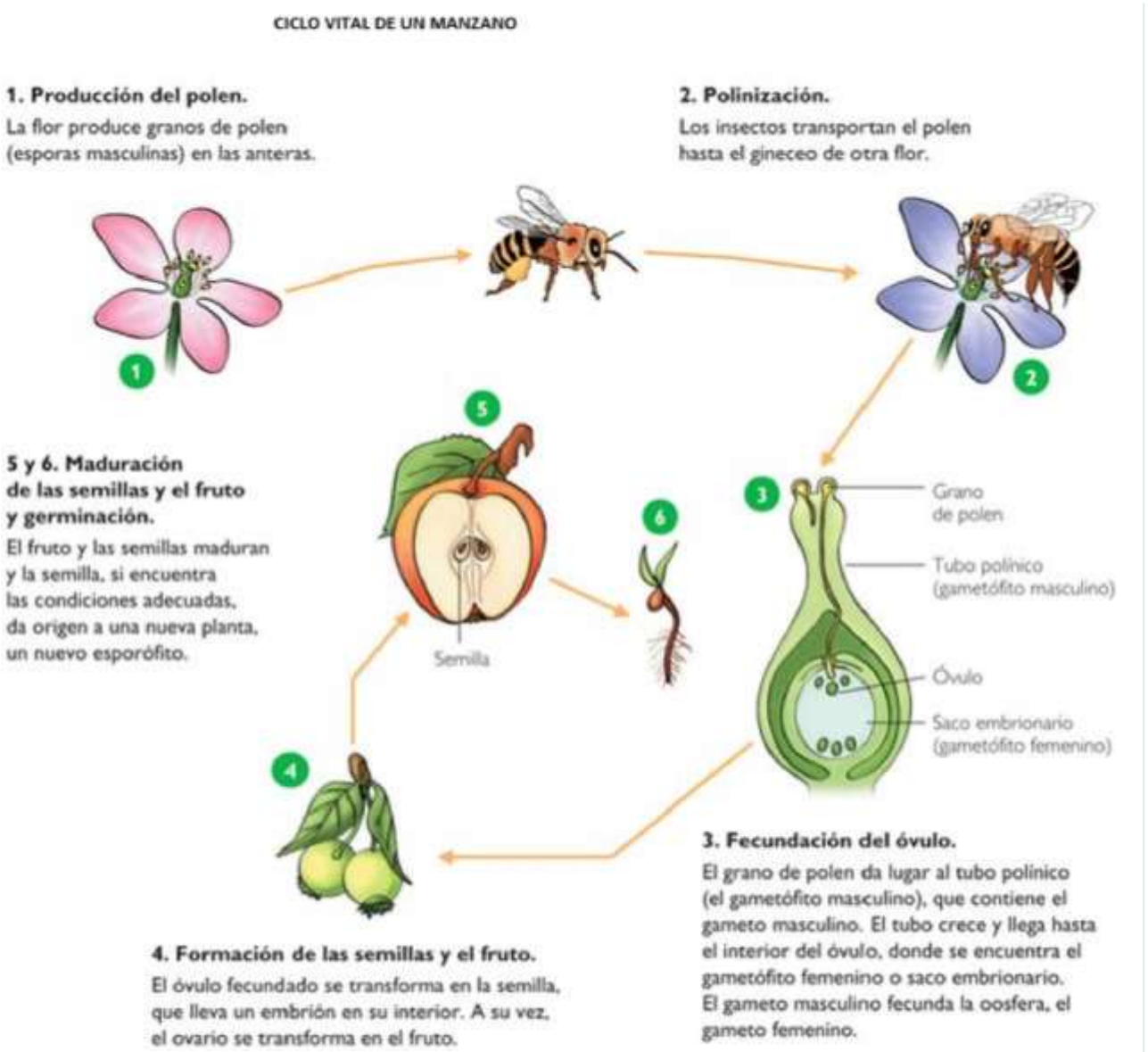
1ª FASE: LA POLINIZACIÓN:
La polinización es el transporte del polen desde unas flores hasta otras, dispersándose por el aire. Cuando estos granos de polen se unen con los óvulos de una flor, pueden nacer nuevas plantas.

Cada especie florece en distintas épocas. Eso significa que en esos momentos están listas para reproducirse. Algunas lo hacen una o dos veces al año, como los almendros o los rosales. Otras florecen una sola vez en su vida.

Cuando la flor está en plena madurez, las anteras de sus estambres producen granos de polen que son los gametos masculinos. Estos granos de polen son diminutos y se transportan fácilmente hasta el pistilo de otra flor con la ayuda del viento o de insectos, como abejas o mariposas. Incluso algunas aves, como el colibrí, favorecen la polinización.

Los insectos se sienten atraídos por los olores y colores de las flores. Se acercan a ellas para libar el néctar de las flores, que es una sustancia dulce que ellas segregan y de la que se alimentan muchos insectos.

Mientras están sobre la flor, las patas, alas y todo el cuerpo del insecto se queda impregnado de granos de polen. Después, cuando inmediatamente el insecto se traslade a otra flor, esos granos de polen irán con él y podrán llegar al pistilo de otra flor. El polen también puede entrar en el pistilo de la misma flor de donde salió, pero muchas plantas tienen mecanismos para evitar esto, porque así consiguen una reproducción de mayor calidad.



2ª FASE: LA FECUNDACIÓN: Una vez que un grano de polen cae sobre el estigma (abertura que tiene el pistilo), le crece un largo tubito que se juntará con el óvulo y dará lugar a una célula nueva llamada cigoto.
Esta célula nueva será el origen de la nueva planta. Irá dividiéndose y creciendo. Se rodea de sustancias nutritivas que le servirán de alimento mientras crezca y de un tejido más duro que le protege. Todo esto es lo que llamamos semilla.

3ª FASE: LA GERMINACIÓN: El ovario irá engrosándose y se transformará, poco a poco, en fruto. El fruto tiene sustancias nutritivas que ayudarán a la formación de la semilla y, además, le protegerán. Cuando el fruto está maduro cae al suelo, enterrándose o siendo arrastrado por el agua de lluvia. Otras veces el fruto lo comen los animales.

Algunas plantas necesitan que sus semillas sean digeridas por animales y caen dispersas por el suelo con los excrementos, sin sufrir ningún daño.

Otras plantas desarrollan métodos muy curiosos para que sus semillas se transporten y se dispersen; por ejemplo, la familia del diente de león, el cardo o la alcachofa, tienen su semilla rodeada de un vilano formado por unos pelitos blancos muy finos que el viento transporta lejos con mucha facilidad. Otras semillas están rodeadas de púas o de sustancias pegajosas para quedarse pegadas al pelo de animales o plumas de aves, siendo así transportadas por ellos y posibilitando que nuevas plantas iguales crezcan en lugares distintos.

La dureza de la semilla le permitirá sobrevivir y esperar con paciencia a que existan unas buenas condiciones de humedad y de temperatura para germinar. Decimos que la semilla germina cuando se abre y le brotan pequeñas raíces que se agarrarán a la tierra, dando origen de esta manera a la nueva planta.

Los cromosomas fueron descubiertos por Karl Wilhelm von Nägeli en 1842. En 1910, Thomas Hunt Morgan describió a los cromosomas como los portadores de los genes. El nombre**CROMOSOMA** les fue dado por Wilhelm von Waldeyer en 1889 (cuerpo *coloreado). S*u nombre se debe a que se dejan teñir fácilmente.(cromo = color) (soma= cuerpo).
los cromosomas se hacen visibles después de a verse duplicado en el proceso de DIVICION CELULAR como recolectando del intervienen proteínas llamadas listonas, aparecen conformados por dos brazos llamados cromatinas hermanas las cuales contienen una copia idéntica de ADN cada cromatina esta unida por un centromedro asu cromatina hermana.

La dotación cromosomica, de cada especie es propia y se identifica por el numero del tamallo y la forma de los cromosomas.

La célula de los órganos complejos se denominan diploides porque poseen dos series de cromosomas (ZN), otras células poseen solo una serie de cromosomas y se llaman aploides (N).

Las series de cromosomas de un organismo se le conocen como cariotipo,por ejemplo la especie humana costa de 46 cromosomas , 23 aportados por el padre, y 23 aportados por la madre, las cuales son células aploides.

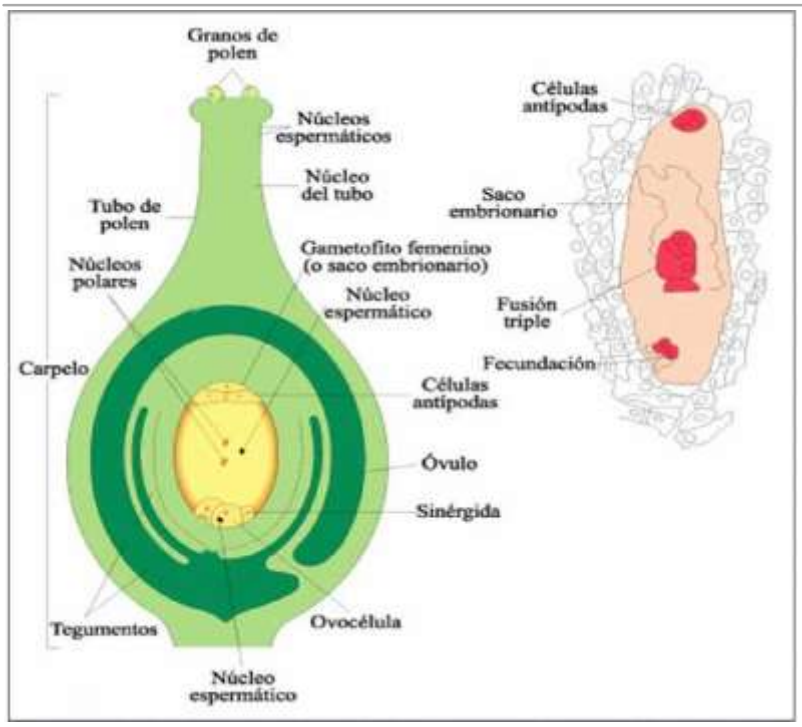
La Fecundación vegetal es la unión de las gametas masculinas (Anterozoides) y femenina (Oósfera) que se realiza en el Ovario de la Flor.
Los Anterozoides son producidos por el Androceo (aparato reproductor masculino) que se encuentran contenidos en los granos de pólen que se hayan ubicados en las Tecas del Androceo.
La Ovocélula o Oósfera es sintetizada en el Gineceo (aparato reproductor femenino) y se

encuentra en el Ovario de la Flor en las Angiospermas o bien libre en las Gimnospermas. Una vez que la flor es polinizada comienza la Doble fecundación en las flores de las Angiospermas y la Fecundación simple en las Flores de las Gimnospermas. Se desarrolla el tubo polínico por crecimiento de la Intina que lleva consigo a los 2 Anterozoides provenientes de la célula generativa en las Angiospermas, atraviesa el Estilo hasta llegar al Ovario de la flor. En el Ovario floral, el 1º Anterozoide fecunda a la Oósfera formando el embrión que contiene a todos los elementos vegetativos (plúmula o gémula, talluelo, radícula), mientrsa que el 2º Anterozoide fecunda al Núcleo secundario del saco embrionario formando la sustancia de reserva o Albúmen que se almacenará en los cotiledones. Luego de la doble fecundación, los Óvulos o primordios seminales quedan transformados en Semillas mientras que el Ovario de la flor queda transformado en Fruto. En las Gimnospermas el proceso de fecundación es igual al de las engiospermas salvo que en ellas hay fecundación simple, un solo anterozoide proveniente de la célula generativa fecunda a la Oósfera formando el embrión que contiene todos los elementos vegetativos (gémula, talluelo, radícula).

¿Qué sucede después de la polinización? Después de que el polen llega hasta el estigma del pistilo, se inicia un proceso crucial llamado fecundación.

En términos simples, ocurre de la siguiente forma: desde el grano de polen se forma un tubo, llamado polínico, el cual llega hasta el ovario. Por este tubo descienden dos anterozoides -células o gametos masculinos-, uno de ellos fecunda (se une) a la oosfera (gameto femenino), y el otro fecunda al núcleo secundario, formándose el endosperma que corresponde a una sustancia nutritiva.

La finalidad de la fecundación es la formación de la semilla, que está formada por el embrión y el endosperma. La semilla queda contenida en el ovario, el cual va transformando sus paredes; crece, se desarrolla y madura, dando como resultado la formación de un fruto que contiene las semillas.



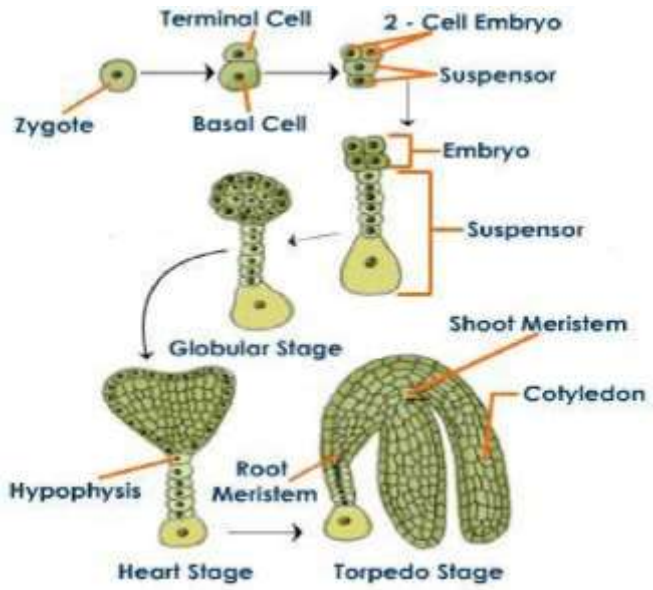
– Embrión/Suspensor

– Embriogénesis

» Período temprano (elevada división celular/citocininas)

» Período medio (expansión celular/auxinas)

» Período tardío (desecación/ABA/LEA)



EMBRIOGENESIS CIGOTICA:

Son los cambios morfológicos, estructurales y de expresión génica que tienen lugar desde que se forma el cigoto hasta que se produce un embrión maduro en condiciones de germinar, una vez que las condiciones endógenas y ambientales sean óptimas.

La embriogénesis, además de ser el período en que se forma la semilla, también constituye la fase preparatoria para la germinación. Tiene lugar en cuatro etapas:

- Polaridad. Formación de ápices caulinar y radicular.

- Diferenciación celular

- Dormición primaria y desecación

- Germinación.

Pasos en el desarrollo del reposo en las semillas

1) Pérdida de agua (deshidratación)
2) Diferenciación de la cubierta de la semilla
3) Interrupción de la transcripción genética y de la síntesis de proteínas.
4) Reducción de la respiración y de otras actividades del metabolismo intermediario.

DESARROLLO DE LA SEMILLA

La SEMILLA es el óvulo fecundado, transformado y maduro. Constituye el órgano de dispersión y perpetuación de las angiospermas y representa la culminación de la evolución reproductiva de las plantas. Ésta se forma mediante la embriogénesis cigótica, que comprende los cambios morfológicos, estructurales y de expresión génica que tienen lugar desde la formación del cigoto hasta el final del desarrollo y la maduración del embrión.

En las plantas con flores la fecundación es doble: de los gametos masculinos del grano de polen, uno fecunda el gameto femenino , célula huevo u ovocélula, formando el cigoto, y el otro gameto se une a los núcleos polares, formando el endosperma. (Fig. 1).

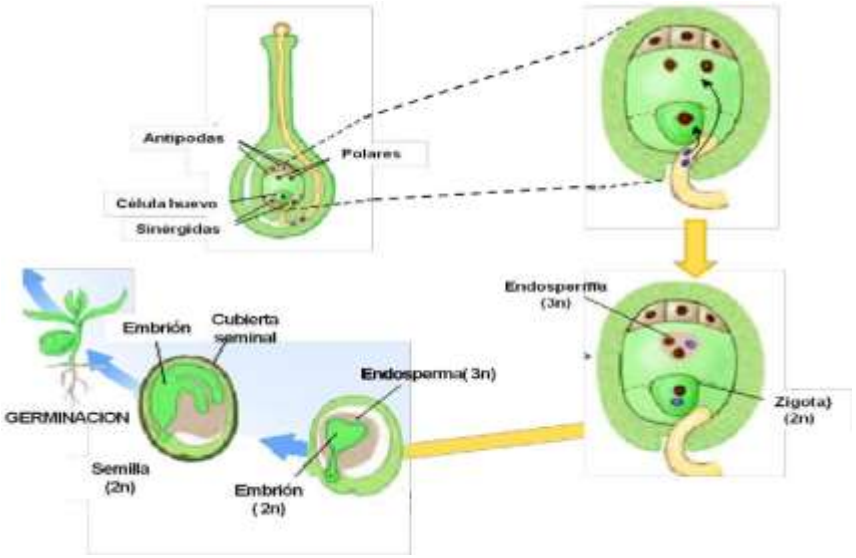


Fig. 1: Estructura del ovulo de una flor, fases de formación de una semilla y sus componentes en

Angiospermas. (Modificado de Raven 2007 Introducción a la biología)

Las semillas estarán formadas por tres estructuras: un embrión, una cubierta seminal (que deriva de los tegumentos del óvulo) y una reserva alimenticia esto hace que la composición genética sea compleja: el embrión (1:1 masc.: fem.), endosperma (1:2 masc.: fem.) y los tejidos maternos (0:2 masc: fem). Este balance entre genotipos de los diferentes tejidos debe establecerse para el normal desarrollo de la semilla

El cigoto sufre una serie de divisiones celulares que llevaran a la formación del embrión. El embrión se alinea en el eje chalaza-micrópila de las semillas, que se cree que es lo que determina los rasgos de polaridad en su desarrollo. Tras la fecundación, y una vez que ha crecido en forma unidireccional, el cigoto se divide transversalmente de forma asimétrica, originándose una célula pequeña (célula apical) que tras sucesivas divisiones dará origen al embrión; y otra célula largada (célula basal) que originará el suspensor, una estructura que actúa permitiendo el traslado de nutrientes desde el tejido materno hacia el embrión. Al comenzar la desecación de la semilla el suspensor degenera, y desaparece la conexión con la planta madre. La función del suspensor la adoptan entonces, los tejidos de reserva (endosperma y cotiledones).

El embrión se desarrolla como resultado de una serie de pasos y divisiones celulares en planos definidos pasando por una serie de estadios reconocibles y conocidos como globular, corazón y torpedo debido a sus formas.

A medida que el embrión se va desarrollando los cotiledones se expanden y varios cambios fisiológicos se van produciendo de manera de permitir al embrión ingresar al estado de dormancia y adquirir tolerancia a la desecación. El desarrollo de los cotiledones con el embrión varía marcadamente entre especies. Una de las diferencias más obvias es que los embriones de monocotiledoneas desarrollan solo un cotiledón (el escutelo Poaceas) mientras que aquellos de las eudicotiledóneas típicamente contienen dos. El embrión en desarrollo es alimentado por el endosperma que lo circunda. El endosperma persiste en la semilla madura rodeado de la capa de aleurona, mientras que los cotiledones permanecen relativamente pequeños (en Poaceas incluyendo maíz y otros cereales) o puede ser enteramente absorbido por los cotiledones (por ej. en poroto Phaseolus vulgaris o arveja Pisum sativum) por lo que la mayoría de la semilla queda ocupada por los cotiledones como es el caso común en Eudicotiledoneas. Generalmente los cotiledones o el endosperma actúan como reserva de carbohidratos, lípidos y proteínas que darán la energía para el desarrollo de la plántula durante la germinación. En algunas especies otras partes del embrión sirven también como reservorios.

Las semillas en desarrollo (y los fruto) son destinos muy fuertes de carbohidratos que son llevados como sacarosa vía floema. Las enzimas sucroliticas (invertasas) y /o sacarosa sintasa metabolizan la sacarosa formando y manteniendo un gradiente de concentración en el tejido en crecimiento.

Hay una gran diversidad de proteínas, carbohidratos y lípidos en las semillas. Las semillas que almacenan almidón son de importancia agronómica incluyendo monocotiledoneas (maíz, arroz, trigo) y dicotiledóneas como poroto arveja. En contraste otras semillas de interés económico como el sésamo, y la canola almacenan lípidos. En muchas de las semillas una alta proporción de peso seco son sustancias proteicas (hasta del 40% en soja).

El almidón se almacena en los amiloplastos, ya sea en el endosperma (Poaceas o poroto) o en los cotiledones. La síntesis se produce en el interior de los amiloplastos donde se sintetiza ADP glucosa. Este es el sustrato para la almidón sintasa la cual cataliza la síntesis de amilosa.

Los ácidos grasos, precursores del aceite también son sintetizados en los plástidos donde unidades de dos átomos de carbono se van uniendo secuencialmente a un carrier de acetyl hasta construir cadenas de ácidos grasos saturados. La síntesis de los aceites se produce en el retículo endoplasmático (RE) en el citoplasma. Cuando los lípidos de reserva se formaron se acumulan en cuerpos lipídicos que se liberan del RE.

Las semillas también contienen cantidades variables de proteína, pueden ser proteínas estructurales y metabólicas, vitales para las funciones celulares pero además contienen proteínas de reserva que sirven como fuente de nutrientes (especialmente N y S) y a veces como protectoras. Las proteínas de reserva, que representan un 50% del total de proteínas de la semilla, se encuentran en cuerpos proteicos de membrana simple, derivados de la deposición de proteínas en pequeñas vacuolas o mas raramente en el RE. Los tres tipos principales de proteínas de reserva fueron identificados, inicialmente por sus solubilidades y actualmente por comparación de las secuencias de ADN de los genes que las codifican son: albúminas solubles en agua, globulinas solubles en soluciones salinas diluidas y prolaminas solubles en alcohol.

Tras la fecundación el desarrollo de la semilla se ha dividido en tres fases:

histodiferenciación, expansión, maduración y desecación:

Fase de histodiferenciación

La fase de histodiferenciación, también denominada período embriogénico temprano o inicial, esta fase de crecimiento está asociada con altas concentraciones de reguladores de crecimiento tales como auxinas, citocininas y giberelinas. La división celular en el embrión cesa, en forma general, cuando alcanza el estado de corazón,

cuando las estructuras esenciales se han formado, y el crecimiento posterior es principalmente debido a una expansión celular y acumulación de sustancias de reserva. Generalmente, la invertasa ácida está relacionada con las fases iniciales del desarrollo. La cubierta seminal en fase de histodiferenciación determina, vía invertasa ácida, la concentración y la composición de azúcares en la vacuola del endospermo y afecta el desarrollo del embrión.

Fase de expansión

Durante la fase de expansión, el crecimiento por división celular desaparece y es sustituido por un crecimiento debido mayormente a la elongación celular. Existe un contenido elevado de auxinas en su forma libre y conjugada. y de giberelinas libres y conjugadas, las citocininas tienden a desaparecer y no se detecta todavía ácido abscisico.

Durante esta fase también se produce la acumulación de sustancias de reserva de las semillas. La embriogénesis lleva a la aparición de tejidos muy bien organizados para desempeñar funciones muy concretas en la semilla. Como por ejemplo, la síntesis coordinada y acumulación de proteínas, lípidos e hidratos de carbono en diferentes períodos de la embriogénesis y en diversos órganos de la semilla (cotiledones y endorperma). El crecimiento del cotiledón comprende dos fases de desarrollo celular: en la primera el crecimiento de se produce fundamentalmente por mitosis (aumento en el número de células); en la segunda, predomina la expansión celular (aumento de volumen). En cambio, el patrón de desarrollo del endospermo comprende de: a) divisiones nucleares en la célula madre del endospermo en ausencia de síntesis de paredes celulares; b) vacuolización próxima a estos núcleos; c) aparición de células individualizadas una vez producida la síntesis de la pared celular; d) expansión celular para que se depositen en la región central del endospermo las sustancias de reserva (almidón y proteínas principalmente); y e) formación y diferenciación de las capas aleuronares.

Las gimnospermas acumulan fundamentalmente lípidos y proteínas, que almacenan en las principales partes del megagametofito (haploide) y del embrión (diploide) en desarrollo. En cambio, las semillas de angiospermas acumulan sustancias de reserva en cuerpos proteicos (vacuolas especializadas formadas por el retículo endoplasmático), cuerpos lipídicos y amiloplastos.

Las proteínas de las semillas se han clasificado en tres grupos según su función fisiológica: enzimas, en su mayor parte implicadas en la movilización de las reservas;

proteínas de reserva, las cuales son utilizadas para alimentar a la plántula antes que se convierta en un organismo autótrofo; y proteínas estructurales.

Los hidratos de carbono de la semilla proceden de la actividad fotosintética que tiene lugar después de la antesis, y mayoritariamente son importados vía floema desde las hojas mediante un típico proceso de descarga de fotoasimilados. Sin embargo, no hay conexiones vasculares entre la parte vegetativa de la planta y los órganos de reserva de la semilla; si acaso acceden a la parte externa de la semilla (cubierta seminal). Por consiguiente, los fotoasimilados deben ser descargados en el apoplasto, que está en contacto con la cubierta seminal, y posteriormente enviados al órgano de reserva.

En las semillas los lípidos son almacenados en los cuerpos lipídicos, cuya membrana es una monocapa lipídica con la cabeza polar dirigida hacia el citoplasma.

Fase de maduración y desecación

Al iniciarse esta fase el suspensor degenera, y desaparece la conexión con la planta madre. La función del suspensor la adoptan entonces, los tejidos de reserva (endosperma y cotiledones).

Esta última fase en el desarrollo de la semilla implica un periodo de maduración y desecación en presencia de niveles elevados de ácido abscisico (ABA). Al inicio de la maduración se estimula la detención del ciclo celular. Durante este periodo se detecta la presencia de niveles elevados de ABA-libre, un descenso del peso fresco de la semilla debido a una notable pérdida de agua, la tolerancia a la desecación, y la ausencia de alteraciones en el peso seco. El ABA es el responsable de que, en la planta madre, la semilla no pase directamente de la embriogénesis a la germinación y, por lo tanto, de que adquiera y mantenga la dormición primaria. Además también es el responsable de la morfogénesis del embrión y de la tolerancia a la desecación por su implicación en la síntesis de proteínas LEA y otras proteínas relacionadas con el estrés.

En el periodo de maduración no se detectan citocininas, AIA ni GAs en sus formas libres, sí aparecen en cambio, sus formas conjugadas, que en algunos casos pueden convertirse en sus formas libres en el proceso de germinación mediante la hidrólisis de los correspondientes conjugados.

Las etapas finales del desarrollo seminal se caracterizan por la inhibición de gran número de procesos metabólicos, entre ellos la actividad respiratoria, la cual adquiere valores a penas detectables con el fin de mantener una serie de orgánulos de la semilla (por ejemplo, mitocondrias), y a la propia semilla en un estado metabólico

basal que algunos autores denominan quiescente. A diferencia de la semilla durmiente, la semilla quiescente puede germinar si se dan las condiciones óptimas para ello.

La constitución de la semilla, una vez madura, varía si corresponde a una eudicotiledonea o a una monocotiledonea (Fig. 2).

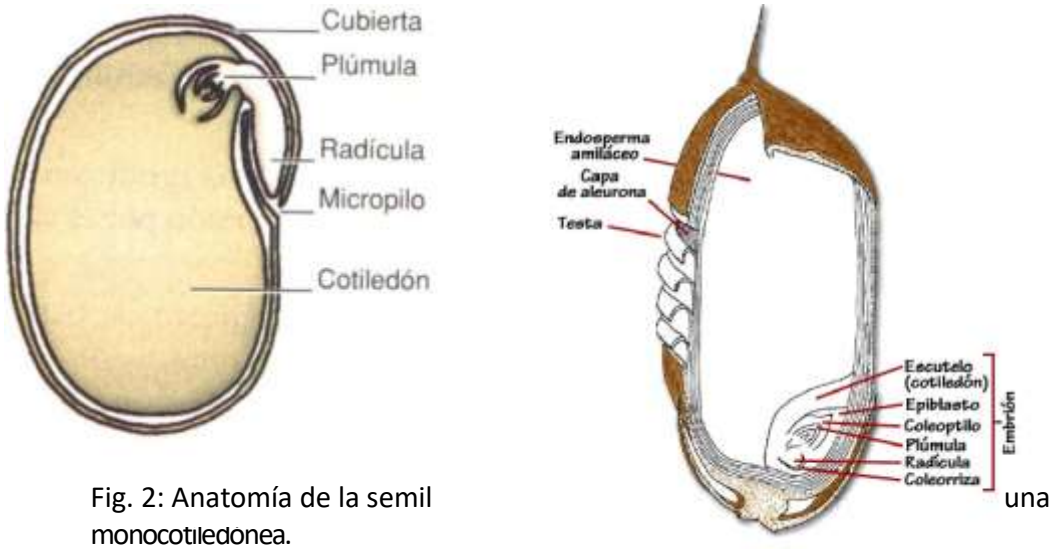


Fig. 2: Anatomía de la semil una monocotiledonea.

El embrión maduro de las plantas con flor está formado por un eje con apariencia de tallo que lleva uno o dos cotiledones. Los cotiledones que en algunas ocasiones reciben el nombre de hojas seminales, son las primeras hojas del esporofito joven. Los meristemas apicales de tallo y raíz están situados en los polos opuestos del eje embrionario . En el embrión el meristema apical del tallo se localiza en el extremo del epicótilo, el eje caulinar que se halla por encima de los cotiledones. El epicótilo junto a las ho jas jóvenes recibe el nombre de plúmula.

El eje con apariencia de tallo que está situado por debajo de los cotiledones recibe el nombre de hipocótilo. En el polo inferior del hipocótilo se encuentra el meristemo radicular a partir del cual desarrollara la raíz embrionaria o radícula.

La germinación

Se llama **germinación** al acto por el cual la semilla en estado de vida latente entra de pronto en actividad y origina una nueva planta. Dado que el embrión contenido en la semilla presenta diferentes características dependiendo de si pertenece a

las monocotiledóneas o a las dicotiledóneas, deberemos estudiar la germinación de cada una por separado.

Las semillas proceden de los primordios o rudimentos seminales de la flor, una vez fecundados y maduros (**Figura 17.1**). Su función es la de dar lugar a un nuevo individuo, perpetuando y multiplicando la especies a la que pertenece. La semilla consta esencialmente de un **embrión**(formado por un eje embrionario y uno, dos o varios *cotiledones*), una *provisión de reservas nutritivas*, que pueden almacenarse en un tejido especializado (**albumen** o **endospermo**) o en el propio embrión, y una **cubierta seminal** que recubre y protege a ambos (**Figura 17.2**).

Las semillas son la unidad de reproducción sexual de las plantas y tienen la función de multiplicar y perpetuar la especie a la que pertenecen. Además, es uno de los elementos más eficaces para que la especie se disperse, tanto en el tiempo como en el espacio. Para que la semilla cumpla con su objetivo es necesario que el embrión se transforme en una plántula, que sea capaz de valerse por si misma y, finalmente convertirse en una planta adulta. Todo ello comprende una serie de procesos metabólicos y morfogenéticos cuyo resultado final es la germinación de las semillas.

Para que el proceso de germinación, es decir, la recuperación de la actividad biológica por parte de la semilla, tenga lugar, es necesario que se den una serie de condiciones ambientales favorables como son: un sustrato húmedo, suficiente disponibilidad de oxígeno que permita la respiración aerobia y, una temperatura adecuada para los distintos procesos metabólicos y para el desarrollo de la plántula.
La absorción de agua por la semilla desencadena una secuencia de cambios metabólicos, que incluyen la respiración, la síntesis proteica y la movilización de reservas. A su vez la división y el alargamiento celular en el embrión provoca la rotura de las cubiertas seminales, que generalmente se produce por la emergencia de la radícula.
Sin embargo, las semillas de muchas especies son incapaces de germinar, incluso cuando se encuentran en condiciones favorables. Esto es debido a que las semillas se encuentran en estado de latencia. Por ello, mientras no se den las condiciones adecuadas para la germinación, la semilla se mantendrá latente durante un tiempo variable, dependiendo de la especie, hasta que llegado un momento, pierda su capacidad de germinar.
Cuando una semilla germina, la primera estructura que emerge, de la mayoría de las especies, después de la rehidratación de los diferentes tejidos es la radícula. En aquellas semillas, en las que la radícula no es el primer acontecimiento morfológico, se consideran otros criterios para definir la germinación como: la emergencia del coleoptilo en granos de cereales; la obtención de plantas normales; o el aumento de la actividad enzimática, tras la rehidratación de los tejidos.

En el proceso de germinación podemos distinguir tres fases (**Figura 17.3**):

Fase de hidratación: La absorción de agua es el primer paso de la germinación, sin el cual el proceso no puede darse. Durante esta fase se produce una intensa absorción de agua por parte de los distintos tejidos que forman la semilla. Dicho incremento va acompañado de un aumento proporcional en la actividad respiratoria.

Fase de germinación: Representa el verdadero proceso de la germinación. En ella se producen las transformaciones metabólicas, necesarias para el correcto desarrollo de la plántula. En esta fase la absorción de agua se reduce considerablemente, llegando incluso a detenerse.

Fase de crecimiento: Es la última fase de la germinación y se asocia con la emergencia de la radícula (cambio morfológico visible). Esta fase se caracteriza porque la absorción de agua vuelve a aumentar, así como la actividad respiratoria.

Azcón-Bieto, J. y Talón, M. 1993. ¯*Fisiología y Bioquímica Vegetal*‖. Interamericana/ McGraw-Hill.

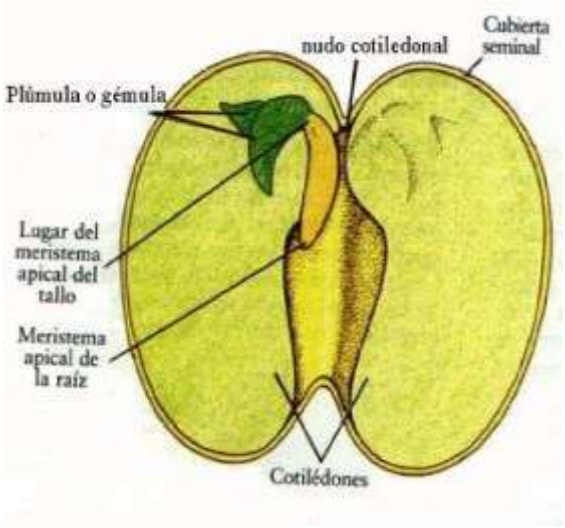
La duración de cada una de estas fases depende de ciertas propiedades de las semillas, como su contenido en compuestos hidratables y la permeabilidad de las cubiertas al agua y al oxígeno. Estas fases también están afectadas por las condiciones del medio, como el nivel de humedad, las características y composición del sustrato, la temperatura, etc. Otro aspecto interesante es la relación de estas fases con el metabolismo de la semilla. La primera fase se produce tanto en semillas vivas y muertas y, por tanto, es independiente de la actividad metabólica de la semilla. Sin embargo, en las semillas viables, su metabolismo se activa por la hidratación. La segunda fase constituye un período de metabolismo activo previo a la germinación en las semillas viables o de inicio en las semillas muertas. La tercera fase se produce sólo en las semillas que germinan y obviamente se asocia a una fuerte actividad metabólica que comprende el inicio del crecimiento de la plántula y la movilización de las reservas. Por tanto los factores externos que activan el metabolismo, como la temperatura, tienen un efecto estimulante en la última fase.

En las dos primeras fases de la germinación los procesos son reversibles, a partir de la fase de crecimiento se entra en una situación fisiológica irreversible. La semilla que haya superado la fase de germinación tendrá que pasar a la fase de crecimiento y originar una plántula, o por el contrario morir.

Germinación y plántula de dicotiledóneas (poroto)

En primer lugar la semilla de poroto se hincha debido a que absorbe agua a través de la **micrópila**. Esto le permite ablandar los tejidos internos y el tegumento para que pueda asomar la **radícula**.

Luego, el **hipocótile** asoma hacia la superficie pero, como los cotiledones aún permenecen bajo tierra, se curva un poco formando una estructura conocida como **asa germinativa**.



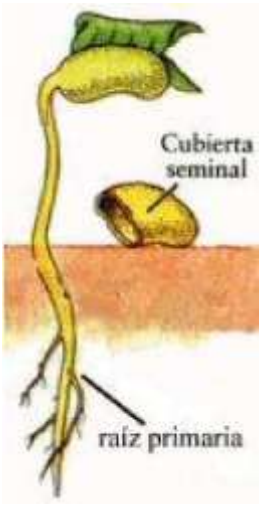


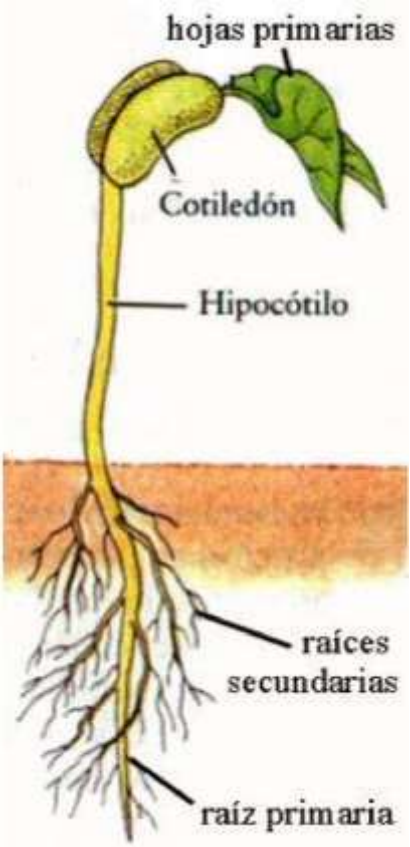
La radícula cambia su anatomía y se transforma en la raíz primaria.

El tegumento de la semilla se rasga permitiendo que asomen los cotiledones. Los cotiledones - cuando son epígeos - emergen a la superficie (en el caso de que sean hipógeos permanecerán bajo tierra) protegiendo al primer par de hojas juveniles.

La raíz primaria comienza a ramificarse lateralmente formando las **raíces secundarias**.

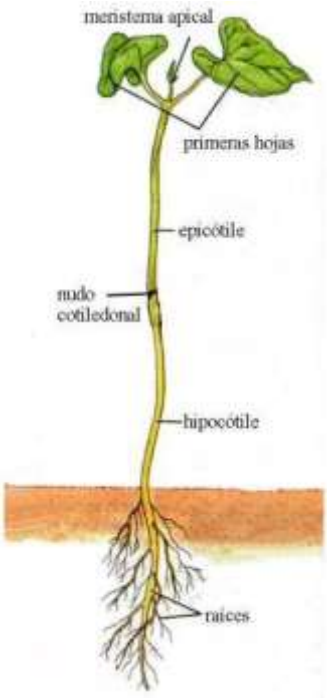
Los cotiledones se abren permitiendo el crecimiento de la **plúmula o gémula**, que originan el primer par de hojas. Hasta que estas hojas puedan generar el alimento para la plántula, los cotiledones se vuelven verdes y pueden realizar fotosíntesis durante cierto tiempo.





Las raíces secundarias continúan su crecimiento aún después de haberse detenido el desarrollo de la raíz primaria. Estas son las que soportarán a la planta cuando esta sea adulta.

La plántula sigue desarrollándose y se diferencian diferentes segmentos a lo largo del **talluelo** (se lo llama así hasta las primeras hojas). Por debajo de los cotiledones se distingue el **hipocótile** y por encima de éstos, el **epicótile**. Las primeras hojas se expanden y comienzan a fotosintetizar, dejando expuesto el**meristema apical** (desde donde desarrollará el resto de la planta).

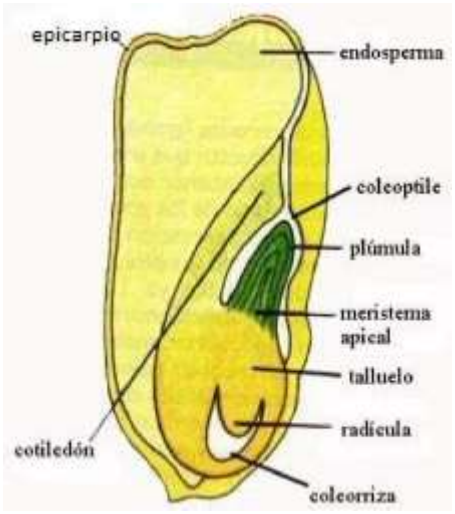


Los cotiledones se marchitan y caen dejando una cicatriz en el talluelo que corresponde al**nudo cotiledonal**.

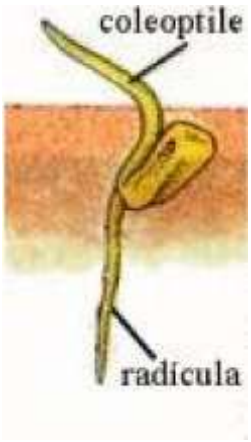
A partir del meristema apical aparecerán el tallo y las demás **hojas** que, a partir de ahora, serán **trifoliadas** (la lámina se encuentra dividida en tres partes).

Germinación y plántula de monocotiledóneas (maíz)

En primer lugar el fruto de maíz se hincha como consecuencia de la absorción de agua lo que genera que un ablandamiento del**pericarpio** (cobertura del fruto) y de los tejidos internos. En este momento la**coleorriza** se rasga permitiendo que asome la**radícula** hacia el exterior.



Luego, el **coleoptile** se abre paso hacia la superficie a través de la tierra protegiendo a la plúmula en su interior. En el caso del maíz el cotiledón permanece siempre bajo tierra.



La radícula cambia su anatomía y se transforma en la **raíz primaria**.

El coleoptile se rasga permitiendo que asomen las **primeras hojas**.



A los siete días aproximadamente la raíz primaria deja de crecer, se seca y muere. Comienzan a aparecer entonces otras raíces a nivel del **nudo cotiledonal** llamadas **raíces adventicias**.

Las primeras hojas se expanden y comienzan a fotosintetizar pero permanecen envolviendo al**meristema apical** (desde donde se desarrollará el resto de la planta).



A partir del meristema apical se desarrollan nuevas **hojas envainadoras** las cuales marcarán diferentes sitios de localización de los**nudos**. Estos nuevos nudos difieren del nudo cotiledonal.

Factores que afectan a la germinación.

Los factores que afectan a la germinación los podemos dividir en dos tipos

Factores internos (**intrínsecos**): propios de la semilla; madurez y viabilidad de las semillas.

Factores externos (**extrínsecos**): dependen del ambiente; agua, temperatura y gases.

Factores internos.

Entre los factores internos que afectan a la germinación estudiaremos la madurez que presentan las semillas y la viabilidad de las mismas.

Madurez de las semillas.

Decimos que una semilla es madura cuando ha alcanzado su completo desarrollo tanto desde el punto de vista morfológico como fisiológico.

La madurez morfológica se consigue cuando las distintas estructuras de la semilla han completado su desarrollo, dándose por finalizada cuando el embrión ha alcanzado su máximo desarrollo. También, se la relaciona con la deshidratación de los diferentes tejidos que forman la semilla. La madurez se suele alcanzar sobre la misma planta, sin embargo, existen algunas especies que diseminan sus semillas antes de que se alcance, como ocurre en las semillas de *Ginkgo biloba* o de muchas orquídeas, que presentan embriones muy rudimentarios, apenas diferenciados.

Aunque la semilla sea morfológicamente madura, muchas de ellas pueden seguir siendo incapaces de germinar porque necesitan experimentar aún una serie de transformaciones fisiológicas. Lo normal es que requieran la pérdida de sustancias inhibidoras de la germinación o la acumulación de sustancias promotoras. En general, necesitan reajustes en el equilibrio hormonal de la semilla y/o en la sensibilidad de sus tejido para las distintas sustancias activas.

La madurez fisiológica se alcanza al mismo tiempo que la morfológica, como en la mayoría de las especies cultivadas; o bien puede haber una diferencia de semanas, meses y hasta años entre ambas.

Viabilidad de las semillas.

La viabilidad de las semillas es el período de tiempo durante el cual las semillas conservan su capacidad para germinar. Es un período variable y depende del tipo de semilla y de las condiciones de almacenamiento.

Atendiendo a la longevidad de las semillas, es decir, el tiempo que las semillas permanecen viables, pueden haber semillas que germinan, todavía, después de decenas o centenas de años; se da en semillas con una cubierta seminal dura como las leguminosas. El caso más extremo de retención de viabilidad es el de las semillas de*Nelumbo nucifera* encontradas en Manchuria con una antigüedad de unos 250 a 400 años.

En el extremo opuesto tenemos las que no sobreviven más que algunos días o meses, como es el caso de las semillas de arce (*Acer*), sauces (*Salix*) y chopos (*Populus*) que pierden su viabilidad en unas semanas; o los olmos (*Ulmus*) que permanecen viables 6 meses.}

En general, la vida media de una semilla se sitúa entre 5 y 25 años.

Las semillas pierden su viabilidad por causas muy diversas. Podríamos pensar que mueren porque agotan sus reservas nutritivas, pero no es así, sino que conservan la mayor parte de las mismas cuando ya han perdido su capacidad germinativa.

Una semilla será más longeva cuanto menos activo sea su metabolismo. Esto, a su vez, origina una serie de productos tóxicos que al acumularse en las semillas produce a la larga efectos letales para el embrión. Para evitar la acumulación de esas sustancias bastará disminuir aún más su metabolismo, con lo cual habremos incrementado la longevidad de la semilla. Ralentizar el metabolismo puede conseguirse bajando la temperatura y/o deshidratando la semilla. Las bajas temperaturas dan lugar a un metabolismo mucho más lento, por lo que las semillas conservadas en esas condiciones viven más tiempo que las conservadas a temperatura ambiente. La

deshidratación, también alarga la vida de las semillas, más que si se conservan con su humedad normal. Pero la desecación tiene unos límites; por debajo del 2%-5% en humedad se ve afectada el agua de constitución de la semilla, siendo perjudicial para la misma.

En resumen podemos decir que, para alargar más tiempo la vida de una semilla, ésta debe conservarse en las siguientes condiciones: mantenerla seca, dentro de unos límites; temperaturas bajas y, reducir al mínimo la presencia de oxígeno en el medio de conservación.

Factores externos.

Entre los factores ambientales más importantes que inciden en el proceso de germinación destacamos: humedad, temperatura y gases.

Humedad.

La absorción de agua es el primer paso, y el más importante, que tiene lugar durante la germinación; porque para que la semilla recupere su metabolismo es necesaria la rehidratación de sus tejidos.

La entrada de agua en el interior de la semilla se debe exclusivamente a una diferencia de potencial hídrico entre la semilla y el medio que le rodea. En condiciones normales, este potencial hídrico es menor en las semillas secas que en el medio exterior. Por ello, hasta que emerge la radícula, el agua llega al embrión a través de las paredes celulares de la cubierta seminal; siempre a favor de un gradiente de potencial hídrico.

Aunque es necesaria el agua para la rehidratación de las semillas, un exceso de la misma actuaría desfavorablemente para la germinación, pues dificultaría la llegada de oxígeno al embrión.

Temperatura.

La temperatura es un factor decisivo en el proceso de la germinación, ya que influye sobre las enzimas que regulan la velocidad de las reacciones bioquímicas que ocurren en la semilla después de la rehidratación. La actividad de cada enzima tiene lugar entre un máximo y un mínimo de temperatura, existiendo un óptimo intermedio. Del mismo modo, en el proceso de germinación pueden establecerse unos límites similares. Por ello, las semillas sólo germinan dentro de un cierto margen de temperatura. Si la temperatura es muy alta o muy baja, la geminación no tiene lugar aunque las demás condiciones sean favorables.

La temperatura mínima sería aquella por debajo de la cual la germinación no se produce, y la máxima aquella por encima de la cual se anula igualmente el proceso. La temperatura óptima, intermedia entre ambas, puede definirse como la más adecuada para conseguir el mayor porcentaje de germinación en el menor tiempo posible

Las temperaturas compatibles con la germinación varían mucho de unas especies a otras. Sus límites suelen ser muy estrechos en semillas de especies adaptadas a hábitats muy concretos, y más amplios en semillas de especies de amplia distribución.

Las semillas de especies tropicales suelen germinar mejor a temperaturas elevadas, superiores a 25 ºC. Las máximas temperaturas están entre 40 ºC y 50 ºC (*Cucumis sativus,* pepino, 48 ºC). Sin embargo, las semillas de las especies de las zonas frías germinan mejor a temperaturas bajas, entre 5 ºC y 15 ºC. Ejemplo de ello son *Fagus sylvatica* (haya), *Trifolium repens* (trébol), y las especies alpinas, que pueden germinar a 0 ºC. En la región mediterránea, las temperaturas más adecuadas para la germinación son entre 15 ºC y 20 ºC.

Por otra parte, se sabe que la alternancia de las temperaturas entre el día-noche actúan positivamente sobre las etapas de la germinación. Por lo que el óptimo térmico de la fase de germinación y el de la fase de crecimiento no tienen por que coincidir. Así, unas temperaturas estimularían la fase de germinación y otras la fase de crecimiento.

Por otra parte, se sabe que la alternancia de las temperaturas entre el día-noche actúan positivamente sobre las etapas de la germinación. Por lo que el óptimo térmico de la fase de germinación y el de la fase de crecimiento no tienen por que coincidir. Así, unas temperaturas estimularían la fase de germinación y otras la fase de crecimiento.

Gases.

La mayor parte de las semillas requieren para su germinación un medio suficientemente aireado que permita una adecuada disponibilidad de O_2 y CO_2. De esta forma el embrión obtiene la energía imprescindible para mantener sus actividades metabólicas.

La mayoría de las semillas germinan bien en atmósfera normal con 21% de O_2 y un 0.03% de CO_2. Sin embargo, existen algunas semillas que aumentan su porcentaje de germinación al disminuir el contenido de O_2 por debajo del 20%. Los casos mejor conocidos son: *Typha latifolia* (espadaña) y *Cynodon dactylon* (grama), que germinan mejor en presencia de un 8% de O_2. Se trata de especies que viven en medios acuáticos o encharcados, donde la concentración de este gas es baja. El efecto del CO_2 es el contrario del O_2, es decir, las semillas no pueden germinar se aumenta la concentración de CO_2.

Para que la germinación tenga éxito, el O_2 disuelto en el agua de imbibición debe poder llegar hasta el embrión. A veces, algunos elementos presentes en la cubierta seminal como compuestos fenólicos, capas de mucílago, macroesclereidas, etc. pueden obstaculizar la germinación de la semilla por que reducen la difusión del O_2desde el exterior hacia el embrión.

Además, hay que tener en cuenta que, la cantidad de O_2 que llega al embrión disminuye a medida que aumenta disponibilidad de agua en la semilla.

A todo lo anterior hay que añadir que la temperatura modifica la solubilidad del O_2en el agua que absorbe la semilla, siendo menor la solubilidad a medida que aumenta la temperatura.

Metabolismo de la Germinación.

Los procesos metabólicos relacionados con la germinación que han sido más estudiados son la respiración y la movilización de las sustancias de reserva.

Respiración.

Tres rutas respiratorias, glucólisis, ciclo de las pentosas fosfato y ciclo de Krebs son funcionales en las semillas embebidas. Estas tres rutas producirán una serie de compuestos intermediarios del metabolismo vegetal, así como considerables cantidades de energía y poder reductor. El objetivo principal del proceso respiratorio es la formación de ATP y pirimidín nucleótidos, necesarios para la intensa actividad metabólica que tiene lugar durante la germinación.

La semilla seca muestra una escasa actividad respiratoria, aumentando el consumo de O_2, después de iniciada la imbibición. A partir de este momento el proceso respiratorio de las semillas puede dividirse en cuatro fases

Fase I: Se caracteriza por un rápido incremento en la respiración, que generalmente se produce antes de transcurridas 12h desde el inicio de la imbibición. El aumento en la actividad respiratoria es proporcional al incremento de la hidratación de los tejidos de la semilla. El principal sustrato utilizado en esta fase es, posiblemente, la sacarosa.

Fase II: La actividad respiratoria se estabiliza entre las 12 y 24h desde el inicio de la imbibición. Probablemente las cubiertas seminales, que todavía permanecen intactas, limitan la entrada de O_2. La eliminación de la testa puede acortar o anular esta fase.

Fase III: Se produce un segundo incremento en la actividad respiratoria, que se asocia a la mayor disponibilidad de O_2, como consecuencia de la ruptura de la testa producida por la emergencia de la radícula. Otro factor que contribuye a ese aumento es la actividad de las mitocondrias, recientemente sintetizadas en las células del eje embrionario.

Fase IV: En esta última fase tiene lugar una acusada disminución de la respiración, que coincide con la desintegración de los cotiledones, después de que han exportado las reservas almacenadas.

Movilización de sustancias de reserva.

Las semillas contienen cantidades relativamente importantes de reservas alimenticias, que permitirán el crecimiento y el desarrollo de la plántula hasta que ésta sea capaz de alimentarse por sí misma. Estas reservas se encuentran en su mayor parte, formando cuerpos intracelulares que contienen lípidos, proteínas, carbohidratos y compuestos inorgánicos. (**Tabla 17.1**)

Según el tipo de compuesto que almacenan, existen grandes diferencias entre las semillas. Así, en los cereales predominan los hidratos de carbono, especialmente almidón, aunque también contienen proteínas y lípidos. En muchas semillas de importancia agrícola (avellana, almendro, ricino, girasol, soja, etc) se almacenan, mayoritariamente, lípidos (triglicéridos) como compuestos de reserva. Además, estas semillas suelen tener un alto contenido en proteínas. Un tercer grupo de semillas, entre las que se encuentran las leguminosas, almacenan proteínas junto con cantidades considerables de almidón, siendo en éstas los lípidos muy escasos

Especie	**Porcentaje de peso seco**		
	Carbohidratos	Proteínas	Lípidos
Zea mays	70	1	5
Avena sativa	66	1	8
Triticum aestivum	75	1	2
Linum usitatissimum	24	2	36
Ricinus communis	trazas	1	64
Brassica napus	27	2	34
Pisum sativum	52	2	6
Cicer arietinum	67	1	6
Lens culinaris	60	2	2

Tabla 17.1: Composición química de algunas semillas (Tomada de **Barceló, J. *et al*.** 1984. ¯*Fisiología Vegetal*‖. Ediciones Pirámide, S.A.)

Los compuestos de reserva pueden estar almacenados en el embrión (cotiledones) o en tejidos extraembrionarios, principalmente en el endospermo.

Al iniciarse la germinación de las semillas, y cuando las células están suficientemente hidratadas, se produce una activación de la síntesis proteica y, por lo tanto, la formación de enzimas hidrolíticas que son las que promueven la movilización de las sustancias de reserva.

La movilización de las reservas requiere un proceso previo de hidrólisis para liberar los compuestos de menor peso molecular, que pueden ser utilizados durante el crecimiento inicial de la plántula. Además, en muchos casos, los productos de la hidrólisis sufren una serie de transformaciones metabólicas antes de ser transportados al eje embrionario en desarrollo.

Carbohidratos: El hidrato de carbono más extendido en las semillas, como principal reserva energética, es el almidón. Está formando por los denominados granos de almidón (corpúsculos intracelulares). Dichos granos muestran una apariencia característica en cada especie, pudiendo tener formas esféricas, elípticas, poligonales, etc. En la hidrólisis del almidón sus componentes (la amilosa, y la amilopectina) son hidrolizados por la -amilasa y la -amilasa para dar glucosa. La degradación del almidón se incrementa progresivamente durante el proceso de germinación, primero lentamente, y luego de una forma más rápida que termina con la práctica desaparición del polisacárido

Lípidos: Los lípidos constituyen un grupo de sustancias químicamente heterogéneas que tienen en común su solubilidad en disolventes orgánicos (éter de petróleo, hexano o cloroformo). Los lípidos de reserva predominantes en las semillas son los triglicéridos. En la movilización y metabolismo de las reservas lipídicas están implicados tres tipos de orgánulos: las vesículas que contienen aceites almacenados (cuerpos lipídicos), los glioxisomas y las mitocondrias. La degradación y metabolismo de los lípidos se produce en varias fases

Lipólisis de los triglicéridos para producir ácidos grasos y glicerol. Se produce en los cuerpos lipídicos por acción de las lipasas que rompen los enlaces éster.

Oxidación de los ácidos grasos a acetil CoA y posterior formación de succinato en los glioxisomas.

Conversión de succinato a oxalacetato en las mitocondrias.

Formación de sacarosa a partir de oxalacetato en el citoplasma.

Proteínas: La hidrólisis de las proteínas de reserva está catalizada por diferentes tipos de enzimas proteolíticos, agrupados bajo el nombre de proteasas. A medida que progresa la germinación, las fracciones proteínicas de reserva se transforman en otras de menor peso molecular, especialmente pequeños péptidos y

aminoácidos. Los aminoácidos liberados pueden ser utilizados en la síntesis de nuevas proteínas en la plántula en desarrollo o para proporcionar energía mediante la oxidación de su esqueleto carbonado. En los cereales las proteínas se almacenan en los gránulos de aleurona, acumulados, a su vez, en la capa de aleurona. En las semillas de dicotiledóneas la degradación de las proteínas de reserva se corresponde, generalmente, con una acumulación de aminoácidos libres en los cotiledones.

Ácidos nucleicos: No hay duda en aceptar que la replicación del ADN es un fenómeno relativamente tardío en la germinación, iniciándose después de que tenga lugar una síntesis considerable de proteínas. Sin duda, en la codificación de éstas ha intervenido un ADN preexistente, formado, probablemente durante las fases de maduración de la semilla. Por lo que respecta al ARN, tanto en las capas de aleurona de cereales como en los cotiledones de las leguminosas, se han detectado varias ribonucleasas cuya función es la de degradar el ARN en nucleótidos que son transportados al embrión para la síntesis de sus ARNs propios. Sin embargo, se ha demostrado que los nucleótidos que llegan al embrión no son suficientes para mantener su crecimiento, por lo que en los embriones debe haber también una síntesis de nucleótidos, utilizando probablemente el nitrógeno de las reservas proteicas.

Es importante conocer todos los aspectos relacionados con el metabolismo de las semillas, sobre todo en las especies cultivadas de interés industrial. Ejemplo de ello, es el malteado de los granos de cebada (*Hordeum vulgare*) en el proceso de fabricación de la cerveza; que mediante la activación de las enzimas hidrolíticas se produce la hidrólisis de las sustancias de reserva del endospermo.

Metabolismo de la germinación en cereales.

En los frutos de los cereales, la cubierta seminal está soldada al pericarpo. Debajo del mismo, se encuentra la capa de aleurona, constituida por unas pocas capas de células rectangulares de pequeño tamaño y, en las que se encuentran las reservas proteicas de la semilla. La capa de aleurona recubre al endospermo, que es voluminoso, y en él se almacenan las reservas de almidón, principalmente. Las células de la capa de aleurona permanecen vivas en la semilla madura, mientras que las del endospermo son células muertas. El embrión está conectado con el endospermo a través del escutelo, el cual deriva de la transformación de su único cotiledón.

Los acontecimientos metabólicos más relevantes en el proceso de germinación de los cereales son los que a continuación se detallan en la **figura**

El embrión rehidratado libera giberelinas, que se difunden hacia el endospermo a través del escutelo.

Las giberelinas liberadas en el endospermo, al llegar a las células de la capa de aleurona, inducen la producción de enzimas hidrolíticos.

Entre los enzimas hidrolíticos sintetizados se encuentran las amilasas, que se difunden hacia el endospermo para hidrolizar los granos de almidón a glucosa.

Las moléculas de glucosa liberadas son utilizadas por el embrión como fuente de energía (ATP), las cuales llegan hasta el mismo por difusión.

Los otros enzimas hidrolíticos sintetizados degradan las restantes reservas: proteínas, lípidos, y ácidos nucleicos. Dichas reservas son hidrolizadas a moléculas más sencillas, es decir, a aminoácidos, ácidos grasos y glicerol, y nucleótidos, respectivamente.

Ahora, el embrión ya dispone de las moléculas estructurales y de la energía necesarias para iniciar la síntesis de sus propias moléculas.

Finalmente, el embrión, después de diferenciarse y crecer, se convertirá en una joven plántula.

Tipos de Germinación.

Los cambios fisiológicos y metabólicos que se producen en las semillas, no latentes, después de la imbibición de agua, tienen como finalidad el desarrollo de la plántula. Como se ha indicado anteriormente, este proceso comienza por la radícula, que es el primer órgano que emerge a través de las cubiertas. Sin embargo, en otras semillas el crecimiento comienza por el hipocótilo.

Las semillas, atendiendo a la posición de los cotiledones respecto a la superficie del sustrato, pueden diferenciarse en la forma de germinar. Así, podemos distinguir dos tipos deferentes de germinación: epigea y hipogea.

Germinación epigea.

En las plántulas denominadas epigeas (**Figura 17.11)**, los cotiledones emergen del suelo debido de un considerable crecimiento del hipocótilo (porción comprendida entre la radícula y el punto de inserción de los cotiledones). Posteriormente, en los cotiledones se diferencian cloroplatos, transformándolos en órganos fotosintéticos y, actuando como si fueran hojas. Finalmente, comienza el desarrollo del epicótilo (porción del eje comprendida entre el punto de inserción de los cotiledones y las primeras hojas). Presentan este tipo de germinación las semillas de cebolla, ricino, judía, lechuga, mostaza blanca, etc.

Germinación hipogea.

En las plántulas hipogeas, los cotiledones permanecen enterrados; únicamente la plúmula atraviesa el suelo. El hipocótilo es muy corto, prácticamente nulo. A continuación, el epicótilo se alarga, apareciendo las primeras hojas verdaderas, que son, en este caso, los primeros órganos fotosintetizadores de la plántula

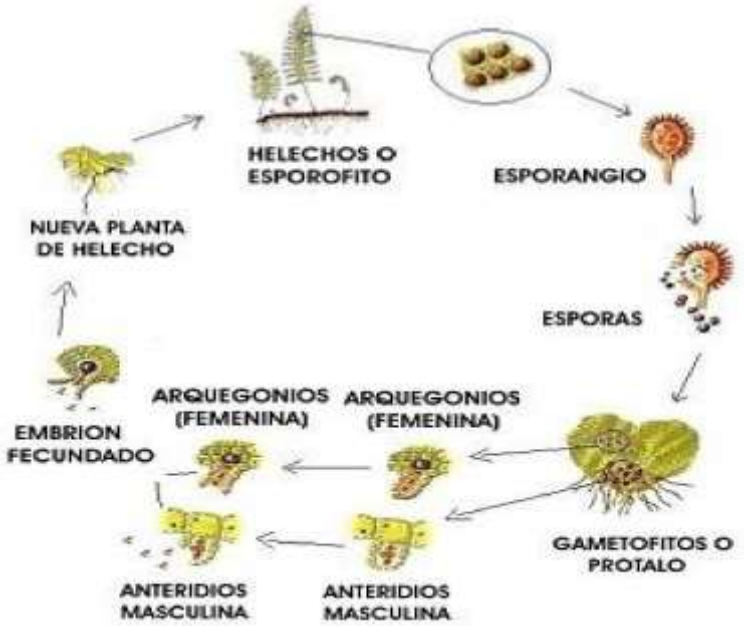
Azul C. Courtis. 2013. Guía de Estudio GERMINACIÓN DE SEMILLAS. Cátedra de Fisiología Vegetal. FaCENA Departamento: Biología. Área: Botánica. -UNNE-

GERMINACIÓN

FISIOLOGÍA DE LA GERMINACIÓN

- La semilla como unidad de dispersión y supervivencia Ciclo ontogénico Fecundación Formación de la cigoto Histodiferenciación Embriogénesis Desecación
- Reposo (viviparismo) Dormición Quiescencia
- Germinación
- Desarrollo de la plántula FISIOLOGÍA DE LA GERMINACIÓN
- La semilla A diferencia de los animales, las plantas vasculares presentan una alternancia entre la fase gametofítica (haploide) y la fase esporofítica (diploide).

El ciclo ontogénico comienza luego de la fecundación, con la formación del cigoto.



(**Figura 17.12**). Este tipo de germinación lo presentan las semillas de los cereales (trigo, maíz, cebada, etc.), guisante, haba, robles, etc

SEMILLA

- SEMILLAS VIVÍPARAS: El embrión se desarrolla cuando el fruto se encuentra unido a la planta (mangle)



Tipos de semillas

- ORTODOXAS: semillas tolerantes a la desecación, esto debido a la gran acumulación de sacarosa y otros azucares, cuya función es mantener la integridad de las membranas durante la deshidratación.

Tipos de semillas

- RECALCITRANTES:

No toleran la desecación, estas semillas no se desecan al madurar y no experimentan reducción del metabolismo celular. Este tipo de semillas es muy común en los trópicos.

– sensibles a la desecación

– Se dispersan junto con los tejidos del fruto (carnoso) con altos contenidos de humedad.

GERMINACION

- La germinación es la continuación del crecimiento del embrión después de que la semilla absorbe agua (por medio de osmosis). • Entre la etapa de

Embriogénesis (proceso de formación del embrión) y la germinación hay un periodo de relativa inactividad llamado LETARGO o REPOSO:

– DORMICIÓN

– QUIESCENCIA

Dormición

Es un proceso mecánico o fisiológico que impide la germinación en condiciones APROPIADAS. Hay varias causas de Dormición:

1. La presencia de embriones rudimentarios: fisiológicamente inmaduros, no suficientemente desarrollados para la germinación.

2. Cubierta seminal es muy dura o impermeable que impide la entrada del agua necesaria para la germinación

3. Las semillas contienen inhibidores de germinación que necesitan tiempo para ser removidos.

Laa Quiescencia.- La semilla no germina porque las condiciones ambientales son adversas.

GERMINACIÓN EPíGEA:

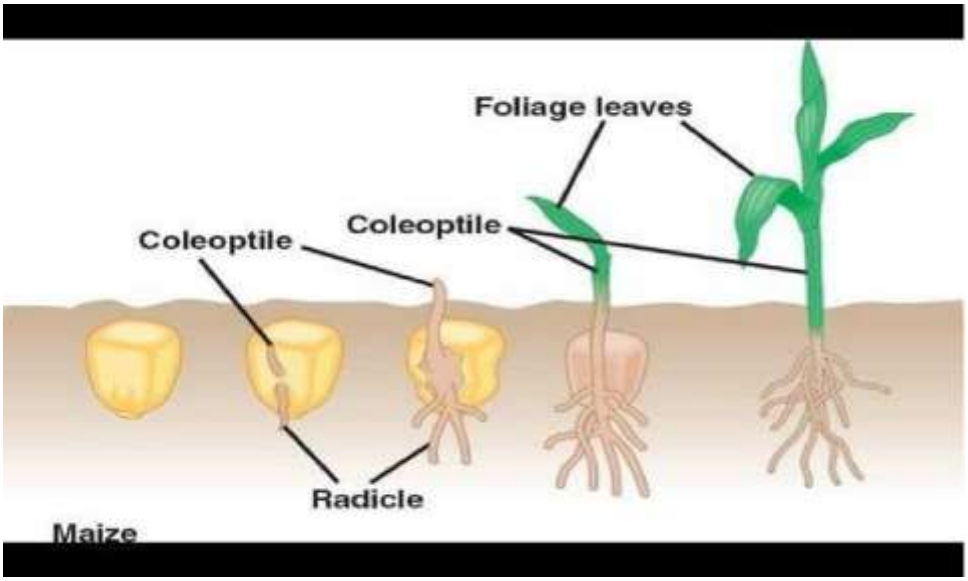
- Los cotiledones emergen a la superficie del suelo.
- El embrión emerge primero mediante el encorvamiento del hipocotilo,
- Este se endereza y lleva los cotiledones hacia arriba.
- Una vez en la superficie los cotiledones se abren, se tornan verdes y fotosintetizan por un corto tiempo y luego mueren y desaparecen.
- Ejemplo poroto.



GERMINACIÓN

Hipogea:

- Los cotiledones permanecerán enterrados en el suelo.
- La punta del tallo joven emerge a la superficie del suelo mediante el encorvamiento de la plúmula y no del hipocótilo
- Ejemplo el maíz



Germinación

Las principales condiciones ambientales necesarias la germinación son:

-Exposición a la luz (para algunas semillas).

 Venenos o inhibidores.

 Ausencia de altas concentraciones de sales inorgánicas.

 Rango apropiado de temperatura.

 Disponibilidad de agua y aire.

Procesos que ocurren durante la germinación

- Imbibición de agua.
- Hidratación de los organelos subcelulares.
- Cambio en la actividad de los fitocromos.
- Síntesis de Novo de enzimas.
- Digestión de las reservas alimenticias.
- Translocación de moléculas orgánicas solubles
- Cambios en la organización subcelular del embrión y endosperma o cotiledón.
- Activación de las enzimas.
- Translocación de moléculas orgánicas solubles Procesos que ocurren durante la germinación • Síntesis de proteínas y otros constituyentes subcelulares.
- Incremento de la absorción de oxígeno y de la actividad respiratoria.
- Alargamiento celular.
- División celular.
- Síntesis o activación de sustancias del crecimiento.
- Diferenciación celular.
- Redistribución de metabólicos en el eje embrional.
- Cambios en los niveles de O2 y CO2.

La germinación es el conjunto de fenómenos por los cuales el embrión, que se halla en estado de vida latente dentro de la semilla, reanuda su crecimiento y se desarrolla para formar una plántula.

Para la germinación de una semilla deben cumplirse tres condiciones de acuerdo a Hartman y Kester, que el embrión sea viable (que esté vivo), que los factores externos sean favorables y que no presente factores internos que impidan la germinación.

La germinación comprende cuatro etapas principales:

1. La imbibición de agua;
2. La síntesis y activación de los sistemas enzimáticos;
3. Degradación de las sustancias de reserva
4. Elongación de las células del embrión y emergencia de la radícula

En un suelo adecuadamente provisto de agua existe un gradiente muy pronunciado de ψ entre éste y la semilla. Esta diferencia de ψ crea un flujo de agua hacia ella, con mucha fuerza, en ocasiones de100 MPa. Este fenómeno de entrada de agua se denomina imbibición y es puramente físico. La cantidad que penetra depende de las especies, pero es por lo general muy alta. En los cereales es del 40 al 60% del peso de la semilla seca y en algunas leguminosas, como la arveja, asciende al 180%. La cantidad de agua absorbida por las diferentes especies depende del tipo de sustancias de reserva que contengan, aquellas con endosperma amiláceo tienen un grado de hidratación menor que las que presentan endosperma proteico, altamente hidratable.

El agua penetra a través de los tegumentos, la micrópila, la lente (estrofíolo), las paredes y las membranas celulares y se liga por uniones de hidrógeno a los coloides y otras sustancias eléctricamente cargadas.

Al inicio el ingreso de agua es rápido. Las macromoléculas y estructuras se rehidratan y recuperan sus formas funcionales, durante este periodo, los solutos de bajo peso molecular pueden perderse desde la semillas.

El ingreso de agua en una semilla tiene tres fases o etapas: una fase I rápida inicial, una fase II meseta (ψ_{H2O} entre -1 y -1.5 MPa) y una fase III rápida, que se corresponde con el periodo de elongación del embrión o de la radícula (Fig. 5).

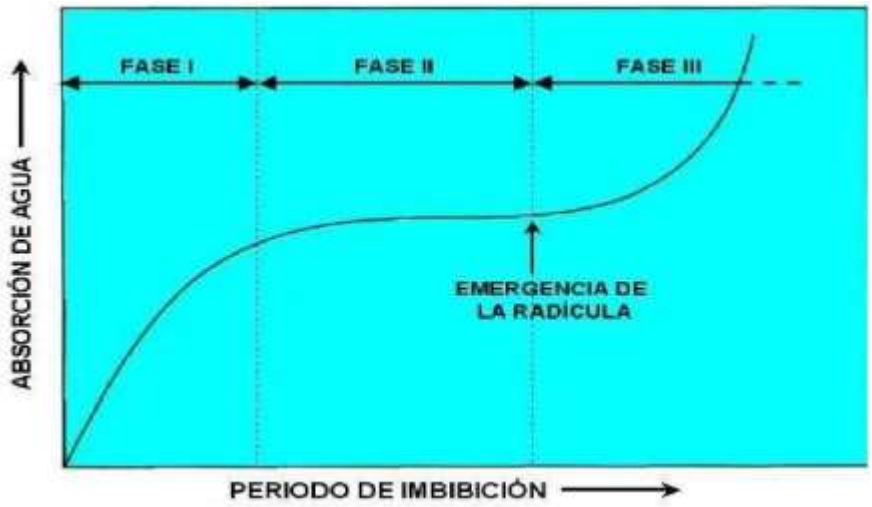


Fig. 5: Curva de absorción de agua en semillas. Las líneas verticales representan la duración aproximada de cada fase de hidratación

La duración de cada fase va a depender de las características de la semilla (tamaño, contenido de sustratos hidratables, permeabilidad de la cubierta seminal, toma de oxígeno, etc.).

Paralelamente a la imbibición y como consecuencia de esta se reactiva la actividad respiratoria en la semilla

La tasa de imbibición se ve afectada por varios factores que pueden determinar la respuesta a la germinación de las semillas.

1. Permeabilidad de la cubierta seminal

El caso más evidente es el de semillas cuyas cubiertas son totalmente impermeables al agua, ej. Semillas duras de leguminosas, de algodón, etc. Sin embargo, también se dan ejemplos en que la penetración de agua es restringida y no impedida.

2. Concentración de sales del agua

En general, la imbibición es más rápida cuando la semilla está en contacto con agua pura que cuando el agua contiene solutos. El principio que opera es el de presión de difusión del agua. De aquí que las semillas absorben agua más lentamente en suelos secos o salinos, no solo porque hay menos agua, sino que también es causa de una menor presión de difusión del agua.

3. Temperatura

El calor es una forma de energía. Cuando se calienta el agua que está en contacto con la semilla, parte de la energía suministrada se invierte en aumentar la difusión de agua, por lo tanto, aumenta la tasa de absorción de agua, dentro de ciertos límites. Se ha encontrado experimentalmente que un aumento de 10°C en la temperatura duplica la tasa de absorción al inicio del proceso de imbibición.

4. Presión hidrostática

Conforme el agua penetra en las semillas, ésta provoca un aumento de volumen y presión en las membranas celulares. Igualmente, las membranas

celulares oponen resistencia de igual magnitud, la que resulta en un aumento de la presión de difusión del agua interna, aumentando su difusión hacia afuera y por lo tanto disminuyendo la tasa de absorción de la semilla.

5. Área de la semilla en contacto con agua

Considerando otros factores constantes, la tasa de absorción de agua es proporcional a la magnitud del área de las semillas en contacto con el agua. En algunas clases de semilla ciertas regiones son más permeables que otras. Ejemplo: el hilo en las semillas de leguminosas.

6. Fuerzas intermoleculares

Son en general fuerzas de naturaleza eléctrica. Cualquier aumento en estas fuerzas disminuye la presión de difusión del agua y por tanto la tasa de absorción de las semillas. El efecto de estas fuerzas es más evidente en el suelo. Suelos de bajo contenido de agua sujetan tenazmente la humedad mediante fuerzas intermoleculares.

7. Absorción diferencial por órganos de la semilla

Las semillas están compuestas de diversos órganos. Estos se pueden agrupar, arbitrariamente en las siguientes categorías:

a) Cubierta seminal (testa, pericarpo, etc.)

b) Tejidos nutritivos de reserva (cotiledones, endosperma, perisperma, etc.)

c) Eje embrionario (compuesto de radícula, plúmula y estructuras asociadas).

Estos componentes absorben agua a diferentes velocidades y magnitudes. Se ha hallado que en semillas de algodón, maíz y poroto la máxima hidratación ocurre en las primeras 24 horas de imbibición, y que: (a) la cubierta seminal funciona como órgano de transporte de agua, con su curva característica de absorción; (b) el endosperma y los cotíledones absorben agua lentamente; actúan como reservoríos de agua y no como estructuras activas de absorción; (c) el eje embrionario absorbe agua rápida y continuamente.

Respiración de la Semilla durante la Germinación

La respiración en las semillas embebidas ha sido diferenciada en cuatro etapas. La primera es un rápido aumento de la respiración, ya las mitocondrias son activadas y la replicación mitocondrial se estimula, llevando al inicio de la glucólisis, seguida por el ciclo de Krebs y la cadena transportadora de electrones en las mitocondrias. Se cree que el sustrato es principalmente la glucosa. En la segunda etapa, la respiración se mantiene estacionaria alrededor de 15 a 20 horas desde el comienzo de la imbibición, debido a que el oxígeno no difunde con velocidad suficiente según la necesidad de la semilla y el camino metabólico se deriva a la fermentación. La restricción al rápido flujo de oxígeno al embrión es causada por la resistencia que le ofrecen los tegumentos. En la tercera etapa, la radícula ha crecido y alcanzado la testa que aparece con fisuras en varias partes. Esto facilita la entrada de oxígeno, lo que incrementa nuevamente la respiración, a la que contribuye el mayor número de mitocondrias y de enzimas activas. Comienza la síntesis proteica, inicialmente del ARNm pre almacenado, seguido de la transcripción y translación de nuevo ARNm a medida que los genes involucrados en la germinación se activan. En la cuarta fase, se produce una disminución de la respiración causado por el agotamiento de las reservas, que todavía la fotosíntesis de la plántula no compensa.

2. Síntesis y Activación de los Sistemas Enzimáticos

En esta fase ocurren dos fenómenos fundamentales para la germinación. El primero es la reactivación de las enzimas, inactivadas por la extrema desecación y, el segundo, la síntesis de otras inexistentes

> Para iniciar el crecimiento del embrión las reservas de la semilla se movilizan,

convertidas de la forma insoluble a la soluble, o a formas derivadas transportable y/o metabolizables. El sistema mejor estudiado es indudablemente del endosperma de los cereales.

Durante la germinación, se producen enzimas como amilasas y maltasas las que romperán el endosperma amiláceo a glucosa. Estas enzimas son producidas en la capa de aleurona que rodea al endosperma. Las experiencias realizadas demuestran que el embrión sintetiza Giberelinas que desatan este proceso. Si el embrión se remueve de las semillas la degradación del endosperma no se produce aun bajo largos periodos de incubación. Sin embargo si el embrión aislado se coloca sobre una superficie de agar cercana al resto de la semilla, GA difunden a lo largo del agar y se produce la degradación del almidón. La aplicación externa de AG a semillas que se les extrajo el embrión también lleva a la degradación del almidón.

En los cotiledones de las semillas que almacenan lípidos, los ácidos grasos son liberados de los cuerpos lipídicos por lipoxigenasas, entran en los glioxisomas

Organelas) donde sucesivos ciclos de oxidación generan acetyl-coA, que será usada para formar succinato en el ciclo del glioxilato. Este acido orgánico ingresa a la mitocondria y al ciclo de Krebs. El oxalacetato obtenido del ciclo de las ácidos tricarboxílicos actuará posteriormente como sustrato para la síntesis de sacarosa.

Los estudios en los granos se cereales han demostrado que el control de las enzimas que intervienen en la movilización de las reservas de las semillas es ejercido por el embrión. Si se elimina el embrión la degradación de las sustancias del endospermo no se produce. Las Gas desempeñan un papel muy importante en la germinación mediante la inducción de la síntesis de α-amilasa y su posterior secreción desde las capas aleuronales al endospermo. Este proceso es inhibido por el ABA.

3. Degradación de las sustancias de reserva.

Las enzimas degradan las reservas de la semilla y ponen a disposición del embrión no sólo los nutrientes, sino también energía generada por la fermentación y la respiración de los sustratos solubilizados. Es así como los hidratos de carbono insolubles (almidón, inulina) son degradados por hidrolasas a monosacáridos solubles, como la glucosa, fructosa, etc. Los triglicéridos, principales lípidos de reserva de muchas leguminosas, son degradados en tres orgánulos: cuerpos lipídicos, mitocondrias y glioxisomas, son descompuestos a glicerol y ácidos grasos.

Las proteínas de reserva son hidrolizadas a aminoácidos por proteinasas. En los cereales y otras gramíneas, las proteínas de reserva se encuentran en forma de cuerpos proteicos en la capa de aleurona y en menor cantidad, en el endosperma

4. Elongación de las células del embrión y emergencia de la radícula

Al final de la fase III, el embrión dispone de suficientes nutrientes para crecer normalmente. Todos los productos de la hidrólisis nutren al embrión, para el inicio de su crecimiento.

FACTORES QUE AFECTAN LA GERMINACIÓN

Se puede considerar dos tipos de factores que afectan la germinación de las semillas: factores extrínsecos y factores intrínsecos. Entre los factores externos se encuentran: agua; gases; temperatura y luz:

Entre los internos se pueden citar: embriones fisiológicamente inmaduros; inhibidores; presencia de tegumentos duros; viabilidad de las semillas, que es el periodo durante el cual las semillas conservan su capacidad para germinar y que es extremadamente variable, dependiendo de las condiciones de almacenamiento y del tipo de semilla; su longevidad, es decir, el tiempo que pueden permanecer viables; presencia de fitocromos; embriones rudimentarios; embriones anatómicamente inmaduros.

Factores

Externos Agua

El primer proceso que tiene lugar durante la germinación es el ingreso de agua por la semilla. La magnitud de la fase de imbibición está determinada por tres factores: composición química de la semilla, las semillas ricas en proteínas absorben gran cantidad de agua, mientras que las oleaginosas absorben menos; permeabilidad de la cobertura seminal y disponibilidad de agua en el ambiente. Es un proceso físico que de da ór gradientes de potencia lagua entre el ψ_w del suelo y el ψ_w de la semilla, sin ninguna relación con la viabilidad de las semillas, ya que ocurre igual en semillas vivas o en semillas muertas.

Contenido de humedad mínimo para que ocurra germinación

Cada especie necesita absorber un cierto mínimo de humedad para que ocurra germinación.

Se ha encontrado que las semillas con alto contenido de proteína necesitan un contenido de humedad mayor que semillas con niveles bajos de proteína; esto se puede observar en los siguientes ejemplos

Tabla 1. Contenido de humedad necesario para que ocurra la germinación de algunas semillas de especies cultivadas.

Cultivo	Contenido de ad
Maíz (Zea mays)	30.5%

Soya (Glycine max)	50.0%
Remolacha (Beta ssp.)	31.0%
Algodón (Gossypium spp.)	50-55.0%
Higuerilla (Ricinus comunis)	32-36.0%
Arroz (Oryza sativa)	32-35.0%
Avena (Avena sativa)	32-36.0%
Maní (Arachis hypogaea)	50-55.0%

Factores internos que afectan la absorción de agua. Entre los más importantes se cuentan:

1. Madurez. Semilla de maíz cosechada en estado inmaduro absorbe agua más rápidamente que semillas en estados avanzados de madurez.

2. Composición Química de la semilla. Semillas con alto contenido de proteína absorben más volumen de agua y más rápidamente que semillas con contenidos altos de almidón. Semillas con altos contenidos de aceite, pero de bajo contenido de proteína se comportan parecido a semillas con almidón.

3. Edad. Conforme avanzan en edad, las semillas tienden a absorber agua más rápidamente. Este fenómeno se considera asociado a la pérdida de integridad de las membranas celulares.

El exceso de agua pude ser tan pernicioso para la semilla como la carencia. Sí el nivel de agua llega a excluir o restringir la penetración de oxígeno a la semilla, la germinación se retarda o no ocurre, en un gran número de especies. En otras no se han observado daños. Ejemplo, la germinación de semilla de arroz se puede acelerar por inmersión; por el contrario, la inmersión de semilla de poroto por períodos relativamente largos puede causar daños irreversibles.

G
a s
e s

La germinación es un proceso que requiere un consumo considerable de energía. En las células vivas los principales procesos generadores de energía son la respiración y la fermentación. Ambos procesos implican un intercambio de gases CO2 y O2 entre las células y el ambiente, la germinación estará, por lo tanto, afectada por la composición de la atmósfera circundante. La mayoría de las semillas germinan sin problemas en atmósferas con 21% de O2 y 0,03% de CO2. Sin embargo, existen algunas semillas que aumentan su porcentaje de germinación al disminuir el contenido de O2 por debajo del 20%. Los casos mejor conocidos son los de Typha latifolia y Cynodon dactylon, las cuales germinan mejor en presencia de un 8% de O2 que en la atmosfera normal. Algunas semillas pueden resistir bien condiciones de anaerobiosis y así, el arroz, presenta un porcentaje de germinación igual al 80% en presencia de un 0,3% de O2. El efecto del CO2 es el contrario al del O2. La mayoría de las semillas no pueden germinar si se aumenta la concentración del CO2.

Sin embargo, no se debe olvidar que entre el oxígeno y el agua se establece un proceso de competencia. Esta relación competitiva se origina de la baja solubilidad del oxígeno en agua y de las diferencias tan notables que existen entre los coeficientes de difusión del oxígeno en el agua y en el aire. La actividad respiratoria de la semilla puede controlarse por velocidad con que el oxígeno llega a las mitocondrias de las células fisiológicamente activas de las semillas. El efecto combinado de solubilidad y difusibilidad reduce la tasa de difusión de oxígeno de 0.205 ml/cm^2 x seg. a 6.7 x 10-7 ml/cm^2 x seg. De lo anterior es fácil deducir que el exceso de humedad en el sustrato de germinación (o en el suelo) reduce notablemente la disponibilidad de oxígeno a las semillas en germinación.

Las necesidades de oxígeno cambian con las diferentes fases de germinación. Se ha encontrado que la semilla de lechuga es indiferente a la presencia o ausencia de oxígeno durante la imbibición, pero requiere de oxígeno durante la emergencia de la radícula.

Temperatura

El proceso de germinación, como todos los procesos fisiológicos está afectado por la temperatura. Ésta afecta principalmente la actividad enzimática necesaria para la degradación de las sustancias de reservas

Para cada clase de semillas existe una temperatura mínima y una máxima en la que ocurre la germinación. Además, dentro del rango temperatura mínima-máxima, existe un punto en el que se obtiene máxima germinación y

ésta ocurre más rápidamente; este punto corresponde a la temperatura óptima. Estas temperaturas se conocen como las temperaturas cardinales de germinación.

El límite inferior está alrededor de 0°C. El óptimo oscila entre los 25 y 31°C y el máximo entre 40 y 50°C.

Rango de temperaturas de germinación

1. Temperatura mínima. Por debajo de esta temperatura los procesos de germinación no se pueden detectar visualmente, dentro de un período razonable de tiempo.

Bajas temperaturas pero por encima del punto de congelación no son letales a las semillas.

2. Temperatura máxima. Es la temperatura por encima de la cual los mecanismos de germinación no operan y por lo tanto no se da crecimiento del embrión. En contraste con la temperatura mínima, la máxima es fácil de determinar ya que temperaturas superiores a la máxima causan daños irreversibles a las semillas (excepción a esta regla son las semillas que entran en latencia a altas temperaturas).

3. Temperatura óptima. Esta se puede definir como la temperatura a la cual se da el porcentaje máximo de germinación en un mínimo de tiempo.

Si representamos el rango de temperaturas en que ocurre germinación como línea. mínima óptima máxima se pueden hacer varias observaciones:

a. En el rango temperatura mínima-óptima los porcentajes de germinación no son sustancialmente diferentes (siempre que el factor tiempo no sea limitante), pero la germinación ocurre más rápida mente conforme nos desplazamos hacía la temperatura óptima.

b. Considerando el segmento temperatura óptima-máxima, los porcentajes de germinación tienden a disminuir conforme nos desplazamos hacía la temperatura máxima. Sin embargo, la velocidad de germinación también disminuye en las cercanías de la máxima.

Temperaturas cardinales de algunas semillas

Cultivo	Temperatura mínima (°C)	Temperatura óptima (°C)	Temperatura máxima (°C)
Arroz	10-12	30-32	40-42
Maíz	8-10	32-35	40-44
Trigo	3-5	31	43
Tomate	20	20-35	35-40
Soja	8	32	

Condición fisiológica de la semilla

A menudo el efecto de la temperatura sobre la germinación está íntima mente relacionada con la condición fisiológica de la semilla. Semilla recién cosechada presenta requerimientos muy específicos de temperatura para poder germinar. Por ejemplo, semilla de arroz recién colectada germina mejor a 32°C que a 25°C. Este fenómeno está relacionado con la latencia. Conforme se pierde la latencia, el óptimo de temperatura puede variar hacia temperaturas más altas o más bajas y el rango de temperaturas dentro de las que ocurre germinación se amplía. Con el deterioro, las semillas tienden a necesitar temperaturas específicas para que ocurra germinación.

Temperaturas alternas

En contraste con aquellas semillas que germinan inmediatamente al ser colocadas a la una temperatura determinada, están aquellas otras que requieren una alternancia periódica de temperaturas, como ocurre en Oenothera biennis, Cynodon dactylon, Nicotiana tabacum, etc.

Las semillas de muchas especies germinan mejor alternando bajas y altas temperaturas, como por ejemplo 20-30°C o 25-30°C, etc. Si esto lo

realizamos para una prueba de germinación de semillas, se acostumbra mantener la temperatura más baja durante 16 horas y la alta durante 8 horas.

Esta alternancia de temperaturas pretende duplicar las fluctuaciones diurnas de temperatura que se dan en la naturaleza.

Interacciones

Los efectos de la temperatura sobre la germinación tienen características muy especiales cuando se trata de semillas con dormancia o latentes. La germinación de algunas semillas mejora notablemente bajo condiciones de baja temperatura (método de romper latencia denominado estratificación); otras semillas responden favorablemente a tratamientos con temperaturas altas (Ejemplo: arroz).

Algunas semillas que necesitan luz para germinar ofrecen respuestas interesantes a la temperatura. Por ejemplo, la semilla de lechuga germina en la oscuridad a temperaturas menores de 20°C, pero necesitan de luz para germinar a temperaturas por arriba de 20°C.

Luz

La exposición a la luz estimula la germinación de semillas de muchas especies silvestres y agrícolas. En la gran mayoría de los casos se estimula la germinación mediante exposición a luz roja (660 nm = 6600 A°) y se inhibe con luz de 730 nm de longitud de onda. En esta reacción a condiciones lumínicas está involucrado el fitocromo. A este tipo de semillas se las denomina fotoblásticas.

Ya habíamos mencionado que en la respuesta a la luz influye también la temperatura de germinación.

Cuando la luz incide positivamente en la germinación, se dice que las semillas tienen fotoblastismo positivo; en cambio, si la germinación se ve inhibida en presencia de luz, estas tienen fotoblastismo negativo. Cuando la luz no afecta a la germinación se dice que las semillas son no fotoblásticas.

En un gran número de especies la necesidad por luz puede ser reemplazada por tratamientos con ácido giberélico

Cuando a una semilla viable y madura se le dan las condiciones óptimas de factores externos y no germina se dice que tiene dormición o dormancia

Los factores internos son los que llevan a la dormición.

FACTORES INTERNOS

Embrión fisiológicamente inmaduro

Este tipo de dormición se debe, fundamentalmente, a una disminución en la actividad enzimática de los embriones.

En los cereales este tipo de dormición es frecuente, impidiendo que las semillas germinen luego de cosechadas, aunque el embrión este perfectamente formado y durante el almacenaje en sitio seco van perdiendo esta dormición, lo que convierte a esta dormancia en un carácter fitotécnico deseable.

El período de duración de la dormancia puede variar desde algunas semanas hasta varios meses, de ahí que existen cultivares que germinan en planta (vivíparos) y otros permanecen inalterables aún en condiciones adecuadas para la germinación.

Existen métodos artificiales para romper esta dormancia, por ejemplo métodos térmicos, químicos.

Inhibidores de la germinación de semillas

Los inhibidores de la germinación de semillas son sustancias químicas pueden ser producidas en o traslocadas a la semilla y bloquean el crecimiento del embrión.

Son inhibidores:

Acido abscísico: Regulador del crecimiento

Sustancias derivadas del metabolismo secundario de la planta:

- Compuestos orgánicos aromáticos (fenólicos, benzoicos, cofactores de

  AIA oxidasa, difenólicos);

- Compuestos derivados de las lactonas (cumarina, escopoletina, juglona).

Inhibidor β: Acido abscísico + inhibidor

En especies tropicales y subtropicales, los inhibidores se encuentran en el pericarpio e inhiben la germinación en las estaciones secas. La eliminación manual del pericarpio o la lixiviación de los frutos es suficiente para que se inicie la germinación de las semillas. En condiciones naturales, esto ocurre en las estaciones lluviosas. El efecto inhibitorio en la

germinación se consigue también con la aplicación de reguladores del crecimiento, como el ácido abscísico o el etileno.

Presencia de Tegumentos Duros

En este caso, las semillas no pueden germinar o la germinación se ve retrasada por tener tegumentos duros.

Los tegumentos pueden ser duros por:

Impermeabilidad al agua por presencia de cutinas, ligninas, quinonas, sustancias pécticas insolubles (Leguminosas);

Impermeabilidad al oxígeno por presencia de fenoles sustancias ávidas deO2 que

lo atrapan y no permiten que llegue al embrión (Xanthium);

Resistencia mecánica a la expansión del embrión por contener un estrato de esclereidas con paredes secundarias muy lignificadas (Brassicas);

Impedir la difusión de los inhibidores fuera de la semilla (Guayule).

En tales casos, para romper el letargo de las semillas debido a los tegumentos duros, se puede recurrir a diferentes métodos ya sean mecánicos o químicos.

En la naturaleza esto se produce por la abrasión de las partículas de arena, la acción de insectos y/o microorganismos, las alternancias térmicas marcadas o el pasaje por el aparato digestivo de animales y aves que presentan sustancias acidas.

DORMICÚN

La dormición es una ventaja adaptativa, que provoca que la germinación se produzca cuando las condiciones ecológicas le sean favorables a la plántula para su supervivencia. En cambio, otras pueden germinar en la planta madre, fenómeno que se conoce como viviparismo. (Fig 6)



A B

Fig 6: A germinación de plántulas de arroz en su misma inflorescencia B Germinación de plántulas de mango rojo (Rhizophora mangle) los frutos aun en la planta. (Tomada de: Bidlack, J. E. and S.H. Jansky. 2011. Stern‘s introductory plant biology. 12th ed.)

La dormición se divide en primaria o secundaria.

Dormición primaria

El ABA está implicado en la aparición de la dormición primaria, la cual se produce durante la maduración de los embriones posterior a la maduración del embrión y durante la desecación del mismo lo que lleva a que el embrión permanezca en estado latente con un metabolismo reducido.

Dormición secundaria

Está vinculada fundamentalmente a condiciones ambientales desfavorables y son el resultado de mecanismos de adaptación a dichas condiciones

Este estado de dormición es común en muchas especies silvestres y casi no existe en las cultivadas, en las que el mejoramiento genético ha logrado eliminar este estado fisiológico indeseable para la implantación de cultivos uniformes.

La dormición es causada por mecanismos diferentes según las especies y puede ser impuesta, por más de uno de ellos, en la misma semilla. Se debe a causas estructurales o fisiológicas. En el primer caso, se encuentran: tegumentos impermeables al agua y/o gases, opacos a la luz, que no permiten además, la salida de inhibidores, por su constitución

química (ceras, cutina) o su espesor grueso, que por acción mecánica impiden, la salida de la radícula y la plúmula.

En condiciones naturales la germinación se produce luego que los tegumentos disminuyen su impermeabilidad por acción de la solución del suelo, microorganismos, por fluctuaciones de la temperatura y humedad, por el paso a través del tubo digestivo de aves o de otros animales, por la abrasión que producen las partículas del suelo durante las labranzas o por el movimiento del mismo por fenómenos naturales, como vientos fuertes o por lluvias copiosas. Las semillas que poseen este tipo de dormición se denominan duras. Se puede eliminar esta limitación mediante métodos artificiales, como la escarificación o tratamiento químicos con ácidos fuertes, como el sulfúrico.

En relación a las causas fisiológicas de la dormición, intervienen diferentes mecanismos que se localizan principalmente en el propio embrión (dormición embrional). La dormición embrional se debe a varias causas distintas:

1. Presencia de inhibidores;
2. Embriones inmaduros;
3. Requerimiento de un periodo de bajas temperaturas (5°C – 10°C);
4. Necesidad de un periodo de luz o un fotoperiodo determinado.

1. En el primer caso, los inhibidores como el ácido abscísico (ABA), cumarinas y sus derivados, bloquean la germinación por su acción sobre la desrepresión génica. La solución para promover la germinación (cuando esta es la causa) es el lavado de las semillas con agua corriente durante varias horas o el tratamiento de las mismas con soluciones con Giberelinas, que antagonizan el ABA.

2. En semillas en que el embrión no ha completado su desarrollo morfológico y que requiere de un periodo más prolongado para hacerlo, es conveniente estratificarlas embebidas en arena húmeda durante varias semanas a temperaturas relativamente bajas (10°C – 18°C). Durante este lapso, la diferenciación se completa facilitada por las bajas temperaturas que hacen más eficiente la transferencia de las reservas del embrión.

3. Las semillas con embriones completos que requieren de un periodo de bajas temperaturas para germinar corresponde a plantas de climas fríos o templados-fríos. El efecto del frío en la ruptura de la dormición no se conoce, ni tampoco la causa de este requerimiento pero se cree es la

inactivación de sustancias inhibitorias. La germinación se logra embebiendo las semillas en agua y, enfriándolas a una temperatura de 4°C a 6°C por un periodo que esta correlacionado con el clima de la región donde tuvo origen la especie.

4. La dormición de una gran número de especies se rompe luego de hidratadas sólo si se las ilumina con luz blanca, por lo que se denominan fotoblásticas. Esta ruptura es fisiológicamente compleja, pues los requerimientos son variados en las diferentes especies. Se pueden diferencias las semillas fotoblásticas en los grupos siguientes:

Semillas que germinan o son inhibidas luego de ser expuestas a la luz de muy baja energía durante un periodo de solo pocos minutos;

Semillas que solo germinan si son sometidas a irradiaciones intermitentes;

Semillas que germinan solamente bajo luz continua;

Semillas que para germinar necesitan un fotoperiodo determinado;

Semillas cuya germinación es promovida por cortos periodos de luz, pero inhibida por largos.

Algunas formas de evaluar la germinación de semillas

Tests de viabilidad

Prueba topográfica por Tetrazolio

Esta prueba de naturaleza bioquímica permite realizar en forma rápida un diagnóstico muy completo acerca de la calidad del lote de semillas. El test se basa en la actividad de las enzimas respiratorias (deshidrogenasas) de la



semilla y utiliza las propiedades biológicas de la sal de Tetrazolio para comprobar la existencia, -a través de la diferenciación de colores- de los tejidos sanos, débiles o muertos de la semilla. Esta sal, actúa como indicador de óxido-reducción; al penetrar en las células vivas se reduce produciendo en las semillas

una tinción en las partes donde se presenta la actividad enzimática. Las semillas son evaluadas como vivas (tinción rosada) o muertas (sin tinción).

Las semillas se acondicionan para la prueba mediante cortes en la misma, se introducen en una solución 0,1 % de la sal 2, 3, 5 cloruro trifenil tetrazolio preparada en solución buffer (ISTA, 1996). La diferencia de coloración, junto con otras consideraciones, permite establecer la naturaleza de las alteraciones en el embrión y demás partes de las semillas

Conductividad Eléctrica

Una prueba sensible y directa para evaluar la integridad del sistema de membranas es la conductividad eléctrica (Salinas et al., 2001). La medición de los electrolitos en el agua provee un simple y rápido método para determinar la liberación de solutos desde la semilla durante la primera fase de la germinación. Una mayor liberación de solutos, medidos en mS.cm-1.g-1 o mmhos.cm-1.g-1 indicará algún proceso de deterioro de membranas, daño físico de semillas, daño por envejecimiento o también ser consecuencia de la inmadurez de las semillas. Powell (1988) consideró que la integridad de las membranas celulares determinada por los cambios bioquímicos deteriorativos y la capacidad para reorganizar y reparar daños, sería la causa fundamental de las diferencias en el vigor de las semillas, que son medidas en forma indirecta a través de la lixiviación de electrolitos durante la prueba de conductividad eléctrica (CE).

Cada muestra de semillas sin pericarpio, se sumerge durante 24 horas en 30 ml de agua destilada en un tubo de ensayo. Permanecen tapadas a una temperatura de 20º C y pasadas 24 horas se realizan medidas con un conductivímetro. Los resultados se expresan como electroconductividad en microsiemens/cm a las 24 horas/

gramos
de
semilla
.

El test del índigo carmín (no está aceptado por la ISTA) Frente al tetrazolio, tiñe las partes muertas de la semilla.

El ensayo se realiza sobre embriones escindidos necesitando eliminar el pericarpio, la testa y el endospermo. Una

vez quitado el pericarpio se sumergen las semillas 18 horas en agua destilada para

reblandecer el endospermo. Posteriormente se extraen los embriones y se sumergen en la preparación durante 3 horas a temperatura ambiente. Se lavan y se clasifican en vivos (blancos o con pocas manchas azules nunca localizadas en la radícula), de vitalidad limitada (embriones con dudas), y muertos (zona de la radícula totalmente teñida y/o embrión teñido)

Poder germinativo

Indica el % de semillas germinadas en un tiempo dado. (7dias, 14 días)

$$PG = \frac{\text{N° semillas germinadas}}{\text{N semillas puestas a germinar}} \times 100$$

Energía germinativa: Es el número de días requeridos para conseguir un porcentaje determinado de semillas germinadas

Velocidad de germinación: definida como la relación del número de semillas germinadas con el tiempo de germinación-

$$M = \Sigma \frac{(ni)}{t}$$

M = velocidad de germinación

ni = número de semillas germinadas al día i

t = número de días desde la siembra hasta la germinación de la ultima semilla

BIBLIOGRAFÍA

Azcon –Bieto, J & M. Talon (2008). Fundamentos de Fisiología Vegetal. Mc Graw Hill Interamericana, Madrid.

Barcelo Coll, J.; G. Nicolás Rodrigo; B. Sabater García and R. Sánchez Tames. (1992). Fisiología Vegetal. Ediciones Pirámide S.A. Madrid

Bidwell, R.G.S., (1993). Fisiología Vegetal. Primera Edición en Español, AGT Editor S.A. Hopkins, W. G. (2006). Plant development. Infobase Publishing. New York. pp 160

International Seed Testing Association (ISTA) 1996. International Rules for Seed Testing. Seed Sci. & Technol. Vol 24. Supplements Rules, 335 p

Montaldi, E.R. (1995). Principios de Fisiología Vegetal. Ediciones Sur. Argentina.

Powell, A.A. 1988. Seed vigour and field establishment. Advances in Research and Technology of Seeds, Wageningen 11(1):29-61

Ö Pik, H. and S. A. Rolfe. (2005). The Physiology of Flowering Plants 4 ed (eds Ö Pik, H. and S. A. Rolfe) Cambridge University Press, New York. pp. 402

Salinas, A. R.; A. M. Yoldjian; R, M. Craviotto and V. Bisaro. 2001. Pruebas de vigor y calidad fisiológica de semillas de soja. Pesq. agropec. bras., Brasilia, 36(2): 371-379

FISIOLOGIA Y DESARROLLO DEL FRUTO DE TOMATE

DUREZA O CONSISTENCIA EN EL FRUTO DE TOMATE.

La conceptualización por parte del consumidor de un fruto con calidad, incluye el parámetro firmeza o consistencia. Es deseable que los tomates permanezcan consistentes (duros) al alcanzar la coloración en consumo. Para la evaluación y medida de la firmeza en los furtos, se utiliza un durómetro que comprime la pared del fruto hasta una dterminada deformación, previamente definida, midiendo de esta forma la fuerza necesaria en dinas/cm2 (Zerbini et al., 1991).

La medida de la dureza mediante en la zona ecuatorial del tomate, mediante un durómetro, se muestra como un buen método para diferenciar las variedades comerciales actualmente en uso (Hoyos et al., 1994).

La dureza por tanto es uno de los componentes más observados en la actualidad, ya que se produce un transporte a largas distancias desde las zonas productivas hasta el consumidor final. Lo que se traduce en productos, tomates, frutos que mantengan la consistencia entre 10-15 días como mínimo para evitar el rechazo final del cliente.

FRUCTIFICACION Y FLORACION DEL TOMATE

El fruto es una baya, que presenta de 2 a 12 lóculos, dicha baya suele ser globosa o piriforme. En la epidermis de los frutos se desarrollan pelos y glándulas que al llegar al estado de madurez desaparecen. En su interior presenta numerosas semillas, aplanadas, de tamaño pequeño, que se encuentran embebidas en una

masa gelatinosa que se forma del tejido parenquimático que rellena las cavidades del fruto ya maduro. La planta de tomate es una especie diploide con 24 cromosomas en sus células somáticas (Atherton y Rudich, 1986).

Durante la madurez del fruto se producen cambios fisiológicos y bioquímicos que conducen a la adquisición del color, textura, aroma y sabor requeridos para su consumo. El fruto de tomate se caracteriza por ser climatérico, al iniciar la maduración aumenta la respiración y la producción de etileno, lo que conlleva al ablandamiento de la pared celular y al incremento de azúcares en el fruto. Foto 3. El mantenimiento de estas características durante el mayor tiempo posible amplia las posibilidades de comercialización especialmente cuando se destina al mercado para consumo en fresco (Zorzole et al, 2000). Dentro de la especie, Solanum lycopersicum L.,, se han encontrado algunos mutantes naturales que alteran la madureza del fruto. Entre estos mutantes se encontraron el gen rin (ripening inhibitor) y el gen nor (non-ripening), localizados en los cromosomas 5 y 10, respectivamente, son descriptos como genes recesivos que alteran la producción de etileno durante la senescencia. Estos mutantes, en homocigosis o heterocigosis, confieren mayor firmeza y una mayor vida postcosecha al fruto.

. Flores

Las flores son hermafroditas, actinomorfas y péndulas, de 1 a 2 cm de largo y color amarillo brillante. El cáliz suele estar formado por 5 a 10 segmentos, que pueden ser desde lineales hasta lanceolados y persistentes. El tamaño del cáliz va aumentando a medida que se va desarrollando el fruto. La corola es amarilla, rotada, con el tubo corto, se halla dividida en 5 ó más lóbulos, con gran cantidad de pelos glandulares. Existen 5 ó más estambres que se encuentran adheridos al tubo de la corola, provistos de filamentos cortos y anteras conniventes, dehiscdentes por hendiduras longitudinales. La unión de 5 ó 6 carpelos conforman un pistilo único. El ovario es bilocular (pueden existir hasta 10 lóculos en algunas variedades cultivadas). Las flores se disponen en cimas axilares paucifloras, cada una de las cuales lleva normalmente de 5 a 6 flores y a veces pueden llegar has 30 (Atherton y Rudich, 1986). Normalmente, el eje principal se ramifica por debajo de la primera flor formada dando lugar a una inflorescencia compuesta. La flor está unida al ramo por un pedicelo que contiene una zona de abscisión y con posterioridad, una ver maduro el fruto, la recolección del mismo se puede realizar por la zona de abscisión o por la inserción del fruto al pedicelo.

FLORACIÓN EN EL TOMATE

El desarrollo de la flores (diferenciación floral), constituye la etapa previa a la fructificación. Esta diferenciación se vé influenciada por las condiciones ambientales de iluminación, temperatura, nutrición de la planta y la posible competencia por los nutrientes con otros órganos de la planta. Dentro de una misma inflorescencia, se pueden observar los diferentes estadíos de desarrollo del ramo floral, yemas florales cerradas, flores abiertas, frutos pequeños y medianos

Fisiología del Maíz Tropical

H.R. Lafitte

La fisiología de los cultivos en general y la del maíz tropical en particular está descripta ampliamente en numerosas referencias (p. ej. Evans, 1993; Hay y Walker, 1989; Squire, 1990; para maíz: Fischer y Palmer, 1984; Pearson y Hall, 1984). Esta sección señala las caracte-rísticas fisiológicas del maíz que pueden ser manipuladas por medio del manejo del cultivo y por la selección de cultivares adaptados.

CAPTACIÓN DEL CARBONO Y SU USO

La producción de los cultivos depende de la intercepción de la radiación solar y de su conversión en biomasa. La cantidad de radiación incidente que es interceptada por el cultivo está determinada por el área foliar, por la orientación de la hoja y por su duración. El índice del área foliar (LAI) es importante para determinar la intercepción de la radiación hasta un valor cercano a 4 en el caso del maíz; después de este valor, el área adicional tiene poco efecto en la intercepción de la luz. La densidad de siembra es un factor determinante del LAI y de la intercepción de la radiación (Foto 3b-1). Los cultivares de ciclo corto producen menos hojas para interceptar la radiación y requieren una mayor densidad de plantas para llegar a un rendimiento óptimo comparados con los cultivares tardíos.

La cantidad total de radiación interceptada a lo largo de todo el período de cultivo depende del tiempo requerido para alcanzar la intercepción máxima (o LAI máxima, si el cultivo no cubre completamente la tierra) y también de la duración del área verde de la hoja. Los factores experimentales que reducen la expan-sión de la hoja son el déficit de agua y la baja disponibilidad de nutrimentos. Por ejemplo, la fracción de radiación total interceptada en el período de cultivo fue de 0,46 en el caso de un híbrido tropical cultivado en siete ambientes con bajo contenido de nitrógeno comparado con 0,60 en un tratamiento con alto contenido de nitrógeno (Muchow, 1994); ambos cultivos tenían una población de 70 000 plantas /ha. Un cultivo con una LAI máxima de cerca de 2 interceptó solo 37% de la radiación que recibió durante la estación, y un cultivo con alto contenido de nitrógeno con una LAI máxima de 4,5 interceptó 58%. Después de la floración, el proceso de senescencia afecta la captura de la luz; la senescencia puede ser acelarada por enfermedades, estrés de agua, baja fertilidad y factores genéticos.

Hay una amplia y altamente heredable variación genética para el ángulo de inserción de la hoja del maíz; además, el impacto de la arquitectura de la capa de hojas de las plantas en la intercepción y uso de la radiación han merecido considerable atención. Los efectos simulados indican que las hojas superiores erectas combinadas con las hojas horizontales inferiores dan lugar a un uso mas eficiente de la radiación por parte de la capa total de hojas. Es de esperar que la importancia de este efecto sea mayor en las zonas tropicales donde el ángulo de incidencia de los rayos solares es mayor (Pearson y Hall, 1984), pero también el efecto es menor en cultivos C4 como el maíz, comparado con

cultivos C3 (Hay y Walker, 1989). En el caso del maíz, la espata que cubre la mazorca contribuye a asimilar mas materiales para la mazorca que otras hojas de la planta (Edmeades, Fairey y Daynard, 1979). Las hojas erectas por encima de la mazorca permiten una mayor iluminación de las hojas que la recubren, obteniendo así un beneficio adicional de la arquitectura vertical de aquellas hojas. La iluminación de las hojas inferiores es importante para la continua absorción de nutrimentos durante la etapa de llenado de los granos y también es favorecida por las hojas erectas en la parte superior de la planta.

Ambos factores, la especie y el ambiente, tienen influencia directa sobre la eficiencia con la cual la radiación absorbida es utilizada (eficiencia de conversión, CE). El maíz presenta el proceso fotosintético C4 lo cual le proporciona el beneficio de la continua respuesta al incremento de la radiación hasta la plena luz con bajos niveles de foto-respiración. Estas características son sumamente adecuadas a las altas temperaturas y a las altas intensidades de luz que se encuentran en las zonas tropicales. Otros factores ambientales con influencia sobre la CE son el agua y la dispo-nibilidad de nutrimentos (Tabla 2). Las tasas máximas de fotosíntesis en el maíz tropical se encuentran entre 30° y 40°C (Norman *et al.*, 1995). El efecto de la temperatura sobre la CE en el rango de 20° a 40°C es relativamente pequeño, pero las temperaturas fuera del rango de adaptación del cultivar (por debajo de l5°C o por encima de 44°C para maíz tropical de tierras bajas) también pueden reducir la CE.

La radiación diaria de onda corta en los trópicos varía de 10 Mj/m2/día en zonas nubosas a 25 Mj/m2/día en zonas semi-áridas durante la estación seca. Como se mencionó anteriormente, un maíz sin estrés sembrado a altas densidades puede interceptar alrededor de 55% del total de la radiación recibida en el período de cultivo. Se ha informado de eficiencias de conversión para cultivos de maíz sin estrés que van de 1,2 a 1,6 gramos de biomasa por encima de la superficie de la tierra por cada MJ de radiación solar interceptada (Muchow, 1994). Bajo buenas condiciones, en zonas templadas y sin estrés, el maíz puede crecer a razón de 500 kg/ha/día durante varias semanas, resultando así en una alta produc-tividad (Norman, Pearson y Searle, 1995). En áreas tropicales con mayores temperaturas y días mas cortos se han obtenido tasas de crecimiento de 250 a 350 kg/ha/día (Fisher y Palmer, 1984; Angus *et al,* 1983).

TABLA 2

Algunos factores ambientales que afectan la eficiencia de conversión (CE) en el maíz tropical de zonas bajas

Factor	Rango de incremento linear de CE	Umbral para nivel o declinación	Referencia
Temperatura	20°-40°C	40°-44°C	Fischer & Palmer, 1984; Hay & Walker, 1989
Irradiación	0 a completa luz solar	Visto a temperaturas <15°C	Hay & Walker, 1989
Contenido	0,5-1,5 g m-2	>1,5 g m-2	Muchow &

específico de N de la hoja			Sinclair, 1994
Disponibilidad de agua	Niveles críticos dependientes de las precondiciones. Ciertos estudios informan que la declinación inicia a -0,35 MPa.		Fischer & Palmer, 1984

DISTRIBUCIÓN DE LOS MATERIALES ASIMILADOS

El maíz, como muchas otras plantas, tiende a mantener un equilibrio funcional entre la masa de raíces y la masa verde de tallos y hojas. Si uno de los recursos del suelo como el agua o los nutrimentos fuera un factor limitante, mas materias asimiladas se trasladarían al sistema radical y el crecimiento de las raíces sería favorecido frente al crecimiento del resto de la planta. Si la radiación es el factor limitante del crecimiento ya sea a causa de la sombra o de la nubosidad, mas materias asimiladas se dedican al crecimiento de la parte aérea y la relación raíz:tallo decrece.

El rendimiento del maíz depende de la cantidad de biomasa que se distribuye al grano. Esto se refleja en el índice de cosecha (HI) que es la masa de grano como proporción del total de biomasa que el cultivo tiene sobre la tierra. El HI del maíz cultivado en condiciones favorables varía de 0,2 en cultivares locales no mejorados a cerca de 0,3-0,4 en cultivares tropicales mejorados y a mas de 0,5 en cultivares precoces de zonas templadas (Fischer y Palmer, 1984). El índice de cosecha de los materiales de zona templada ya era alto en el año 1930 (cerca de 0,45), por lo que el mejoramiento posterior se ha obtenido sobre todo por el incremento de la biomasa y no del HI. Hay sin embargo posibilidades ciertas de obtener ganancias por el mejoramiento y la estabilización del HI en los cultivares tropicales (Hay, 1995). El principal proceso fisiológico que justifica las diferencias en HI entre los distintos cultivares parece ser la competencia por los materiales asimilados por los distintos órganos. El índice de cosecha es también alta-mente sensible a factores ambientales como la temperatura (cuyas razones son desconocidas) y a las condiciones que reducen la cantidad de materiales asimilados por la planta cuando se inicia el proceso reproductivo (alrededor de 10 días antes y después de la antesis). En el momento de la floración, el efecto de tal estrés es catastrófico -desproporcionado a la reduc-ción de los procesos de los componentes-, lo que puede resultar en granos vacíos o en una seria reducción del número de granos de la mazorca. El efecto del estrés en otros estados del crecimiento tiende a ser proporcional a las reducciones de CE y/o a la intercepción de la radiación.

NUTRIMENTOS

Un cultivo de maíz que produce 4 000 kg/ha de grano requiere alrededor de 100 kg/ha de nitrógeno (N), 18 kg/ha de fósforo (P) y 68 kg/ha de potasio (K) (Sánchez, 1976). El sistema radical del maíz es capaz de absorber nutrimentos a través de toda la vida de la planta, pero la absorción declina durante la última parte del ciclo que corresponde al llenado del grano y a medida que comienza la senescencia de las hojas inferiores.

La respuesta en rendimiento del maíz a la fertilización nitrogenada es generalmente positiva y linear hasta altas dosis cuando se lo compara a otros cultivos. El sistema radical del maíz no es ni relativamente simple ni altamente competitivo como el de las especies que tienen raíces mas finas como los pastos.

La concentración de nitrógeno en las hojas del maíz tropical tiende a ser baja (1-4%; Pearson y Hall, 1984) comparado con los cereales C3 como el trigo. La eficiencia del uso del nitrógeno en la fotosíntesis es mayor en el maíz de modo que una comparativamente baja concentración intrínseca no limita la produc-tividad relativa a otros cultivos (Sinclair y Horie, 1989); a niveles sub-óptimos de abaste-cimiento de nitrógeno la eficiencia de conver-sión es seriamente afectada. Un cultivo con un contenido de 32% de nitrógeno tuvo un CE de 0,7 gr/MJ, comparado con 1,3 gr/MJ en el cultivo con alto contenido de nitrógeno (Muchow, 1994). La sensibilidad del CE a la baja disponibilidad de nitrógeno es mayor que la sensibilidad del desarrollo del área de la hoja (Muchow y Sinclair, 1994; Foto 3b-2).

La cantidad de nitrógeno que se mueve de los tejidos vegetativos a la mazorca durante el proceso de llenado del grano varía consi-derablemente, habiéndose informado de un rango de 20 a 60% del nitrógeno total del grano derivado de la absorción antes de la antesis. El nitrógeno depositado en el tallo es el que se moviliza primero hacia la mazorca y la cantidad de nitrógeno movilizado depende del cultivar y de la cantidad y del momento de la aplicación del nitrógeno. Los índices de nitrógeno en la cosecha (kg de nitrógeno en el grano/kg de nitrógeno en la biomasa sobre la tierra) son mayores que los índices de materia seca en ese mismo momento, alrededor de 0,6 a 0,8 en el pleno de la estación en cultivares tropicales cultivados bajo condiciones favorables. El fósforo tiene una distribución similar al nitrógeno, salvo que una mayor proporción de los requerimientos del cultivo son absorbidos después de la floración. La mayor parte del potasio requerida por el cultivo es absorbida antes de la floración y mucho de este termina en la parte aérea en la madurez. No parece haber diferencias importantes en la nutrición mineral de los cultivares de maíz templados o tropicales, por lo que los fitomejoradores que trabajan en maíz tropical tienen la ventaja de contar además con los datos que se han recolectado en los trabajos con maíces de zona templada.

AGUA

Solo 3% de la radiación total que incide sobre el cultivo es usada para la fotosíntesis. Parte de la energía remanente calienta el follaje y este calor es disipado por medio de la transpiración y la evaporación de agua de las hojas. Un milímetro de cúbico de agua es evaporado por 2,4 Mj de radiación solar. Un cultivo de maíz bien irrigado transpira cerca de 350 gramos de agua por cada gramo de materia seca producida sobre la tierra (Hay y Walker, 1989). En el campo hay pérdidas adicionales de agua por la evaporación del suelo. Solo una fracción de la materia seca producida forma el grano, lo que significa que un cultivo con buena disponibilidad de agua usa alrededor de 800 a 1 000 gramos de agua por cada gramo de grano producido.

Como que el bióxido de carbono ingresa en la hoja a través de las mismas aberturas -estomas- que usa el agua para salir, existe una buena relación entre la cantidad de agua transpirada y la materia seca producida por el cultivo. Los factores ambientales afectan el grado de apertura de los estomas y pueden restringir la pérdida de agua por el cultivo. Un cultivo de maíz que transpire libremente, transpira alrededor del 80 al 90% de la evaporación potencial, la que ocurre a causa de la radiación ambiental, la temperatura y la humedad relativa. Bajo esas condiciones, la temperatura de la hoja es generalmente algo mas baja que la temperatura del aire y el uso de agua por unidad de superficie de transpiración de la hoja es determinada por el balance de energía de la superficie del cultivo. Cuando la transpiración está limitada por el cierre de los estomas, el cultivo se desconecta del ambiente (Jones, 1993) y la temperatura de las hojas aumenta, lo que puede tener efectos dañinos en el metabolismo del cultivo. Mas aún, un cierre prolongado de los estomas reduce la cantidad de CO2 disponible para la fotosíntesis, bajando así la CE. Los factores ambientales que afectan el cierre de los estomas en el campo, son la humedad del suelo y la demanda de evaporación.

COMPORTAMIENTO DE

LA FLORACIÓN

La temperatura es el elemento primario que influye sobre el desarrollo del maíz. Los cultivares se clasifican como de madurez temprana o tardía en base a sus requerimientos térmicos para cumplir ciertas etapas del desarrollo. El tiempo térmico es una medida de la temperatura acumulada por encima de un mínimo y por debajo de un máximo adecuados para el desarrollo. Las unidades de tiempo térmico son los grados-días. La floración es generalmente usada como el evento del desarrollo que caracteriza los cultivares como tempranos o tardíos.

Los cultivares de zonas tropicales altas parecen tener una base menor y/u óptimas temperaturas para el desarrollo que cultivares adaptados a zonas tropicales bajas. El rendi-miento es seriamente afectado por la cantidad de radiación que el cultivo acumula por unidad de tiempo térmico. Un maíz tropical por lo general rinde menos que su homólogo de la zona templada porque las temperaturas en los trópicos son mas altas y completa su ciclo vital en menos tiempo. Por la misma razón, los cultivares tempranos rinden menos que los tardíos. Cuando el rendimiento se expresa en base diaria, los rendimientos de los cultivares tempranos son iguales o algunas veces mayores que aquellos de los cultivares tardíos y tienden a tener un índice de cosecha mas alto. Los efectos de la temperatura sobre el rendimiento del cultivo son tratados en el capítulo *Estreses abióticos que afectan al maíz*.

El fotoperíodo también puede afectar el tiempo requerido por la floración. El maíz es clasificado como una planta cuantitativa de día corto. Después de un período juvenil insen-sitivo al fotoperíodo, la floración es demorada por fotoperíodos largos de mas de 12,5 horas (Kiniry, Ritchie y Musser, 1983). Hay varia-bilidad genética para la duración crítica del fotoperíodo por debajo de la cual la fecha de floración no es afectada. La mayoría de los cultivares

tropicales son sensibles al foto-período pero la extensión de esta sensibilidad varía enormemente -de uno a 12 días de atraso en la antesis por cada hora de extensión de la duración del día. Los cultivares para las zonas templadas tienden a ser mas tempranos y también menos sensibles al fotoperíodo, lo cual les permite completar su ciclo en un tiempo relativamente mas corto bajo las condiciones de días largos que caracterizan a los veranos de las zonas templadas.

El maíz es un cultivo particular dentro de los cereales porque presenta las flores mascu-linas y femeninas separadas en el espacio en la panoja terminal y en las mazorcas laterales. La panoja terminal completa la mayor parte de su desarrollo antes del período de rápido desarrollo de la mazorca. Hay alguna evidencia de que la mazorca, o sea el órgano que se forma por último, puede ser un ser un competidor relativamente débil por los materiales asimi-lados. Hay una influencia hormonal asociada con la dominancia apical que puede favorecer el crecimiento de la panoja y de la parte superior del tallo sobre el crecimiento de las mazorcas laterales, especialmente bajo condiciones de alta densidad de los cultivos. La selección para reducir el tamaño de la panoja en el maíz tropical ha estado asociado con un aumento en el número de granos por planta y con el rendi-miento (Fischer, Edmeades y Johnson, 1987). Esto apoya, sin embargo, la hipótesis de que la panoja y la mazorca compiten por la materia asimilada en un momento crítico de la forma-ción del rendimiento.

Numerosos estudios han indicado que la disponibilidad de materia para asimilar en el período alrededor de la floración es un factor crítico para determinar el rendimiento de grano. Esto puede ser difícil de entender porque la capacidad fotosintética real del maíz está por lo general en su capacidad máxima en el momento cercano a la floración y los carbo-hidratos a menudo se acumulan en los tejidos en este período (Goldsworthy, 1984). Puede ser que las hormonas producidas por las florecillas mas viejas afecten el crecimiento de otras florecillas; las florecillas con ventaja inicial mantienen de esta manera esa ventaja durante las etapas iniciales de crecimiento del grano, dando así lugar a que haya un cierto grado de aborto en las florecillas que se forman al final. El maíz parece ser algo mas sensible que otras especies a estos efectos, tal vez porque las florecillas en el extremo son las últimas a ser polinizadas y porque la separa-ción floral puede reducir las posibilidades de una buena polinización. Aun cuando la poli-nización sea exitosa, un bajo abastecimiento de materias asimiladas puede conducir al aborto de las flores fertilizadas de toda la mazorca (Westgate, 1994).

En el período que sigue inmediatamente a la floración, la mazorca continúa siendo un pobre competidor por las materias asimiladas. El flujo reducido de carbono y nitrógeno hacia los granos en desarrollo parece ser mas importante que la concentración en los tejidos de carbohidratos solubles o nitrógeno para determinar la buena formación del grano. La cantidad de radiación interceptada por el cultivo en los 10 días siguientes a la antesis está relacionada en forma linear al número final de granos por planta, pero la curva de esta relación varía con los cultivares (Kiniry y Knievel, 1995). Esto es debido probablemente a los efectos de la disponibilidad de radiación para la fotosíntesis. La evidencia indica que hay un cierto requerimiento de óvulos para llegar a un umbral de

masa antes que se inicie la deposición del almidón y evitar el aborto de la florecilla. Como que el número potencial de granos en el maíz es mucho mayor que el número final de granos, un mayor porcentaje de éxito y, por lo tanto, un mayor rendimiento final se podrá obtener reduciendo el número de granos potenciales y con ello el número de florecillas competidoras (ver el capítulo *Mejoramiento para tolerancia a estreses abióticos).*

Estas relaciones pueden ser las bases fisiológicas para la poco común respuesta del maíz a la densidad de plantas. En muchos cereales el rendimiento aumenta, hasta un cierto punto, con la densidad -a causa de una mejor intercepción de la radiación- después del cual se alcanza un nivel donde un aumento de la densidad tiene escaso efecto sobre el rendimiento. En el maíz y en lo que hace al rendimiento de grano, se encuentra un punto óptimo bastante estrecho, aún cuando la producción de biomasa muestra el tipo de respuesta a nivel como se encuentra en otros cereales (Fischer y Palmer, 1984). La caída del rendimiento por encima de una densidad óptima está asociada, en el maíz, con un aumento de la esterilidad -menos de una mazorca por planta- aún cuando en el ambiente haya un índice foliar óptimo para el rendimiento. En el caso del maíz hay grandes diferencias entre los cultivares en lo que respecta a la alta densidad y los últimos híbridos para zonas templadas se caracterizan por su capacidad para producir mazorcas a muy altas densidades (Tollenaar, McCullough y Dwyer, 1993). Las diferencias en la tolerancia a la densidad se relacionan con la altura de la planta y la madurez y también con la resis-tencia general al estrés.

La variación genética de resistencia a la esterilidad a altas densidades puede ser relacionada con una tendencia a la prolificidad -formación de mas de una mazorca por planta- a baja densidad. Las yemas de las mazorcas se inician en todos los nudos bajos de la planta de maíz pero en muchos cultivares solo una o dos de ellas en la parte superior se desarrollan completamente. Los cultivares con dos mazorcas no representan por lo general una ventaja en rendimiento y los tipos con una mazorca han sido preferidos por los agricultores a causa de su facilidad para la cosecha. En algunos ambientes con estrés, sin embargo, la tendencia genética hacia la prolificidad ha sido asociada con mejores rendimientos (alta densidad de plantas: Tollenaar, McCullough y Dwyer, 1993; bajo nitrógeno: Moll, Kamprath y Jackson, 1987). Los factores ambientales son sumamente importantes en la expresión de la prolificidad.

LLENADO DEL GRANO

Una vez que se ha establecido el número de los granos por mazorca, el rendimiento final depende de la disponibilidad de materiales asimilados corrientes y almacenados. El maíz no tiene una conexión vascular directa entre los granos y el olote. Los carbohidratos y otros nutrimentos se acumulan en el espacio libre debajo de los granos en desarrollo y se mueven hacia los granos siguiendo un gra-diente de difusión. Una implicancia importante de este proceso es que los desbalances en el abastecimiento de los distintos constituyentes del grano pueden limitar su desarrollo. Por ejemplo, bajo las condiciones de baja disponi-bilidad de nitrógeno, el crecimiento del grano depende de una estricta estequiometría entre el carbono y el nitrógeno (Below,

1997). Si en el grano se acumula un exceso de carbo-hidratos, la concentración osmótica de la zona del pedicelo puede llegar a ser muy alta para una posterior entrada de carbono, hasta que otros compuestos estén disponibles para la conversión de los carbohidratos solubles en constituyentes del grano osmóticamente menos activos (Porter, Knievel y Shannon, 1987).

Entre los cultivares de los maíces tropi-cales de una misma clase de madurez, la dura-ción relativa del período de llenado del grano fue mayor en los híbridos que en las varie-dades de polinización abierta (Bolaños, 1995). En este estudio, el rendimiento estuvo relacio-nado a la duración del período de llenado del grano.

SECADO DEL GRANO

En los trópicos, el maíz se cosecha general-mente con un contenido de humedad de 20%, sensiblemente menor a la humedad de 30-35% en la cual el maíz llega a su madurez fisiológica. En áreas templadas la tasa de secado es un factor crítico para la adaptación de los culti-vares porque la cosecha debe ser completada antes del invierno. Estos cultivares se carac-terizan por tener hojas finas de recubrimiento de la mazorca que se abren en la madurez, lo cual favorece su secado. En los trópicos, la sanidad y la protección de los granos son generalmente mas importantes que la tasa de secado, y las variedades apropiadas para estas regiones se caracterizan por tener las espatas de la mazorca apretadas y con un buen cierre del extremo. Las espatas abiertas o laxas permiten la entrada de pestes y patógenos, los que pueden ser particularmente dañinos cuando el grano es almacenado en la finca del productor con poco control de la temperatura y de la humedad. La implicación fisiológica de estos contrastes es que en los maíces tro-picales se invierte una considerable cantidad de materia seca para la formación de las hojas de cobertura. Estas espatas representan una pérdida que se desarrolla al mismo tiempo que las panojas y las mazorcas y compite por materiales asimilables. Sin embargo, estas hojas de cobertura también sirven para alma-cenar carbohidratos solubles que pueden ser usados para llenar el grano. El impacto relativo de estos diferentes papeles de las hojas de cobertura sobre el rendimiento en grano de los distintos cultivares con un peso seco variable de las mismas no está sin embargo claro.

PALMA DE ACEITE

La palma de aceite es el cultivo oleaginoso que mayor cantidad de aceite produce por unidad de superficie. Con un contenido del 50% en el fruto, puede rendir de 3.000 a 5.000 Kg de aceite de pulpa por hectárea, más 600 a 1.000 Kg de aceite de palmiste.

Su lugar de origen está localizado a lo largo del Golfo de Guinea y se extiende hasta 15° de latitud norte y sur.

La producción mundial de aceite de palma se calcula en más de 3.000 millones de toneladas métricas. Los principales países productores son Malasia, Nigeria, Indonesia, Zaire y Costa de Marfil, y otros países africanos y sudamericanos.

Además de su alto rendimiento por unidad de superficie, la palma de aceite es importante por la gran variedad de productos que genera, los cuales se utilizan en la alimentación y la industria. Tanto el aceite de pulpa como el de almendra se emplean para producir margarina, manteca, aceite de mesa y de cocina, y jabones. El aceite de pulpa se usa en la fabricación de acero inoxidable, concentrados minerales, aditivos para lubricantes, crema para zapatos, tinta de imprenta, velas. Se usa también en la industria textil y de cuero, en la laminación de acero y aluminio, en la trefilación de metales y en la producción de ácidos grasos y vitamina A.

CLASIFICACION

La palma de aceite es una monocotiledónea, incluida en el orden *Palmales,* familia *Palmaceae,* género *Elaeis* y especie *E. guineensis Jac.*

Además de la especie *Elaeis guineensis,* debe mencionarse *oleifera (H.B.K.) Cortez,* comúnmente conocida como nolí o palma americana de aceite, nativa de Colombia, Panamá y Costa Rica. El nolí se ha cruzado con la palma de aceite para producir híbridos en los cuales se mejoran las características de ambos progenitores.

La clasificación de la palma de aceite en variedades se basa principalmente en la forma, color y composición del fruto, y en la forma de la hoja.

Las partes del fruto son:

(1) Estigma

(2) Exocarpo

(3) Mesocarpo o pulpa

(4) Endocarpo o cuesco

(5) Endospermo o almendra

(6) Embrión

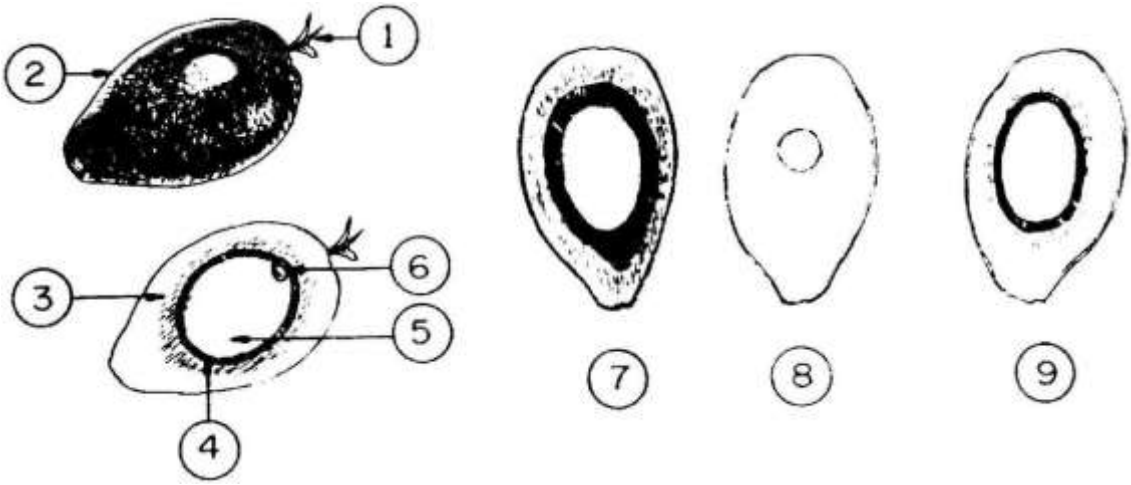
Es difícil diferenciar formas definidas en la palma de aceite. Sin embargo, se distinguen las siguientes variedades:

(7) Dura. Su fruto tiene un endocarpo de más de 2 mm de espesor. El mesocarpo o pulpa contiene fibras dispersas, y es generalmente delgado.

(8) Pisífera. No tiene endocarpo. La almendra es desnuda. El mesocarpo no contiene fibras y ocupa gran porción del fruto. Esta variedad produce pocos

frutos en el racimo. Por eso se emplea sólo para mejorar la variedad dura, mediante el cruzamiento.

(9) Ténera. Es el hibrido del cruce entre Dura y Pisífera. Tiene un endocarpo delgado de menos de 2 mm de espesor. En el mesocarpo se encuentra un anillo con fibras.



Volver arriba

MORFOLOGÍA

La morfología de la palma de aceite es la característica de las monocotiledóneas.

(10) Raíces de anclaje.

(11) Raíces primarias.

(12) Raíces secundarias.

(13) Raíces terciarias.

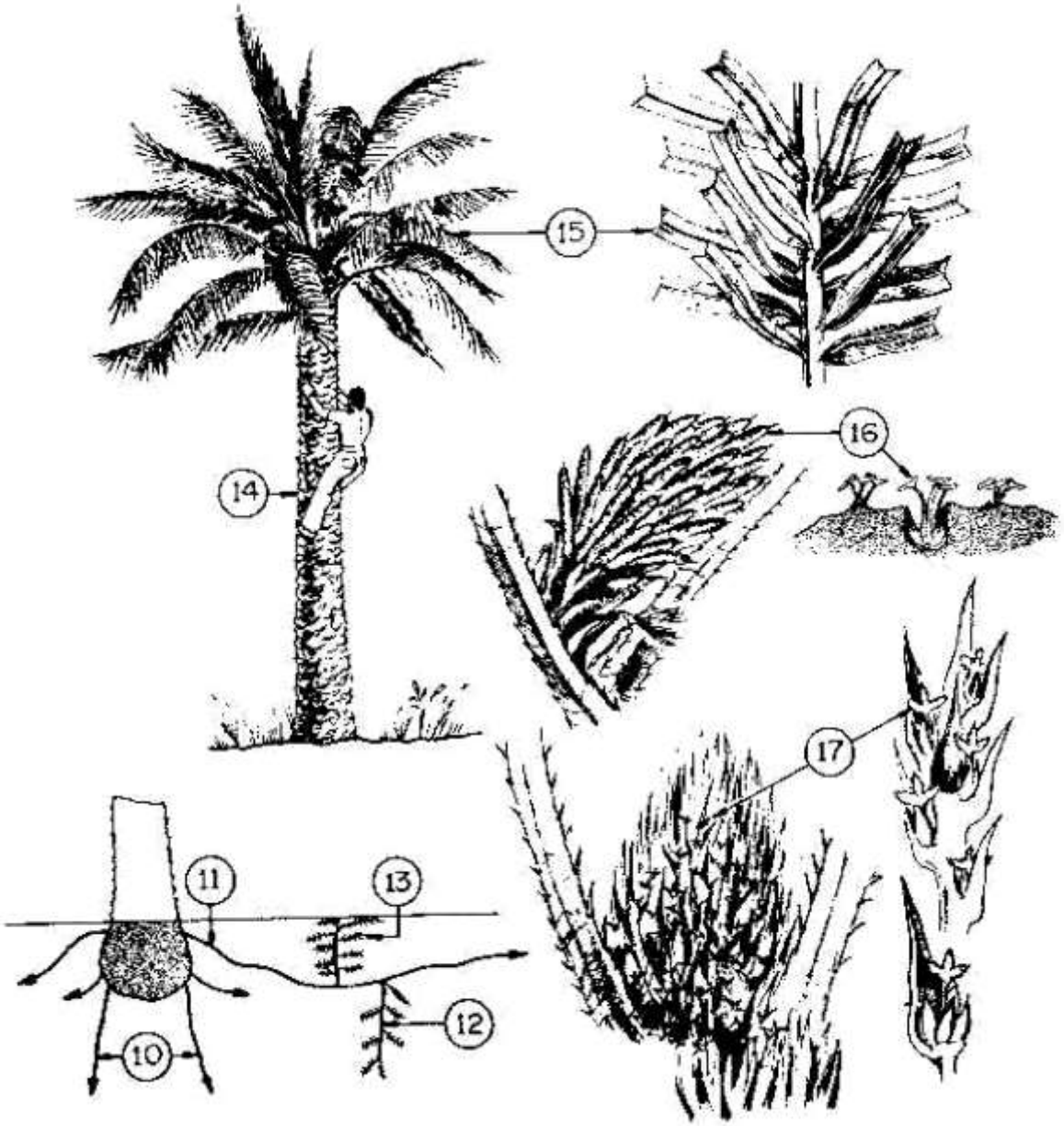
Las raíces se originan del bulbo radical de la base del tronco. En su mayor parte son horizontales. Se concentran en los primeros 50 m del suelo. Sólo las de anclaje se profundizan.

(14) Tronco o estipe con un solo punto terminal de crecimiento con hojas jóvenes, denominado palmito. Puede alcanzar hasta 30 m de longitud.

(15) Hojas de 5 a 7 m de longitud, con 200 a 300 folíolos en dos planos diferentes. El pecíolo es de aproximadamente 1,50 m de largo y se ensancha en la base. La cara superior es plana y la inferior redondeada. Sus bordes son espinosos, con fibras. Las hojas permanecen adheridas al tronco por 12 años o más.

(16) Inflorescencia con flores masculinas.

(17) Inflorescencia con flores femeninas.



La palma de aceite es monoica. Produce flores de ambos sexos. La inflorescencia es una espádice formada por un pedúnculo y un raquis central ramificado. Antes de la abertura, la flor está cubierta por dos espatas.

En la inflorescencia femenina, las flores se arreglan en espirales alrededor del raquis de las espigas. Cada flor está encerrada en una bráctea, que termina en una espiga y en una espina de longitud variable. Cada inflorescencia puede tener miles de flores femeninas. El ovario tiene tres carpelos. El estigma es sésil, con tres lóbulos.

La inflorescencia masculina es más larga que la femenina y tiene unas 100 espigas, cada una con 700 a 1.200 flores. Cada flor tiene un periantio de seis segmentos, androceno tubular con seis anteras y un gineceo rudimentario.

El fruto es una drupa ovoide, de 3 a 5 cm de largo. Los estigmas persisten en su extremo, en forma de tres pequeños apéndices arqueados.

FISIOLOGIA

La semilla de la palma de aceite tiene requerimientos especiales de humedad, oxígeno y temperatura para su germinación. En condiciones naturales, las semillas demoran mucho en germinar, si acaso lo hacen. Por ello, deben someterse a un tratamiento previo de calor en germinadores de aire caliente, con adecuada provisión de oxígeno y contenido de humedad cercano a la saturación.

Las semillas calentadas a 39 – 40 ^{0}C durante 80 días, con contenido óptimo de humedad y buena aireación, germinan rápidamente cuando se transfieren a la temperatura ambiental. El 50% germina en 5-6 días y el resto en 3 semanas.

La tasa de crecimiento del tronco es my variable y depende de factores ambientales, genéticos así como de las prácticas de cultivo. Esta es baja con poca luminosidad y alta con mucha densidad de siembra. En condiciones normales, la tasa de incremento anual en altura varía entre 25 y 45 cm.

El diámetro del tronco puede disminuir en plantaciones abandonadas debido a la competencia de malezas y a la falta de fertilización.

Las palmas Dura producen menos hojas que las Ténera que a su vez producen menos que la Pisífera. En regiones con periodos de sequía marcados, la emisión foliar anual es menor que en zonas con mayor precipitación. Generalmente, una palma de seis a siete años de edad produce unas 34 hojas al año y este número disminuye gradualmente con la edad a 25 y 20 hojas.

Al igual que la hoja, la inflorescencia demora dos años, desde su estado de yema hasta su aparición en el cogollo. De aquí hasta la abertura de las flores transcurren de 9 a 10 meses y hasta la maduración de los frutos, cinco meses más.

Una disminución en la intensidad de la luz, demasiada sombra, exceso de poda y periodos prolongados de sequía aumentan la producción de inflorescencias masculinas.

Normalmente hay periodos o ciclos de floración masculina y femenina, cuya longitud varía. La mayor producción corresponde a una mayor duración del ciclo de floración femenina.

Durante el periodo de floración femenina y maduración de racimos, la palma demanda cantidades grandes de elementos nutritivos.

Si éstos no están disponibles, se desarrollarán inflorescencias masculinas y muy pocas femeninas. Por lo tanto, dos años después los rendimientos serán bajos.

La variedad Ténera tiene un potencial genético de rendimiento mayor que el de Dura. Ello se debe no sólo al mayor porcentaje de pulpa en los frutos, sino también a que en ella la relación sexual es más amplia, es decir, el porcentaje de inflorescencia femenina que produce es mayor que el de las masculinas.

CLIMA

Cuando se proyecta establecer una plantación de palma de aceite, es indispensable hacer un análisis cuidadoso de las condiciones ecológicas de la zona, pues este cultivo requiere grandes inversiones.

Temperaturas mensuales de 25 a 28 ^{0}C en promedio son favorables, si la temperatura media mínima no es inferior a 21 ^{0}C. Temperaturas de 15 ^{0}C detienen el crecimiento de las plántulas de vivero y disminuyen el rendimiento de las palmas adultas.

La precipitación entre 1.800 y 2.200 mm es óptima, si está bien distribuida en todos los meses. Precipitaciones de 1.500 mm anuales, como promedios mensuales de 150 mm, son también adecuadas.

La humedad relativa debe ser superior al 75%. La evapotranspiración o pérdida de agua del suelo por evaporación directa y por la transpiración a través de las hojas, afecta el desarrollo de la palma de aceite. La humedad relativa está influida por la insolación, la presión del vapor de la atmósfera, la temperatura, el viento y la reserva de humedad del suelo.

Es necesaria una insolación bien distribuida en todos los meses, superior a 1.500 horas anuales.

La palma de aceite se adapta bien hasta alturas de 500 m sobre el nivel del mar y a la zona ecuatorial, entre los 15^0 de latitud norte y 15^0 de latitud sur.

Volver arriba

SUELO

Las características físicas y químicas del suelo influyen en el desarrollo de la palma de aceite, particularmente en zonas climáticas marginales. Al igual que el cocotero, la palma de aceite es favorecida por suelos profundos, sueltos y con buen drenaje.

Un nivel freático superficial limita el desarrollo de sus raíces y la nutrición. En general, las buenas características físicas, textura y estructura, son preferibles al nivel de fertilidad, pues éste puede corregirse con fertilización mineral.

La palma de aceite resiste niveles bajos de acidez, hasta pH 4. Los suelos demasiado alcalinos le son perjudiciales.

Aunque puede plantarse con éxito en terrenos de colinas, con pendientes mayores de 20^0, se prefieren los planos o ligeramente ondulados, con pendientes no mayores de $15^{0.}$

En éstos se disminuyen los costos de establecimientos y de cosecha y los riesgos de erosión.

GERMINACION DE SEMILLAS

Las semillas de palma de aceite se distribuyen precalentadas para acelerar y mejorar su germinación. Se venden empacadas en bolsas de polietileno transparente y tratadas con un desinfectante.

Estas semillas se sacan de las bolsas y se sumergen en agua para someterlas a remojo, durante siete días.

Luego se colocan en su lugar sombreado durante un periodo corto hasta que se haya evaporado el agua de su superficie.

El porcentaje de humedad debe ser del 21 al 22% para semillas de la variedad Dura y del 28 al 30% para semillas Ténera.

Las semillas se colocan de nuevo dentro de las bolsas de plástico. Estas se amarran, procurando dejar un buen espacio de aire en su interior.

Las bolsas se colocan en un cuarto a temperatura ambiente evitando que se forme agua de condensación en las paredes internas.

Aproximadamente 10 días después, emerge la radícula en forma de un germen blanco que se destaca sobre el color negro de la semilla.

Luego, emerge la plúmula. A medida que vayan germinando, las semillas deben sacarse con cuidado de las bolsas y colocarse en cajas de madera, en medio de tela humedecida.

Si durante la germinación la semilla pierde humedad, se asperja ligeramente con agua. Las bolsas se agitan bien para permitir su humedecimiento uniforme. Si se presentan ataques de hongos, deben tratarse con una solución de Ditiocarbamato al 0,04%.

Las semillas que no germinen en 45 días, deben descartarse.

Comúnmente, el porcentaje de germinación es del 90 al 98%.

PREVIVERO

Si se va a manejar un número grande de palmitas, 50.000 o más, se recomienda establecer un previvero, antes de establecer el vivero. Así se economiza espacio, se aprovecha mejor el agua y se reducen los costos de mantenimiento.

En el previvero se usan bolsas de polietileno de 15 x 23 cm que se llenan con 1,6 kg de suelo rico en materia orgánica. Las semillas germinadas se siembran a profundidad de 1 a 2 cm. Las bolsas se colocan sobre el suelo nivelado y limpio, una a continuación de otra, en surcos de 10 bolsas de ancho y del largo que se quiera. Deben colocarse palos horizontales en todo el perímetro de la era de bolsitas, para sostenerlas. Aquí permanecen las plántulas de cuatro a cinco meses.

El mantenimiento del previvero incluye riego diario, para mantener el suelo humedecido pero no saturado, aplicación semanal de una solución de urea, 14 g en 4,5 litros de agua para 100 plántulas. También se puede usar un fertilizante compuesto 15:15:6:4, en la misma dosis, para el mismo número de plántulas.

Cuando las plántulas tienen cuatro o cinco hojitas se trasplantan al vivero, en bolsas de mayor tamaño.

Antes del trasplante al vivero, debe hacerse una selección de plántulas para eliminar aquellas anormales.

VIVERO

El vivero puede establecerse a partir de semillas germinadas o de plántulas provenientes del previvero. Se emplean bolsas de polietileno negro de 38 x 50 cm con perforaciones en la base.

Se utiliza suelo suelto, rico en materia orgánica.

En el vivero, las palmitas permanecen de seis a ocho meses, si se parte de plántulas de previvero, o de 10 a 12 meses, si se siembran semillas germinadas. El vivero debe estar libre de malezas. Se le suministra agua de manera regular. Generalmente no es necesario dar sombra al vivero, pero sí se recomienda para el previvero. El control sanitario se realiza a fin de mantener el vivero libre de plagas y enfermedades.

Para la fertilización de las palmitas de vivero, se sugiere la siguiente mezcla de fertilizantes:

Una parte de urea.

Una parte de sulfato de potasio.

Una parte de superfosfato triple.

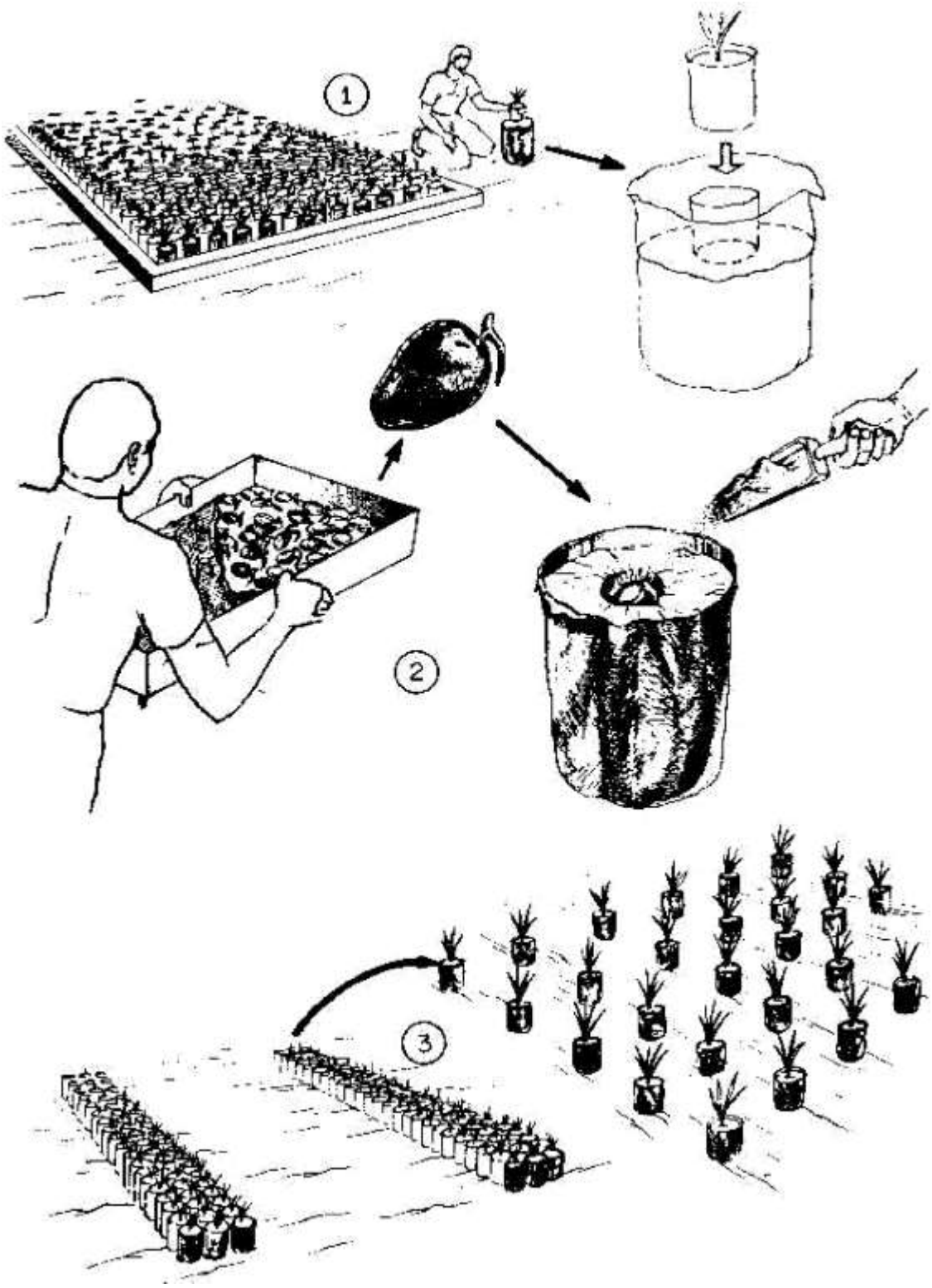
Dos partes de sulfato de magnesio.

De esta mezcla se aplican 14 g a cada palma, a la edad de tres meses y de cinco meses. Se aplican 28 g a cada palma, a la edad de siete y a la de nueve meses. A los 11 meses se aplican 42 g a cada palma.

(1) Vivero a partir de plántulas. Cuando se trasplantan plantitas del previvero, las bolsas deben llenarse con tierra hasta un nivel que permita colocar la plántula con su bloque de suelo, de tal forma que su cuello quede a 2,5 cm por debajo del borde de la bolsa. Luego, se agrega más tierra, apisonándola con las manos.

(2) Vivero a partir de semillas germinadas. Si se siembran las semillas germinadas directamente en las bolsas de vivero, éstas deben llenarse con tierra hasta 1,2 cm por debajo de su borde. La semilla con el germen diferenciado en plúmula y radícula. Se siembra de igual manera que en las bolsas de previvero. Al sembrar la semilla debe tenerse el cuidado de que la plúmula, o sea, el brote más corto, quede hacia arriba y la radícula, hacia abajo.

(3) Distanciamiento de las bolsas del vivero. Las bolsas con plántulas o con semillas germinadas, se colocan juntas en hileras de tres, dejando una calle de 2,10 m. El largo de las hileras puede ser cualquiera. Cada 50 m se dejan caminos de 3 m de ancho en el sentido norte a sur y este a oeste, que facilitará el paso de los obreros para las labores de mantenimiento y el transporte de las palmas al sitio definitivo. Cuando las plántulas tengan una altura de 40 a 50 cm se separan las bolsas a 45 cm entre sí. De esta manera, se aprovechan las calles que se habían dejado entre las hileras.



Antes del trasplante debe hacerse una selección de las palmitas del vivero. Se eliminan aquéllas que presentan anormalidades en su desarrollo y ataque de plagas o enfermedades.

ESTABLECIMIENTO DE LA PLANTACIÓN

Mientras se establecen el previvero y el vivero, debe adecuarse y prepararse el terreno para la plantación, trazarse los lotes y las vías, y establecerse el cultivo de cobertura.

Al planear la plantación se deben establecer dos caminos principales que cruzan en ángulo recto, orientados de norte a sur y oriente a occidente. Los lotes no deben ser más anchos de 300 a 350 m para facilitar el transporte de los racimos a los sitios de recolección. El largo es de 1.000 m.

Los drenajes deberán ser paralelos a los caminos principales y secundarios. Hay que determinar el lugar en donde se instalará la fábrica para el beneficio de los racimos y los campamentos para los obreros.

Después del establecimiento del cultivo de cobertura, comúnmente llamado kudzú tropical o centrosema, se demarcan los sitios de siembra y se inicia la ahoyadura. La siembra es en triángulo o al tresbolillo, con distancias 9 X 9 m. De esta manera caben 143 palmas por hectárea.

Los huecos para el trasplante de las palmitas son de 45 X 45 X 40 cm. Debe retirarse la bolsa antes de plantar la palmita. La tierra alrededor de la palma debe apisonarse con fuerza. El cuello debe quedar al ras del suelo.

FERTILIZACION

El programa de fertilización debe diseñarse tomando en cuenta el análisis químico del suelo, el análisis foliar, los niveles de rendimiento y la edad de las palmas.

La filotaxia en palma de aceite es idéntica a la del cocotero. De acuerdo con la organización foliar, hay palmas con hojas a la derecha o hacia la izquierda. Existen ocho espirales y los números de los rangos de las hojas de un mismo espiral van de ocho en ocho De esta forma, las hojas números 1, 9, 17 y 25 están en una misma línea curva llamada espiral. Esto es importante para el análisis foliar porque los contenidos de elementos minerales en palma de aceite se determinan, en la hoja 9 para palmas jóvenes, y en la 17 para las adultas.

Las mismas normas dadas para la toma de muestras de hojas en el cocotero se aplican a la palma de aceite. Las muestras se obtienen de 25 palmas distribuidas en 50 hectáreas. De la parte central de la hoja 9 o 17 se toman tres folíolos de un lado y tres del otro. De cada una de ellas se corta la parte media, en longitud de 15 cm. De éstas se elimina la nervadura central. Luego, se secan en una estufa a temperatura inferior a 105 ^{0}C y se envían al laboratorio para su análisis.

En palmas de 2,5 a 3 años, el crecimiento vegetativo domina. Sin embargo, durante la madurez, la producción de racimos es tan importante como el

crecimiento. La producción de racimos y el crecimiento vegetativo alcanzan su máximo entre los 7 y los 10 años.

Una palma de aceite adulta elabora cada año 300 a 500 kg de materia vegetal: 80 a 230 kg de racimos, 150 kg de hojas y 20 kg de inflorescencias masculinas. A este material debe agregarse el correspondiente al tronco y a las raíces. De aquí se deducen las necesidades nutricionales de la palma que, en importancia, son: potasio, nitrógeno, calcio, magnesio, fósforo y boro.

Los niveles críticos de diferentes elementos en las hojas 9 y 17, expresados en porcentaje de materia seca, son:

Hoja	***Nitrógeno***	***Fósforo***	***Potasio***	***Calcio***	***Magnesio***
9	2,7	0,160	1,25	0,500	0,230
17	2,50	0,150	1,00	0,600	0,240

Los niveles críticos por debajo de estos porcentajes se consideran deficiencias.

Para la aplicación de fertilizantes, debe tenerse en cuenta que el mayor porcentaje de raíces absorbentes se encuentra a unos 25 cm de profundidad, y que las raíces se extienden en la misma forma que su follaje o corona.

La aplicación de los fertilizantes se hace en círculos de 0,50 m de radio en palmas al año del trasplante, de 1,50 m a los dos años, y de 2,00 m a los 3 años. El círculo se agranda en 0,50 m cada año.
La fertilización de palmas de vivero se hace con una mezcla formada por un bulto de superfosfato triple, un bulto de sulfato de potasio y uno de sulfato de magnesio. De esta mezcla se aplican 12 gramos a cada bolsa a los dos meses del trasplante. A esta dosis se aumentan 4 gramos cada dos meses hasta completar 25 gr. La fertilización se complementa con urea, a razón de 12 gramos por bolsa cada dos meses, hasta el momento del trasplante. Las deficiencias de boro se corrigen con Borax al 60%, disuelto en 10 litros de agua. De esta solución se aplican 100cm cúbicos a cada plántula, dos o tres veces antes del trasplante.

La fertilización para plantaciones jóvenes, hasta los tres años después del trasplante, expresada en gramos puede ser:

Fuente	***0***	***1***	***2***	***3***
Urea	125	250	-	-
Escorias	500	1.000	-	-
Cloruro de Potasio	250	500	550	1.250
Keiserita	-	500	500	650
Borax	-	50	75	75

En los primeros tres años, la palma de aceite exige más nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio. Al inicio de la producción, la palma requiere especialmente potasio, magnesio y boro.

Un programa de fertilización para plantaciones adultas puede ser:

Fuente	***Kg/palma/año***
Urea	1,0 – 2,0
Cloruro de Potasio	1,5 – 2,0
Cloruro de magnesio	1,0 – 1,5

La aplicación se hace cada seis meses, al iniciar el periodo de lluvias. Si se determinan deficiencias de boro, se aplican 100 gr por palma al año.

CONTROL DE MALEZAS CASTRACION Y PODA

Si la palma cuenta con cultivo de cobertura, el control de malezas se reduce a mantener limpio el círculo de cada palma, que será de 2 a 3 m de diámetro en palmas recién trasplantadas, de 3 a 4 m en palmas que inician la producción y de 4 a 5 m en palmas adultas. En palmas jóvenes, los deshierbes se hacen a mano porque si se aplican herbicidas se corre el riesgo de quemar las hojas. En palmas adultas se puede emplear una mezcla de 0,27 kg/ha de Paraquat, más 0,27 kg/ha de Diuron más 1,8 kg/ha de MSMA.

La castración es una práctica común en palmas jóvenes. Consiste en eliminar la inflorescencias masculinas y femeninas jóvenes y los racimos pequeños. Se realiza mensualmente después de los 14 meses y hasta los 27 después del trasplante. Esta práctica mejora la producción y los rendimientos cuando se inicia la cosecha comercial. De esta forma, se mantienen las palmas libres de residuos orgánicos, los cuales pueden hospedar insectos y hongos.

Mediante la polinización manual puede obtenerse un mayor porcentaje de frutos por racimo. Para ello se colectan las inflorescencias masculinas, las que luego se secan a la sombra. El polen que se obtiene se mezcla con talco en proporción de 1 a 10. Un gramo de esta mezcla se espolvorea con un atomizador manual sobre cada inflorescencia femenina.

Al realizar la poda, debe conservarse la mayor superficie fotosintética activa. Para palmas jóvenes hasta los 18 meses, se cortan las hojas bajeras para facilitar los deshierbes en los círculos, la castración y la polinización manual. Después de los tres o cuatro años, la poda se efectúa sólo en las hojas que obstaculicen el corte de los racimos. Comúnmente se deja, por lo menos, una hoja debajo del racimo maduro.

Al igual que en el cultivo del cocotero, en el de palma de aceite pueden establecerse cultivos intercalados para aprovechar el espacio entre las líneas.

PLAGAS

Las principales plagas de la palma de aceite y sus daños son como sigue:

Acaros. Se localizan en la cara inferior de las hojas, principalmente en palmas de viveros. Los daños se identifican por la decoloración de las hojas, que reducen la superficie fotosintética. Se combate con Tedión.

Hormiga arriera. Es común en las zonas tropicales. Pueden causar serias defoliaciones en palmas de todas las edades. Se combaten con cebos envenenados, como Mirex, aplicados a las bocas de los hormigueros.

Estrategus. Es un escarabajo de 50 a 60 mm de largo, de color negro, con dos cuernos. Perfora en el suelo, al pie de la palma, una galería de hasta 80cm. Penetra a los tejidos de la base del tronco y lo destruye. Se controla con 200 g de Heptacloro en polvo al 5%, enterrado ligeramente alrededor de la palma.

Ratas. Pueden causar daños en la base del tronco de palmas jóvenes. Se controlan con cebos de Cumarina, que deben cambiarse regularmente. También con productos señalados en el coco, para el control de ratas.

Escarabajo amarillo o alurnus. Ataca las hojas jóvenes del cogollo, al igual que en el cocotero. Se controla con aspersiones de Thiodan 35 CE, solución de 800 cc en 200 litros de agua. Aplicar de 2 a 4 litros por palma.

Minadores de las hojas. En condiciones naturales, estos insectos se controlan biológicamente.

Cucarrón o picudo negro. Ocasiona en la palma de aceite el mismo daño que en el cocotero.

Chinche de encaje. Mide 2,5 mm de largo. Es un insecto de color gris transparente. Se local iza en el envés de las hojas. Sus picaduras favorecen infecciones por varios hongos, que pueden causar secamiento de las hojas.

Las plagas que afectan el follaje corresponden a mariposas, entre las cuales puede mencionarse Sibine. Hay varias especies de estas mariposas de tamaño mediano. Son de color marrón rojizo. Las larvas están cubiertas de pelos urticantes. Las ninfas se transforman en pupas. Estas se localizan sobre las hojas y las bases de los pecíolos. Este insecto tiene parásitos y predadores que ofrecen un buen control biológico. Por lo tanto, debe tenerse precaución con el uso de insecticidas. En caso de control químico, puede usarse Sevín, a razón de 1.5 kg/ha.

Las larvas de varias especies de mariposas pueden atacar las raíces, ocasionando en muchos casos la muerte de las palmas.

ENFERMEDADES

Varias enfermedades causadas por hongos, nematodos y micoplasmas afectan la palma de aceite. Algunas de estas enfermedades y sus daños se describen a continuación.

En palmitas de vivero, hay varios hongos que ocasionan manchas foliares y añublo o quemazón de las hojas. Comúnmente, tales hongos proliferan en viveros con exceso de humedad y con deficiencias nutricionales. Los fungicidas más comúnmente usados para su prevención son Zirám, Thirám y Captán al 2%, a razón de 1 kg en 400 litros de agua. Una fertilización balanceada reduce la enfermedad.

El anillo rojo es una enfermedad causada por un nematodo, cuyo agente vector es el picudo negro. Esta enfermedad ataca igualmente al cocotero.

La pudrición seca de la base del tronco y la marchitez vascular son dos enfermedades causadas por hongos que afectan las raíces y los bulbos de la palma, y ocasionan su muerte. Como medida preventiva, debe mantenerse la plantación libre de desechos vegetales que puedan albergar estos agentes patógenos.

La pudrición de la flecha es común en palmas de dos a tres años. La enfermedad se asocia en el ataque de un hongo, así como con factores genéticos y con deficiencias en fertilización. Se identifica la enfermedad con la aparición de una mancha de color marrón que abarca la mitad de las hojas tiernas. Generalmente, las palmas se recuperan con la edad.

La pudrición del cogollo en palmas jóvenes y adultas, la causa un hongo favorecido por alta temperatura y excesiva humedad. Afecta las hojas tiernas. La afección es letal si llega a los tejidos de la yema. Los híbridos del cruzamiento de la palma de aceite con noli son resistentes. Los tratamientos curativos incluyen la eliminación de los tejidos afectados y la aplicación de Thirám y Agrimicín.

Marchitez o muerte sorpresiva es causada por un micoplasma trasmitido por un insecto chupador, que cumple su ciclo de vida en pasto guinea. Los síntomas comprenden el secamiento sorpresivo y progresivo de las hojas bajeras hacia las superiores, aborto de la inflorescencia y racimos y degeneración y muerte de las raíces. Se aplica Malathión 57% al 0,5% al suelo de la plantación para controlar la enfermedad. Se debe también eliminar las gramíneas que albergan el patógeno.

Añublo o secamiento de las hojas es ocasionada por varias especies de hongos cuyo ataque es favorecido por las picaduras de insectos como la chinche de encaje. Gran parte de la superficie clorofiliana puede secarse. Se reduce grandemente la producción. El control de los agentes vectores y una adecuada fertilización ayudan a prevenir la enfermedad.

La pudrición basal del tronco es causada por un hongo que ataca también árboles frutales y forestales. La enfermedad se presenta en palmas adultas. Los tejidos internos son destruidos a nivel del suelo, las hojas se tornan amarillentas, se secan y quedan suspendidas alrededor del tronco. En las primeras etapas de la enfermedad, pueden eliminarse los tejidos enfermos y cubrir los sanos con un fungicida protector y pasta cicatrizante.

La pudrición de los racimos es causada por un hongo favorecido por un exceso de humedad, por la presencia de inflorescencias y por racimos secos en la corona de las palmas, y fallas en la fertilización.

COSECHA Y BENEFICIO

El estado de maduración del fruto determina la época de la cosecha. El fruto está maduro cuando toma un color pardo-rojizo en la punta y rojo-anaranjado en la base. Se considera maduro el racimo cuando se separan con facilidad por lo menos 20 frutos o cuando han caído unos seis frutos.

Antes de iniciar la cosecha, deben prepararse los caminos entre las palmas y las plataformas de recolección. Estas se construyen a cada 100 m, a orillas de la carretera que bordea los lotes. De plataforma puede servir el suelo apisonado y nivelado, eventualmente recubierto con cemento.

Los ciclos de cosecha son cada ocho o diez días. La cosecha se realiza en brigadas de cinco hombres. Un supervisor controla el trabajo de las brigadas. El trabajo de cosecha consiste en el corte de los racimos, recolección de éstos y de los frutos caídos, arrume de las hojas cortadas en las interlíneas, transporte manual o en mulas de los racimos a vehículos que han de llevarlos a la planta extractora de aceite.

El corte de los racimos se hace con cinceles, en palmas jóvenes o con una cuchilla en forma de hoz, o cuchillo malayo, acoplado a una vara en palmas adultas.

El beneficio de los racimos incluye la esterilización, la separación de los frutos, la digestión, la extracción y clasificación del aceite y la separación de las almendras.

La esterilización sirve para ablandar los frutos, facilitar la separación de éstos del racimo y eliminar las enzimas que causan desdoblamiento de las grasas. Se realiza por vapor a presión.

Luego, se separan los frutos del racimo con un cilindro horizontal. Las paredes del cilindro están formadas por ángulos, con espacios. La rotación del cilindro hace que los frutos se desprendan y pasen a través de los espacios de los ángulos al transportador. Los raquis salen al final del cilindro.

La digestión tiene como propósito permitir la salida del aceite del mesocarpo.

El digestor es un cilindro vertical envuelto por una camisa de vapor y con un eje vertical en el centro con varias paletas. Del digestor sale una masa de fibras, aceite y nueces.

La extracción del aceite se hace en prensas en donde por presión hidráulica la masa se comprime y el aceite sale. El aceite contiene agua, barro y materiales vegetales. Este pasa por una criba para quitar las fibras gruesas, luego, a un tanque de depósito dónde se decanta el lodo y las impurezas. El aceite crudo pasa a los tanques de clarificación continua.

La masa que sale de la prensa está formada por fibras y nueces. Estas pasan por un transportador con una camisa del vapor hasta la desfibradora. Las fibras son transportadas al exterior por un ventilador. Las nueces se secan en un silo. Las almendras se separan del cuesco por gravedad en un baño de agua-arcilla o agua-sal. Al flotar, las almendras se recuperan con una malla. Se lavan y se secan en una mesa caliente o en un silo. Se empacan en sacos para su transporte.

En el proceso de extracción del aceite se obtienen como subproductos el raquis, las fibras de los frutos y el cuesco de las nueces.

El raquis se quema en hornos especiales controlando el oxigeno. Sus cenizas contienen un 25% de potasio otros elementos minerales usados como fertilizantes. Las fibras se utilizan como combustible en la caldera de la planta. El cuesco es útil para afirmar las vías de la plantación, y para obtener carbón activado.

TRATAMIENTO POST-COSECHA DE: FRUTAL, HORTALIZA, INDUSTRIAL ORGÁNICA Y FORESTAL

Los herbicidas POST se aplican después de la emergencia del cultivo y la maleza. En la mayoría de los casos, la aplicación de herbicidas POST debe realizarse sobre malezas en sus primeros estados de desarrollo cuando son más susceptibles a los herbicidas y su competencia con el cultivo es mínima. Los herbicidas POST pueden ser más económicos para el productor al utilizarse sólo donde se presenta la maleza. La actividad de los herbicidas POST depende de factores como su grupo químico, especies de maleza presentes y condiciones de clima como velocidad del viento, temperatura del aire, humedad relativa y presencia de lluvia (Buhler, 1998).

INTRODUCCION

En agricultura la cosecha se refiere a la recolección de los frutos, semillas u hortalizas de los campos en la época del año en que están maduros. Esta marca el final del crecimiento de una estación o el final del ciclo de un fruto en particular y en su uso general incluye también las acciones posteriores a la recolección del fruto propiamente dicha, tales como la limpieza, clasificación y embalado de lo recolectado hasta su almacenaje en la granja o su envío al mercado de venta al por mayor o al consumidor.

La sincronización de plantación y cosecha es una decisión crítica, que depende del equilibrio entre las posibles condiciones atmosféricas y el grado de madurez de la cosecha. Las condiciones atmosféricas tales como heladas o períodos fríos y calientes fuera de temporada pueden afectar a la producción y calidad. Una cosecha más temprana puede evitar las condiciones perjudiciales pero dar lugar a una producción más pobre en cantidad y calidad. Aplazarla puede redundar en mayor cantidad y calidad, pero hace más probable la exposición a condiciones climatológicas no deseadas. Acertar la fecha ideal de la cosecha tiene su parte de juego de azar.

En granjas más pequeñas donde la mecanización es mínima, la cosecha es el trabajo manual más intenso durante la época de recolección. En granjas grandes y mecanizadas es en esta época cuando se utiliza la maquinaria más pesada y sofisticada como la cosechadora.

Cuando la semilla alcanza su madurez fisiológica, que en este caso coincide con la agrícola, se produce una separación en dos del tabique interno dela semilla y además ésta adquiere una coloración marrón o café con leche. Otro indicador de madurez es el quiebre de pelón, el cual se asocia directamente con la dehiscencia del fruto y así se puede extraer el fruto sin dificultad del árbol (Lemus, 2001).Ambos indicadores debiesen producirse de forma simultánea, sin embargo es bastante frecuente que no coincidan. En particular el quiebre de pelón se retrasa con respecto al cambio interno del tabique, lo que produce que al cosechar, la semilla esté sobre madura haciendo bajar así su calidad comercial y el precio de venta.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

"Aumentar la productividad y la eficacia de la agricultura en los países en vías de desarrollo es algo bueno afirmaba, hace algunos años, un grupo de expertos agrónomos internacionales pero es igual de importante mejorar el manejo del sector post-cosecha para disminuir las pérdidas que puede conllevar la falta de un manejo adecuado después de la cosecha", ahora es difícil cuantificar el volumen de pérdidas producidas en la agricultura. Las estimaciones dicen que del 30% al 40% no consideran todo el trabajo empleado anteriormente, para la preparación del suelo, la adquisición de entradas y el trabajo de cultivo propiamente dicho. Si estos elementos se tuviesen en consideración, la importancia del factor económico sería más importante y tendría mayor impacto.

Aunque el productor haya terminado las tareas del campo y se haya recogido la cosecha, su trabajo no está terminado. Al contrario, comienza entonces un periodo decisivo antes de que pueda empezar a recuperar los frutos de su trabajo. En esta fase están implicados múltiples actores que de hecho se ponen en marcha con la misma cosecha (que también es una operación delicada y fatigosa, a la que están llamados a menudo numerosos jornaleros), y que siguen trabajando hasta el momento en el que el producto llega a la canasta del hogar.

Una buena gestión post-cosecha permite no sólo minimizar las pérdidas, sino también valorar mejor los productos agrícolas comercializados, transformando la materia prima agrícola (zumos de fruta, mermeladas, queso, salados, secados, ahumados...). En cada etapa del proceso de comercialización, una buena preparación permite conservar la calidad del producto. Una buena

presentación lo hace más atractivo para el consumidor, que estará entonces dispuesto a pagar un precio más alto si el producto que le proponen es de buena calidad y fácil de usar. En las comunidades africanas en las que las mujeres trabajan cada vez más lejos de sus hogares, el mijo, el maíz, el fonio y otros productos transformados y listos para ser usados empiezan a ocupar su sitio en la canasta de alimentos porque ellas ya no disponen de tiempo para prepararlos. Cuando el productor tiene la posibilidad de transformar él mismo sus productos, y asegurar parte o toda su preparación, puede sacar provecho de la subida del precio provocada por este valor añadido.

Aquí hablaremos del interés que presenta cada una de las principales etapas en la gestión postcosecha: la cosecha propiamente dicha, la selección y a veces el control, el tratamiento químico, la preparación, el almacenamiento, el transporte y la transformación agroalimentaria. Estas estapas no son tratadas aquí forzosamente en el orden cronológico en el que se desarrollan.

En la realidad cada situación particular presenta su especificidad: el transporte, por ejemplo, puede intervenir entre varias etapas, así como el almacenamiento; la transformación puede realizarse al principio o al final del circuito... Los principios que aquí se anuncian son generales y pueden aplicarse a los cereales, los productos hortícolas, la producción animal...

El momento elegido y la técnica utilizada para hacer la cosecha pueden afectar a la calidad de los productos. El momento y la manera de recolectar un producto (o de sacrificar un animal) influyen en su duración y en el nivel de ingresos económicos que reportará. La duración de un producto que se recoge demasiado pronto o demasiado tarde, o que resulta dañado por técnicas o

prácticas inadecuadas, será reducida. Si el productor tiene que afrontar problemas de mano de obra o se encuentra en un entorno en el que está expuesto a robos, tendrá tendencia a recoger sus productos antes o después de que la fruta se encuentre en su punto conveniente de madurez.

Esta práctica perjudica a la calidad, a la cantidad y al precio del producto. La selección, criba y clasificación de los productos permite diferenciar el producto y satisfacer a un mayor número de consumidores Cada una de estas operaciones tiene como objetivo el de clasificar los productos por categorías de manera que pueda responder a las necesidades de los intermediarios y/o consumidores. En la mayoría de países en desarrollo, el nivel de ingresos es tan bajo que los consumidores se fijan más en el precio que en la calidad de los productos.

1.1.1. Formulación del problema:

¿Es posible conocer los aspectos generales de control de calidad de cosecha y post-cosecha en general y en nuestra región de Ucayali?

1.1.2. Justificación

Este estudio es de suma importancia y se justifica porque:

- Con los resultados obtenidos de esta monografía se podrán conocer el control de calidad para las cosechas y postcosechas basadas según las características organolépticas y fisicoquímicas ya que estas son considerables para obtener un beneficio tanto para el alimento como para el consumidor.
- Se conocerá que el control de calidad en dos etapas una es la evaluación sensorial y otra la evaluación técnica. Donde la evaluación

sensorial consiste en evaluar a través de los órganos de los sentidos, las características de la cosecha del cultivo a realizar como olor, color, textura, sabor y apariencia de la fruta. Color: que sea uniforme y brillante, Olor y sabor: dulce, Textura: firme y blanda, Apariencia: brillante, transparente, uniforme en el color y en el tamaño. Y la evaluación técnica consiste en evaluar mediante instrumentos y equipos de laboratorio. Aquí se evalúa la composición y condiciones microbiológicas de la cosecha realizada.

1.2. OBJETIVOS DE LA MONOGRAFIA.

1.2.1. Objetivo General

Conocer los aspectos generales de control de calidad de cosecha y post-cosecha en general y en nuestra región de Ucayali

1.2.2. Objetivos Específicos

- Conocer la cosecha y manejo poscosecha
- Conocer las prácticas de precosecha y cosecha que influyen en la postcosecha
- Determinar las prácticas culturales influyen sobre la calidad de la fruta en post cosecha
- Conocer los costos de producción

I. Aspectos generales de control de calidad de cosecha y post-cosecha

II. POST-COSECHA

Los herbicidas POST se aplican después de la emergencia del cultivo y la maleza. En la mayoría de los casos, la aplicación de herbicidas POST debe realizarse sobre malezas en sus primeros estados de desarrollo cuando son más susceptibles a los herbicidas y su competencia con el cultivo es mínima. Los herbicidas POST pueden ser más económicos para el productor al utilizarse sólo donde se presenta la maleza. La actividad de los herbicidas POST depende de factores como su grupo químico, especies de maleza presentes y condiciones de clima como velocidad del viento, temperatura del aire, humedad relativa y presencia de lluvia (Buhler, 1998).

III. FRUTAS CLIMATÉRICOS

Son aquellos frutos que muestran un incremento de la maduración como consecuencia de la actuación del etileno. Estos frutos muestran un incremento de su actividad respiratoria antes de la fase de maduración denominada climaterio, y muestran una máxima producción de etileno justo antes de que se incremente esta actividad respiratoria. Estos frutos son capaces de madurar después de haber sido cortados y el inicio de la maduración puede adelantarse mediante la aplicación exógena de etileno. Ejemplos: manzana, albaricoque, aguacate, plátano, chirimoya, higo, melón, melocotón, pera, tomate, sandía.

IV. FRUTAS NO CLIMATÉRICOS

Son aquellos frutos que maduran gradual y constantemente, sin mostrar un aumento significativo de la actividad respiratoria ni de la producción de etileno al inicio de la maduración.

Si se les aplica etileno exógenamente se produce un incremento de su actividad respiratoria pero no se induce la producción endógena de etileno ni se acelera el proceso de maduración. Su crecimiento y maduración se ve frenado si estos frutos son cortados de la planta. Ejemplo: cereza, calabaza, uva, pomelo, piña, limón, naranja, mandarina, fresa.

En frutos no climatéricos parece ser que la maduración se encuentra regulada por auxinas, que actúan como represores de la maduración. Así, mientras la producción de auxinas por los aquenios se mantiene a niveles elevados, los síntomas de maduración no se presentan, pero tan pronto como estos comienzan a disminuir se pone en marcha el proceso que se inicia con la acumulación de antocianinas y la expresión especifica de genes de maduración.

2.1. Cosecha y manejo poscosecha

2.1.1. Evaluación de riesgos de higiene en la cosecha y el centro de acopio

El propósito es establecer los puntos críticos de control que permitan disminuir, evitar o controlar factores biológicos, físicos o químicos que alteren el producto final. El sistema de prevención de peligros para la inocuidad de los alimentos, sugerido por Codex Alimentarius, es el denominado Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP, por su sigla en inglés), el cual es aceptado internacionalmente como un parámetro de referencia (BARTUSCH, 2004)

2.1.2. ¿Por qué utilizar el sistema HACCP?

- Gestión de seguridad e Incidentes
- Limitaciones de inspecciones y presiones externas.

Gestión de Seguridad del Producto

- En la industria alimentaria, la seguridad de los productos es la máxima prioridad, y no es negociable, como las características organolépticas o el costo del producto.
- Los clientes esperan alimentos seguros, y el HACCP garantiza esta seguridad.
- El HACCP es un sistema de control de los alimentos, basado en la prevención, que identifica los puntos donde probablemente aparecerán los

peligros en el proceso de producción y así, se tiene la oportunidad de aplicar las medidas para evitar estos peligros. Todo peligro para la seguridad de los alimentos es parte del HACCP: biológicos, químicos y físicos.

- El HACCP es un sistema lógico de evaluación sistemática de todos los aspectos relacionados con la seguridad de alimentos, desde la materia prima, pasando por producción y distribución y terminando con el uso final por parte del consumidor.
- Es muy rentable implementarlo: se obtienen menos productos rechazados y devoluciones, se asegura la confianza del consumidor, se adecua una nueva cultura organizacional que termina en la certificación ISO 9000 (IMPULSORES INTERNACIONALES, 2005).

Incidentes relacionados con la seguridad de los alimentos

- Cuando un alimento está mal, puede producir molestias o enfermedades a nivel local o general, y el costo para la empresa implicada puede ser enorme.
- Incluso el hecho de no causar enfermedad alguna, sino de descubrir que un alimento representa peligro para los consumidores, puede acabar con la empresa.
- Los procesos judiciales rutinarios están relacionados con la presencia de sustancias extrañas en los alimentos, pero los peligros microbiológicos producen impactos mayores (IMPULSORES INTERNACIONALES, 2005).

Limitaciones de inspecciones y análisis

- ¿Qué está mal en lo que se hace habitualmente: inspeccionar y analizar?
- Inspeccionar el 100% de los productos no es rentable ni adecuado en ciertos casos. Además, en el caso de análisis microbiológicos o químicos es 100% destructivo.
- Los operarios se distraen por ruidos propios del trabajo o simplemente al hablar con alguien.
- La capacidad humana de concentración es limitada cuando se desarrollan actividades rutinarias y los ¨peligros‖ pueden pasar por alto durante la inspección visual.
- Muestrear un producto para detectar un peligro se basa en: 1) La capacidad para detectar un peligro de un modo fiable utilizando una técnica analítica apropiada. 2) La capacidad para detectar el peligro en la muestra elegida para el análisis.
- La capacidad para detectar un peligro en una muestra depende de: 1) La distribución del peligro en el lote 2) La frecuencia con la que el peligro aparece en el lote.
- Los peligros distribuidos homogénea y frecuentemente en un lote son, desde luego, más fácilmente detectables que los peligros distribuidos heterogénea e infrecuentemente (IMPULSORES INTERNACIONALES, 2005).

2.2.3. Objetivos clave de cosecha y post cosecha

- Producir siempre alimentos seguros
- Proporcionar la evidencia de una producción y manipulación seguras.
- Confiar en los productos propios.
- Cumplir con la solicitud de un cliente de un HACCP.
- Llevar la empresa hacia un sistema de gestión de la calidad.
- Hacer uso eficaz de los recursos (IMPULSORES INTERNACIONALES, 2005).

2.1.3. Metodología

En esencia se trabajan dos aspectos:

Buenas Prácticas de Manufactura (BPM):

Se analiza la cosecha y el empaque a la luz del Decreto 3075 de 1997, donde están los siguientes puntos descritos: (Maya, 2004)

- Edificación e instalaciones (localización y accesos, diseño y construcción, abastecimiento de agua, disposición de residuos líquidos y sólidos, instalaciones sanitarias).
- Centro de acopio (pisos y drenajes, paredes, techos, ventanas, puertas,

escaleras, iluminación, ventilación).

- Equipos (condiciones generales, instalación y funcionamiento).
- Personal manipulador de alimentos (estado de salud, educación y capacitación, prácticas higiénicas).
- Aseguramiento y control de la calidad (sistema de control, saneamiento) (Maya, 2004)

Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP):

Es un sistema que nos permite, bajo una metodología definida, definir los puntos críticos biológicos, físicos o químicos que afectan la calidad final de la fruta y evitan su comercialización (Maya, 2004)

Principios del HACCP:

Principio 1: Realizar un análisis de peligros. Preparar una lista de las etapas del proceso en las que pueden aparecer peligros significativos, y describir las medidas preventivas.

- Elaborar diagrama de flujo del proceso con todas sus etapas, desde materias primas hasta producto final.
- Luego se identifican los peligros que aparecen en cada punto y se describen las medidas necesarias para su control.
- Estas medidas pueden ser las existentes o las requeridas (Maya, 2004)

Principio 2: Identificar los Puntos Críticos de Control —PCC— del Proceso.

- El equipo HACCP decide en qué puntos el control es crítico para la seguridad del producto (Maya, 2004)

Principio 3: Establecer los límites críticos para las medidas preventivas asociadas con cada PCC.

- Los límites críticos establecen la diferencia en cada PCC entre productos seguros y peligrosos. Debe incluir parámetros medibles y puede ser descrito como la tolerancia absoluta del PCC (Maya, 2004)

Principio 4: Establecer los criterios para la vigilancia de los PCC. A partir de los resultados de la vigilancia, determinar el procedimiento para ajustar el proceso y mantener el control.

- El equipo HACCP debe especificar los criterios de vigilancia para mantener los PCC dentro de los límites críticos. Implica establecer las acciones de vigilancia, su frecuencia y responsables (Maya, 2004)

Principio 5: Establecer acciones correctoras que se deben realizar, cuando la vigilancia detecte una desviación fuera de un límite crítico.

- Especificar acciones correctoras y responsables de llevarlas a cabo.
- Incluye acciones necesarias para poner el proceso bajo control, y acciones con los productos fabricados si el proceso está fuera de control (Maya, 2004)

Principio 6: Establecer un sistema eficaz de registro de datos que documente el HACCP:

- Guardar los registros para demostrar que el HACCP está funcionando bajo control y se han realizado acciones correctoras adecuadas. Esto demuestra la fabricación de productos seguros (Maya, 2004)

Principio 7: Establecer el método para verificar que el sistema HACCP, está funcionando correctamente.

- El sistema de verificación debe desarrollarse para mantener el HACCP y asegurarse que sigue trabajando eficazmente (Maya, 2004)

Responsables

Son los responsables de verificar la higiene en cosecha y el acopio, tanto los cosechadores como el personal de empaque (Maya, 2004)

Registros

Se llevarán los registros que exige el plan HACCP anexo a este documento (Maya, 2004)

2.2. Prácticas de precosecha y cosecha que influyen en la postcosecha

Son todas las operaciones que se realizan para el establecimiento del cultivo y durante su manejo posterior son determinantes en la calidad del producto en la poscosecha (Woolf, 2000).

2.2.1. Factores que tienen repercusión más directa en la poscosecha.

- Genéticos (Selección de variedades y patrones)
- Climáticos (Temperatura, Altitud, intensidad de lluvia y horas de luz al día, relación de agua).
- Características del suelo (textura, estructura, infiltración, etc.)
- Agriculturales (nivel nutricional, podas, control plagas y enfermedades.
- Fisiológicos (punto de madurez para la cosecha) (Woolf, 2000).

2.2.2. Índices de madurez y cosecha

Madurez vs. Calidad

Inmaduro

- Pobre calidad cuando maduran
- Ausencia de sabor
- Mayor susceptibilidad a la deshidratación y daños físicos (Bower, 1988)

Maduro

- Buena calidad cuando maduran
- Buen potencial para el almacenamiento poscosecha (Bower, 1988)

Sobremaduro

- Pérdida de textura
- Muy susceptibles a los desórdenes fisiológicos (Bower, 1988)

Índices de madurez

Características de internas o externas que cambian durante el proceso de desarrollo (Bower, 1988)

Un buen índice de madurez

- Simple, fácil de aplicar y de bajo costo
- Objetivo (una medición)
- No destructivo
- Conveniencia de usar más de un índice (Bower, 1988)

Estado ideal de madurez para cosechar

- Especie / variedad
- Destino del producto
- Condiciones del almacenaje
- Calidad final deseada (Bower, 1988)

Índices de madurez más usados

- Tamaño y forma
- Color de la pulpa
- Color de la piel y Firmeza de la pulpa
- Contenido de sólidos solubles (SST)
- Acidez titulable
- Contenido de almidón
- Díasde plenaflora cosecha
- Media de unidadesde calorduranteel desarrollo
- Desarrollode capade absición

- Morfologíay estructurade la superficie(formaciónde cutículaen uvay tomate)
- Gravedadespecífica(cerezas, papas y sandías)
- Forma (angularidaden bananas) (Bower, 1988)

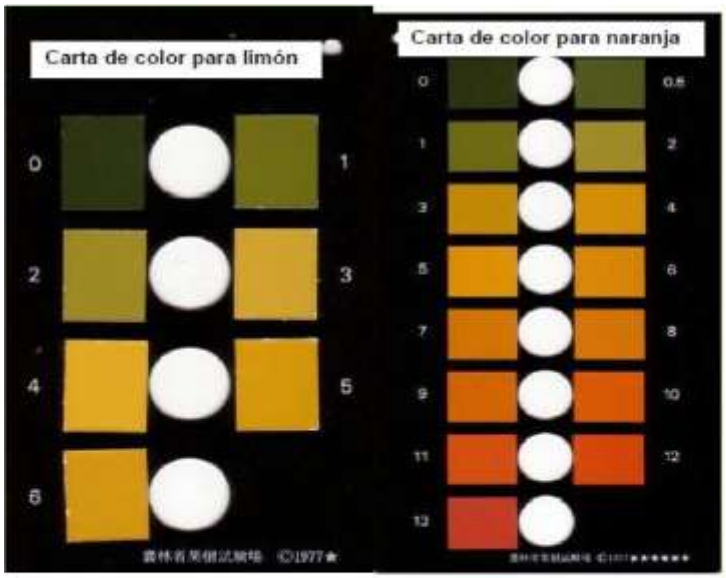
Tamaño

- Diámetro ecuatorial
- Peso de fruto (Bower, 1988)

Color de fondo y color de la pulpa

- Los cambios en el color de los frutos se dan por:
- Degradación (clorofilas)
- Síntesis (nuevos pigmentos)
- Desenmascaramiento de pigmentos
- Se determinan usando: Cartas de colores (Bower, 1988)

Figura 1. Ejemplos de cartas de color



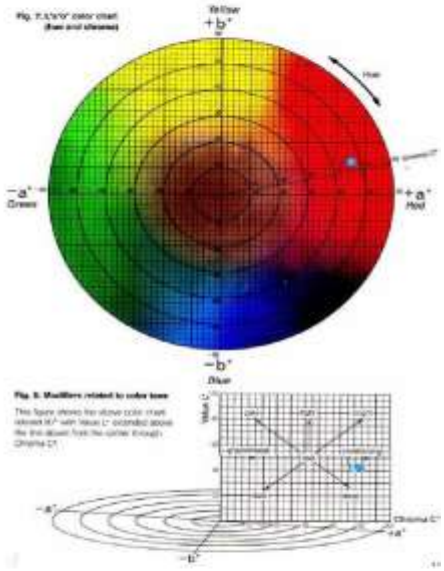
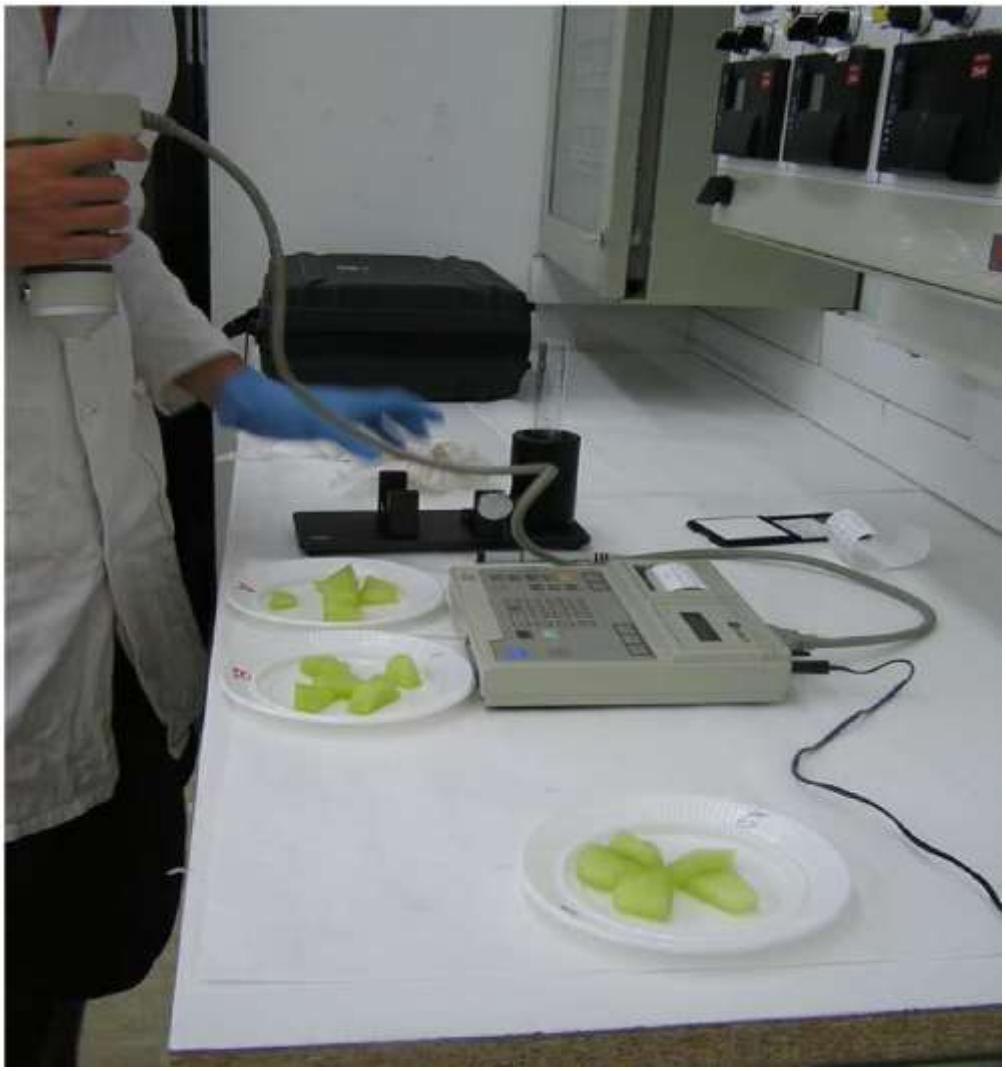


Figura 2. Ejemplos de colorímetro



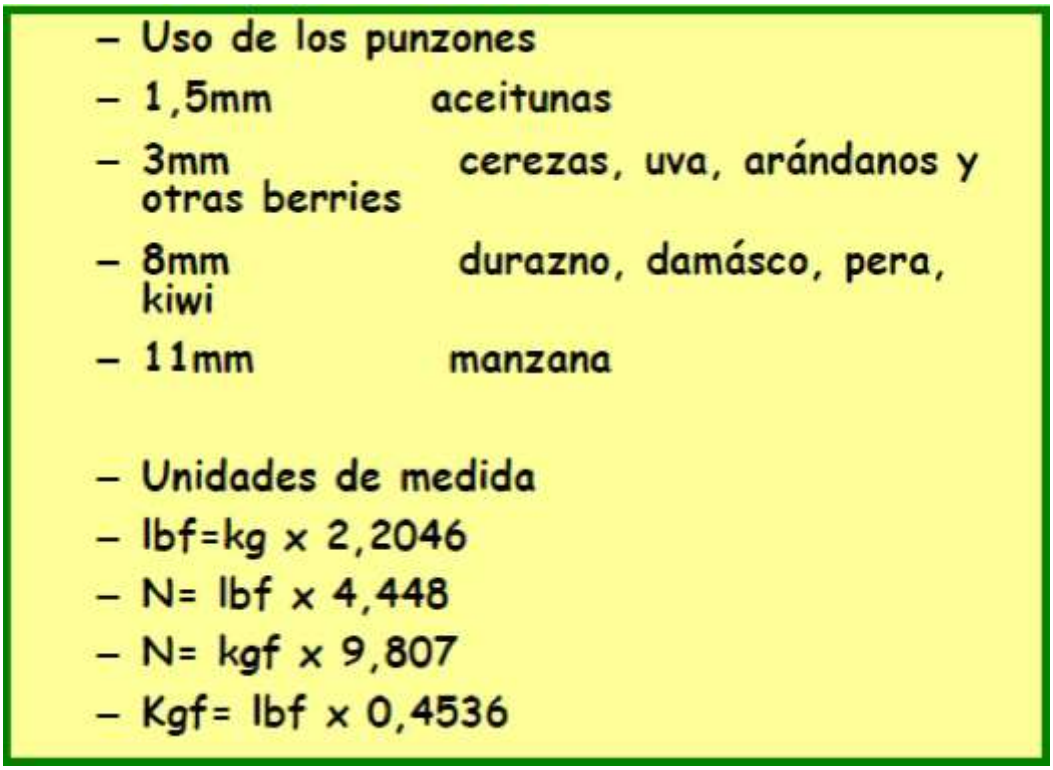
Figura 3. Ejemplos de colorímetro



Firmeza de la pulpa

- Los cambios en la firmeza de la pulpa asociados al proceso de maduración.
- Degradación de las pectinas (acción de la PE, PME, PG)
- Medición a través de
- Texturómetros
- Penetrómetros
- Valores expresados en diferentes unidades (Servicio Nacional de Aprendizaje, 2005).

Figura 4. Valores expresados en diferentes unidades



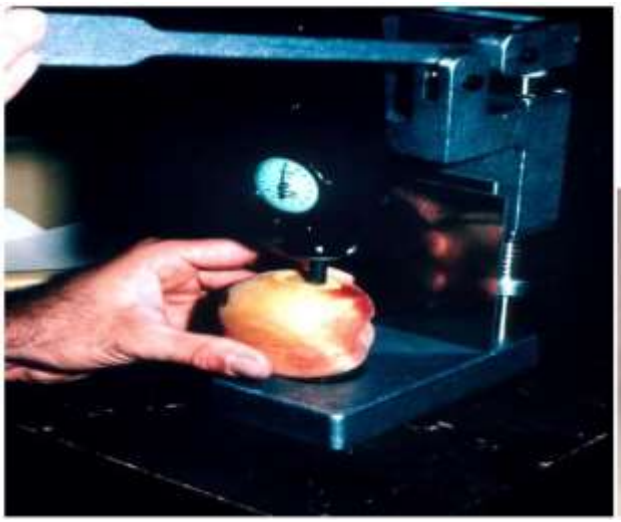
Texturómetros

Figura 5. Ejemplos de Texturometro



Penetrómetro

Figura 6. Ejemplos de Penetrómetro

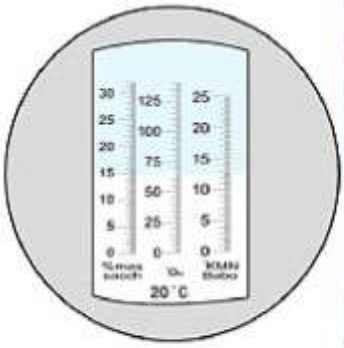




Sólidos solubles totales

- Determinación de los sólidos solubles presentes en el jugo
- Mayoritariamente azúcares
- Valores expresados en ºBrix (Servicio Nacional de Aprendizaje, 2005).

Figura 7. Ejemplos de medición de Sólidos solubles totales



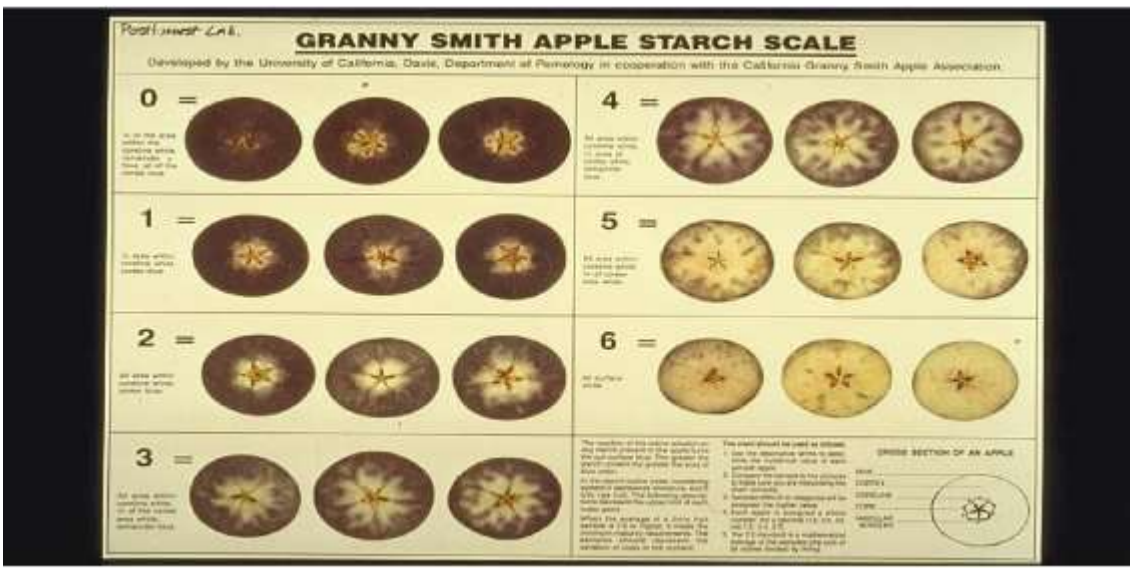




Acidez titulable

- Determinada a través de la titulación de los ácidos presentes en el jugo con una base fuerte, NaOH (0,1N)
- •El punto final de la titulación se determina usando un reactivo indicador, en general fenolftaleína (al 1% en etanol al 50%)
- Los valores se expresan según el ácido predominante en el fruto
- Cítricos Ácido Cítrico
- Manzanas ÁcidoMálico
- Duraznos ÁcidoMálico
- Uva Ácido Tartárico (Servicio Nacional de Aprendizaje, 2005). **Contenido de almidón**
- Medido a través del índice de yodo
- Comparación con escalas (Servicio Nacional de Aprendizaje, 2005).

Figura 8. Ejemplos de medición de Contenido de almidón



Solución de yodo: 1,2% de yodo metálico, 2,4% de yoduro de potasio

Color semillas1: sin color2: ápice marrón3: 1/4 color4: 1/2 color5: 3/4 color6: color compl. (Servicio Nacional de Aprendizaje, 2005).

Figura 9. Ejemplos de medición de Contenido de almidón

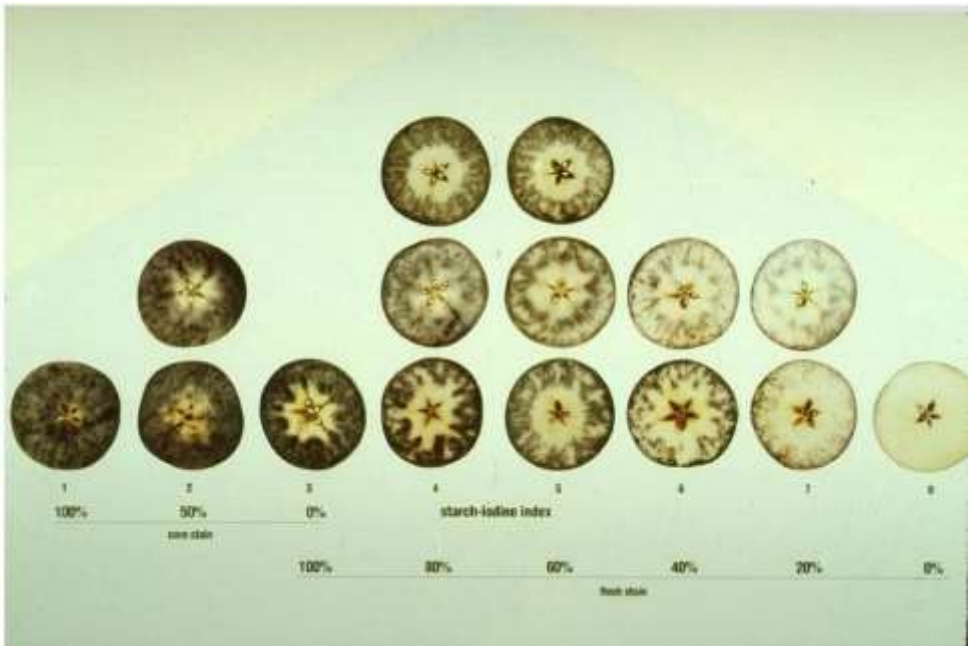


Figura 10. Ejemplos de medición de Contenido de almidón

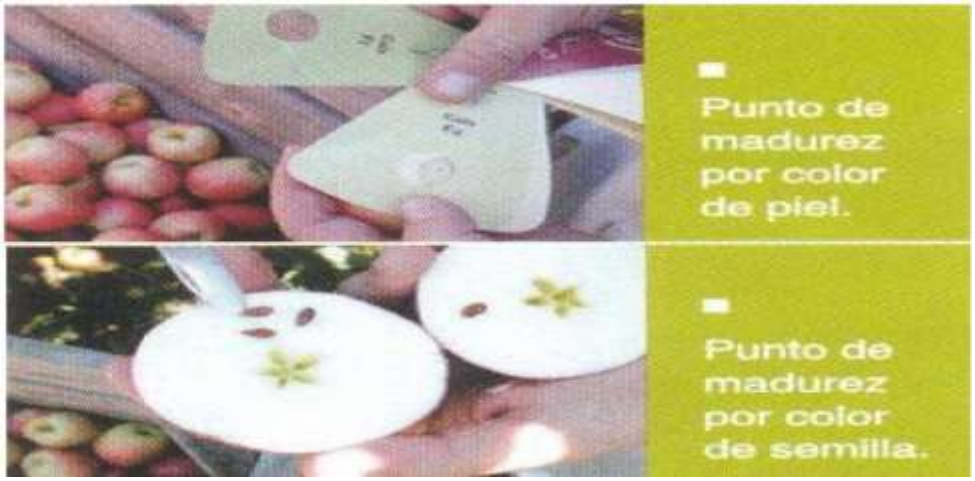
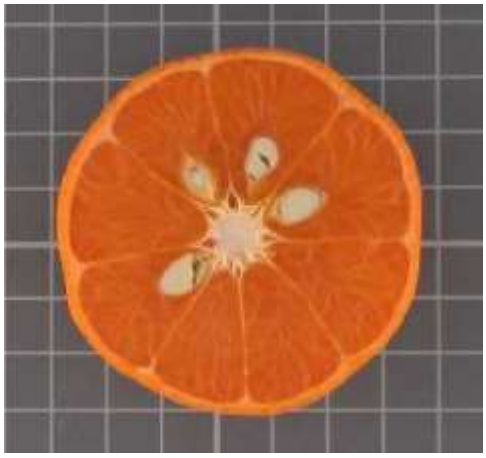
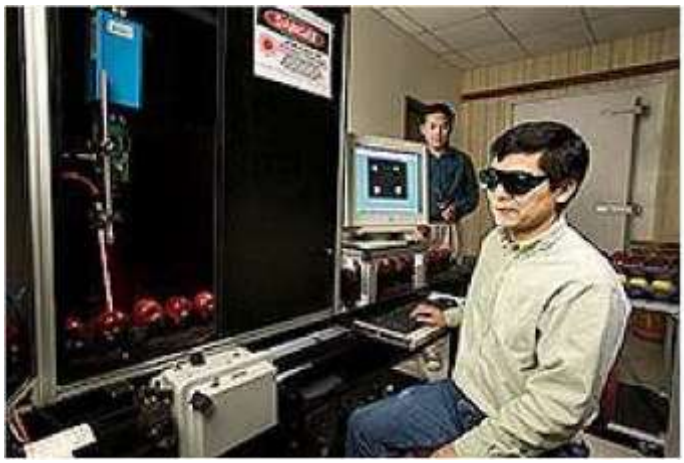
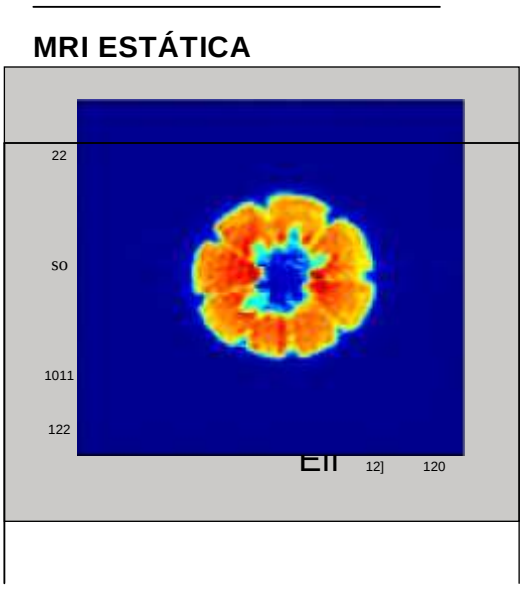
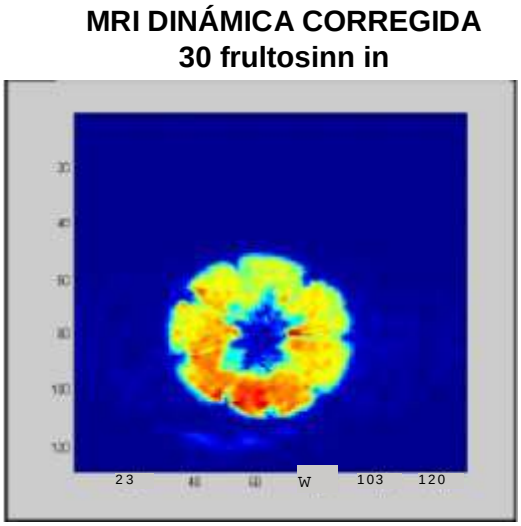


Figura 11. Imagen multiespectral con rayos láser para determinar azúcares y firmeza







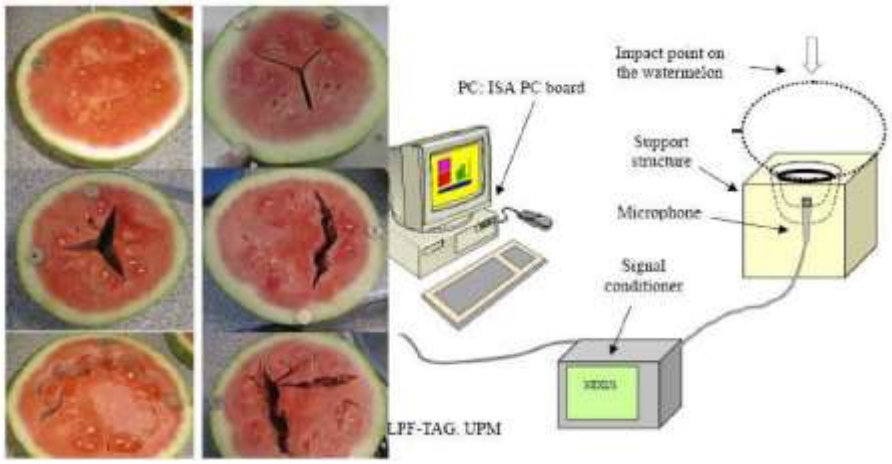


DETECCIÓN DE SEMILLAS POR RMI

Respuesta acústica para detectar

- Firmeza y Defectos internos: sobre madurez, grietas

Figura 12. Detección de semillas por rmi



2.2.3. Cosecha

Técnicamente, la cosecha es la operación de desprender o recolectar de la planta los frutos (o las partes comestibles en el caso de las hortalizas). Aunque en la práctica la recolección de los productos parece una actividad muy sencilla, para que esta sea eficiente, es necesario reunir algunos requisitos entre ellos tenemos: (Servicio Nacional de Aprendizaje, 2005).

a. Requisitos de cosecha

- Destreza y conocimiento por parte de los operarios: los trabajadores deben estar capacitados en los referentes a las labores específicas que van a desarrollar, por ejemplo la forma para desprender la fruta, higiene, recipientes a utilizar y criterios para clasificar la fruta entre otros.

- Conocimiento del producto para determinar su punto óptimo de madurez para la cosecha.
- Aspectos como son la temperatura de campo, la humedad relativa, el agua libre sobre los productos, los rendimientos económicos (precio de venta al momento de la cosecha), la posibilidad de aplicar el preenfriamiento y la disponibilidad de almacenamiento y transporte refrigerado.
- Alistar oportunamente las herramientas y equipos necesarios, siempre se deben utilizar las herramientas apropiadas para cada caso en particular.
- Recipientes: deben ser los que más se ajusten a las características del producto, que permitan conservar su calidad.
- En algunos casos, como en la cosecha de fresas, mora, por ser productos muy perecederos se utiliza la técnica del empaque en el campo, lo cual reduce la manipulación de la fruta y por lo tanto las pérdidas postcosecha.
- Acopio: deben existir sitios determinados para realizar el acopio, tanto en los lotes como en la empacadora, que permitan un manejo organizado y rápido de los productos. (Servicio Nacional de Aprendizaje, 2005).

b. Índices de cosecha

Una buena calidad se hace cuando la cosecha se hace en el estado de madurez apropiado, pues la calidad de las frutas y hortalizas no se puede mejorar, pero se puede conservar. (Servicio Nacional de Aprendizaje, 2005).

- Tener unas características de apariencia que aseguren una vida útil adecuada
- Estar en un estado que les permita presentar una condición óptima cuando lleguen al consumidor.
- Estar dentro de un rango de tamaño adecuado, en función del mercado objetivo.
- Encontrarse en un estado de maduración que les permita desarrollar sabor, aroma, consistencia y apariencia deseable. (Servicio Nacional de Aprendizaje, 2005).

c. Madurez

Para definir la madurez óptima de recolección se usa una combinación de criterios subjetivos y objetivos (Servicio Nacional de Aprendizaje, 2005).

d. Métodos subjetivo

Prima la percepción personal, hacen uso de los sentidos y no ayudan con certeza a definir un criterio único para decidir cuándo un producto tiene un grado de maduración (Servicio Nacional de Aprendizaje, 2005).

Se emplea por ejemplo:

- El tacto definiendo si un producto es áspero, suave, blando, duro El

olfato para percibir un aroma

- El gusto definiendo si un producto es ácido, dulce, salado y/o amargo
- Visuales: color, tamaño, forma.

Los cambios en color no pueden definirse con precisión suficiente, y el tamaño del fruto no es una medida útil de la calidad, pues algunos frutos grandes pueden estar muy verdes, mientras que algunos frutos pequeños pueden estar demasiado maduros (Servicio Nacional de Aprendizaje, 2005).

e. Métodos objetivos

- **Métodos físicos:** algunos ejemplo de este método son la facilidad con que un fruto se separa de la planta, el ablandamiento o firmeza de los frutos (medida objetiva usando el penetró metro que en forma sencilla puede establecer el índice de madurez de cosecha).
- **Métodos químicos:** son muy utilizados en la fruticultura y se pueden realizar las siguientes determinaciones: Ácidos (pH, acidez titulable), Azúcares, Contenido de aceite, Almidones, Relación sólidos y ácidos.
- **Medida del tiempo:** este criterio hace relación a los días transcurridos desde la floración hasta la madurez, el período vegetativo establecido para el producto y la variedad a lo largo de varios años, el tiempo transcurrido después del trasplantes y otros (Ramos, 2005).
- **Métodos organolépticos:** son características evaluadas por medio de los órganos de los sentidos en una forma práctica, por personal entrenado y con experiencia.

- **Métodos fisiológicos:** están determinados por los procesos que realiza la planta por ejemplo: intensidad respiratoria y transpiración (Ramos, 2005).

2.2.4. Adecuación del producto para la venta

Limpieza

La función primordial de esta operación es la eliminación de todo tipo de material extraño o diferente al producto que mezclados o adheridos desmejoran la calidad del insumo (Ramos, 2005).

Para que la limpieza sea efectiva se debe:

- Separar los contaminantes
- Extraer el material extraño y desecharlo
- Dejar la superficie del producto completamente limpia
- Evitar la re contaminación del producto (Ramos, 2005).

La limpieza se puede hacer por métodos secos como cepillado, tamizado y métodos húmedos como el lavado con agua limpia. (Ramos, 2005).

Secado

Con esta operación se pretende remover el agua de la superficie, para prevenir pudriciones del producto. Este secado se puede realizar dejando el producto al aire libre o con ventiladores y temperaturas controladas (Ramos, 2005).

Selección de productos

- Es la actividad mediante las cual se separan las frutas con algún tipo de daño y que los hace no aptos para el mercado.
- Aplicando criterios de: integridad, higiene, inocuidad, seguridad. Los tipos de daños son múltiples y ocurren en diferentes etapas de la cadena productiva (Ramos, 2005).

Selección de productos

- Daños por aves
- Daños por insectos
- Daños por microorganismos
- Daños fisiológicos
- Daños mecánicos (Ramos, 2005).

Clasificación de productos

Clasificar es separar los productos, según propiedades escogidas por el consumidor, como el grado de madurez, tamaño, forma, etc. (Pedraza, 2006)

Clasificación por apariencia: se refiere a los daños superficiales de los productos, como manchas por heridas cicatrizadas ocasionadas por insectos, ácaros, etc. y que no afectan la calidad interna del producto (Pedraza, 2006)

- Clasificación por color: se puede hacer en forma visual por operarios bien entrenados, quienes van separando los productos en grupos, a medida que éstos son conducidos por una banda transportadora. La clasificación

se hace con referencia a las tablas de color.

- Clasificación por tamaño: el tamaño de un producto hortofrutícola está determinado por la relación entre el peso, la longitud y el diámetro. Comercialmente se puede utilizar uno de los tres parámetros mencionados dependiendo del producto.
- La selección y clasificación de productos debe realizarse directamente en la finca (Pedraza, 2006)

2.3. Las prácticas culturales influyen sobre la calidad de la fruta en post cosecha

2.3.1. Medio ambiente

Los factores ambientales incluyen el clima (temperatura, viento y precipitaciones), la calidad del aire y los efectos posicionales, tanto dentro del huerto como dentro del árbol. Elementos como el viento, una precipitación intensa pueden causar la pérdida directa de la fruta en la cadena de post cosecha, debido a las cicatrices que causan sobre la fruta; también son perjudiciales la mayor incidencia de patógenos vegetales asociados con condiciones de abundante lluvia, especialmente durante la floración (por ejemplo, la antracnosis) y la pérdida de fruta dañada. Las temperaturas durante el desarrollo del fruto y su maduración pueden afectar también la calidad del fruto, ya sea acelerando o retrasando la madurez hortícola (Woolf et al., 1999).

La forma del fruto también se ve influenciada por el medio ambiente. La fruta que crece bajo condiciones más frías tiende a ser más redondeada que la fruta

que crece bajo condiciones más cálidas, la que tiende a ser más alargada. El efecto del clima sobre la forma del fruto es también evidente cuando examinamos, para un cierto árbol, la forma del fruto en relación a la floración y cuaja. Los frutos provenientes de año de baja floración son más redondeados que aquellos que cuajaron durante la floración principal (Woolf et al., 1999).

La susceptibilidad relativa de la fruta puede correlacionarse con el aspecto del pedicelo después de ser expuesto a temperaturas en el campo. Esta característica puede ser utilizada como un indicador de la calidad de la fruta en la cosecha, Por otra parte, Woolf et al. (1999) demostraron que la fruta asoleada, que ha sido expuesta a altas temperaturas, tiene mayor tolerancia al tratamiento de post cosecha con agua caliente (50°C) y al almacenaje de post cosecha en frío (0°C). Diversos investigadores han comprobado el impacto de la carga del inóculo y la lluvia sobre la severidad del deterioro de la fruta en post cosecha (Smilanick y Margosan, 2002; Everett et al., 2003, Pak et al., 2003).

2.3.2. Diseño de plantación y poda

Otra consideración muy importante para los frutales tropicales y subtropicales es la época de poda. Si la poda o el anillado ocurren en una época en la que promueven el crecimiento vegetativo a expensas del crecimiento del fruto, se puede producir un desbalance del calcio y una reducción del tamaño final del fruto (Pak et al., 2003).

Cutting y Bower (1992) demostraron que, bajo las condiciones tropicales, las frutas provenientes de árboles en los que el crecimiento vegetativo había sido controlado mediante poda, tenían mayores niveles de Ca, Mg, K y P a cosecha. Hoffman (2002, datos no publicados) también observó que cualquier tratamiento de poda que estimule el crecimiento vegetativo cerca o durante la cuaja y el crecimiento de los frutos, reduce su calidad y que los reguladores de crecimiento que reducen el crecimiento pueden disminuir estos problemas.

Las recomendaciones actuales estipulan que los tratamientos de manejo del dosel de los árboles deben evitar aumentar el crecimiento vegetativo durante el crecimiento del fruto, para no ver afectada la calidad de la fruta (Cutting y Bower 1992).

2.3.3. Manejo de plagas

Las prácticas de manejo de plagas pueden causar una pérdida directa de la fruta debido a las cicatrices y pueden causar pérdidas indirectas debido a altercaciones de la composición del fruto. Las cicatrices causadas por la segunda generación de thrips del fruto sobre frutos jóvenes en desarrollo, es el mayor problema de los productores. La presencia de cicatrices de trips en la piel provoca la pérdida directa de la fruta, debido a su descarte durante el proceso de clasificación en la planta de embalaje (Bower y Cutting, 1988).

2.3.4. Reguladores de crecimiento

El uso de reguladores de crecimiento que reduzcan el vigor vegetativo, puede influir en la calidad de la fruta en post cosecha, probablemente al afectar la

distribución de nutrientes dentro del árbol. Bower y Cutting (1988) revisaron la literatura referente a reguladores de crecimiento endógenos y sus efectos sobre la calidad de la fruta. Con excepción del etileno y el ABA (a través de su papel en el estrés hídrico), existe en la actualidad poca evidencia para suponer que las prácticas culturales puedan mayormente afectar a los reguladores de crecimiento y a la calidad de la fruta en post cosecha (Bower y Cutting, 1988).

2.3.5. Nutrición vegetal

La influencia de las prácticas nutricionales sobre la calidad de la fruta no ha sido esclarecida, sin embargo las investigaciones en el tema han demostrado que el estado nutricional del fruto puede afectar su calidad de post cosecha. Estudios previos han sugerido que la calidad de la fruta parece estar afectada, en primer lugar, por el calcio (Kremer-Köhne et al. (1993) y en segundo lugar, por el nitrógeno (Arpaia et al., 1994), el boro (Smith et al., 1997), el magnesio, el potasio (Koen et al., 1990; Witney et al., 1990) y el cinc (Vorster y Bezuidenhout, 1988).

Witney et al., (1990) demostraron el impacto de los niveles de calcio de la fruta sobre la duración del período de maduración de la fruta. Estos autores encontraron una interacción significativa entre ambas variables: frutos con alto contenido de calcio demoran más tiempo en madurar. Ellos también evaluaron los niveles de calcio durante el crecimiento de frutos provenientes de árboles vigorosos y no vigorosos. Los frutos provenientes de árboles no vigorosos tenían mayor contenido de calcio, especialmente durante las primeras etapas

de desarrollo del fruto. Este período también se correlaciona con la época de máximo crecimiento de los brotes vegetativos. Los autores sugieren que los niveles de calcio acumulados inicialmente en el fruto son los que afectan la calidad que éste alcance en la post cosecha.

2.3.6. Factores de post cosecha controlables por el productor

El productor también puede tener un papel importante en la calidad de post cosecha de la fruta, según la manera en que la fruta es manipulada después de la cosecha y hasta el envío a la planta de clasificación y embalaje. Eaks (1978) demostró que temperaturas continuadas sobre los 25°C después de cosecha eran perjudiciales para la calidad de la fruta, desde el punto de vista de la maduración. Este autor observó que, cuando la fruta era mantenida continuamente a 40°C, se inhibía la maduración y cuando la fruta se mantenía continuamente a 30°C, la maduración era anormal (manchas duras). Después, Arpaia (1994) observó que la ocurrencia intervalos de enfriamiento de 12 o 24 horas, cuando la temperatura de la pulpa era mantenida a 30°C o 40°C durante cada intervalo, afectaban la calidad de la fruta madura después de haber sido almacenada a 5°C. Woolf et al. (1995) observaron una mayor tolerancia de la fruta a alta a bajas temperaturas después de tratamientos con aire caliente, de hasta 34°C. Estos tratamientos además redujeron la tasa de maduración (menor vida de anaquel). Tales efectos también habían sido observados en fruta expuesta a altas temperaturas (exposición al sol) sobre el árbol (Woolf et al., 1999, 2000). Es, por tanto, crítico para el productor proteger la fruta cosechada de las altas temperaturas.

2.4. Costos de producción

2.4.1. Conceptos básicos

Se entiende por costo la inversión requerida para producir un bien o prestar un servicio. El costo tiene la connotación de contribuir a un objetivo productivo, en esto se diferencia del concepto de gastos (Abi, 1997).

Los costos de producción agrícola son un instrumento para tomar decisiones; como tal, deben proveer la mejor información posible con el fin de disminuir el riesgo. Por esta razón, es básico construir costos de producción lo más cercanos a la realidad (Abi, 1997).

Algunas de las decisiones que se toman con base en los costos agrícolas son:

- Decisiones sobre política
- Orientar la investigación
- Establecer ventajas comparativas para invertir en un cultivo
- Otorgar financiación para inversiones agrícolas
- Constituir seguro de cosecha
- Recibir prendas sobre cultivos
- Avalúo de daños (Abi, 1997).

La producción agrícola, a su vez, es el resultado del uso eficiente de la energía solar; esta eficiencia depende de la interacción de varios elementos, los cuales se pueden agrupar así (Ávila, 1999):

- Potencial genético de la especie cultivada
- Disponibilidad de agua
- Disponibilidad de nutrientes
- Talento humano (manejo del cultivo, administración, control de plagas y enfermedades) (Ávila, 1999)

2.4.2. Factores que afectan los costos agrícolas

Los costos agrícolas son la inversión requerida para obtener una determinada cantidad de producto, dependen de la oferta ambiental, que es propia de cada ecosistema, del balance hídrico de la región, la luminosidad, la humedad relativa, las heladas, entre otros elementos. Así, el aporte de agua por precipitación determinará la necesidad de obtener costos por riego o mantenimiento de drenajes. La fotosíntesis depende de la luminosidad, la presencia de hongos patógenos puede estar influenciada por una mayor humedad relativa o mayor nubosidad. Los cambios bruscos de temperatura causan estrés a la planta y alteran su fisiología (Ávila, 1999).

Igualmente, los costos agrícolas dependen de los patrones de tecnología. El uso indiscriminado o inadecuado de insumos industriales puede encarecer innecesariamente los costos. De acuerdo con estos criterios se obtienen los costos totales por unidad de superficie, los cuales son específicos para cada ecosistema (Ávila, 1999).

2.4.3. Costos unitarios

El costo unitario se obtiene del costo total del cultivo dividido por el número de unidades producidas, es decir, el costo de producir una unidad de producto, ya sea un kg o una tonelada. Este costo unitario de producción se puede comparar con el precio unitario que paga el mercado por el producto, para, a partir de ahí, tomar decisiones (Barón, 2000).

Si se mantiene constante el patrón de costos totales, en la medida en que la producción sea más eficiente, expresada como cantidad mayor de unidades producidas, el costo unitario disminuye; por el contrario, una menor producción aumenta el costo unitario. De igual forma, si se mantiene constante la producción, pero disminuyen los costos totales, se logra bajar el costo unitario del producto (Barón, 2000).

En general, la disminución de costos unitarios garantiza la competitividad del cultivo y su permanencia en el mercado, y debe ser un propósito de los productores apoyados por los investigadores, extensionistas y asistentes técnicos. Con base en el costo total, es importante conocer en qué proporción cada uno de estos costos participa en el costo final y tener la estructura de costos (Barón, 2000).

Con estos conceptos se establece la importancia de los costos de producción agrícola y, por ende, de la necesidad de profundizar en el tema, adelantar una discusión sobre el mismo y llegar a un sistema de clasificación y un procedimiento para establecerlo (Barón, 2000).

2.4.4. Clasificación de los costos agrícolas

Hay diferentes maneras de establecer los costos. Para establecer los costos agrícolas se utiliza la clasificación de acuerdo a la identidad con respecto al producto. Algunos costos pueden ser identificables por su participación en la elaboración del producto; en otros casos, esto no es fácil de hacer; entonces se clasifican en (Barreto, 2002):

- Costos directos: pueden ser fácilmente identificables con la producción; se causan directamente para el proceso productivo. Tal es el caso de insumos, mano de obra, transporte, arrendamiento de tierras, empaques, maquinaria, materiales.
- Costos indirectos: usualmente son costos globales que demanda el negocio (Barreto, 2002).

Es muy difícil identificarlos con el producto, por ejemplo: honorarios profesionales, relaciones públicas, seguros, servicios públicos y asesorías. Igualmente, papelería, licencias, trámites, contabilidad, etc. Los costos de ventas corresponden a las comisiones pagadas por ventas, publicidad y gastos de notaría y registro (Barreto, 2002).

Los costos financieros: corresponden al costo del dinero vinculado con el proyecto de inversión, comprenden los valores financiados por el sistema financiero. Generalmente en los proyectos agrícolas y de construcción equivalen al 80% de los costos directos. Sin embargo, los recursos financieros

propios del inversionista tienen un interés de oportunidad, ya que podrían generar rendimientos si no estuviesen vinculados al proyecto; por esta razón se estima el costo financiero sobre los saldos negativos dentro del flujo de caja en el período analizado (Barreto, 2002).

El valor del dinero sale de un costo promedio ponderado entre el interés de oportunidad del dinero del inversionista y el costo del dinero en el sistema financiero (Barreto, 2002).

2.4.5. Costos en proyectos de mediano y tardío rendimiento

Los negocios tienen ciclos de acuerdo con su complejidad y duración; un proyecto de inversión puede contemplar: etapas de preinversión, como estudios de pre y factibilidad, etapa de puesta en marcha o inversión y etapa de operación. Los costos de pre inversión corresponden generalmente a estudios, investigaciones y diseños preliminares; si el proyecto muestra viabilidad, estos costos son imputables a la inversión (Bartusch, 2004).

2.4.6. Costos de inversión

Se puede decir en términos generales que los costos de inversión comprenden todas las erogaciones hasta el momento en que el negocio empieza a producir beneficios. Pueden ser los estudios preliminares, compra de terrenos, construcciones, maquinaria y equipos, establecimiento de cultivos, compra de semovientes, etc. (Bartusch, 2004).

2.4.7. Costos de operación

Cuando el negocio inicia la producción de beneficios, termina la fase de inversión y tiene lugar la fase de operación. En esta etapa, los costos que se causan se denominan costos de operación, y corresponden a las erogaciones rutinarias para que el negocio funcione: insumos, mantenimiento, servicios, administración, costos de ventas, etc. (Bartusch, 2004).

2.4.8. Método para determinar los costos

El nivel de tecnología establecido para un cultivo da lugar a una serie de actividades, cada una de las cuales tiene unos costos, para determinarlos se establecen, en primera instancia, las unidades físicas requeridas expresadas en magnitud y número. Por ejemplo: fertilizantes requeridos: 300 kg/ha; para control de malezas: 25 jornales/ha. (Bartusch, 2004).

Este patrón de actividades es más o menos constante para cada cultivo, de tal manera que una vez establecido se sigue utilizando hasta que se produzca un cambio tecnológico significativo (CATIE, 1990).

Para cada ciclo del cultivo se establece el costo de cada unidad y de cada actividad, y para ello se toman los precios de mercado; estos precios son el elemento variable, y para cada época es necesario investigarlos (CATIE, 1990).

La suma de todos los costos corresponde a los costos totales. Una vez que se establecen los costos totales y se conoce el número de unidades que se

espera producir, se obtiene la relación entre los dos datos para obtener el costo por unidad producida (CATIE, 1990).

2.4.9. Salud, seguridad y bienestar

Condiciones de trabajo y de los trabajadores

Uno de los ejes fundamentales de las Buenas Prácticas Agrícolas es la protección a los trabajadores de los predios agrícolas. Para esto se deben cumplir las especificaciones que se mencionan a continuación y, de manera anexa, toda la legislación relacionada con el tema (CATIE, 1990).

Hay que subrayar que todos los trabajadores deben contar con contratos de trabajo, tener sus cotizaciones provisionales al día y tener un horario de trabajo establecido. Estas mismas exigencias se deben hacer al trabajar con contratistas. Se debe guardar copia de estos documentos en el predio (CATIE, 1990).

2.4.10. Capacitación

- Todo el personal que labora en la finca debe recibir capacitación en las labores que realiza.
- Todo el personal, tanto permanente como temporal, debe recibir capacitación básica sobre higiene para el manejo de los productos. Se debe dar especial énfasis a la higiene de las manos, la protección de cortes en la piel y la limitación de fumar, comer y beber en los lugares permitidos.

- Todo el personal que trabaje con productos fitosanitarios debe recibir una capacitación especial referida a la preparación, manipulación y aplicación de fitosanitarios, y al uso del equipo de protección personal y de los equipos de aplicación.
- Las normas entregadas en las actividades de capacitación deben ser proporcionadas por escrito y de manera entendible para el personal.
- Esta capacitación debe ser efectuada por cualquier institución, profesional o monitor con experiencia comprobable en el tema (CATIE, 1990).
- Cada capacitación debe quedar registrada y contar con un certificado de asistencia o aprobación. Se debe indicar tema de capacitación, fecha, encargado de la capacitación, nombre y firma del participante. Estos documentos deben quedar archivados.
- Cada vez que ingrese un nuevo trabajador, o que una persona sea removida de una función a otra, debe capacitarse en su nueva labor (CATIE, 1990).

2.4.11. Seguridad

- Se debe desarrollar un plan de acción que promueva condiciones de trabajo seguras y saludables.
- Deben prepararse procedimientos para casos de emergencia y accidentes. (INSTITUTO NACIONAL DE NORMAS TÉCNICAS, 2005)

Estas indicaciones deben estar escritas y ser de fácil entendimiento para los trabajadores. Se deben incluir los teléfonos de emergencia para incendios,

accidentes, intoxicaciones, etc., (INSTITUTO NACIONAL DE NORMAS TÉCNICAS, 2005)

- Los distintos peligros que se presenten en el predio deben ser claramente identificados mediante señalizaciones.
- Debe haber botiquines equipados adecuadamente en el lugar donde se realice alguna labor. La ubicación del botiquín debe ser de fácil acceso y conocida por el personal.
- Los trabajadores deben contar con el equipamiento necesario para su protección personal según las labores que realicen. Esta condición reviste especial importancia en el caso de manipulación de productos fitosanitarios.
- Las maquinarias y equipos de trabajo, y los equipos eléctricos deben mantenerse en buen estado. Se les debe realizar revisiones periódicas para evitar accidentes de los trabajadores (INSTITUTO NACIONAL DE NORMAS TÉCNICAS, 2005)

2.4.12. Servicios básicos para el personal

- En todas las jornadas se debe de contar con agua potable o potabilizada destinada a la bebida y lavado de manos del personal
- El agua debe ser distribuida por medios sanitariamente adecuados. En caso de utilizar envases (INSTITUTO NACIONAL DE NORMAS TÉCNICAS, 2005):

- Deben estar limpios, exterior e interiormente.
- No deben tener sedimentos en su interior.
- Deben tener una llave dispensadora para sacar el agua.
- Se deben mantener sobre alguna estructura que evite su contacto con el suelo.
- El agua debe estar limpia, fría y sin olores extraños.
- Los bidones con agua de bebida deben mantenerse a la sombra (INSTITUTO NACIONAL DE NORMAS TÉCNICAS, 2005)

- Se debe disponer de baños fijos o móviles para el personal. Éstos deben mantenerse en buen estado y limpios; deben estar en número adecuado para la cantidad de trabajadores y ser de fácil acceso
- Los baños deben ubicarse a más de 100 m de fuentes o cursos de agua.
- Todos los baños deben contar con un sistema de recepción de aguas servidas. No se puede verter esta agua a cursos de agua o directamente en los campos.
- Cualquiera que sea el tipo de baños existente en la finca, se debe cumplir con las siguientes normas mínimas de higiene (INSTITUTO NACIONAL DE NORMAS TÉCNICAS, 2005):

- Deben ser fáciles de lavar y deben mantenerse siempre limpios, interior y exteriormente.
- Si los baños se utilizan durante faenas nocturnas, deben tener iluminación.
- Las puertas deben cerrar bien.

- Deben contar con basureros con tapa.
- Deben contar con dispensador de papel higiénico.
- Deben tener señalización que indique la obligación de lavarse las manos después de usar el baño.
- No deben contaminar el suelo, agua, materiales ni equipos, por ejemplo a través de filtraciones (INSTITUTO NACIONAL DE NORMAS TÉCNICAS, 2005)

- A la salida de los baños debe haber instalaciones para el lavado de manos. Deben contar con los siguientes elementos mínimos (INSTITUTO NACIONAL DE NORMAS TÉCNICAS, 2005):

  - Agua potable o potabilizada. Puede estar contenida en un recipiente de plástico, cerrado y con llave dispensadora para sacar el agua.
  - Dispensadores de jabón.
  - Elementos para secado de manos, los cuales deben ser desechables.

- Se debe elaborar un programa de limpieza de los baños que incluya productos, dosis, frecuencia de aplicación, persona encargada y lista de verificación. Se debe llevar un registro de esta actividad.
- Aquellos predios que cuenten con colectivos o viviendas para el personal, deben cumplir con lo siguiente (INSTITUTO NACIONAL DE NORMAS TÉCNICAS, 2005):

  - Mantenerlos en buen estado, limpios, bien ventilados y con una

iluminación adecuada.

- Tener piso liso.
- Contar con servicios higiénicos (baños y duchas) de acuerdo a lo establecido en la normativa vigente.
- Se debe contar con un programa de higiene del lugar y se debe incluir en el programa de control de vectores y plagas (INSTITUTO NACIONAL DE NORMAS TÉCNICAS, 2005)

- Deben existir instalaciones básicas para la alimentación del personal. Se puede disponer de comedores fijos o móviles, los cuales deben (INSTITUTO NACIONAL DE NORMAS TÉCNICAS, 2005):

- Mantenerse limpios y ordenados.
- Contar con basureros con tapa.
- Tener agua potable o potabilizada para el lavado de manos del personal.
- Contar con un medio de conservación de los alimentos, cocinilla y lavaplatos cuando los trabajadores deban llevar su alimento.
- Ubicarse en áreas protegidas del sol o de otros factores climáticos (viento, lluvia, etc.).
- Existir un programa de limpieza del recinto. En él se debe documentar la forma de limpieza, los productos, dosis y frecuencia de aplicación, y el encargado de ello.
- Las superficies de las mesas deben ser lavables y deben permanecer limpias (INSTITUTO NACIONAL DE NORMAS TÉCNICAS, 2005)

2.4.13. Medidas de higiene

- El personal debe respetar las medidas de higiene e inocuidad dispuestas por el predio.
- El personal debe conocer las distintas señales educativas presentes en el predio y respetar lo que se quiere de ellas, en lo referente a medidas de higiene (¯Lávese las manos"; ¯Use los baños"), restricción de acceso a lugares prohibidos y zonas habilitadas para comer y fumar.
- El personal con enfermedades contagiosas o con síntomas de ellas (diarrea, vómito, etc.), debe dar aviso al encargado, y no trabajar manipulando producto fresco.
- Las visitas que lleguen al recinto deben cumplir con las mismas exigencias que el personal que labora en él (Jaramillo, 2001).

2.4.14. Vías de intoxicación por plaguicidas en el organismo humano

Los plaguicidas pueden ingresar al cuerpo humano por varias vías: por ingestión (vía oral), por inhalación (por la nariz), y por contacto con la piel (vía dérmica) y los ojos. Usualmente los trabajadores agrícolas solamente tienen claro el concepto de la intoxicación por vía oral (Jaramillo, 2001).

Vía oral o ingestión: es la vía que generalmente produce las consecuencias más graves. Se presenta en intoxicaciones accidentales por diversas causas como son:

- Comer, beber o fumar con las manos (o los guantes) contaminados.
- Consumir alimentos contaminados. Los alimentos pueden contaminarse en el almacenamiento o durante el transporte, o por guardar alimentos, aguas u otras bebidas en recipientes que han contenido plaguicidas, etc. Igualmente, se consumen alimentos contaminados cuando no se tienen en cuenta los plazos recomendados entre la última aplicación del plaguicida y la cosecha (periodo de carencia).
- Por errores o confusiones que se presentan por reenvasar plaguicidas en recipientes de alimentos o bebidas. Por ejemplo, un plaguicida líquido en una botella de cerveza o gaseosa, un polvo blanco en un tarro de leche en polvo, etc.
- Por tratar de destapar las boquillas o los filtros de los equipos soplándolos.
- Vía respiratoria: Puede presentarse por causas tales como:
- Preparar mezclas y cargar los equipos de aplicación con productos tóxicos y volátiles en ambientes cerrados o con baja ventilación, especialmente en climas cálidos.
- Preparar mezclas o cargar los equipos con productos en polvo, expuesto al viento.
- Aspirar la nube de aspersión. Esta circunstancia se da sobre todo al hacer aplicaciones en ambientes cerrados como bodegas o invernaderos o a cultivos altos (arriba de la cintura del aplicador o mayores).

- Aspirar la nube de polvo al aplicar sustancias sólidas para espolvoreo (Jaramillo, 2001).
- Aspirar los vapores o gases de productos de fumigación, bien sea al momento de la aplicación o después.
- Aspirar nieblas finas como las producidas por aerosoles o termonebulizadores.
- Aspirar humos o vapores procedentes de incendios en los cuales estén involucrados plaguicidas o de quemas de envases contaminados.
- En las bodegas o almacenes, aspirar vapores tóxicos, procedentes de recipientes mal cerrados o rotos, o de derrames no limpiados oportunamente.
- Usar respiradores inadecuados o filtros contaminados (Jaramillo, 2001).

Por la vía respiratoria es que se presentan efectos más rápidamente y éstos generalmente son graves. Cuanto más pequeñas sean las partículas suspendidas en el aire, más fácil y profundamente penetran por esta vía. Partículas menores de 10 micras pueden llegar hasta el alvéolo pulmonar. Partículas de 50 a 100 micras son retenidas por la cavidad nasal y se absorben por las mucosas. La superficie de absorción de los pulmones es de unos 70 metros cuadrados y el alvéolo pulmonar, donde se produce el intercambio de gas carbónico y el oxígeno en la sangre, sólo presenta una capa de células, de modo que los gases, vapores, humos o partículas en general que logren llegar al alvéolo, se incorporan fácilmente en la sangre (Olsen, 1999).

Vía dérmica: Es la vía más frecuente de intoxicación ocupacional con plaguicidas. Se estima que un 90% de las intoxicaciones ocupacionales se presentan por esta vía. La intoxicación por vía dérmica ocurre por causas tales como (Olsen, 1999):

- Derrames o salpicaduras en la piel de productos concentrados (por ej.: al medir los productos o tanquear los equipos de aplicación) o diluidos (por ej.: por fugas en los equipos de aplicación, tanques, mangueras o conexiones).
- Por exposición continuada a la nube de aspersión o a su depósito.
- Por el uso de ropas o elementos de protección contaminados o rotos.
- Por tocarse la piel con los guantes contaminados (por ej.: para limpiarse el sudor o quitarse el respirador.
- Por malos hábitos de higiene o carencia de ellos.
- Por reparar equipos de aplicación contaminados (Olsen, 1999).

La piel es una buena barrera contra algunas sustancias, pero también puede absorber otras que entran en contacto con ella; no todas las zonas del cuerpo humano tienen la misma capacidad de absorción. En ensayos hechos con productos organofosforados se encontró que la parte externa del antebrazo era la de menor absorción; en comparación, la absorción por la cara y el cuero cabelludo es unas cuatro veces mayor, por el abdomen unas dos veces mayor y en la región genital casi doce veces mayor (Olsen, 1999).

Los ojos, la lengua y la boca tienen también una gran capacidad de absorción. Las heridas, raspaduras e infecciones en la piel, así como la sudoración, aumentan la capacidad de absorción. (Olsen, 1999).

La formulación de un plaguicida también influye en la facilidad con que es absorbido por la piel. Las formulaciones líquidas que contienen solventes, como los concentrados emulsionables, penetran más rápidamente que las formulaciones secas como los granulados, polvos mojables o de espolvoreo, etc. Los ingredientes activos que son solubles en grasas (liposolubles) penetran más fácilmente por la piel. (Olsen, 1999).

Cuando hay contaminación de la piel, la probabilidad de intoxicación aumenta en proporción con el área contaminada y con el tiempo que transcurra entre la contaminación y el lavado de la piel (Olsen, 1999).

2.4.15. Registros y trazabilidad

Establecer un sistema documentado de implementación de trazabilidad

Un sistema de trazabilidad hace parte de las Buenas Prácticas Agrícolas, por tanto contribuye al logro de la inocuidad alimentaria, porque permite a los productores, fabricantes y autoridades sanitarias seguir la pista de un alimento desde su origen hasta que llega a manos del consumidor, incluyendo las materias primas y el material de empaque; contribuye además a que las autoridades sanitarias activen la red de alerta alimentaria e inmovilicen

rápidamente los productos inseguros y, si es necesario, los retiren del mercado, cuando se tengan sospechas fundadas de que un alimento puede causar problemas de salud. Igualmente, a los productores y fabricantes les sirve para localizar rápidamente un lote problemático, de manera que el resto de la producción no se vea afectado (Ramos, 2005).

A los consumidores les da tranquilidad saber que, si surge una inconformidad con el producto, pueden utilizar su derecho de reclamación y asegurar la toma de acciones correctivas, además del derecho que tienen a recibir información sobre el origen y otros datos esenciales del alimento que les permitan decidir si consumen o no ese producto (Ramos, 2005).

En términos de implementación, la trazabilidad se inicia con la identificación de la finca y los respectivos lotes de producción. Se recomienda elaborar un plano topográfico que permita visualizar toda el área, ubicar la infraestructura, las vías de acceso, los nacimientos y corrientes de agua, las áreas cubiertas con bosque y cada uno de los lotes. En forma complementaria se debe elaborar documentación que registre todas las actividades que se desarrollen en el predio en función de obtener el producto (Ramos, 2005).

Esta información, además de permitir rastrear el producto, permite hacer seguimiento y tener control sobre las diferentes operaciones que se realizan en la unidad productiva, y con base en ello establecer los planes de mejoramiento continuo (Ramos, 2005).

Para implementar un sistema de trazabilidad se requiere establecer una codificación que permita identificar el producto, el lote, la finca, la comercializadora y las personas que participan en el proceso, de tal manera que en cualquier momento sea posible hacer el rastreo (Ramos, 2005).

2.4.16. Plan de manejo de documentación y registro

Los planes operativos estandarizados, el manual de procedimientos y los instructivos son documentos que permiten unificar criterios en torno al objetivo y la forma de realizar cada una de las actividades, para evitar pérdidas de recursos y de tiempo. Los procedimientos deben ser realizados bajo los lineamientos de manejo de documentación contenidos en la Norma ISO 9000 versión 2000. Los instructivos y procedimientos deben contener (Serna, 2003):

- Definición y alcance: describir lo que se quiere hacer. Objetivo: Es el propósito que se espera alcanzar.
- Contenido: describe la forma, cómo, con qué y la frecuencia como se deben realizar las diferentes tareas u operaciones que, en su conjunto, permitirán lograr el objetivo.
- Documentos de referencia que se tuvieron en cuenta para el desarrollo del instructivo o procedimiento (Serna, 2003).

Los procedimientos o instructivos principales que se requieren elaborar para BPA son (Serna, 2003):

- Obtención de semillas de calidad.
- Toma de muestras de suelos.
- Aplicaciones de fertilizantes.
- Aplicaciones de productos fitosanitarios.
- Operaciones de cosecha.
- Operaciones de manejo poscosecha.
- Preparación del terreno para la siembra (Serna, 2003)

Los formatos de registros son documentos de especial importancia en los que se guarda información sobre cada una de las labores que se realizan en las diferentes etapas de la cadena, que le sirven al empresario para evaluar su desempeño y aplicar correctivos para mejorar en forma continua. Con vistas a implementar Buenas Prácticas Agrícolas, se recomienda registrar la información por lotes. Los registros principales en las BPA son (Serna, 2003):

- **Libro diario de actividades**

El formato debe contener, como mínimo: en el encabezado el nombre de la finca, la ubicación (vereda, municipio), el lote, el cultivo, la variedad, la fecha de siembra, si se trata de árboles el número de plantas, y las distancias de siembra. En el cuerpo del formato debe consignarse (Serna, 2003):

- La fecha.
- La actividad.

- Las horas o jornales invertidos.
- Los insumos utilizados describiendo el nombre de cada uno, la cantidad aplicada y el nombre del responsable de la aplicación (Serna, 2003).

- **Registro de aplicación de fertilizantes**

Este formato debe contener en su encabezado el nombre de la finca, la vereda y el municipio; el propietario, el cultivo, el lote, la especie, la variedad, la fecha de siembra, las distancias de siembra, el número de plantas, y el nombre del asistente técnico. El cuerpo del formato debe contener (Serna, 2003):

- Fecha
- Nombre del fertilizante
- Presentación
- Justificación de la aplicación
- Dosis
- Equipo de aplicación
- Nombre del operario que realizó la aplicación

- **Registro de aplicación de abonos orgánicos**

Los registros para las aplicaciones de abonos orgánicos, en su encabezado, deben contener: el nombre de la chacra, la vereda, el municipio y el propietario; el cultivo, la especie, el lote, la variedad, la fecha de siembra, las distancias de siembra, el número de plantas, y el nombre del asistente técnico. El cuerpo del formato debe contener (Serna, 2003):

- Fecha
- Nombre del abono orgánico
- Registro ICA
- Presentación (líquido, sólido)
- Justificación de la aplicación
- Dosis
- Equipo de aplicación
- Nombre del operario que realizó la aplicación

Registro de nuevas siembras

Los registros para nuevas siembras en su encabezado deben contener: el nombre de la finca, la vereda, el municipio y el propietario; el cultivo, la especie, el lote, la variedad, la fecha de siembra, las distancias de siembra, el número de plantas, y el nombre del asistente técnico. El cuerpo del formato debe contener (Serna, 2003):

- Fecha de siembra
- Distancias
- Procedencia (de la misma finca o comprado en viveros)

- Certificación o Registro sanitario
- Cantidad de plantas
- Edad
- Nombre de la persona responsable de la compra (Serna, 2003).

- **Registro de aplicaciones de productos fitosanitarios:**

Los registros para las aplicaciones de productos fitosanitarios en su encabezado deben contener: el nombre de la finca, la vereda, el municipio y el propietario; el cultivo, la especie, el lote, la variedad, la fecha de siembra, las distancias de siembra, el número de plantas, y el nombre del asistente técnico; El cuerpo del formato debe contener (Serna, 2003):

- Fecha
- Nombre del producto fitosanitario
- Ingrediente activo
- Presentación (líquido, sólido)
- Categoría toxicológica
- Justificación de la aplicación
- Dosis y Equipo de aplicación
- Nombre del operario que realizó la aplicación (Serna, 2003).

- **Registro de cosecha:**

Los registros para la cosecha en su encabezado deben contener: el nombre de la finca, la vereda, el municipio y el propietario; el cultivo, la especie, el lote, la variedad, la fecha de siembra, las distancias de siembra, el número de plantas, y el nombre del asistente técnico. El cuerpo del formato debe contener (Serna, 2003):

- Fecha de cosecha y Lote
- Total de kilos cosechados
- Calidades (Primera, segunda, terceras)
- Rechazos o pérdidas poscosecha
- Destino del producto
- Nombre del operario que supervisó la cosecha

(Serna, 2003):

Otros registros:

En las unidades productivas también se recomienda llevar registros sobre:

- Aplicaciones de productos protectantes, desinfectantes o desinfectantes de fruta en poscosecha
- Registro de visitantes a la unidad productiva.
- Registro de capacitaciones del personal de apoyo (Serna, 2003):

V. CONCLUSIONES

Se concluye los siguientes:

- En la literatura actual existe amplia evidencia de que los factores de pre cosecha pueden afectar la calidad de post cosecha de los cultivos. Los factores de pre cosecha pueden tal vez ser particularmente críticos para el éxito de la manipulación de los cultivos, ya que se requiere de un largo tiempo de viaje hasta el mercado. La comprensión de los efectos del ambiente de pre cosecha sobre los procesos de crecimiento y maduración, y la susceptibilidad a desórdenes fisiológicos y patológicos ayudará a explicar las inconsistencias observadas en la evolución de la fruta en post cosecha.
- Al estudiar la cosecha y pos cosecha tendrá también un beneficio indirecto. Típicamente, los agricultores no comprenden en general la biología de la post cosecha de su fruta en particular, ni tampoco se importan, ya que perciben que la post cosecha es algo que queda fuera del portón del campo. Los esfuerzos destinados a mejorar la comprensión del papel de los factores de pre cosecha sobre la calidad de post cosecha, harán que los productores controlen activamente la calidad de su producto y ayudarán a hacerlos partícipes en la área de optimizar la calidad del producto.

VI. RECOMENDACIONES

- Se deben tener en cuenta el índices de Cosecha de cada cultivo
- Dar prioridad al índice de calidad de los cultivos como: Uniformidad de tamaño y forma firmeza, libre de pudriciones, ausencia de quemaduras de sol, agrietamientos, magulladuras, deterioro interno, manchado pardo interno, gomosis y daños por insectos, Hojas de la corona: color verde, longitud media y erguidas, Intervalo de sólidos solubles = 11-18%; acidez titulable (principalmente ácido cítrico) = 0.5-1.6%; y ácido ascórbico (vitamina C) = 20-65 mg/100g peso fresco, dependiendo del cultivar y del estado de madurez.
- Tener en cuenta la temperatura y atmósfera controlada, la humedad relativa que debe estar entre 85-90%.
- La tasa de Respiración
- Tener en cuenta los desórdenes tanto en Fisiopatías y Desórdenes Físicos.
- Conocer las enfermedades
- Tener en cuenta las Estrategias de Control como el manejo cuidadoso para minimizar daños mecánicos.
- Inmediato enfriamiento y mantenimiento de la temperatura y humedad relativa óptimas a través de todas las operaciones del manejo postcosecha

VII. BIBLIOGRAFIA

1. ABI SADE. 1997. Cultivo bajo condiciones forzadas. Nociones generales. Rejovot. Israel. 144 pp.
2. ÁVILA C.; VELANDIA, J. y LÓPEZ A. 1999. Enfermedades y plagas de las hortalizas y su manejo. Instituto Colombiano Agropecuario —ICA—, División de Sanidad Vegetal. Unidad de Proyectos de Prevención. Boletín N.º 16. Bogotá. 68 pp.
3. Arpaia, M. L. 1994. Studies in the postharvest handling of California avocados. California Avocado Society 1993 Yearbook. 77:79 – 88.
4. BARÓN, C.; BARÉS, C. y MARADEI, F. 2000. Manejo poscosecha del tomate. En: Inspección de frutas y hortalizas. Buenos Aires (Argentina). 13 pp.
5. BARRETO, J. D. et al. 2002. Manual del cultivo de tomate tipo milano, pimentón, maíz dulce y fríjol en el sistema de siembra en camas plastificadas, bajo las condiciones agroecológicas de la Meseta de Ibagué. Colciencias, Cooperativa Serviarroz, Corpoica, Sena. Ibagué. p. 3-42.
6. BARTUSCH, MARÍA C. 2004. Buenas Prácticas Agrícolas en el manejo de agroquímicos o productos fitosanitarios. Argentina. 12 pp.
7. Bower, J. P. and J. G. Cutting. 1988. Avocado fruit development and ripening physiology. In: J. Janick (ed.) Horticultural Reviews. Volume 10:229-271. Timber Press, Portland, OR.
8. Cutting, J. G. M. and J. P. Bower. 1992. The effect of vegetative pruning on fruit mineral com-position and postharvest quality in ‗Hass' avocado, p. 403- 407. In: C.J. Lovatt (ed.). Proc. World Avocado Congr. II, 21-26 Apr. 1991, Orange, Calif.

9. CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA —CATIE. 1990. Proyecto regional manejo integrado de plagas. Guía para el manejo integrado de plagas del cultivo de tomate. Turrialba (Costa Rica). 73 pp.
10. CISNEROS U., F. H. 1980. Principios del Control de las plagas. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima (Perú). 189 pp.
11. Everett, K. R., J. Rees-George, S. L. Parkes and P. R. Johnston. 2003. Predicting avocado fruit rots by quantifying inoculum potential in the orchard before harvest. Proceedings V World Avocado Congress (Actas V Congreso Mundial del Aguacate) 2003. pp. 601-606.
12. Eaks, I. L. 1978. Ripening, respiration and ethylene production of ═Hass‘ avocado fruits at 20° to 40°C. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103(5):576-578. 1978
13. IMPULSORES INTERNACIONALES LTDA. 2005. Manual técnico. Impulsemillas. Bogotá. 175pp.
14. INSTITUTO NACIONAL DE NORMAS TÉCNICAS —Icontec. 2005. Norma Técnica Colombiana NTC 5400. Buenas Prácticas Agrícolas para frutas, hierbas aromáticas culinarias y hortalizas frescas. Registros Generales. Bogotá. 27 pp.
15. JARAMILLO N., J. E. 2001. El manejo agronómico de cultivos como herramienta de Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades tendientes a la producción limpia de hortaliza. En: Hortalizas: plagas y enfermedades. Compendio de eventos 1. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria —Corpoica—. Sociedad Colombiana Entomológica —Socolen—. pp. 5-21.

16. Kremer-Köhne, S., J. S. Köhne and J. M. Schutte. 1993. Effect of potassium, magnesium and nitrogen soil applications on Fuerte avocado fruit quality. South African Avocado Growers‘ Association Yearbook, 16:33-36.
17. Koen, T. J., S. F. Du Plessis and J. H. Terblanche. 1990. Nutritional factors involved in physio-logical post-harvest fruit disorders of avocados (cv. Fuerte). Acta Horticuluturae, 275:543-550.
18. MAYA P., DÍAZ R., L. B. 2004. Mejoramiento de la calidad e inocuidad de las frutas y hortalizas frescas: un enfoque práctico. Manual para multiplicadores. Organización de las Naciones Unidad para la Agricultura y la Alimentación —FAO. 20 pp.
19. OLSEN, J. K. et al. 1999. Effects of network of mycorrhizae on capsicum (Capsicum anual) grown in the field with five rates of applied phosphoros. En: Aust. J. Agric. Res. N.º 50, pp. 239-252.
20. PEDRAZA R., J. M. 2006. Línea programática de Buenas Prácticas Agrícolas y Pecuarias para la cadena agroindustrial. Guía para la implementación de Buenas Prácticas Agrícolas. Servicio Nacional de Aprendizaje —SENA—, Dirección de Formación Profesional. Grupo de Innovación y Desarrollo Tecnológico. Regional Quindío. 19 pp.
21. Pak, H. A., J. Dixon, D. B. Smith, T. A. Elmsly and J. G. M. Cutting. 2003. Impact of rainfall prior to harvest on ripe fruit quality of ‗Hass‘ avocados in New Zealand. Proceedings V World Avocado Congress (Actas V Congreso Mundial del Aguacate) 2003. pp. 629-634.
22. RAMOS A. A. 2005. Uso adecuado y eficaz de productos para la protección de cultivos. 4.ª edición. Servicio Nacional de Aprendizaje —

SENA—. Cámara de la Industria para la Protección de Cultivos, ANDI. 233 pp.

23. Smilanick, J., D. and D. Margosan. 2002. Avocado postharvest disease management. Calif. Avocado Research Symposium, Oct. 26, 2002.
24. Smith, T. E., C. J. Asher, R. A. Stephenson and S. E. Hetherinton. 1997. Boron deficiency of avocado. 2. Effects on fruit size and ripening In: Boron in soils and plants (Bell, R.W. and Rerkasem, B., Eds). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 135-137.
25. SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE —SENA. Cámara de la Industria para la protección de cultivos, ANDI. 2005. Manual de instrucciones para entrenamiento de agricultores y extensionistas en el uso seguro y eficaz de plaguicidas. 541 pp.
26. Vorster, L. L. and J. J. Bezuidenhout. 1988. Does zinc play a role in reducing pulp spot? South African Avocado Growers‘ Assn. Yrbk. 11:60.
27. Woolf, A.B.; Bowen, J.H.; Ferguson, I.B.; 1999: Preharvest exposure to the sun influences post-harvest responses of ═Hass‘ avocado fruit. Postharvest Biology and Technology. 15(2): 143-153.
28. Witney, G. W., P. J. Hofman, and B. N. Wolstenholme. 1990. Effect of cultivar, tree vigour and fruit position on calcium accumulation in avocado fruits. Sci. Hort. 44(3-4):269-278.
29. Woolf, A.B.; Wexler, A.; Prusky, D.; Kobiler, E.; Lurie, S. 2000: Direct sunlight influences postharvest temperature responses and ripening of five avocado cultivars. J. Am. Soc Hort. Sci. 125(3): 370-376.

RUTALES Y CITRICOS

julio 26, 2013 en Cultivos por admin

A la hora de tener **una floración óptima** en calidad y homogeneidad será imprescindible un correcto equilibrio hormonal en el que la sucesión correcta de las principales hormonas involucradas (el ácido Giberélico, el Etileno, las Citoquininas y la Auxina) sea perfecta.



La fijación de las flores y de los frutos recién cuajados es un aspecto de gran importancia, el cual es muy sensible a elevaciones de los niveles de estrés de la planta así como de descensos en los niveles de auxinas en los órganos a cuidar y preservar. Nuestra labor será siempre intentar mantener bajo control la generación de Aminociclopropano Carboxilato (ACC) por parte del sistema radicular al tiempo que procuramos que los niveles de auxinas (ácido indolacético
y ácido indolbutírico) sean los mínimos para garantizar el máximo de fijación de las flores y frutos.

Las **hormonas vegetales** afectan todos los aspectos del crecimiento de los árboles frutales y cítricos. Entendiendo cómo trabajan las hormonas nos permitirá superar muchos de los factores de estrés que limitan su ciclo natural de crecimiento y su expresión genética.

Las hormonas vegetales están presentes en diferentes niveles en los diferentes estados de desarrollo (desarrollo vegetativo, floración, polinización, cuajado y maduración del fruto, etc.). Deberán estar disponibles en suficientes cantidades

durante todo el ciclo de vida del árbol para conseguir maximizar su expresión genética, y tener de esta manera buenos rendimientos y buena calidad final de fruto.

El conocimiento y la comprensión de la fisiología vegetal en frutales y cítricos nos permitirá regular importantes aspectos, como por ejemplo la floración, la caída de flores y frutos, el incremento del tamaño y número de frutos, el calibre y calidad final, etc.

Consideramos el **Sistema Radicular** como ¯El Cerebro de los Árboles" porque allí se controlará el balance nutricional y hormonal del árbol. Más en concreto, serán las cofias radiculares las que dirigirán la producción de las hormonas y la absorción de agua y de nutrientes.
Las **Citoquininas** se producirán principalmente en los ápices radiculares, y se moverán hacia arriba para estimular el crecimiento de los nuevos brotes. Las **Auxinas** se producirán principalmente en los meristemos apicales, y se moverán hacia abajo desde los brotes para estimular el crecimiento de las raíces. Las Auxinas y las Citoquininas producirán DIVISIÓN CELULAR, y junto a las **Giberelinas** (Ácido Giberélico),CRECIMIENTO CELULAR.
La actividad enzimática necesaria para la producción de hormonas se ve limitada cuando la temperatura está por encima de los 31ºC o por debajo de los 20ºC, y por lo tanto, la división celular en días muy fríos o muy calurosos se verá deteriorada. Cuando tengamos condiciones climatológicas adversas y por lo tanto, no vayamos a tener cantidades de auxinas suficientes que lleguen al sistema radicular y estimulen su crecimiento al interactuar con las citoquininas, se puede realizar una aplicación exógena de auxinas.

Ante una situación de estrés, como por ejemplo una helada o una fitotoxicidad, se producirá en el árbol la generación de las llamadas ¯hormonas de estrés": **etileno** y **ácido abscísico**. Será inevitable que se produzca un desequilibrio hormonal, viéndose también afectadas las auxinas y citoquininas. Será extremadamente importante reducir lo antes posible el exceso de etileno para recobrar el correcto desarrollo del árbol.
En la división celular también jugará un papel fundamental el Calcio, ya que forma parte de las membranas y paredes celulares de las plantas. El pectato de calcio dará estabilidad a las paredes celulares de las células. El Calcio está involucrado en la regulación del transporte de Auxinas.
El **crecimiento vegetativo** aéreo del árbol estará controlado por raíces en rápido desarrollo. Los nuevos tejidos meristemáticos foliares proporcionarán Auxinas al sistema radicular, manteniendo un balance con las Citoquininas para una continua división celular en los ápices radiculares. Cuando ocurre un crecimiento radicular vigoroso (a partir de altos niveles de nitrógeno amínico o Citoquininas), las raíces requieren de más Auxinas de las hojas. En respuesta, el árbol produce nuevos crecimientos vegetativos para suministrar a las raíces

las Auxinas necesarias para mantener el crecimiento de las nuevas cofias radiculares.

A la hora de tener una **floración** óptima en calidad y homogeneidad será imprescindible un correcto equilibrio hormonal en el que la sucesión correcta de las principales hormonas involucradas (el ácido Giberélico, el Etileno, las Citoquininas y la Auxina) sea perfecta.

Las Auxinas son necesarias para estimular la producción de Etileno e iniciar la floración. Las Auxinas también juegan un papel en el crecimiento del tubo polínico. Inadecuadas cantidades de Auxinas producirán un aborto de flores, una caída de frutos y desordenes fisiológicos al momento de la floración y cuajado de frutos y semillas.

En floraciones abundantes puede ser insuficiente la generación de citoquininas endógenas procedentes del desarrollo radicular, por lo que la brotación y la viabilidad de la floración y el cuaje se verá comprometida.

La **fijación de las flores y de los frutos** recién cuajados es un aspecto de gran importancia, el cual es muy sensible a elevaciones de los niveles de estrés de la planta así como de descensos en los niveles de auxinas en los órganos a cuidar y preservar. Nuestra labor será siempre intentar mantener bajo control la generación de Aminociclopropano Carboxilato (ACC) por parte del sistema radicular al tiempo que procuramos que los niveles de auxinas (ácido indolacético y ácido indolbutirico) sean los mínimos para garantizar el máximo de fijación de las flores y frutos. No debemos olvidar que un exceso de cuajado comprometerá el tamaño final.

En la primera fase del **desarrollo de frutos** (desde la abertura de flores hasta el final de la caída fisiológica de los frutos), cuando los frutos todavía no llegan al 20% de su tamaño final, es cuando tiene lugar una intensa división celular en estos frutos recién formados. El número de células por fruto es normalmente determinado durante los primeros 14 días después de la caída de pétalos. A mayor número de células presentes, mayor tamaño conseguirá el fruto cuando sus células se expandan y crezcan de tamaño para engordarlo, y por lo tanto mayores calibres conseguiremos. Es importante destacar en este momento la acción de las citoquininas para esta división celular, y por lo tanto deberemos asegurarnos del correcto y continuo desarrollo del sistema radicular.

Con respecto a algunas fisiopatías comunes en los cítricos, como por ejemplo la ¯Clareta‖, se han observado importantes mejoras con un adecuado y efectivo aporte de Calcio junto con un correcto equilibrio hormonal.

Etiquetas: "la clareta", auxinas, balance nutricional, caída, citoquininas, cofias radiculares, crecimiento celular, cuajado, equilibrio hormonal, expresión genética, fijación, fisiopatías, fitotoxicidad, floración, giberelinas, homogeneidad , maduración, polinización, sistema radicular, tubo polínico

Fisiologia de la respiracion de los frutos citricos
8 junio, 2011

Si eres nuevo y te quieres suscribir a los articulos RSS feed. Gracias por visitarnos

Fisiologia de la respiracion de los frutos citricos.

La respiración, es una actividad fundamental en todos los seres vivos, necesaria para producir las reacciones vitales para su desarrollo. Es un proceso metabólico necesario tanto en el producto recolectado como en el vegetal vivo.
Puede describirse, como la degradación oxidativa de productos complejos, normalmente presentes en las células como almidón, azúcares y ácidos, a moléculas más sencillas: dióxido decarbono, agua y energía que serán utilizadas en posteriores reacciones celulares.
La base bioquímica simplificada es:

Hidratos de carbono + oxígeno → dióxido de carbono + vapor de agua + energía

La respiración, puede tener lugar en presencia de oxígeno (respiración aerobia) o en ausencia de oxígeno (respiración anaerobia o fermentación). La velocidad a la que se produce la respiración de un producto, constituye un índice de la actividad metabólica de sus tejidos y una orientación de su vida comercial. Según la pauta respiratoria, durante el proceso de maduración, pueden distinguirse dos grandes grupos de frutos: CLIMATÉRICOS y NO CLIMATÉRICOS.
El término climatérico fue definido por Kidd y West (1925) al percibirse un incremento respiratorio acentuado próximo a la maduración de las manzanas.

Frutos Climatéricos
Son aquellos en los que, previamente a la maduración o durante la misma, existe un aumento en la producción endógena de etileno, que provoca un aumento de la respiración (crisis climatérica) y conduce irreversiblemente a la maduración, aunque el fruto esté en el árbol.
La maduración de los frutos climatéricos va acompañada por una serie de cambios rápidos en su composición química:

- aumento del aroma
- evolución del color

- aumento de la permeabilidad de las membranas celulares
- hidrólisis de polisacáridos
- la pectinesterasa pasa la propectina a pectina en las paredes celulares
- etc.

Las aplicaciones exógenas de etileno, a los frutos climatéricos, adelantan la maduración pero no aumentan el climaterio, que en algunos frutos, se refiere más a la producción de CO2 que al consumo de O2.

En este grupo encontramos: manzana, nectarina, plátano, melón, mango, pera, ciruela, kivi, sandía, papaya, melocotón, albaricoque, aguacate, chirimoya y caqui.

Frutos No Climatéricos

Son aquellos, que no presentan crisis climatérica. Los cambios en la composición química son graduales y no van acompañados por aumentos de la respiración o por una intensa producción de etileno. La aplicación exógena de etileno, no altera su maduración, pero sí produce un aumento de la respiración.

La recolección de los frutos no climatéricos, debe realizarse en estado óptimo de consumo determinado por criterios comerciales, puesto que su maduración, no se incrementa una vez separados de la planta madre.

La determinación del momento en el que el fruto alcanza el estado de madurez es muy importante de cara al establecimiento de las épocas de recolección. De aquí, el interés de utilizar un índice, que permita el seguimiento del proceso y se define el ¯índice respiratorio‖ como el volumen de CO2, desprendido en la respiración del fruto por unidad de peso fresco y tiempo.

En este grupo encontramos: naranja, cereza, uva, mandarina, fresa, aceituna, limón y pomelo.

El concepto de **frutos climatéricos y no climatéricos** es fundamental en cualquier discusión acerca de los sistemas de cosecha, de la comercialización y de la conservación en postcosecha de los frutos. La categorización de los frutos en «climatéricos» y «no climatéricos» se desarrolló inicialmente sobre la base de la presencia o ausencia de un incremento en la tasa respiratoria durante la maduración, respectivamente. Sin embargo, en la actualidad la presencia o ausencia de un climaterio en los frutos se basa en la evidencia de una producción de etileno autocatalítica, más que en la respiración.[1]

Una de las consecuencias principales de la caracterización es que facilita la visualización de las consecuencias de la cosecha en los frutos. Los frutos climatéricos son capaces de seguir madurando una vez separados de la planta (es decir, cosechados), siempre y cuando hayan alcanzado un nivel de desarrollo caracterizado por el tamaño máximo (*madurez fisiológica*). En cambio, los frutos no climatéricos solo maduran en la planta, e interrumpen su maduración de forma irreversible una vez separados de ella.[1]

La clasificación de los frutos en climatéricos y no climatéricos también facilita la comprensión de la forma en que mejor se puede conservar los frutos. No conviene conservar ciertos frutos susceptibles a la presencia de etileno junto a frutos climatéricos que producen y liberan etileno al ambiente. El caso más característico es el de los kiwis, extremadamente sensibles a la presencia de etileno, que se ablandan hasta la sobremadurez si se almacenan junto a frutos climatéricos como las manzanas.

Frutos climatéricos[editar]



La banana se clasifica como fruto climatérico.



El higo es un fruto climatérico cuyo pico en la producción de etileno se produce en la planta, durante el crecimiento del fruto.

En los frutos climatéricos se presenta el siguiente comportamiento: 1) la aplicación de etileno adelanta el tiempo del climaterio (pico) respiratorio; 2) la producción autocatalítica de etileno continúa luego de retirado el tratamiento con etileno; 3) la magnitud de la tasa respiratoria es independiente de la concentración de etileno aplicado; 4) hay clara respuesta a la aplicación de etileno en la mayor parte de los índices de madurez propios de cada fruto

(firmeza, color, degradación del almidón, etc.).[1][4] Como consecuencia, los frutos climatéricos presentan la capacidad de continuar su maduración aun separados de la planta, siempre que hayan alcanzado un estado fisiológico que asegure la producción de etileno autocatalítico.

La producción autocatalítica de etileno, es decir, el aumento en la producción de etileno promovida por el mismo etileno durante la maduración, está invariablemente asociada con el incremento respiratorio en frutos climatéricos, aunque puede preceder, acompañar o seguir al incremento respiratorio, dependiendo del fruto en cuestión. Para la conservación de la calidad de un fruto, es deseable el mantenimiento de su tasa respiratoria en niveles bajos, ya que disminuye su consumo de hidratos de carbono. Por lo tanto, el control de la tasa de producción de etileno en frutos climatéricos favorece el control de la maduración.

Entre los frutos cuyo comportamiento es típicamente climatérico se sitúan las manzanas, las peras europeas y algunas variedades de peras asiáticas, los membrillos, los melocotones o duraznos y nectarinas, los albaricoques o damascos, los caquis, las ciruelas japonesas, los kiwis, laspapayas, las bananas y plátanos, los falsos guayabos, los guayabos, los higos, los mangos, las paltas, el maracuyá o pasionaria, la chirimoya, elarándano, etc.[1] Entre los frutos de especies herbáceas, son climatéricos los tomates y los melones de los grupos 'Cantalupensis' e 'Inodorus'.

El etileno acelera la maduración de los frutos climatéricos pero, por el costo comercial, en la práctica se utiliza solo en contadas circunstancias, como en maduraderos de bananas, donde se aplica acetileno (un análogo del etileno que desempeña la misma función) a fin de uniformar la maduración del lote.[1][4]

Frutos no climatéricos[editar]



Uvas sin semilla 'Crimson Seedless', desarrolladas para consumo en fresco. La uva es un fruto de comportamiento no climatérico, por lo que su maduración se produce solamente en planta.

Los frutos no climatéricos, ante la aplicación de etileno, proceden de la siguiente forma: 1) no adelantan el climaterio respiratorio; 2) en ausencia de daños fisiológicos o patológicos no hay producción autocatalítica de etileno, ni siquiera después de aplicado un tratamiento con etileno; 3) la magnitud de la tasa respiratoria se incrementa ante dosis crecientes de etileno aplicado; 4) desde un punto de vista de la maduración organoléptica no hay respuesta ante tratamientos con etileno, excepto en términos de desverdecimiento (degradación de clorofilas).[1] [4] Los frutos no climatéricos carecen de la capacidad de continuar su maduración luego de ser separados de la planta, por lo cual se debe asegurar que hayan alcanzado un estado apropiado para su consumo al momento de la cosecha.

Entre los frutos no climatéricos de especies frutales leñosas o arbustivas se encuentran el ananá (piña), los frutos secos, las uvas, la aceituna, lacereza, los cítricos en general (pomelo, limón, lima, mandarina, naranja), la granada, el higo de tuna, el litchi, el níspero del Japón, el fruto estrella o carambola, la frambuesa y la zarzamora, etc.[1] [4] Son frutos no climatéricos de especies herbáceas el pimiento, el pepino, la frutilla o fresa, etc.[4]

Desverdecimiento de frutos no climatéricos[editar]

Los frutos cítricos son ejemplos típicos de frutos no climatéricos y en ellos el etileno no regula la maduración, es decir, no maduran por acción del etileno. Sin embargo, el etileno es capaz de acelerar la degradación de las clorofilas, pigmentos responsables del color verde de los frutos. En los frutos cítricos, el color no indica necesariamente el grado de madurez. Sin embargo, en naranjas del grupo 'Valencia' (que por ser de cosecha tardía tienden a reverdecer en la planta) y en mandarinas tempranas (por ejemplo, 'Okitsu'), los frutos pueden estar maduros para su consumo y aún presentar coloraciones ligeramente verdosas. Para la comercialización de los cítricos se exige un cierto grado de coloración. Por esa razón se aplica etileno con el fin de acelerar el desverdecimiento de esos frutos, es decir, por razones cosméticas.[1] [4]

LA MEDICION DE CRECIMIENTO EN EL FRIJOL CHAUCHA

I.- INTRODUCCION.

Hasta hace algunos años, a nivel internacional se creía que el frijol tenía sus orígenes en la región de Los Andes, ubicada al sur de América, sin embargo las investigaciones han señalado que todas las variedades de esta leguminosa proceden de un ancestro común que surgió en México.

La especie fue llevada a España en 1522 por los conquistadores, desde donde su consumó se extendió al resto de Europa gracias a que se adapta fácilmente a los climas húmedos, fríos y tropicales.

Cuenta también la historia, que fue en Italia donde surgió el vocablo ***fiesole***, de donde proviene el término actual frijol.

Se conocen más de 150 variedades, de las cuales sólo una tercera parte se encuentran en el Perú. Dentro de esta variedad de leguminosa se encuentra el frijol (*Phaseolus vulgaris L*.), grano de gran importancia en nuestra región Ucayali porque es el más comercializado por nuestros agricultores de la zona.

En esta pequeña investigación se trata de conocer los crecimientos y desarrollo de (*Phaseolus vulgaris L*.), y se propone a observar si el crecimiento tiene variaciones, teniendo en cuenta que las plantas no dependen solo de su constitución genética para su crecimiento y desarrollo sino además de las condiciones ambientales y del tipo de textura de suelo.

En una de las áreas definidas para las prácticas de cultivo agrícolas de la universidad nacional de Ucayali sede Aguaytia se llevó acabo esta pequeña investigación dirigida por el docente encargado del curso de fisiología vegetal, **Dr. Fernando Pérez Leal.** En el cual el docente nos entregó a cada alumno una parcela de $10m^2$ de 1m por 10 de largo para poder sembrar y cuidar cualquier producto que nosotros como alumnos elijieramos y por consiguiente nosotros los alumnos tomamos los datos de las actividades realizadas en la parcela y lo principal fue tomar mediciones de crecimiento y desarrollo de las partes principales de nuestro sembrío como la (raíz, hojas, tallo, parte aérea,) y entre otros

todo esto se llevó a cabo con el trascurso de los días desde el día de la siembra.

Lo primero que hizo fue realizar la limpieza de la parcela el día 20 de mayo 2016 y el día 31 de mayo termine a preparar mi parcela ya estaba listo para la siembra. El 10 de junio realice mi primer siembra del frijol lo cual en el transcurso de los días se marchito por exceso de sol y una aplicación de hormona que malogro su función vital y lo detuvo dejando solo algunas plantas de prueba, los cuales ahora ya están en producción con menos de 5 vainas por planta.

Viendo que no se podía hacer las mediciones por falta de planta del cultivo anterior de frijol el 07 de julio volví a sembrar frijoles porotos de la región (frijol chaucha) el cual si dio y está dando resultados. En el cual se pudo realizar la investigación y medir los crecimientos en un intervalo de tiempo de cada **4 días** los resultados de la investigación se muestran en la tabla N° 1.

FRIJOL.

El frijol poroto es una planta herbácea de tallo delgado y de hojas grandes, trifoliadas, flores blancas o amarillas y frutos en legumbre, largos y aplastados, con varias semillas arriñonadas.

Taxonomía del frijol.

- Familia: leguminoseae
- Subfamilia: Papilionoidene
- Tribu: Phaseolac
- Subtribu: Phascolinae
- Género Phaseolus
- Especie: Phaseolus vulgaris L

CICLO VEGETATIVO DEL FRIJOL.

El ciclo vegetativo de esta especie investigada es de 80 días porque esta variedad pertenece al grupo de los frijoles precosas.

FENOLOGÍA INCIAL DEL FRIJOL.

Se refiere a la sucesión de las diferentes etapas de la planta durante la medición realizada o de uno de sus órganos, durante su desarrollo inicial.

La sucesión y duración de las diferentes etapas aunque están d eter-minadas genéticamente se ven afectadas en cierto grado por las condiciones del medio, siendo los factores del clima como temperatura, humedad, duración e intensidad de la luz.

- **Germinación.**
  El proceso de germinación empieza cuando la semilla que se ha sembrado absorbe agua y se hincha. Por lo tanto, cuando se siembra en suelo seco, el día correspondiente al primer riego es el que se debe considerar como día de siembra. Una vez la semilla dispone de condiciones para germinar (agua), emerge de ella en primer lugar la radícula, la cual se alarga para convertirse en raíz primaria; sobre ella, cerca de la superficie del suelo aparecen luego raíces secundarias y terciarias. Posteriormente se alarga el hipocotíleo y los primeros cotiledones se pueden observar en la superficie del suelo.

- **Emergencia:**
  Cuando más del 50% de las semillas ha germinado y la plántul a se puede ver sobre la superficie del suelo.

PROCEDIMIENTO DE MEDICION DE LAS PARTES DE LA PLANTA

La fecha de la siembra se llevó a cabo el 7 de julio del 2016 y la primera medición se hizo el 14 de julio del 2016 y partir de ahí cada cuatro días se hizo cada medición con la ayuda y colaboración de algunos compañeros

en especial mi vecino de parcela GERONIMO JHON SONJHU que también el decidió sembrar el frijol chaucha.

En esta investigación se midieron 3 plantas de frijoles cada 4 días, es decir en cada medición se tomaron 3 plantas representativas a la población, los datos que se muestran en el cuadro de los resultados son los promedios de cada medición realizada.

La medición se llevó a cabo detalladamente de los siguientes mencionados.

PESO FRESCO.

El peso fresco se midió al momento de arrancar cuidadosamente sin dañar las raíces de las 3 plantas de frijoles. Se dice al momento porque se llevó una balanza gramera para medir el peso fresco (***arrancando y pesando***).

RAÍZ.

Se midió la raíz del frijol desde el cuello (***límite entre la parte aérea y la parte radicular***) hasta la punta de la raíz pivotante. También se tomó la medida las raíces secundarias.

Caracterizando el sistema radicular del frijol.

El sistema radical está formado por la raíz primaria o principal que se de sarrolla a partir de la radícula del embrión. Sobre esta y en disposici ón de corona se forman la secundaria y terciarias y otras subdivision es.

Los pelos absorbentes, órganos epidémicos especializados en la absorc ión de agua y nutrimentos, se localizan en las partes jóvenes de las raíces
laterales donde viven en simbiosis con la planta bacterias del géner o
(***Rhizobium***) fijadoras del nitrógeno atmosférico. Aunque el sistema r adical presenta variación se considera fibroso.

TALLO

En el tallo se tomó la medida de la parte aérea, desde el cuello dela planta hasta el ápice (***parte terminal de la planta***). También se midió el diámetro (***el grosor***) del tallo aproximadamente a 2 cm más arriba del cuello

Caracterizando la parte aérea del frijol.

El tallo joven es herbáceo y semileñoso al final del ciclo; es una sucesión de nudos y entrenudos donde se insertan las hojas y los diversos.
Complejos axilares, el tallo o eje principal es de mayor diámetro que las ramas laterales, de color verde, glabro o pubescente.

Se indica en la inserción de las raíces y el primer nudo corresponde al de los cotiledones, esta primera parte del tallo se denomina hipo cotico, en el segundo nudo se posera el primer par de hojas verdaderas las cuales son simples y opuestas y reciben el nombre de epicotíleo, en el tercer nudo emerge la primer hoja compuesta las cuales son trifoliadas y alternas.

HOJAS.

En la hoja se medió el **número de hojas** y el **área foliar** de los 5 frijoles por cada medición realizada.

Caracterizando la hoja del frijol.

Son de dos tipos:

Simples y compuestas.

- Los cotiledones constituyen el primer par de hojas, proveen de sustancias de reserva a la planta durante la germinación, emergencia y elaboran los primeros carbohidratos a través de la fotosíntesis en sus cloroplastos, son de poca duración, el segundo par y las primeras hojas verdaderas, se desarrollan en el segundo nudo, son simples, opuestas y cortadas.
- A partir del tercer nudo se desarrollan las hojas compuestas, la s cuales son alternas, de tres foliolos, un peciolo y un raquis. Presentan variación en cuanto a tamaño, color y pilosidad, e sta variación está relacionada, con la variedad y con las condici ones ambientales de luz y humedad.

FLOR.

En esta investigación **no tuve la oportunidad de medir el número de flores ni de frutos** porque los frijoles todavía no llegan a la etapa de reproducción.

Las flores de frijol desarrollan en una inflorescencia de racimo, la cual puede ser terminal como sucede en las variedades de hábito determinado o lateral en las indeterminadas. La inflorescencia consta de pedúnculo raquis, brácteas y botones florales, los botones florales desarrollan en las axilas de las brácteas. Son de color blanco.

Fruto y Semillas

El fruto es el ovario desarrollado en forma de vaina con dos suturas que unen las dos valúas .las semillas se unen a las valúas en forma alterna sobre la sutura plavental.

Las divergencias laterales están constituidas por los cotiledones y las dos hojas primarias verdaderas, los cotiledones forman la parte voluminosa de la semilla, son hojas modificadas, para el almacén de carbohidratos, proteínas y constituyan la parte aprovechable de la semilla.

El embrión se sitúa dentro de la semilla entre los cotiledones con la radí cula orientada hacia el micrópilo y la plúmula hacia el interior del grano.

PESO SECO.

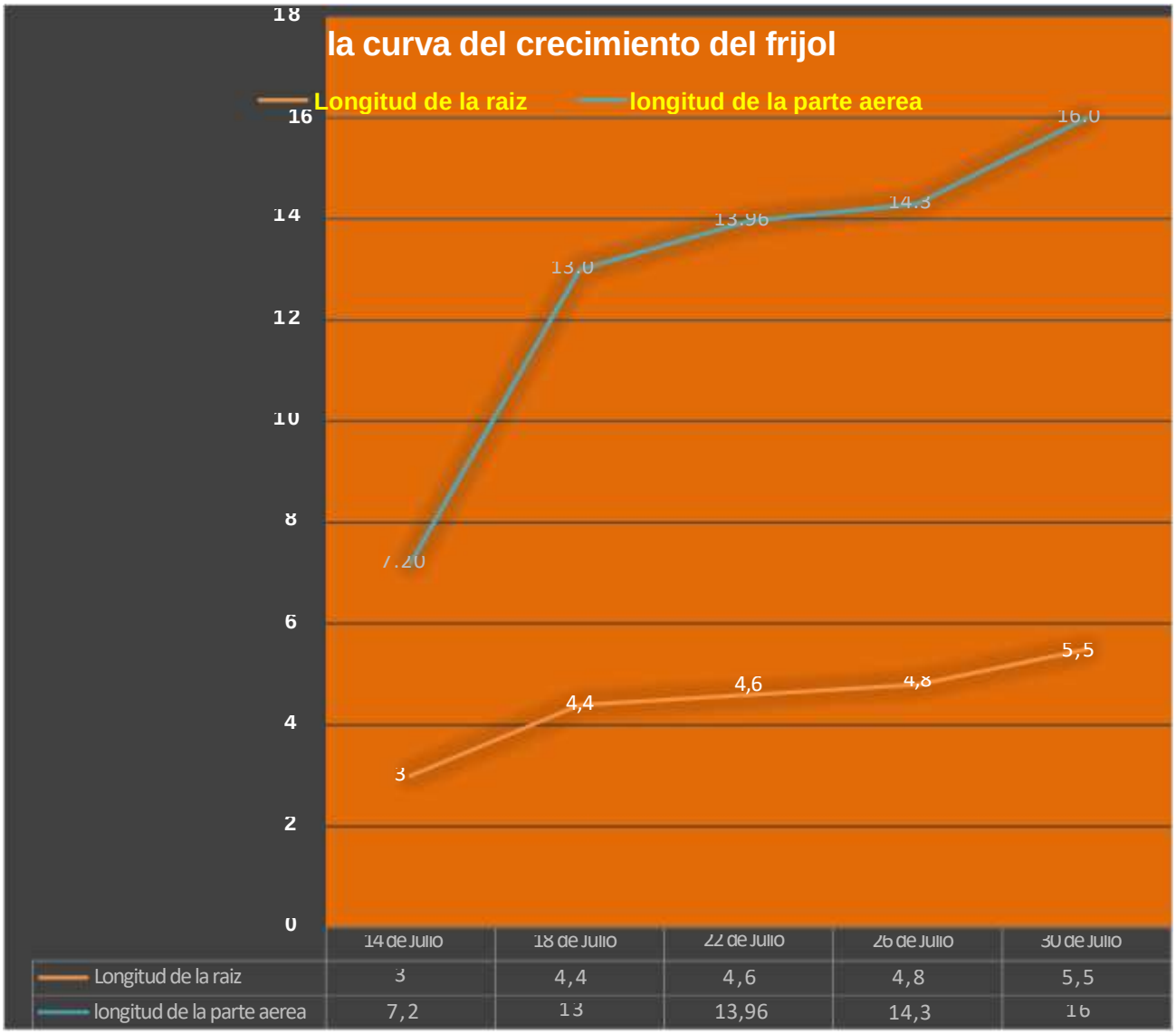
También se midió el peso seco de los 5 frijoles, cada medición tomada se hizo secar durante 2 días.

RESULTADOS.

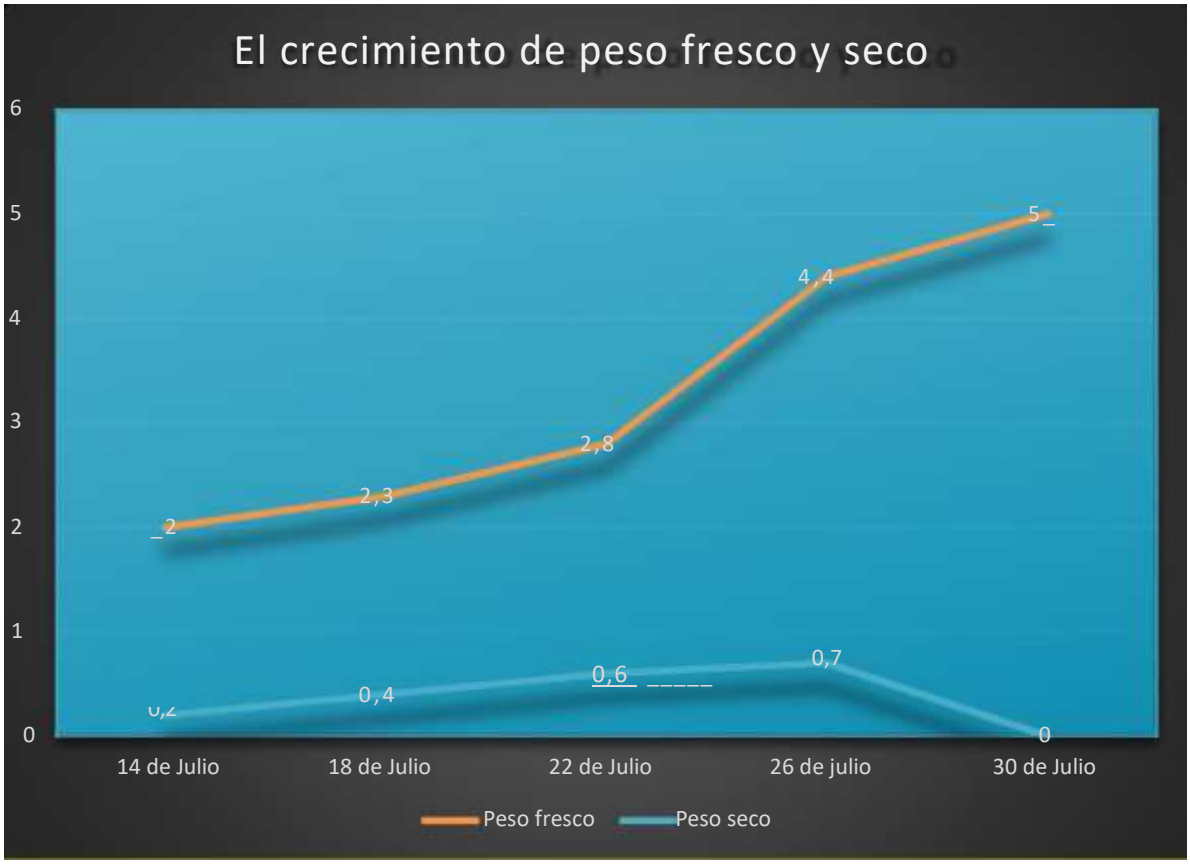
En este presente trabajo se observó el crecimiento del frijol de variedad poroto o frijol pinto y los promedios de cada medición realizada son los resultados y muestran en el siguiente cuadro.

N° de mediciones	N°de hojas	Longitud de la raiz	Longitud de la parte aerea	Diametro del tallo	Peso fresco	Peso seco	Numero de flores	Numero de frutos
14 de Julio Primera medicion	2	3,0.cm	7,20. Cm	3.mm	2.g	0.2.g	x	x
18 de Julio Segunda medicion	3	4,4.cm	13.0.cm	3,8 . mm	2,3.g	0,4.g	x	x
22 de julio Tercera medicion	3.2	4,6.cm	13,96.cm	3,9 .mm	2,8.g	0,6.g	x	x
26 de Julio Cuarta medicion	4	4,8.cm	14,3 .cm	4.1.mm	4,4.g	0,7.g	x	x
30 de Julio Quinta medicion	5	5,5.cm	16.0.cm	4,5 .mm	5.g	0,8.g	x	x

La curva de creciento demostrado en grafico.



La curva de crecimiento de pesos demostrada en gráfico.



CONCLUCION.

En conclusión se puede decir que esta pequeña investigación dio como resultado que la planta de frijol chaucha si da buenos resultados en la produccion y también aprendimos como medir los crecimientos.

FISIOLOGÍA DE LOS CÍTRICOS

El injerto de citricos en campo

Antes de la aparición de la "tristeza", la propagación varietal la realizaba el citricultor con relativa frecuencia en su afán de poseer nuevas variedades.

Además, cualquier empresario agrícola con algunos conocimientos en reproducción vegetal podía ser viverista. Sin embargo, a raíz de la catástrofe ocasionada por dicha enfermedad, fue necesario establecer normas legales que facilitasen el control sobre la producción de plantas con las garantías sanitarias necesarias.

La gran cantidad y dispersión de posibles viveristas de cítricos, la mayoría sin registro oficial alguno, imposibilitaba el control de la calidad y sanidad de su producción, por lo que se hizo necesaria la obligatoriedad de registrarse como vivero productor de plantas de cítricos, para posteriormente pasar a ser viveros autorizados productores de plantas limpias de virus, los cuales están obligados a pasar por periódicas inspecciones que realiza el Servicio de Sanidad Vegetal de la Consellería de Agricultura.

La Administración impulsó la investigación para la obtención de variedades exentas de virus, al mismo tiempo que facilitó la importación de variedades nucelares con el fin de dar solución al grave problema de la "tristeza". Dicha investigación dio como resultado la limpieza de virus de las variedades más cultivadas mediante la técnica del "microinjerto".

Actualmente la obtención de variedades limpias de virus por el procedimiento del "microinjerto", desarrollada por el I.V.I.A. (Moncada) es, por su gran importancia, uno de los programas más apoyados por la Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación de la Comunidad Valenciana y por supuesto tiene el reconocimiento de todo el sector citrícola internacional. Este material vegetal limpio de virus se entrega a los viveristas para su reproducción y posterior distribución a los citricultores.

La utilización de patrones tolerantes y de material vegetal limpio de virus ha supuesto en la actualidad un cambio de la normativa legal, referente a la autorización para realizar plantaciones con plantón "borde" (sin injertar) tolerante a la tristeza, por lo que la práctica del injerto en campo se está realizando de nuevo con bastante frecuencia.

Por razones sanitarias, tanto los patrones tolerantes como el material vegetal para injertar es aconsejable que procedan de viveros oficialmente autorizados, o que el material varietal haya sido testado previamente por el Servicio de Sanidad Vegetal.

Los primeros pueden ofrecer garantía, tanto de la sanidad vegetal como de la autenticidad varietal y el Departamento oficial puede ofrecer información sobre el estado sanitario del material vegetal.

UTILIDAD DEL INJERTO

En la multiplicación de variedades, en el cultivo de los cítricos, se utiliza más la técnica del injerto que el "estaquillado" o el "acodo" por las siguientes razones:

- 1ª) Al tener que desarrollarse la nueva planta con sus propias raíces puede tener dificultad de adaptación a las condiciones del suelo.
- 2ª) Las variedades dulces franqueadas son más sensibles a las enfermedades que atacan al sistema radicular que otros cítricos.

El injerto reproduce las características de la variedad madre con tanta fidelidad como el acodo o la estaca, ofreciendo las ventajas derivadas de la posibilidad de escoger un patrón cuyo sistema radicular sea:

- a) Resistente a enfermedades (gomosis, podredumbre de raíces, tristeza, mal seco, etc.).
- b) Más adaptable a las condiciones del suelo que el sistema radicular de la variedad a cultivar.
- c) Más vigoroso que el sistema radicular de la variedad a cultivar.
- d) Más resistente a las condiciones adversas del medio ambiente (heladas, sequía, humedad, calor, etc.).

La ventaja más importante, respecto a los otros métodos de reproducción vegetal, radica en el cambio de variedad (reinjerto o sobreinjerto), proceso que solamente puede realizarse mediante esta técnica.

DEFINICIÓN DEL INJERTO

El nombre dado al "injerto" tiene varios significados: se emplea para designar la porción del vegetal de la variedad con o sin yemas que se une al patrón. También se utiliza para dar nombre a la operación mediante la cual se efectúa dicha unión; así mismo, también se utiliza esa palabra para referirse a la brotación de las yemas de la porción vegetal que se unió al patrón. Al conjunto de la planta resultante se denomina "plantón"; a la planta sin injertar se suele llamar "borde" o "plantón borde", y a la porción de vegetal a injertar, "yemas, semilla o labor" de la variedad.

El injerto es una técnica que consiste en juntar íntimamente partes de dos plantas en condiciones especiales para facilitar su unión y conseguir que se desarrollen como una sola.

El resultado de esta operación es una planta de naturaleza mixta formada por dos partes genéticamente distintas cuyas características se mantienen siempre individualizadas.

Sin embargo, se relacionan como en una especie de simbiosis artificial en la que los elementos unidos establecen una interacción que suele ser recíproca, de tal forma que el comportamiento normal de la planta puede verse modificado.

Dicha relación se produce a través de la zona de unión formada por el **callo cicatrizal** generado por el cambium común, compuesto por haces vasculares más o menos rudimentarios por el que se realiza el intercambio de nutrientes (savia bruta y savia elaborada).
Las variedades mantienen las características de sus frutos, cualquiera que sea el patrón sobre el que vegeten pero la naturaleza de éste puede modificarlas algo en el aspecto cualitativo, análogamente a lo que ocurre con los factores del medio ambiente. Un patrón resistente al frío confiere al árbol su resistencia. Los árboles injertados sobre P. Trifoliata son más resistentes que sobre naranjo amargo, estos más que sobre naranjo dulce, y estos más que sobre lima y limonero.

La influencia que ejerce el patrón Swingle Citrumelo sobre la variedad injertada se manifiesta incluso en el volumen de copa que suele ser mucho mayor que sobre otros trifoliados.

OBJETIVOS

Con la técnica del injerto se puede conseguir:

- Cultivar cualquier variedad con independencia de la naturaleza del suelo, escogiendo para ello el patrón que más se adapte a las características del mismo.
- Prevenir y controlar determinadas enfermedades, bien sea eligiendo un patrón resistente a la misma o buscando la resistencia o tolerancia a la enfermedad en la combinación patrón-injerto (como en el caso de la tristeza). En algunos casos de enfermedad declarada se puede, mediante el injerto, cambiar el patrón o la copa, según sea el caso.
- Obtener plantas de variedades productoras de frutos sin semillas, cuya reproducción por vía sexual resultaría imposible.
- Asegurar la transmisión de caracteres agronómicos y genéticos ya que las plantas que se obtienen al injertar son, en todos los aspectos, idénticas a las plantas madres de donde se tomaron los injertos, siempre que se elijan de forma cuidadosa y de ramas que hayan producido. Las brotaciones vigorosas nacidas al centro o de la base del árbol (¯chupón‖), no suelen ser adecuadas para multiplicar ya que generalmente presentan caracteres juveniles como hojas más grandes, la mayoría de las veces acompañadas de pinchos muy desarrollados, lo cual puede retrasar la entrada en producción e incluso ser diferente por haber mutado. Las variaciones que pueden producirse en un árbol son de dos clases: las debidas al medio, que no se perpetúan por el injerto, y las originadas por variación de alguna yema (mutación). Estas modificaciones de carácter genético pueden reproducirse por injerto y perpetuarlas, si tienen interés comercial. Por mutación se han obtenido la mayoría de las principales variedades cultivadas y por el injerto se han multiplicado.

Inconvenientes:

- los principales inconvenientes del injerto son la menor longevidad de las plantas, y su menor resistencia a las enfermedades; siendo muy variable según sea la combinación patrón-injerto.
- La asociación patrón-injerto supone una variación en la nutrición y dificultad de circulación de la savia en la zona cicatrizal cuya influencia puede alterar la precocidad, calidad y cantidad de producción de la variedad injertada.

AFINIDAD E INCOMPATIBILIDAD

Para que el injerto tenga éxito se requiere que entre ambas plantas, patrón e injerto, existan ciertas coincidencias o afinidades, las cuales se pueden resumir en las siguientes:

a) Similitud de elementos que componen los tejidos.– Los elementos histológicos de los tejidos del patrón habrán de ser similares; una gran diferencia entre ambos haría imposible la convivencia, esto sucede cuando el injerto se realiza con plantas de géneros o especies diferentes. Es de vital importancia la similitud en el número y calibre de los vasos conductores de savia para conseguir una perfecta unión.
b) Coincidencia de períodos vegetativos.- Los períodos de actividad y reposo vegetativo del patrón y del injerto deberán ser lo más coincidentes posibles, no obstante es posible injertar plantas de hoja perenne sobre patrón de hoja caduca (injertos de naranjo, mandarino, etc., sobre ¯Poncirus trifoliata‖).
c) De vigor similar.- El vigor del patrón y del injerto debe ser similar; pero, en caso de haber diferencia, es preferible que el injerto sea más vigoroso que el patrón. Entre las distintas variedades comerciales de agrios existe la suficiente afinidad para conseguir que se desarrolle el injerto entre ellas con normalidad, naturalmente dicho desarrollo puede ser variable de unas combinaciones a otras y, con resultados diversos.
La reacción más notable que se observa en los agrios entre patrón e injerto es el grado de desarrollo relativo que tiene lugar en el tronco y precisamente en la zona de unión. Unas veces el patrón se desarrolla más que el injerto y otras es el injerto el que alcanza un desarrollo superior al del patrón. En la mayoría de los casos estas diferencias en grosor no tienen mucha importancia.

Si el desarrollo es similar en el patrón y en el injerto, como ocurre cuando se injerta naranjo dulce sobre naranjo dulce franco y naranjo dulce o mandarinos sobre Mandarino Cleopatra, el rodete cicatrizal es poco perceptible y de naturaleza suave, aspectos que demuestran un equilibrio perfecto de las funciones fisiológicas entre ambas partes, consecuencia de una fusión normal de los tejidos en la zona de unión.

Otras veces el crecimiento del patrón es menor que el injerto, como le ocurre al limonero, especialmente a la variedad Verna y al mandarino Satsuma injertados sobre el patrón naranjo amargo. En estos casos se forma una especie de bolsa o bola por encima de la zona de unión que se conoce con el nombre de “miriñaque”.

Se explica este engrosamiento exagerado, o hipertrofia del rodete cicatrizal, por la oposición que la unión de tejidos presenta al paso de las substancias alimenticias, especialmente a los hidratos de carbono; éstas, al acumularse en la zona de injerto, incrementan el desarrollo del rodete de la zona de unión.

El caso inverso, o sea, el de mayor desarrollo del patrón que del injerto, como ocurre con los patrones trifoliados ¯P. Trifoliata, Citrumelo, C. Troyer y C. Carrizo", al ser patrones de menor actividad que el del injerto, éste fuerza a aquellos a un desarrollo anormal.
Parece ser que al no existir un periodo de absoluto reposo vegetativo en la variedad injertada, hace que los patrones trifoliados reciban una alimentación adicional durante el invierno que les fuerza a desarrollarse más de lo normal engrosando de forma considerable, ofreciendo el aspecto como de ¯cuello de botella" en la zona de unión.

CONDICIONES AMBIENTALES

Las condiciones ambientales son de vital importancia en el proceso de unión entre el patrón y el injerto; éste debe producirse de forma gradual, sin estrés ni alteraciones que lo puedan dificultar e incluso inhibir.

La humedad del suelo debe ser la suficiente, pero no excesiva, para todo el período de prendimiento y posterior brotación del injerto. En huertos regados por inundación hay que tener la precaución de regar antes de realizar la operación del injerto, ya que durante el período de prendimiento y realización del callo cicatrizal, (25 á 30 días aproximadamente), no debe regarse puesto que la aportación de agua durante el proceso de unión, provocaría exceso flujo de savia. Este exceso de savia conlleva una elevada acumulación de dicha substancia en la zona de unión del injerto cuyo efecto de empuje, la mayoría de las veces, hace que dicho injerto se despegue; además, por la zona herida suelen aparecer exudaciones de goma, lo cual dificulta el buen prendimiento del injerto e incluso provoca su pérdida.

Se recomienda realizar las labores oportunas;(acolchar con plástico o paja, o trabajar muy superficialmente la tierra), con el fin de evitar excesiva evaporación del agua del suelo. Si el riego es localizado no hay posibilidad de estrés hídrico ya que la humedad es constante y suficiente, siempre que la aportación de agua se realice en pequeñas cantidades pero con asidua frecuencia con el propósito de mantener húmedo el bulbo.

No se debe injertar en días lluviosos ya que el exceso de humedad ambiental puede favorecer el desarrollo de ciertas enfermedades criptogámicas (hongos), que pueden afectar al prendimiento y posterior brotación de los injertos. De otra parte si el ambiente es seco y muy caluroso, el proceso del injerto puede verse dificultado por la acción de la deshidratación de las heridas del patrón y del injerto (porción de corteza con yemas de la variedad a injertar).

ÉPOCAS DE INJERTO

Los agrios no crecen y se desarrollan de un modo continuo, sino que presentan un periodo anual de crecimiento y otro de inactividad vegetativa, ligados ambos al ciclo anual de cambios climatológicos.

El periodo de latencia o inactividad vegetativa es un mecanismo de defensa de la planta que asegura su supervivencia al detener el desarrollo vegetativo cuando se aproximan circunstancias climáticas desfavorables, actividad que no se reanuda hasta que se han restablecido las condiciones de medio ambiente adecuadas para un desarrollo normal.

La actividad y el desarrollo de la parte aérea de los agrios no tienen lugar de un modo continuo durante todo el período vegetativo de los mismos. La aparición y desarrollo de nuevos brotes se produce en ciclos definidos denominados **brotaciones**.

El número de brotaciones anuales, en huertos bien cultivados de nuestro país, suelen ser tres; **la primera brotación**, que es la más importante, por ser la de mayor volumen y la que nunca falla, tiene lugar a finales de invierno o principios de primavera, cuando los árboles abandonan el estado de latencia para iniciar el periodo de actividad vegetativa; **la segunda brotación** se realiza a principios de verano siendo, en cierto modo, similar y complementaria de la primera, y la **tercera brotación** en otoño, que se produce como final del periodo de actividad vegetativa, pasando inmediatamente a la entrada de inactividad invernal.

Tomando como base los periodos de actividad vegetativa expresados y la experiencia del injertador, se puede establecer que, en nuestras condiciones climáticas, el injerto de plantones se realiza principalmente en forma de**escudete a ojo velando**, cuando la savia es suficientemente abundante para operar, es decir, desde el mes de abril en regiones cálidas y costeras, hasta mayo o junio cuando la primavera es más tardía. Puede producirse una variación importante de un año a otro en la fecha del comienzo del injerto; por ello, cuando se aprecie que el plantón pueda estar con suficiente flujo de savia, debe hacerse una prueba para comprobar si la corteza desprende sin dificultad Es esencial que el patrón esté en plena savia para toda clase de injertos; sin darse esta condición, sería absolutamente inútil pretender operar sobre patrones cuya corteza no se desprende con facilidad ya que además de la dificultad de la operación, el resultado sería un prendimiento dudoso.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que una injertada tardía, con demasiada afluencia de savia, puede ser negativa, produciéndose los mismos efectos que el riego a destiempo, como anteriormente se ha indicado. Otra modalidad es el injerto ¯**a ojo durmiendo**‖, que se suele realizar a finales del verano principios de otoño, aprovechando el flujo de savia de dicha brotación, con el propósito de que la yema no se desarrolle hasta la primavera siguiente. Cuestión que resulta difícil de conseguir ya que el acierto del momento adecuado para este trabajo de final de estación depende de la climatología posterior al injerto, pues si se opera demasiado pronto la yema se desarrolla enseguida, corriendo el riesgo de que sea dañada en invierno; si se opera demasiado tarde, la savia será

insuficiente y el prendimiento errático. Se suele injertar a finales de agosto y septiembre, según el lugar y la climatología local.
El injerto de plantones, se realiza en el terreno definitivo al año siguiente de haber realizado la plantación. Es aconsejable injertar tan pronto como el plantón entre en savia ya que el desarrollo de las yemas del injerto es mayor, además, es más fácil, en esos momentos, obtener de los viveristas varetas cuyas yemas aún no han brotado.

HERRAMIENTA NECESARIA PARA EL INJERTO Y SUS CUIDADOS POSTERIORES

- **Tijeras de podar.**– La tijera de poda debe ser ligera, de piezas recambiables, sobre todo la hoja de corte; bien ajustada, afilada, limpia y desinfectada. Es una herramienta imprescindible para la preparación de las varetas y la preparación del plantón y ramas a injertar. Suele ser la misma que se utiliza en la operación de la poda.
- **Navaja.**– La navaja de injertar está en desuso, sin embargo es imprescindible para la realización de las púas o pico de flauta en el injerto de estaquillas tipo corona o en el injerto puente.
- **Injertador tipo cuchilla.**– Es el injertador más utilizado en los injertos liberianos, llamados de corteza, ya que su forma facilita la realización de cortes rectos sobre superficies redondeadas como las varetas. En el mercado se pueden encontrar de varios tamaños, para el presente caso, es aconsejable utilizar el de tamaño medio.
- **Sangrador.-** Es una herramienta muy útil para el forzado de la brotación de los injertos. Está compuesto de una pletina con un pequeño mango de madera a la cual se le ha soldado una pequeña pletina con forma de puente afilada por los dos cantos, la cual corta la corteza y parte del xilema de forma rápida y en una sola acción. Se fabrican con puentes de distintos anchos, para plantones es recomendable utilizar el más pequeño, de 4 á 5 mm. y para reinjertadas, en árboles adultos, se suele utilizar el mediano, el de 10 mm..
- **Serrucho.-** Ideal para la eliminación de ramas y rebajes en reinjertadas. Tiene que estar bien afilado, dientes agudos y suavemente triscado. Existen varios tipos en el mercado, todos son buenos si están bien preparados.
- **Formón ancho o escoplo y mazo.**– Los formones anchos, de unos 6 á 8 cm. se solían utilizar en la ejecución de la poda como sustitución del hacha por su fácil manejo y porque las heridas realizadas quedan limpias y lisas, por lo que su cicatrización es mejor. Hoy en día su utilización se limita a la eliminación de ¨tocones‖ en injertadas, sobre todo en reinjertadas, pues se pueden cortar sin dañar para nada a la brotación del injerto. Además; con dicha herramienta, se puede cortar entre ramas arrasando, en circunstancias que con otras herramientas resulta imposible. Todas las herramientas tienen que estar bien afiladas, limpias y desinfectadas, con hipoclorito sódico (lejía rebajada) o con cualquier otro desinfectante que oxide menos, por ejemplo: amonio cuaternario.

PREPARACIÓN DEL PATRÓN A INJERTAR

La preparación de los patrones se puede realizar de las siguientes formas: Unos días antes de la operación de la injertada se eliminarán todos los brotes, hojas y pinchos situados en el tronco, hasta la altura de 30 – 35 cm. a partir del nivel del suelo, con el fin de facilitar la realización del injerto, utilizando para ello una tijera de podar bien afilada, limpia y desinfectada.

Si se utiliza la técnica del sombreado del tallo, por medio de papel de aluminio, bolsas de polietileno u otros materiales que impidan las brotaciones basales del patrón, se obtiene un tramo de tronco sin heridas y una corteza más tierna y turgente que facilita la operación del injerto. Este método tiene los siguientes inconvenientes:

- a) Más empleo de material y de mano de obra.
- b) Si no hay aireación en la base puede provocar exudaciones de goma, facilitando el ataque de enfermedades por hongos.
- c) Es el refugio ideal para insectos perjudiciales para el plantón; caracoles, babosas, tijeretas, etc.

La cima o copa del plantón se conservará intacta por el momento.

MANIPULACIÓN Y CONSERVACIÓN DEL MATERIAL VEGETAL

Las varetas tienen que prepararse cortando las hojas, respetando unos cuatro o cinco milímetros de peciolo con el fin de proteger a la yema localizada en la base o axila de la misma.
Dicha operación debe realizarse, inmediatamente después de separar la vareta del árbol madre, utilizando la tijera de podar, con lo cual se evita el rápido proceso de deshidratación de la misma. Una vez deshojadas las varetas, como se ha descrito, se aconseja unificar sus medidas, cortando todas las varetas a 30 ó 35 centímetros de longitud, con el fin de facilitar su conservación y posterior manipulación.
La conservación de las varetas depende de la modalidad, del plazo de tiempo y la época de realización del injerto.
Si la modalidad a practicar es el injerto de piel o corteza, las varetas pueden utilizarse mientras tengan savia y desprenda la piel con facilidad, por lo tanto su conservación no puede prolongarse en el tiempo ya que el efecto de deshidratación es rápido llegando a no desprender la corteza al cabo de unas horas desde que fueron separadas del árbol, sin embargo, el plazo de tiempo, con fácil desprendimiento, puede alargarse incluso a una o dos semanas si se siguen las siguientes recomendaciones:

- Inmediatamente después de cortadas y deshojadas las varetas envolverlas con un paño o saco de arpillera mojado con agua a la que se habrá disuelto un buen fungicida, introducir la envoltura de varetas en una bolsa de plástico perforada y atar la boca con el fin de que no pierda mucha humedad. Se utilizarán las varetas conforme a las necesidades operativas del momento, las restantes se guardarán en sitio fresco y sombreado.

- Las varetas sobrantes se deben guardar dentro de la bolsa en sitio fresco, (p.e. verdulero del frigorífico) que debe de estar aproximadamente a unos 8º C.. En estas condiciones se pueden conservar durante tres o cuatro días, al cabo de ese tiempo, hay que airear las varetas y renovar el mojado del paño o saco envolvente, volviendo a realizar de nuevo el mismo proceso. Este proceso puede repetirse unas dos o tres veces, no debiendo utilizarlas después de transcurrir los 10 ó 12 días de conservación.
- Si el injerto es de escudete con madera y el periodo de tiempo se alarga por exceso de plantas a injertar, las varetas deben conservarse como lo hacen los viveristas. Dicha conservación se realiza de la forma siguiente:
- Se cortan las varetas del árbol madre e inmediatamente se deshojan como en el caso anterior, procurando unificar la longitud de las mismas entre 25 – 30 centímetros, con el fin de facilitar su manipulación, desechando las más débiles y mal formadas.
- Se sumergen en un cubo de agua a la que previamente se le habrá disuelto un buen fungicida, sacándolas inmediatamente y dejarlas orear en un sitio fresco y sombreado con el fin de eliminar el exceso de humedad.
- Hacer manojos de unas 20 á 25 varetas atadas con una goma elástica y se introducen en bolsas de plástico transparente a las que se habrá practicado unos cuantos orificios, con el propósito de facilitar la aireación del interior de la misma. Cada bolsa de plástico puede contener varios manojos de varetas.
- Se colocan en una cámara frigorífica de atmósfera controlada, previamente desinfectada, cuya temperatura será de unos 4 á 6º C. y la humedad relativa entre 85 o el 90%. Almacenando las bolsas de forma que todas estén en contacto con el ambiente de la cámara, no se deben amontonar.
- Semanalmente se deben sacar de la cámara y de las bolsas para airearlas, volviendo a repetir el proceso descrito con anterioridad, pudiendo, con este método, conservarlas durante dos o tres meses con bastante efectividad.
- Cuando el injerto con madera se realiza en el campo y en corto plazo de tiempo, no hay necesidad de mantener tan larga conservación. En este caso se procederá como en el caso de las varetas para injerto de corteza, descrito al principio de este apartado.

TIPOS DE INJERTOS

En nuestra citricultura y en nuestras condiciones climáticas la reproducción varieta l generalmente se realiza por medio del injerto de corteza con una o varias yemas; o como mucho, con una pequeña porción de madera. Estos tipos de injertos reciben los siguientes nombres:

TIPOS DE INJERTOS POR SU FORMA:

- "Escudete": **por su forma de escudo.**

Puede ser de corteza cuando solamente se utiliza esa parte vegetativa, o con madera cuando se toma parte del xilema (madera), cortando con la navaja por debajo de la yema. Este tipo de injerto se suele realizar en viveros, sobre patrones cuyo diámetro no supera los 10 milímetros y sobre brotaciones (chupones tiernos), como relleno en reinjertadas. Siempre lleva una única yema. Es el injerto de plantones por excelencia.

Sus ventajas con respecto a los otros tipos de injertos son:

- Es el más fácil y rápido de realizar.
- Se puede hacer sobre tallos o brotaciones de poco grosor (entre 0,5 y 1,5 cm.), con lo cual se consigue el cambio varietal en edades muy tempranas.
- Se puede disponer de más material de injerto, ya que pueden servir hasta las varetas triangulares procedentes de las últimas brotaciones.
- Se ahorra tiempo y dinero, por su rápida realización y escaso material empleado.

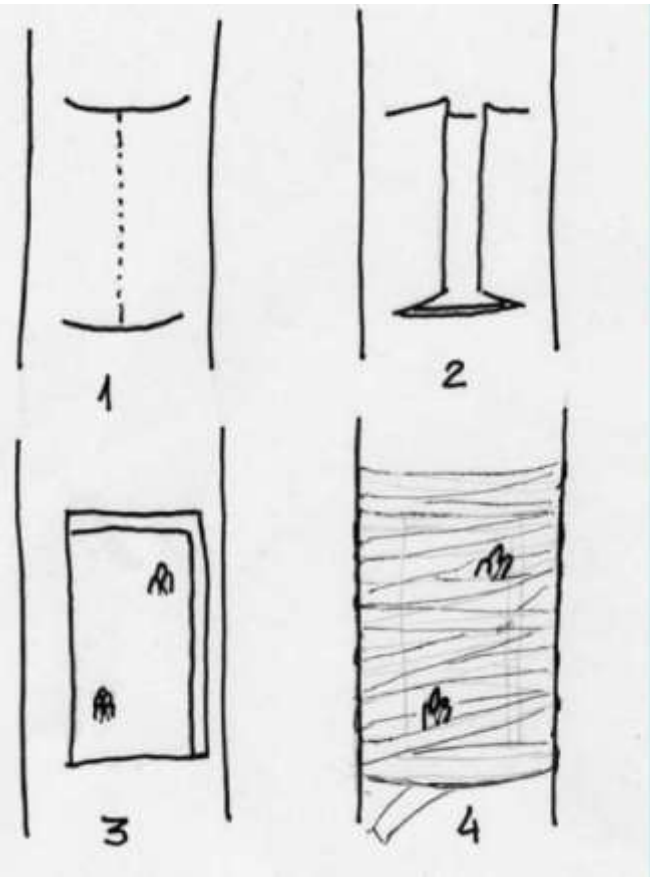
Inconvenientes:

- Al ser de escasas dimensiones tiene poca superficie de contacto con el patrón, por lo cual algunas veces es absorbido o estrangulado por éste último si es vigoroso.
- Si al practicar el corte vertical, cuando se realiza la T sobre el patrón, se daña el cambium y parte del xilema de éste, suele ocurrir que la corteza del escudete prenda pero la yema se pierde por coincidir con la herida producida, justamente en la zona donde se debería producir la unión.

Al realizar dicho corte no hay que profundizar mucho, solamente hay que cortar la piel o corteza sin dañar la madera.

- "Chapa **o** plancha": **por su forma rectangular.**

Este tipo de injerto siempre es de corteza, normalmente contiene dos o más yemas. El corte de la base y un lateral de la chapa deben estar en íntimo contacto con la base del corte de la ventana practicada sobre el patrón, y con un lateral de la misma, con el fin de facilitar la unión y la realización del callo cicatrizal. Es el tipo de injerto más adecuado para injertar plantones de dos o más años, cuyo grosor supere los dos centímetros de diámetro y, especialmente para reinjertar árboles en su cambio varietal.



El injerto de PLANCHA, es el más utilizado para cambio de variedad en cítricos.

Requiere

a) Que el árbol y la variedad estén en "savia".

b) Que la vareta no sea muy delgada.

c) Mejor si la vareta no tiene espinas grandes.

d) No se puede injertar en troncos muy gruesos.

Ventajas:

- No suele ser absorbida por el rápido crecimiento en grosor del patrón, ya que la superficie de contacto de la unión es mucho mayor que la del anterior.
- La extracción de la vareta es más sencilla, pues los cortes realizados, a tal fin, son todos rectos y paralelos entre sí.
- La mayoría de las veces se utiliza con dos o más yemas, sobre todo en reinjertadas, lo cual duplica la posibilidad de brotación y, por lo tanto el éxito de la injertada.

Inconvenientes:

- El principal inconveniente puede presentarse a la hora de obtener las varetas suficientes para la extracción de sus yemas sin que estén brotadas.

- "Púa **con pico de** flauta":

Es un ramo de ocho a diez centímetros de largo y cuatro a seis milímetros de diámetro en cuyo extremo o ambos extremos se practica un corte biselado, tipo pico de flauta. Se utiliza para el injerto en corona y para el injerto puente. Para este último las dimensiones del ramo suelen ser mayores. Este tipo de injerto suele practicarse con bastante frecuencia en zonas citrícolas húmedas y algunos viveristas como ensayo o experiencias en reproducción vegetal.

Ventajas:

- Como con el injerto de escudete con madera, se pueden emplear ramificaciones de las últimas brotaciones, con lo cual se dispone de más material para el injerto.
- Dispone de varias yemas cuya brotación y rápido crecimiento logra constituir

la copa del árbol más rápidamente que los demás sistemas.

- Es el único método que permite la sustitución del sistema radicular, utilizando árboles jóvenes plantados alrededor del árbol enfermo e injertados en forma de lanza cuya punta se incrusta entre la corteza sana de la variedad, tomando el aspecto de mangueras conectadas desde el suelo a la parte sana del árbol en cuestión. O bien para salvar una zona del tronco que esté dañada, cuando se utiliza el ¨injerto puente‖.

Inconvenientes:

- Son de frágil prendimiento, suelen romperse con bastante facilidad.
- Requiere más mano de obra y empleo de más material en su ejecución.

POR EL MODO DE COLOCACIÓN EN EL PATRÓN

- **T y T invertida:**

Se realiza para la colocación de injertos con forma de escudete. Su ejecución es rápida ya que se hace una incisión sobre una parte lisa del patrón, a 25 ó 30 cm. de altura, con dos cortes de la navaja de injertar, uno horizontal y otro vertical, resultando una entalladura en forma de T o T invertida, en caso de colocar el escudete con el vértice hacia arriba y la yema en el mismo sentido. Estas formas también son utilizadas cuando se realiza el injerto puente.

- **Ventana simple:**

Es una modalidad que sirve solamente para el injerto de plancha, que consiste en realizar dos cortes horizontales en posición paralela y un corte vertical sobre el patrón, normalmente, en el lateral derecho, levantando por esta parte la corteza para colocar el injerto, el cual queda solapado por la corteza levantada del patrón, la corteza sobrante se rompe o rasga y se tira. La colocación del injerto puede ser ajustada, o no, resultando más laborioso lo primero que lo segundo, pues hay que tomar como modelo a la plancha a la hora de realizar la ventana.

- "Ventana doble":

Es una pequeña variante del anterior. La variación consiste en que el corte vertical se realiza entre los cortes horizontales y por el centro, de modo que habriendo o despegando la corteza por el corte central quedan dos hojas de ventana iguales a ambos lados. Una vez colocada la plancha en el hueco de la doble ventana, esta queda solapada por la corteza del patrón por ambos lados, el resto de corteza sobrante se rasga, quedando descubiertas sus yemas.

- "L invertida":

Es un injerto de ventana, pero recibe este nombre cuando la posición de la plancha, con una o más yemas, se localiza en una esquina de la ventana operada sobre el patrón, dejando visible el xilema del mismo por la parte superior, que debe ser el doble de ancho que la parte visible del xilema del lateral derecho. Esta modalidad tiene las siguientes ventajas:

- 1) Es de ejecución más rápida que las anteriores, por supuesto depende de la habilidad del injertador.
- 2) El blanco dejado sin corteza tiene efecto de sangrado, forzando la brotación de la/s yema/s, la mayoría de las veces, sin necesidad de intervención posterior a tal fin.
- 3) Es el sistema ideal en injertos sobre patrones muy vigorosos o excesivamente gruesos para el injerto de escudete o de chapa ajustada, cuyo injerto puede correr el peligro de ser estrangulado o absorbido por el rápido crecimiento en grosor de los mismos.

Las zonas blancas, sin corteza, hacen de escudo protector mientras el callo cicatrizal llega a cubrir dichas zonas, entretanto las yemas del injerto han brotado y se desarrollan con normalidad

- Es aconsejable elegir el tipo de injerto más adecuado al vigor y grosor del patrón:

- 1º.- Si el grosor del patrón es superior a los dos centímetros de diámetro, se debe injertar con plancha aunque sea con una yema.
- 2º.- Si el crecimiento del patrón es muy vigoroso (Citrumelo) y con más de 2,5 cm. de diámetro, injertar con plancha utilizando la forma de L invertida.
- 3º.- El injerto sobre el patrón M. Cleopatra, debe ajustarse y conseguir el contacto de la piel o corteza de la plancha con la piel del patrón por los cuatro costados, ya que el desarrollo del callo cicatrizal de la corteza de este patrón suele ser más lento y de menor vigor.

- En cuanto a la altura de los injertos sobre plantones, generalmente se establece entre 0,20 á 0,35 m desde el nivel del suelo, dependiendo del patrón utilizado y la sensibilidad de la variedad a injertar a la gomosis producida por Phytophtora spp.

- Si por cualquier circunstancia el patrón se ha desarrollado mucho en grosor, es aconsejable injertar sobre las ramas de la primera bifurcación, por las siguientes razones:

- a) Para evitar posibles absorciones de la plancha por el exceso de vigor del patrón.
- b) Se puede eliminar el resto del patrón (tocón) mucho antes que si se injerta en la base.
- c) La diferencia de grosor del patrón con la variedad suele ser menor.

Esto puede darse con frecuencia, pero lo más operativo y aconsejable es injertar los patrones con grosores normales, entre los 10 y los 15 mm. de diámetro.

INJERTOS ESPECIALES

- "Anillo":

Es descrito por algunos autores como si se tratase de un ¯canutillo‖ abierto o plancha completa que abarca todo el perímetro del patrón cuya corteza se ha

quitado en dimensiones similares al injerto. Esta modalidad tiene los siguientes inconvenientes:

- 1º. – Tanto el patrón como la vareta deben tener el mismo diámetro y el mismo grosor, pues de lo contrario no se ajusta bien al contorno del patrón. En caso de haber diferencias de diámetro, debe ser a favor de la vareta ya que siempre se puede recurrir al recorte de la plancha hasta ajustarla al perímetro del patrón.
- 2º. – Al atar el injerto la plancha suele desplazarse en forma de espiral en sentido del atado, provocándole una contorsión extraña que dificulta su unión.

Esta modalidad no suele realizarse con mucha frecuencia dada su dificultad. Su utilización está vinculada a la pretensión de intercalar madera intermedia entre el patrón y la variedad.
Actualmente se suele realizar una variante de dicha modalidad con el mismo propósito, utilizando dos planchas en vez de una. El injerto de las mismas se realiza en dos plazos;
el primer injerto abarca la mitad del perímetro del patrón, a los 15 días, una vez prendida, se injerta la otra plancha que ocupará la otra mitad, quedando cerrado el anillo.

- "Doble injerto":

Con plancha de madera intermedia, puede ser de dos formas:

1. – Con injerto de escudete o pequeña plancha en el interior de la plancha sin yemas.
2. – Con injerto de plancha de la variedad definitiva encima de una plancha de corteza sin yemas.

Puede servir, como en el caso anterior, de madera intermedia entre el patrón y la variedad definitiva. La madera intermedia es la plancha grande sin yemas y, la variedad definitiva es la yema del escudete o las de la plancha. Esta modalidad se puede realizar injertando todo a la vez; con lo cual se ahorra tiempo, pero dificulta su ejecución, o en dos tiempos como en el caso del injerto en forma de anillo.

Primero se injerta la chapa y a los quince o veinte días de injerta en su interior el escudete o una pequeña plancha con la yema de la variedad definitiva. Otra modalidad es la de injertar una plancha sin yemas, tipo anillo y, cuando se vea prendida (15 – 20 días), se vuelve a injertar por encima y en contacto con la anterior otra plancha con las yemas de la variedad.

- "De Breuil" **o corona mejorada,**

En caso de realizarse debe hacerse en primavera pues requiere movimiento de savia. El injerto es un ramo de ocho a diez centímetros de largo y cuatro a seis milímetros de diámetro podado con aspecto de pico de flauta, colocado como una astilla entre la corteza y la madera del patrón decapitado. Suelen colocarse entre dos y cuatro injertos con un ligero corte en el lado del bisel correspondiente a la parte de la corteza no levantada del patrón permitiendo que las superficies del patrón y del injerto coincidan mejor. Una vez colocados

los injertos se atan fuertemente con una cinta de plástico ancha y resistente, pero a la vez elástica.

Pulverizar la zona de injerto con un buen fungicida y cubrir con una bolsa de plástico transparente con el fin de evitar la evaporación. Finalmente se cubre todo con una bolsa grande de papel para sombrear, evitando de este modo el escaldado de los injertos.
Deben tenerse en cuenta los cuidados y operaciones posteriores que hay que realizar en este tipo en este tipo de injerto:

- A la semana del injerto se practican dos o tres agujeros en la bolsa de papel, con el fin de que entre la luz para evitar el ahilamiento de las brotaciones. Durante todo el proceso de unión y brotación se irán eliminando las brotaciones del patrón.
- A la semana siguiente se harán más grandes y se realizarán unos cuantos orificios a la bolsa de plástico para que se airee el injerto y vaya ambientándose.
- Mantener el injerto en estas condiciones hasta que las brotaciones del injerto necesiten espacio para su normal desarrollo, entonces se retirará toda la bolsa de papel y se agrandarán los agujeros de la bolsa de plástico e incluso se cortará por la mitad, en sentido transversal, sin quitar la parte atada con el fin de mantener el efecto de abrigo, pero dejando salida a las jóvenes brotaciones. Algunas brotaciones llegan a enrollarse si no se quita el plástico a tiempo.
- A la semana de haber quitado la bolsa de papel se puede eliminar el resto de la bolsa de plástico, procediendo de forma inmediata al atado de los injertos entre ellos mismos con el fin de que no se rompan por desgarro. Posteriormente la vegetación se irá podando hasta su completo desarrollo.
- Cuando las brotaciones de los injertos alcancen los 50 – 60 cm. hay que atarlos entre sí, puesto que son muy sensibles al rompimiento dado que la unión se realiza con un callo cicatrizal sobre la madera del patrón con aspecto de pegado, no soldado. El paso posterior es el arreglo y poda de aquellas ramas que dificulten el desarrollo y la buena iluminación de las bien situadas.

Imagenes de José Antonio Pina Lorca
Servicio de Inspección Fitosanitaria
Conselleria d´Agricultura, Pesca i Alimentación

Tras un rebaje progresivo de la copa se hace un corte limpio en zona recta y sana del tronco principal o rama secundaria,



Aspecto final en el caso de dejar varios troncos



Corte de ramas principales o secundarias

IVIA

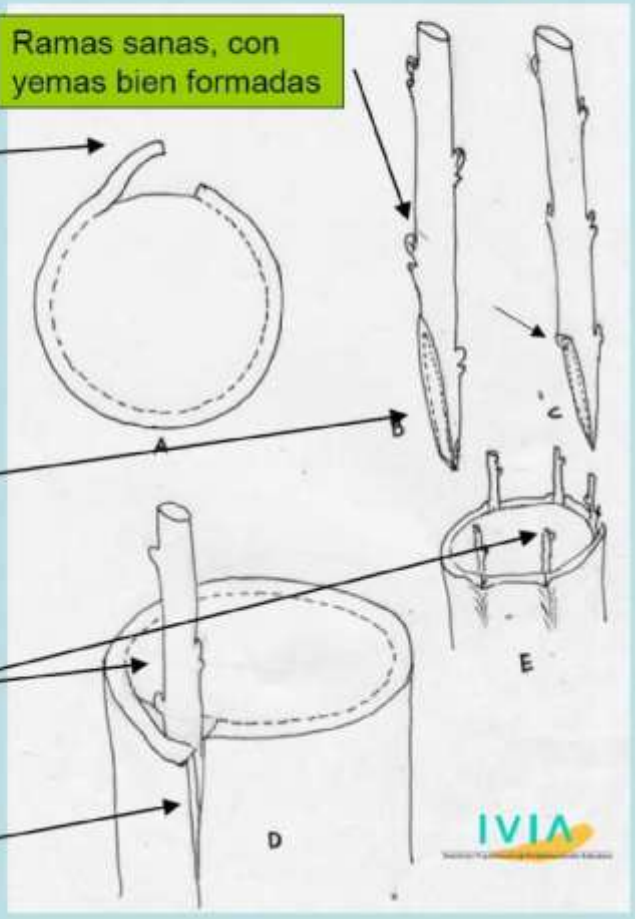
Tras el corte se hace una o varias incisiones verticales y se levanta la corteza (sólo en periodo vegetativo aprox mayo-sep)

Ramas sanas, con yemas bien formadas

Se cortan las púas con 3-4 yemas y se hace un corte en bisel, con o sin hombro

Se coloca una o varias púas (según diámetro tronco)

Incisión vertical



IVIA



Se deben elegir ramas sanas bien formadas del crecimiento del año anterior.

Quitar ***inmediatamente*** las hojas y , en su caso, las espinas, cuidando de no dañar las yemas.



IVIA



Utilizar las varetas **enseguida**. Mantenerlas envueltas en tela húmeda y fría; mejor en nevera portátil.

Si se recolectan en la ***parada invernal*** (enero),se pueden **almacenar** varios meses

Dentro de bolsas de polietileno cerradas.

A 5-8ºC. Aprox.

Tratamiento con fungicida.

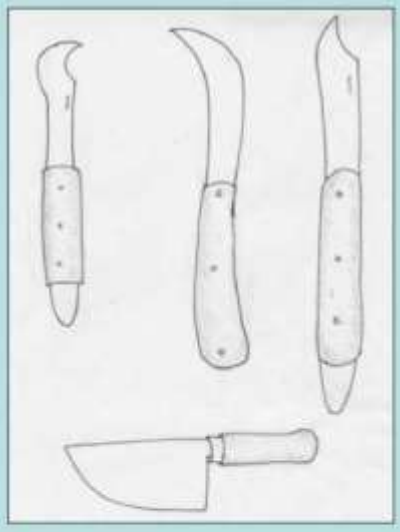
Limpieza y revisión periódica.

Adecuado para viveristas.



Diámetro de tallo más adecuado: ramas redondas, no endurecidas

J.A.Pina



Algunos tipos de navajas de injertar

Corte *limpio y plano*. La púa debe acabar en punta *afilada*



Púas preparadas

IVIA

Colocación en las zonas convexas (salientes)





Colocación de las "púas" en cantidad variable según el diámetro (1-4)

IVIA

ATADO PARA FIJAR LAS PÚAS

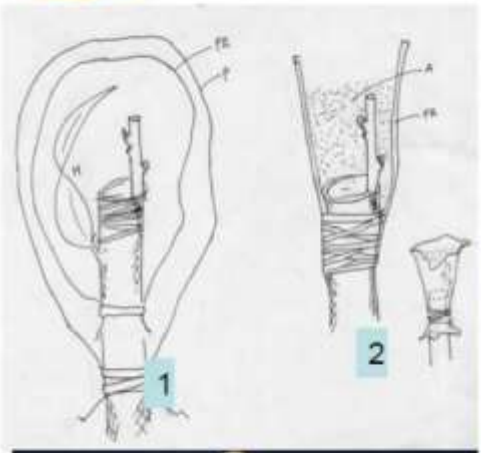




Se pueden utilizar diversos tipos de cinta. La más utilizada actualmente es la de embalar.

IVIA

IVIA





Generalmente **es preciso proteger la púa contra la *desecación* hasta que ocurra la soldadura del injerto (3-4 semanas)**

***Se puede hacer*:**

1. **Con dos bolsas**
   1. **Plástico (PE)**
   2. **Papel (P)**

   A ser posible dejar hojas dentro (H)

   También se puede utilizar una sola bolsa plastificada interiormente.
2. **Cucurucho relleno de gel, turba, perlita, etc húmedos**
3. **Cubrir la púa con antitranspirantes ceras, pinturas, etc.**

El tipo de recubrimiento para evitar deshidratación de las púas suele ser una bolsa de papel forrada interiormente con lámina de plástico, con o sin burbujas de aire.



El interior de la bolsa se pulveriza con agua para favorecer el mantenimiento de la humedad alta. También se puede colocar dentro una "bola" de papel humedecido.



El atado de la bolsa debe ser de forma que se mantenga el interior totalmente ***húmedo y hermético***.



Colocación y atado de la bolsa



Banda de *gomaespuma* para corregir las grandes irregularidades del tronco y conseguir estanqueidad

IVIA



Injerto de corona en el tronco principal, *incluso por debajo de la zona de injerto* de la variedad antigua en caso de problemas de afinidad y si hay espacio suficiente



Injerto de corona en varias ramas secundarias



IVIA







Pintar con pintura blanca para evitar quemaduras por el sol, especialmente en el lado Sur-Oeste



APERTURA PROGRESIVA DE LAS BOLSAS A PARTIR DE LAS TRES SEMANAS



VISTA DEL INTERIOR DE LA BOLSA.

SE OBSERVAN BROTES EN CRECIMIENTO.



LOS BROTES COMIENZAN A SALIR DEL SOBRE A UNOS 25-40 DÍAS DEL INJERTO





A los 25-35 días se retira la bolsa o envolturas que se hubieran usado

Conviene dejar todavía la cinta de atado para evitar que el injerto se desprenda

IVIA



Para mayor rapidez y menor coste, en vez de la bolsa mencionada se pueden utilizar, aunque generalmente con peores resultados, algunos recubrimientos, preferiblemente blancos e impermeabilizantes, pero que no resulten fitotóxicos







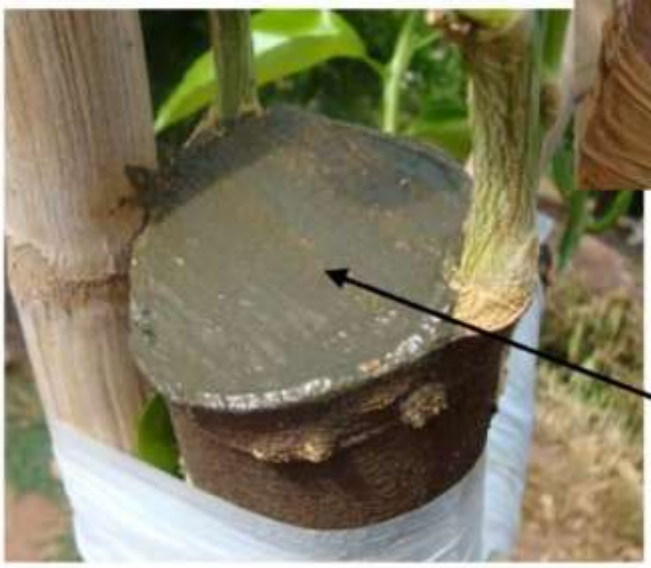
Despunte de los brotes



El crecimiento del brote del injerto suele ser muy rápido y vigoroso, lo que hace *necesario desde el principio* del crecimiento colocar *tutores* *o despuntar* *a 30-40cm* para evitar que se rompan o despeguen por el punto de unión

Detalle de la zona de unión de los injertos, así como del *entutorado*.





Recubrimiento con *mástic* no fitotóxico

IVIA

IVIA



Injerto eliminado

Generalmente solo se dejan desarrollar 1-3 injertos según el diámetro del tronco. El resto se eliminan.

Después de unos 3-6 meses del injerto conviene:

a) **Repartir** en el espacio las ramas.

b) **Despuntar** algunas o todas según los casos para favorecer la ramificación

c) **Mantener** los tutores de las ramas no despuntadas

d) **Quitar** las ligaduras de plástico

Desde el principio **controlar plagas y enfermedades**, especialmente *minador y pulgones*





Los ataques de pulgón y de minador deforman los brotes y pueden impedir el crecimiento



Arbol de Navelina /Troyer adulto a los 5 meses de ser injertado de corona con el triploide Garbí En este caso se conservaron todas las ramas para obtener una más rápida entrada en producción. (Villarreal).

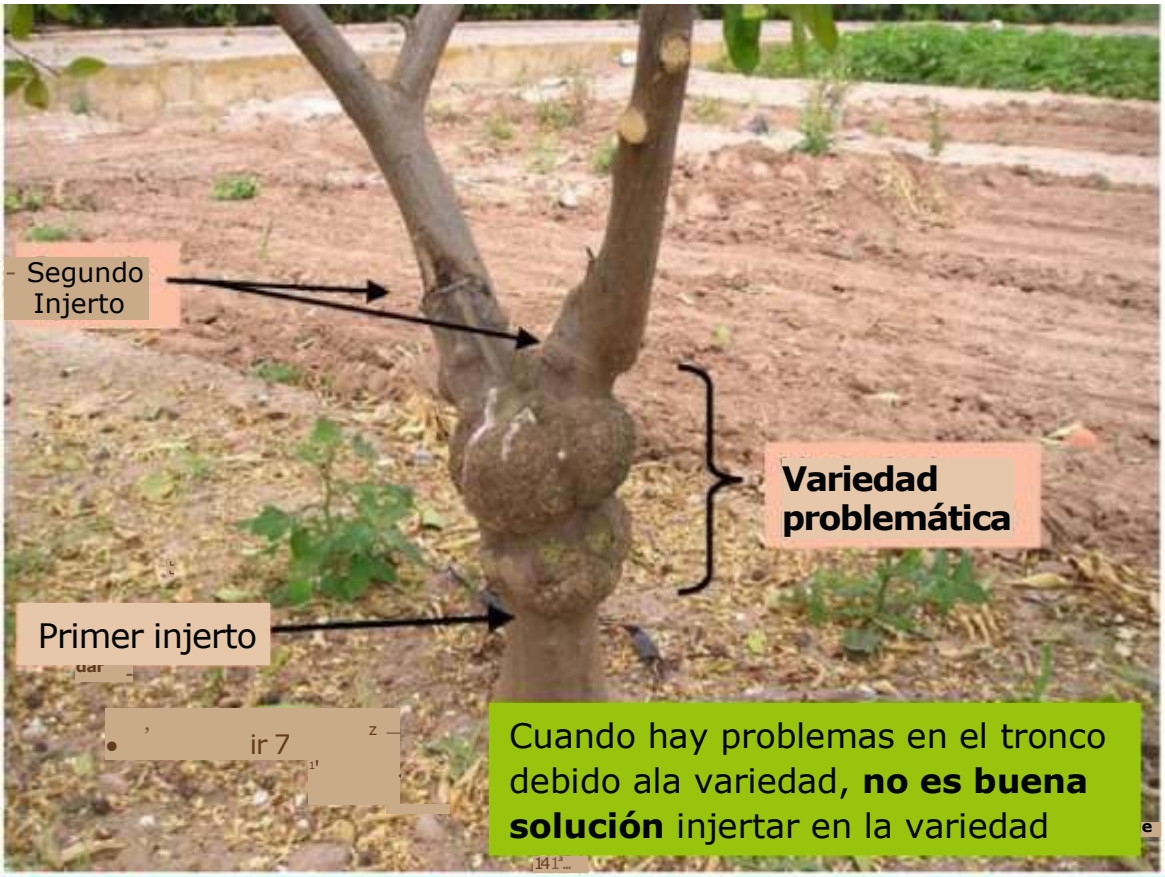




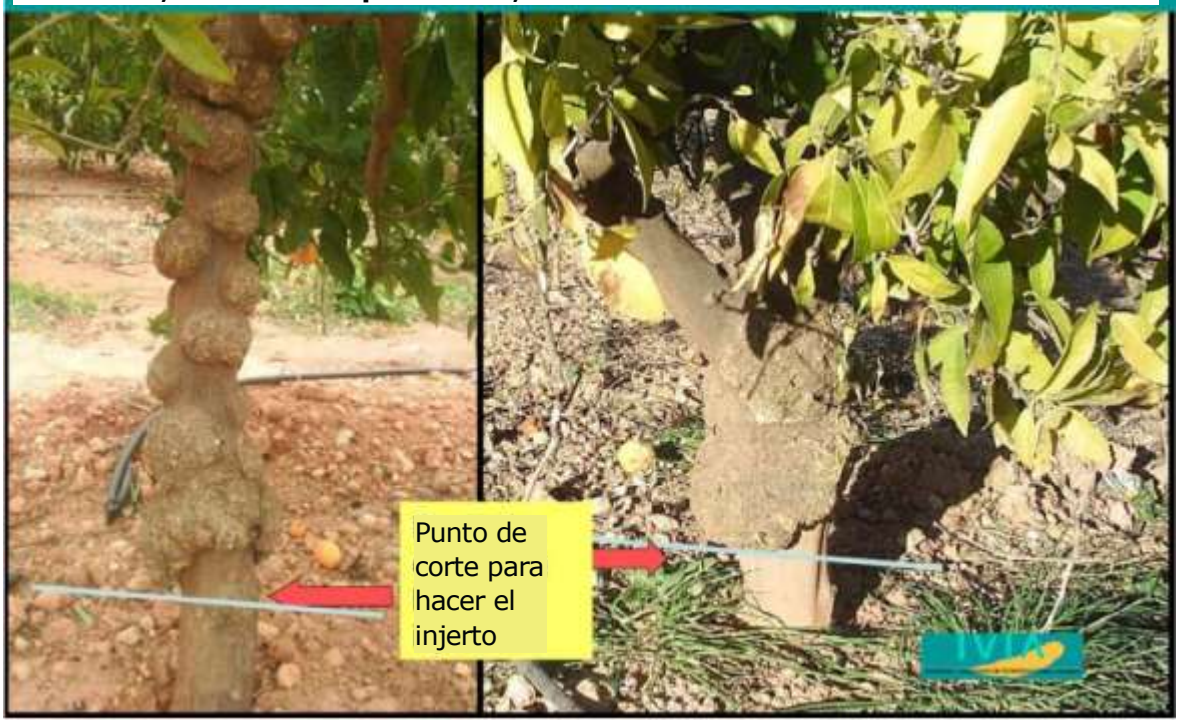
Aspecto de árboles injertados de corona al cabo de un año (izquierda) y de dos años (derecha)



Cambio de variedad en árboles de cítricos mediante injerto de corona



Cambio de variedad, **ejemplo: Sustituirla en el caso de problemas de crecimiento tales como formación de yemas múltiples en algunas variedades de cítricos, de mala compatibilidad, etc.**





MATERIAL EMPLEADO EN EL ATADO DE LOS INJERTOS

Antiguamente se utilizaban el esparto y la rafia natural, materiales que hoy en día están en desuso. En la actualidad los materiales empleados para el atado de los injertos se limitan a los siguientes:

- **Rafia artificial:** Es un material procedente de plásticos reciclados con mezclas de resinas que le confieren características similares a la fibra resistente y flexible que se obtiene de una especie de palmáceas del Género Rafia. A causa de esa apariencia recibe su nombre. Se fabrica en varios colores, es opaco a la luz, hecho que tiene mucha importancia ante la necesidad de tapar yemas en el atado de los injertos, no tiene elasticidad, otra característica que impide ser utilizada en el atado de los injertos en plantones y ramos jóvenes, pues esta queda incrustada en la corteza por el rápido crecimiento en grosor de sus tallos, estrangulando al injerto de tal modo que la mayoría se pierden. Se presenta al mercado en rollos de tiras de unos tres cm. de ancho. Se emplea mucho en reinjertos sobre ramas adultas y en el entutorado de las brotaciones.
- **Plástico transparente:** Recientemente se está utilizando con bastante frecuencia pues mejora con creces a la rafia por su efectividad y mejor manejo. El plástico transparente se fabrica con diferentes espesores medidos en galgas o en milésimas de milímetro y con una anchura entre 15 y 25 milímetros, se presenta en rollos o en cintas cortadas de unos 60 á 80 cm. de longitud. El plástico fino, de unas 100 galgas, se emplea en el atado de plantones y ramos

jóvenes ¯chupones‖ por su gran elasticidad y limitada presión ejercida sobre el injerto, además, gracias a su transparencia se puede tapar la yema del injerto y permanecer en ese estado durante 15 a 20 días facilitando el proceso de unión. El plástico grueso de unas 500 ó 600 galgas, suele presentarse en el mercado, a diferencia del fino que se presenta en tiras, en rollos de unos 800 á 1000 gramos de peso y se emplea tanto en injertos de patrones bastante desarrollados como en reinjertadas de árboles adultos, sustituyendo a la rafia por las siguientes:

Ventajas e inconvenientes:

Ventajas de la rafia:

- 1º) La rafia artificial es más económica que el plástico transparente.
- 2º) Al carecer de elasticidad permite ejercer buena presión sobre el injerto, por lo que se consigue mejor contacto entre las dos partes unidas que con el esparto y la rafia natural.
- 3º) Es un buen material para atar las brotaciones de los injertos en su entutorado.

Inconvenientes de la rafia:

- 1º) La falta de elasticidad resulta ser un inconveniente en el atado de injertos sobre plantón y sobre chupones, por el motivo anteriormente expresado.
- 2º) Su opacidad o falta de transparencia no permite el paso de la luz, por ello no se puede utilizar ante la necesidad de tapar yemas procedentes de variedades con pincho. Las variedades Marisol, Navel-late, algunos híbridos y por supuesto la mayoría de limoneros, presentan pinchos junto a las yemas, éstos deben cortarse a ras de piel sin dañar la yema, pues de lo contrario sería imposible separar la corteza para la obtención del injerto. La obtención de la plancha o el escudete de corteza procedente de ramos con pinchos tienen el problema de que justo al lado de la misma existe un pequeño orificio como resultado de haber cortado la espina o pincho típico de la variedad, dicho orificio se debe tapar con el fin de evitar entrada de aire que puede resecar la yema, si no se realiza de este modo, el resultado puede ser que la corteza del injerto se una perfectamente pero al haberse secado las yemas no hay brotación. Este problema suele ocurrir con bastante frecuencia. Asímismo, es conveniente recordar que obstaculizar el paso de la luz sobre un tejido vegetal verde con actividad clorofílica como es el injerto, aunque sea de forma temporal, tiene como resultado que dicha actividad desaparece y, en su lugar, se activa la acumulación de hidratos de carbono en dicha zona perjudicando o inhibiendo el desarrollo del injerto. Por ese motivo, la rafia no debe emplearse en dichos injertos.

Ventajas del plástico transparente:

Las mayores ventajas están en su transparencia, su elasticidad y su adaptabilidad, siendo el material idóneo para todo tipo y formas de injerto por los siguientes motivos:

- 1º) Su elasticidad permite sujetar al injerto con la suficiente presión pero sin llegar a estrangular; asímismo, durante los primeros días del proceso de unión, es capaz de ceder un poco al engrosamiento del patrón.

- 2º) Al ser transparente deja pasar los rayos luminosos a la totalidad del injerto, yemas incluidas, por lo cual la función clorofílica no es interrumpida, pudiendo cubrir todo el injerto sin correr ese riesgo.
- 3º) Al tapar toda la zona de injerto, se produce un efecto de invernadero que favorece el crecimiento celular, realizándose la soldadura y el callo cicatrizal de forma más rápida.
- 4º) Permite aprovechar todo tipo de material vegetal disponible, proceda de varetas con o sin pinchos.
- 5º) Permite su utilización como cualquier rafia, dejando descubiertas las yemas en el caso de que estas no estén acompañadas de orificios por corte del pincho.
- 6º) El atado con este material se debe realizar de abajo hacia arriba, pues de esta forma las distintas vueltas de cintas del plástico van solapándose formando una especie de tejadillo
- que impedirá que el agua del rocío o de la lluvia penetre en el interior del injerto, salvaguardándolo de exceso de humedad y por lo tanto de posibles podredumbres.

Inconvenientes del plástico transparente:

- 1º) Es necesario adquirir el grosor de plástico adecuado al tipo de injerto a realizar ya que para el injerto de plantones no es aconsejable utilizar tiras, de este material, demasiado resistente.
- 2º) Si se tapan las yemas del injerto hay que tener mucho cuidado en no dejarlas tapadas más tiempo de lo necesario pues en caso contrario se corre el riesgo de enrollamiento y posterior ahogamiento de las pequeñas brotaciones. Además, si los rayos solares inciden directamente sobre el injerto tapado, puede producirse el ¯escaldado‖, cuya consecuencia es la pérdida del mismo. La solución al presente problema es preventiva, procurando colocar los injertos con orientación Norte o dejando alguna ramilla del patrón a la parte Sur de forma que sombree ligeramente la zona de injerto.

CUIDADOS POSTERIORES AL INJERTO

Este tema, junto con la elección del patrón y la sanidad vegetal, es uno de los más importantes y causa de preocupación de algunos citricultores cuya decisión es o ha sido realizar el injerto en el campo. Como se ha explicado al principio, los cuidados de las injertadas en el campo comportan una continuada dedicación, cuestión que resulta más laboriosa que en vivero, dada la mayor dispersión de las plantas, lo que comporta más empleo de mano de obra con relación al número de plantas manejadas, sin conseguir la mayoría de las veces igualar su efectividad. Como norma general se debe prestar mucha atención a la evolución del injerto, realizando todas las operaciones necesarias, la mayoría de las veces de forma anticipada, para conseguir el buen desarrollo de sus brotaciones hasta la obtención del árbol productivo, compuesto por el patrón, sistema radicular y del injerto que forma la copa o parte aérea como variedad definitiva. Dichos cuidados se centrarán en lo siguiente:

ELIMINACIÓN DEL ATADO

La eliminación de la cinta que ata al injerto se realizará en función del material de atado, del sistema de injerto, de la época que se realizó y del sistema de atado utilizado. Si se ha utilizado la rafia, lógicamente se habrá optado por el sistema de ¯yemas descubiertas‖ al atar el injerto por las razones expresadas con anterioridad. En este caso, la rafia se debe quitar cuando se observe inicio de estrangulación por efecto del crecimiento en grosor del tallo o de la rama injertada. Este material suele utilizarse con bastante frecuencia en reinjertadas, siendo ideal como material de atado de las brotaciones en su entutorado. Se suele utilizar tanto en el injerto de primavera (ojo velando), como en el injerto de otoño (ojo durmiendo). El material ideal para el injerto de plantones es el plástico suave y elástico, pudiendo utilizarlo en todos los sistemas y en todas las épocas, sin embargo, su eliminación reviste ciertas consideraciones a tener muy en cuenta:

- a) Injertos realizados en primavera a yema tapada, bien a escudete, bien con pequeña plancha, se debe observar la evolución del prendimiento y el cambio de color del peciolo de la hoja, verdadero indicador del proceso de unión del mismo, verde al principio, pasando a amarillo y por último a color marrón, en el plazo de 15 á 20 días transcurridos desde la fecha del injerto, coincidiendo, según la climatología reinante, con el inicio de brotación de la yema. Este es el momento ideal para cortar el atado del injerto y retirar los restos del mismo.
- b) Si el injerto se realiza en otoño utilizando el mismo sistema, solamente se destaparán aquellos injertos que se observe posible brotación de la yema, para evitar malformaciones
- a causa del enrollamiento. Lógicamente el injerto realizado en esta época no debería brotar hasta la primavera siguiente, por los motivos anteriormente indicados, por tanto, no habría necesidad de precipitarse a la hora de quitar el atado.
- c) En el caso de atar el injerto dejando las yemas descubiertas, la retirada del plástico puede realizarse a los 30 días, aunque las yemas estén brotadas. Debiendo quitarse rápidamente si se observa indicios de estrangulamiento aunque las yemas no hayan brotado.
- d) El mismo procedimiento habrá que seguir cuando se utilice el plástico con mayor resistencia, cuyas ventajas e inconvenientes se han descrito anteriormente.

FORZADO DE LA BROTACÚN

Generalmente no brotan todas las yemas de los injertos a la vez, unas brotan estando aún atados los injertos, en caso de yemas destapadas, otras brotarán después de retirado el atado y, la mayoría habrá que realizarles alguna operación con el fin de forzar su brotación. Las operaciones a realizar se reducen a las siguientes:

- "Rebaje".- La estimulación vegetativa empieza con el rebaje del patrón, eliminando las dos terceras partes de su cumbre dejando una tercera parte que se aprovecha como tutor de la brotación del injerto evitando roturas o desgarros del mismo. De este modo se eliminan las yemas apicales cuyo predominio va en perjuicio del desarrollo de las yemas basales, al mismo tiempo que reduce la parte aérea provocando un desequilibrio entre esta y el sistema radicular lo que desemboca en una mayor disponibilidad de savia que fluye hacia el injerto.
- "Sangrado".**-** Consiste en la realización de una "ceja" o "cotana" por encima del injerto, a un centímetro y medio, de forma transversal cuya longitud sobrepase en un cm. la medida de la plancha o del escudete por ambos lados, eliminar 0,5 á 1 cm. de corteza, dañando el cambium y de forma superficial parte de xilema. Con esta operación se persiguen los mismos efectos que con el rebaje, con la ventaja de disponer de toda la cumbre del patrón como tutor y tiro de la planta. En este caso la poda se limita a la eliminación de aquellas ramas que puedan molestar al crecimiento del injerto.
- **Aplicación hormonal.-** No es frecuente, pero algunas veces se ha recurrido a la aplicación de ácido giberelico a dosis de 30 ppm, aplicado directamente sobre el injerto, utilizando para ello un pulverizador manual, obteniendo aparentemente algunos resultados, la mayoría de las veces no contrastados. Generalmente estas operaciones suelen realizarse de forma complementaria.

CONTROL DE INSECTOS DAÑINOS

Los naranjos, de entre los cuales los que más perjudican a los injertos y sus brotes tiernos son de los que nos vamos a ocupar en este apartado:

- **1º.** – **Gasterópodos, caracoles** ("Helix" sp.) y babosas ("Agriolimax agrestis" L.). – No suelen ser muy dañinos para los cítricos, sin embargo, como plaga puede llevar al traste una buena injertada. Existen buenos helicidas en el mercado que facilitan su control para que no se
- constituyan en una plaga.
- **2º.** – **Pulgones** (Aphis Citrícola, Gossipii, etc.). – Todos son perniciosos para las jóvenes brotaciones, sobre todo la de los injertos, por sus conocidas consecuencias, pero sobre todo, los más dañinos son aquellos que provocan malformaciones por segregar toxinas como los Aphis Citrícola. Su control es importante para el buen desarrollo de las jóvenes brotaciones, hay que estar muy atentos a la aparición de estos insectos ya que en cuestión de días pueden constituirse en plaga y causar daños difíciles de recuperar.
- **3º.- Minador de los brotes** (Phyllocnistis citrella Stainton). – Los daños causados por esta especie de polilla, de sobra conocido por los citricultores aunque sea una plaga de reciente aparición, son muy importantes, pues no solamente atacan a las hojas tiernas, sino también a los jóvenes y tiernos tallos. Su control en injertadas y plantones es primordial ya que causan graves daños, a veces irreversibles.

- **4º.** – **Langosta verde** (Phaneroptera falcata). – Es un insecto masticador de hojas y brotes jóvenes, no suele ser muy dañina su acción de forma individual, pero suele causar mucho daño cuando el número de individuos es elevado con consideraciones de plaga. Debe vigilarse su aparición y tratar de controlar el aumento de individuos por medio de cebos o aplicaciones foliares con insecticidas de ingestión.
- **5º.** – **Hormigas** (Himenópteros, ¯Iridomyrmex humilis‖ Mayr).- Esta especie originaria de América del Sur suele ser indirectamente la responsable de la deformación de la mayoría de las brotaciones de los injertos ya que protegen a ciertas cochinillas y pulgones de sus parásitos y depredadores. Su alimento favorito son las substancias azucaradas que excretan dichos insectos.
- **6º.** – **Tijeretas** (Forficula auricularia).- Es la especie más común. Son insectos masticadores que suelen refugiarse en lugares húmedos y oscuros. Tienen actividad nocturna. Comen restos de vegetales o de animales, pero como plaga pueden ocasionar grandes daños en brotes tiernos e injertadas. Suelen emplearse trampas diseminadas por el suelo de las parcelas a base de planchas o cañas secas, con el fin de que se refugien debajo o dentro de ellas, entonces se recogen y se sumergen en agua para que se ahoguen. También se pueden aplicar espolvoreos o pulverizaciones con Malatión, Lindano, Carbaril, Clorpirifos, Metaldehido, etc.
- **7º.- Araña roja** (Tetranychus urticae).- Es quizás el ácaro más extendido de todos, pues ataca a todo tipo de frutales, hortalizas, agrios, plantas industriales y ornamentales, etc.. Invernan generalmente en estadio de huevo, protegidos en las grietas de la corteza, en el envés de las hojas adultas, etc., y cuando llega el buen tiempo los huevos avivan y las larvas nacidas de ellos se trasladan a las hojas jóvenes, las cuales son atacadas por el envés. La hoja atacada adquiere una tonalidad verde apagada, que posteriormente se torna parda; si el ataque continúa se produce la caída de la hoja. Para combatir la plaga de ácaros, (especialmente los tetraníquidos), hay que tener muy presente no repetir el mismo producto en tratamientos sucesivos, ya que se suelen adaptar rápidamente al producto en cuestión y aparecer razas resistentes al mismo.

ELIMINACIÓN Y ACLAREO DE LA BROTACIÓN

En condiciones normales los plantones injertados en primavera, emiten gran profusión de brotaciones de entre las cuales solamente interesan las procedentes del injerto, las brotaciones basales del patrón, situadas por debajo del injerto, se deben eliminar lo antes posible, las situadas por encima del injerto se pueden dejar, pues actúan como tirasavias. Por supuesto, si estas brotaciones son abundantes se aclararán, eliminando preferentemente aquellas que se prevea van a dificultar el desarrollo del injerto. Cuando las brotaciones de los injertos alcancen alrededor de cinco centímetros, se aclararán, respetando una o dos brotaciones por injerto, las mejor constituidas y mejor situadas para recibir la savia procedente de las raíces, eliminando las más

débiles y mal formadas. Las brotaciones gemelas, a veces trillizas o más, se deben tratar de la forma siguiente:

- 1º) Eliminar desde la base las brotaciones situadas por encima de la brotación situada en posición más favorable para recibir savia de las raíces.
- 2º) En algunos casos, con el fin de no producir muchas heridas cercanas a la base de la brotación deseada, se procede al despunte de las brotaciones a eliminar dejando unos dos o tres centímetros de tallo, a eliminar en operaciones posteriores. Este procedimiento tiene la ventaja de que si por algún accidente se rompiera la brotación buena, se podría recuperar la brotación gracias a las yemas de las otras, con lo cual no se perdería el injerto. Las brotaciones definitivas de los injertos deben estar situados por debajo de cualquier herida importante, ya que el objetivo es la obtención de un árbol sano con un tronco sin heridas por el que exista una buena circulación de savia.

SUJECIÓN Y ENTUTORADO DE BROTES

Las brotaciones surgidas de los injertos suelen tener poca consistencia en la base; por su tierna vegetación e impedimentos ya reseñados. Cualquier golpe o roce, producido por la lluvia, por el viento o cualquier otro fenómeno atmosférico, pueden romperlas. Para evitar la pérdida de dichas brotaciones, es necesario sujetarlas utilizando como tutores de apoyo al resto del patrón e incluso con cañas o estacas clavadas en el suelo, atándolas a estos de forma que evite su excesivo movimiento. A continuación se establecen una serie de procedimientos, en orden prioritario, para realizar esta operación:

- 1º.- Cuando las brotaciones respetadas en el aclareo alcancen los 25 o 30 cm. de longitud, se debe realizar el primer atado sobre el tutor más cercano. Dicho atado no debe obligar ni arquear demasiado a la joven brotación ya que de lo contrario se puede estrangular o romper y, en la mayoría de los casos puede detener su desarrollo.
- 2º.- Realizar un segundo atado conforme vaya creciendo la brotación, cuando el injerto alcanza una longitud de 50 ó 60 centímetros. Esto dependerá de las condiciones climáticas donde se desarrolle el cultivo. En algunas comarcas con vientos fuertes será necesario realizar varios atados, sin embargo, en otras, cuya frecuencia de vientos es moderada, no será tan preciso.
- 3º.- En algunas zonas citrícolas se suele utilizar en el atado de brotaciones una especie de macarrón de plástico de unos tres o cuatro milímetros de diámetro cuyo fácil manejo lo hace más preferible que la rafia. De cualquier modo, sea cual fuere el material de atado utilizado, hay que recordar que se debe quitar una vez haya dejado de cumplir su

misión, pues la mayoría de las veces se olvida quitarlos provocando con ello el estrangulamiento y posterior rotura de las brotaciones de los injertos.

DESPUNTE DEL INJERTO

Una vez la brotación del injerto alcanza el metro de altura y aproximadamente las dos terceras partes de su tallo presenta una superficie redondeada, se debe despuntar de la forma siguiente:

- Cortar con la tijera de podar a unos 60 ó 70 centímetros del suelo, coincidiendo con madera redondeada, dejando la herida en forma de bisel ya que de esta forma los cítricos cicatrizan mejor sus heridas, además, resbala mejor el agua de lluvia y el exceso de humedad ambiental.
- Recortar el patrón ("tocón"), de forma que el predominio en altura sea siempre a favor del injerto.
- El propósito de esta operación es parar el crecimiento longitudinal de la brotación de verano y, de este modo, forzar la brotación lateral para obtener ramificaciones en las que se pueda montar la base del futuro

ELIMINACIÓN DEL "TOCÓN‘

Cuando el crecimiento en grosor de la brotación del injerto alcance aproximadamente el grosor de la base del patrón o; cuando se observe que por ese crecimiento en grosor del injerto, el "tocón" del patrón esté como absorbido o formando un pegadizo, se debe eliminar por completo, dejando la herida limpia y biselada. Dicha herida debe protegerse con alguna pintura impermeable e inocua para la planta. Existen excelentes productos en el mercado para dicho menester. Aprovechando el rebaje del "tocón" o su eliminación, se deben eliminar todas las brotaciones por debajo del injerto procedentes del patrón.

PRIMERA PODA DEL PLANTÓN COMO FUTURO ÁRBOL

La primera poda de la parte aérea del plantón con objeto de dirigir su formación como futuro árbol se realiza antes de la brotación de la primavera del año siguiente, febrero – marzo, con climatología benigna.
Esta operación se debe realizar de la forma siguiente:

- 1º.- De las brotaciones laterales nacidas el verano anterior, después de realizado el despunte, se elegirán las dos o tres, depende del sistema de poda a aplicar, mejor situadas con el fin de obtener la mejor

distribución posible del futuro ramaje. Estas no se deben podar por el momento.

- 2º.- Se eliminarán las brotaciones de la basa del patrón, situadas por debajo del injerto. En caso de observar que la "intensidad de poda", con dicha eliminación de brotaciones basales puede desequilibrar al plantón, se puede proceder a cortar todas las brotaciones dejando unos cinco o seis centímetros de "tocón". Esta forma de operar tiene las ventajas siguientes:
  - a) Al dejar parte vegetal de las brotaciones a eliminar, no se provoca gran desequilibrio entre la parte aérea y el sistema radicular.
  - b) Al realizar los cortes sobre dichas brotaciones, las heridas quedan suficientemente alejadas de la superficie de la corteza del tallo, de esta forma se evita la interrupción de la circulación de la savia causadas por las múltiples heridas realizadas, lo cual comporta, casi siempre, el endurecimiento prematuro de la parte vegetal situada más arriba.
- 3º.- El resto de ramos, no interesantes para la construcción del esqueleto del futuro árbol, se deben podar, bien eliminando alguna, bien despuntándolas con el fin de frenar su hegemonía frente a las ramillas elegidas para dicha formación. Hay que tener siempre presente que en agrios la rama que se poda, paraliza momentáneamente su crecimiento y, la rama que no se poda continúa creciendo.

EL PROCESO DEL CAMBIO VARIETAL

Realmente los problemas técnicos en las reinjertadas están más relacionados con la preparación del árbol a reinjertar, las condiciones del medio de cultivo y en los cuidados posteriores a realizar, que en la misma práctica del injerto.
Atendiéndose a las consideraciones previas descritas con anterioridad, el cambio varietal comienza por la preparación del árbol, pudiendo realizarse de dos formas diferentes:

- – Preparación con tiro.
- – Preparación sin tiro.

Preparación del árbol con tiro:
La preparación del árbol utilizando el sistema de tiro consiste en eliminar las faldas, ramas arqueadas y horizontales (o sea, ramas productivas) respetando aquellas más verticales con el propósito de que realicen la función de bombeo de savia. Esta preparación permite recomponer la estructura del árbol eliminando el exceso de "brancas" o ramas principales. Esta forma de preparación es recomendable para todo tipo de reinjertadas, sean sus árboles sensibles o no a los carbonatos y pH básico del suelo. La preparación puede realizarse el mismo día que sé reinjerta o bien en la época de poda (febrero – marzo), regando y abonando con nitrogenados en caso de árboles endurecidos con el fin de hacerlos entrar en savia y provocar brotaciones desde la base para injertar sobre material joven y vigoroso, además, se consigue renovar parte de la estructura envejecida.

Preparación del árbol sin tiro:

La preparación de los árboles sin tiro consiste en eliminar las ramas verticales y las centradas, sin dejar pelado el centro con el fin de sombrear las ramas principales, aclarando las faldas y ramas de producción al mismo tiempo que se elimina el exceso de "brancas". Es importante resaltar el sombreo de las ramas principales, bien con la propia vegetación, bien encalándolas a fin de evitar quemaduras por la acción directa de los rayos solares que derivan en caries irreversibles. Este sistema de preparación se recomienda en los casos siguientes:

- Parcelas con suelo pobre o muy pobre en carbonatos.
- Suelo con pH ácido (menor de 7)
- Producción de la variedad intermedia con algún interés comercial.
- Fragilidad de la madera y propensión a romper por la zona de injerto de la nueva variedad (injerto al lomo).

Este tipo de preparación, al igual que el anterior, puede realizarse en el momento de injerto o en época de la poda, realizándose las mismas operaciones de cultivo que el anterior, con el mismo propósito.

En la preparación de los árboles con patrón tolerante, tanto si se utiliza el sistema de tiro como el sistema sin tiro, la intensidad de ramas a eliminar no debe sobrepasar el 50 % del total del volumen de la copa, en caso contrario, al eliminar muchas hojas de transformación y reserva de nutrientes, la brotación de los injertos será profusa pero muy débil, dependiendo del estado de vigor del patrón y la variedad intermedia. Así mismo el sistema radicular también se resiente al no recibir la nutrición necesaria.

Grosor de las ramas a injertar

Las ramas a reinjertar no deben ser mayores de 5 ó 6 centímetros de diámetro, pues de lo contrario la reinjertada puede tener problemas de desarrollo y roturas prematuras. Hay que tener presente que la dificultad de prendimiento y los problemas de desarrollo vienen determinadas por:

- 1º. – La diferencia de grosores entre la piel de la rama y la piel del injerto no permiten el buen contacto del último con la zona de cambium de la madera intermedia, aun utilizando el mejor material de atado. O sea, que el injerto queda como metido en un hoyo sin presión alguna.
- 2º.-Obliga a eliminar el "tocón" prematuramente ya que el rápido desarrollo en grosor de la base del injerto hace que se monte sobre la corteza de la variedad intermedia quedando incrustada, dificultando la circulación de la savia por el estrangulamiento y atrofia de los vasos conductores, dando como resultado una soldadura falsa y de poca consistencia.
- 3º. – Así mismo, al tener que eliminar toda la madera de la rama injertada ("tocón"), la herida realizada resulta de un diámetro enorme con relación al diámetro en grosor de la brotación del injerto. Operación que generalmente provoca el endurecimiento prematuro de dicha brotación y la posibilidad de su pérdida por desgarro al perder protección.

Posición del injerto

Con el fin de evitar la rotura de las brotaciones de las planchas injertadas, a

corto y largo plazo, se recomienda que la posición de los injertos sea la contraria al espacio a cubrir de vegetación con la nueva variedad. No injertar a la parte exterior de las ramas, ni siquiera en ramas verticales ya que al tener que dirigir la futura vegetación hacia fuera la brotación del injerto se puede romper.

Es aconsejable reinjertar siempre al "lomo" de las ramas de la madera o variedad intermedia ya que de esta forma previene la posible rotura o desgarro del injerto cuando adquiera un cierto volumen y se cargue de producción.

Para conseguir una brotación homogénea se aconseja reinjertar lo más bajo posible, conservando la misma altura de injerto en todas las ramas, pues de lo contrario los injertos en posición más baja brotarán con más vigor y su crecimiento será mayor que las brotaciones de los injertos altos. Dicha disparidad de crecimiento dificultará las operaciones de poda posteriores y, por supuesto, el desarrollo equilibrado del árbol. Por regla general, la reinjertada "a media madera" (a la altura de las segundas bifurcaciones de las ramas principales), suele dar buenos resultados.

INJERTOS MÁS UTILIZADOS EN LAS REINJERTADAS

Normalmente se viene utilizando el injerto de chapa con dos o más yemas y la modalidad practicada suele ser la ventana en sus distintas versiones. Cuando el vigor de la variedad intermedia es muy grande, pomelo o navelate por ejemplo, el injerto se realiza en L invertida, las demás variedades intermedias suelen injertarse con ventana simple y con chapa, más o menos, ajustada, pero siempre procurando el contacto de la base de la chapa con la base de la ventana, de esta forma se facilita la buena unión entre ambas cortezas.

El injerto de escudete en reinjertadas suele emplearse sobre brotaciones jóvenes y vigorosas (chupones), de escaso diámetro; bien como relleno, bien como renovación de ramas principales demasiado gruesas y/o envejecidas. Siempre que el grosor del ramo lo permita, es conveniente realizar el injerto tipo plancha, pues la mayor superficie de contacto con la rama injertada facilita su prendimiento con un buen "callo cicatrizal".

CUIDADOS POSTERIORES A LAS REINJERTADAS

Los cuidados a los injertos, descritos con anterioridad, son de plena aplicación a las reinjertadas, pero además, existen algunos específicos inherentes a las mismas que conviene conocer:

- Dejar espacio libre al crecimiento del injerto, eliminando con la poda todas aquellas ramas que ofrezcan dificultad a su normal desarrollo, pero sin pelar con el fin de no frenar el tiro de la rama injertada.
- Dirigir las brotaciones del injerto atando varias veces, las que sean necesarias, la brotación con mejor posibilidades de sustituir toda

la rama de la variedad anterior y, el resto arquearlas y atarlas de forma que puedan constituir ramas de producción.

- Las que dificulten el crecimiento en grosor de las bien establecidas, se deben eliminar.
- Los injertos que no hayan brotado se deben forzar mediante la realización de una ceja por encima del injerto en la que se elimina un centímetro de piel y parte de xilema, dicha operación, como ya se ha explicado, recibe el nombre de "escotadura"o "cotana".
- Posteriormente, en días sucesivos se irá eliminando, poco a poco, el tiro y las ramas procedentes de la madera intermedia, que sombreen o dificulten el buen desarrollo de las brotaciones del injerto. Aprovechando parte de las mismas para atar las brotaciones de la nueva variedad, a modo de tutor, evitando de este modo la posible rotura de las jóvenes brotaciones.
- El entutorado debe realizarse cuando la joven brotación tenga un volumen suficiente como para ser vulnerable ante la acción de los fenómenos atmosféricos, sobre todo del viento. Dicha vulnerabilidad va en aumento conforme va creciendo el injerto. Al principio las brotaciones quedan resguardadas por la vegetación circundante y por su escaso desarrollo, pero cuando éstas alcanzan los 30 á 40 centímetros de longitud ya se deben empezar a atar, si se pretende realizar con anterioridad no existe volumen suficiente y, además, en la operación pueden romperse o endurecerse con facilidad. El cuidado de las nuevas brotaciones procedentes de los injertos, es una cuestión de dedicación continua, bien dirigiendo o podando aquellas que no interesen por crear dificultades o competencia por la luz y el espacio a las bien situadas.

GLOSARIO DEL INJERTO DE CITRICOS EN CAMPO

Aclareo: Se aplica este término a la acción de eliminar las brotaciones que puedan competir con la brotación del injerto más favorecida por el flujo de savia y mejor situada para conseguir con éxito el cambio varietal. Dicha acción debe ser selectiva y de actuación prioritaria, procurando que la eliminación de brotaciones mal nacidas o mal establecidas no perjudique a la brotación que constituirá el futuro árbol.

- **Ahilamiento:** Se aplica al crecimiento débil y delgado, con entrenudos exageradamente alargados en brotaciones demasiado protegidas de la luz.
- **Arquear:** Doblar un ramo joven con el fin de estimular la brotación de las yemas de la base.
- **Atado:** Hay que diferenciar entre el atado del injerto y el atado de la brotación del mismo. El primero se refiere al atado de la porción vegetal, tipo plancha o escudete, sobre el patrón con el fin de facilitar su unión. El segundo se refiere al atado de la vegetación, nacida del injerto, sobre alguna parte más rígida con el fin de evitar que se rompa (¯entutorado‖).
- **Cambium:** Zona de crecimiento meristemático situada entre el xilema y el floema cuya misión es la de generar tubos cribosos (vasos conductores) a ambos lados, por cuya causa produce el crecimiento de tallos y ramas en grosor.

- **Despuntar:** Eliminar la punta de una brotación con el propósito de estimular la brotación de las yemas basales de la misma.
- **Entutorar:** Se dice de aquella operación que se realiza para proteger de posibles roturas del material vegetal tierno y muy frágil, utilizando para ello el apoyo de un vástago o parte vegetal más resistente, llamado tutor.
- **Encanutado:** Realización de múltiples heridas alrededor del perímetro del tallo o de una rama que dificulta enormemente el flujo de savia y provoca el envejecimiento prematuro de su parte vegetativa.
- **Endurecimiento:** Se refiere al envejecimiento prematuro de las ramas o de la variedad injertada causada por un desarrollo anormal, por ataque de alguna plaga o enfermedad y por supuesto, por un exceso de heridas producidas en su base (encanutados y/o emparedados).
- **Emparedado:** Se refiere a la realización de dos o más heridas consecutivas y opuestas entre sí, lo cual provoca los mismos efectos que el encanutado.
- **Escaldado:** Se denomina al efecto que producen los rayos solares cuando inciden directamente sobre una zona cubierta con plástico transparente, normalmente cargada de humedad, provocando el calentamiento excesivo en su interior hasta el punto de producir quemaduras. También llamado efecto lupa. También se utiliza para definir las quemaduras producidas por los rayos solares sobre las ramas principales o el tallo de un plantón al quedar expuestos a los mismos, sin protección alguna, o sea, sin ramillas propias que sombreen dichas partes.
- **Intensidad de poda:** Se dice de aquel porcentaje de ramas que se cortan o eliminan al ejecutar la poda de los árboles con relación al volumen total de ramas de sus copas. La intensidad tiene relación inversa al vigor de la planta. A más vigor menos intensidad y a menos vigor más intensidad. Esto último depende del estado sanitario de la planta y de su cultivo en general, normalmente con respuestas muy variables dependiendo de la combinación patrón – variedad.
- **Rebajar:** Se utiliza dicho término cuando se eliminan ramos o brotaciones y se realizan terciados sobre la rama o sobre el patrón injertado con el fin de abrir espacio para el buen desarrollo del injerto, al mismo tiempo que se estimula su crecimiento.
- **Terciado de rama:** Se dice cuando se eliminan los dos tercios de la misma, calculado a partir de la punta hacia la base. Esta técnica se utiliza para forzar la brotación lateral de plantones, en la poda de renovación y en la poda de verano en Satsumos.
- **Tirasavias:** Pequeña porción de madera o tocón con brotación que se deja, de la rama a eliminar, con el propósito de ayudar a bombear savia y absorber el exceso de la misma que afluye a la rama que se queda, con lo cual se evita su posible ahogamiento.
- **Tocón:** Especie de muñón, resto de la rama terciada o muy rebajada de la rama a eliminar. En injertadas sirve como tutor y tirasavias. Si no va a tener esos fines, se debe eliminar.

Indice de Color IC Indice de Madurez citricos IM

Las normas de calidad de mandarinas establecidas en el Reglamento CEE Nº1799/01 y sus posteriores modificaciones, Reglamento 2010/2002 y 2173/2003, así como los acuerdos adoptados por la Interprofesional Citrícola Española (Intercitrus) fijan los índices de madurez mínimo comercial en 6.5 para satsumas y 7.0 para clementinas y los porcentajes mínimos de zumo respecto al peso total del fruto se establecen en 40% en clementinas y 33% para otras mandarinas.

	Ind. Madurez	% zumo
Clementinas	> 7.0	40
Satsumas	> 6.5	33

El grado de coloración según el Reglamento CEE deberá ser tal que, al témino de su proceso normal de desarrollo, los frutos alcancen en su lugar de destino el color típico de la variedad a la que pertenezcan, admitiéndose frutos que al menos tengan 1/3 de la superficie de dicho color.

	Coloración	Indice de color
Clementinas	> 1/3 de la superficie	+3 +6
Satsumas	> 1/3 de la superficie	+1 +3

Teniendo en cuenta esta tolerancia respecto a la superficie con coloración típica, la Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación (CAPA) de la Generalitat Valenciana establece los valores mínimos de índice de color (IC) (IC=1000.a/L.b, siendo L, a y b parámetros de Hunter) entre +1 y +3 para satsumas y entre +3 y +6 para clementinas (DOGV 5346, de 14-9-2006). En las Normas de Producción Integrada de Cítricos de la Comunidad Valenciana (DOGV 3909, de 1-3-2001) se establece que el IC mínimo en el momento de la comercialización debe ser superior a +4 para mandarinas satsumas y de +6 para el resto de las variedades, que viene a corresponder al 100% de superficie con coloración comercial. La CAPA pone a disposición de los agentes sectoriales y de los inspectores tablas de color (Cuquerella et al., 2004), con los límites establecidos para que sirvan de guía en el autocontrol y en los controles oficiales.

Prod. integrada	Coloración	Indice de color
Clementinas	> 100% de la superficie	+6
Satsumas	> 100% de la superficie	+4

J. M. MARTÍNEZ-JÁVEGA, A. SALVADOR y P. NAVARRO Centro de Tecnología Postcosecha. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias

Apartado Oficial 46113 Moncada (Valencia) España
Tlf: 96 342 40 00 Fax: 96 342 40 01

Material necesario
Balanza



Exprimidor de zumo, si es hidraulico mejor



Pipeta, graduadada, aforada o automatica.





V5150 - V5260



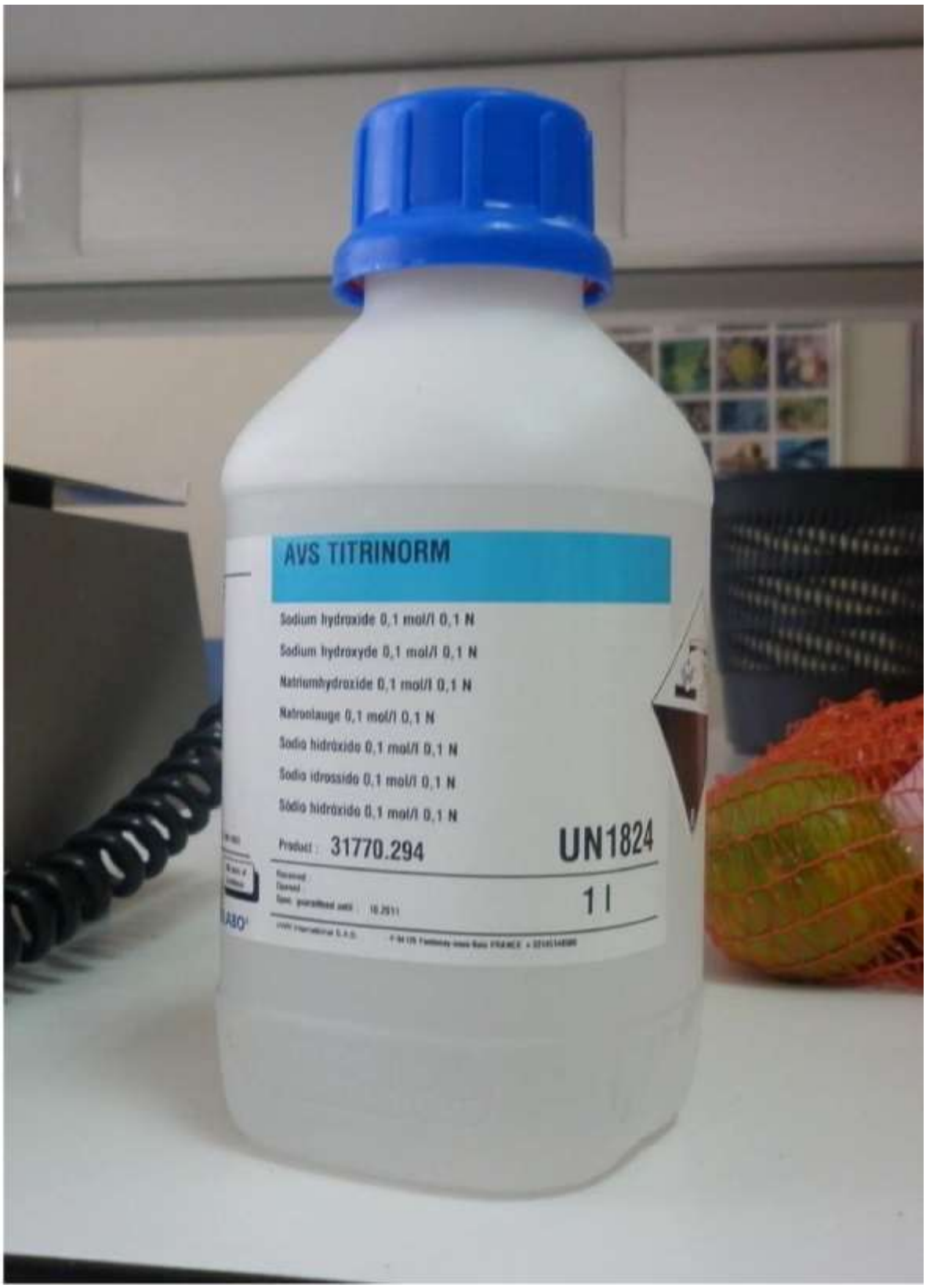
Refractometro manual o automatico, medir los grados Brix

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS





Hidroxido sodico 0.1 N



Bureta manual o Bureta digital con agitador magnetico para botella

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS





Índice de madurez

Los cítricos, son frutos en los que predominan en su composición, los glúcidos (glucosa y sacarosa). Al no contener almidón, no cabe la posibilidad, de que se transforme en azúcares más simples durante el estocaje o la conservación, por lo cual no pueden mejorar su calidad interna. Tal como se recolectan llegan al consumidor. Únicamente los limones, una vez recolectados, aumentan con el tiempo la cantidad de zumo.

La forma más habitual, de medir la madurez interna de un fruto cítrico, es mediante el índice de madurez (IM):

IM = E / A
E = ºBrix indicados en el refractometro
A= (cc de NaOH x 0,128)
Donde E, corresponde a la mayor parte de sólidos solubles del zumo, compuesto por azúcares mayoritariamente. Se mide con un refractómetro y se expresa en grados Brix.

El parámetro A, corresponde a la mayor parte de acidez del zumo, expresado en gramos de ácido cítrico por litro de zumo. Se mide mediante la valoración con NaOH (0,1 N), utilizando fenoltaleína como indicador.

Por qué multiplico por 0,128
Determinar la acidez de un zumo es fijar la riqueza en acidos expresándola en un número de gramos contenidos en un litro del mismo. la determinación de esa acidez se hace por volumetría; esto es neutralizando la solución acida mediante un alcalí, en este caso hidróxido sódico 0,1 N. Cada cc de hidróxido sódico 0,1 N contiene 0,004 gramos. de este cuerpo, y cada centímetro cúbico de ácido cítrico también 0,1 N, 0,0064 gramos de éste. El ácido cítrico es el metílico-3 pentanol-3 dióxico, cuya fórmula es

CH2 – COOH

|

COH – COOH

|

CH2 – COOH

Es tribasico y cuyo peso molecular es 192,124 luego

192,124/3= 6,4041 gr por litro es el contenido de ácido en una solución 0,1N.

Si tomamos 5 cc entonces dividiremos esa cantidad por 500

6,4041/500= 0,01280008 es decir 0,0128 por cc osea reducido a litros 12,8 para obtener el número de gr contenidos en el litro.

Este es un sistema rápido para conocer, con bastante precisión, la madurez interna de los cítricos.

Indicamos a continuación, para las distintas variedades, el IM mínimo exigidos para su comercialización:

- – Satsumas, naranjas (tempranas y de media campaña) → E/A = 6.0
- – Clementinas y naranjas tardías → E/A = 6.5
- – Mandarina Fortune → E/A = 8.0

Porcentaje de zumo

La cantidad de zumo en los frutos cítricos, para su comercialización, vienen determinada por los siguientes parámetros:

- *– Clementinas → 40%*
- *– Satsumas, naranjas y mandarinas híbridas → 33%*
- *– Limones → 20%*

Índice de color en cítricos (ICC)

El hecho de que el consumidor, asocie la madurez de los frutos, con el color de los mismos, ha dado lugar a que comercialmente, se haya fijado, un IC mínimo para cada variedad

Sin embargo, la coloración de los cítricos, es independiente de su madurez interna, ya que en ella influyen factores geográficos, climáticos y prácticas culturales, que afectan no sólo al color sino también al IM.

Por otra parte, la sensación de color, depende de numerosos factores: intensidad de la iluminación, forma geométrica del objeto y factores subjetivos como la capacidad de visión, estado de ánimo, poder de fijación del observador, etc.

En realidad, en el color externo de los cítricos, coexisten clorofilas y carotenoides. En los frutos verdes, los carotenoides se hallan enmascarados por el verde intenso de las clorofilas y a medida que avanza la maduración, se van degradando las clorofilas y se incrementa la síntesis de carotenoides, estos procesos son simultáneos, pero a la vez independientes.

¿Cómo puede medirse el color?

– Por apreciación visual directa, que para llevarla a cabo, se realiza con la colaboración de varias personas, para corregir los factores subjetivos que hemos comentado.

– Mediante colorímetros, que se basan en:

- o Sistemas de coordenadas básicas (X Y Z)
- o Sistemas CIE de cromaticidad
- o Sistemas basados en colores opuestos
  - " Sistema CIELAB
  - " Sistemas HUNTER Lab

– Escalas basadas en los sistemas colorímetros. Uno de los sistemas más utilizados es el de HUNTER Lab.

De todas las formas, el sistema más práctico, es la comparación de los frutos con escalas preestablecidas, que corresponden a tonos de color aceptados generalmente, ya que los colorímetros no están, en la mayoría de los casos, al alcance técnico ni económico de los almacenes.

Referencias de índices de color (Fuente: IVIA)

	Cítricos	Limones
Verde intenso	IC < -7	IC ≤ -10
Predomina el verde	-7 < IC < 0	-5 < IC < 0
Predomina el amarillo	0 < IC < +7	IC ≈ 0
Color comercial	IC ≥ 6	0 < IC < +5

* Valores medidos con un colorímetro Minolta y aplicando IC = 1000·a / L·b

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



Estados fenologicos de los citricos

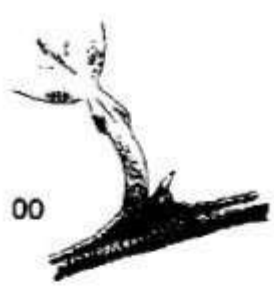
Introducción:

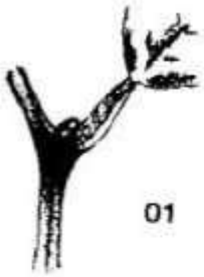
La escala extendida BBCH es un sistema para una codificación uniforme de identificación fenológica de estadios de crecimiento para todas las especies de plantas mono – y dicotiledóneas.

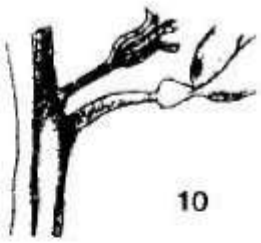
Es el resultado de un grupo de trabajo conformado por el Centro Federal de Investigaciones Biológicas para Agricultura y Silvicultura (BBA) de la República Federal Alemana, el Instituto Federal de Variedades (BSA) de la República Federal de Alemania, la Asociación Alemana de Agroquímicos (IVA) y el Instituto para Horticultura y Floricultura en Grossbeeren/ Erfurt, Alemania (IGZ).

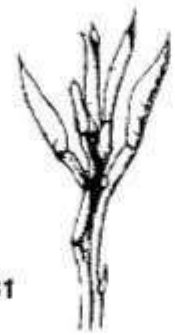
El código decimal, se divide principalmente entre los estadios de crecimiento principales y secundarios y está basado en el bien conocido código desarrollado por ZADOKS et al. (1974) con la intención de darle un mayor uso a las claves fenológicas.

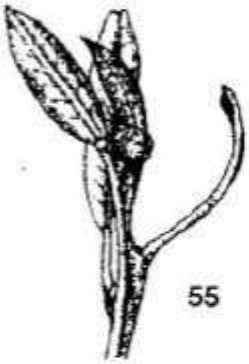
Agrios (Citrus spec.)


00


01

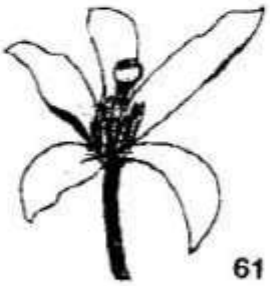

10


31


55


56

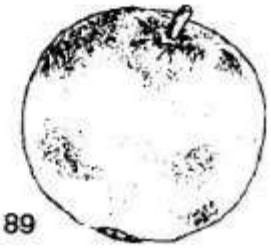

59


61


67


69


72


89

Listado de Estados fenologicos según BBCH

00 REPOSO: YEMAS VEGETATIVAS Y DE INFLORESCENCIAS INDIFERENCIADAS, CERRADAS Y CUBIERTAS DE ESCAMAS
01 COMIENZAN A HINCHARSE LAS YEMAS
03 FINALIZA EL HINCHAMIENTO DE LAS YEMAS: LAS ESCAMAS VERDES ESTÁN LIGERAMENTE SEPARADAS
07 EMPIEZA LA APERTURA DE LAS YEMAS
09 LOS PRIMORDIOS FOLIARES SON VISIBLES
10 LAS PRIMERAS HOJAS EMPIEZAN A SEPARARSE: LAS ESCAMAS VERDES ESTÁN LIGERAMENTE ABIERTAS Y LAS HOJAS EMERGIENDO
11 LAS PRIMERAS HOJAS SON VISIBLES
15 SE HACEN VISIBLES MÁS HOJAS, PERO SIN ALCANZAR SU TAMAÑO FINAL
19 LAS HOJAS ALCANZAN SU TAMAÑO FINAL
31 EMPIEZA A CRECER EL BROTE: SE HACE VISIBLE SU TALLO
32 LOS BROTES ALCANZAN ALREDEDOR DEL 20% DE SU TAMAÑO FINAL.
39 LOS BROTES ALCANZAN ALREDEDOR DEL 90% DE SU TAMAÑO FINAL

51 LAS YEMAS SE HINCHAN: ESTÁN CERRADAS Y SE HACEN VISIBLES LAS ESCAMAS, LIGERAMENTE VERDES
53 LAS YEMAS REVIENTAN: LAS ESCAMAS SE SEPARAN Y SE HACEN VISIBLES LOS PRIMORDIOS FLORALES.
55 LAS FLORES SE HACEN VISIBLES: ESTÁN TODAVÍA CERRADAS (BOTÓN VERDE) Y SE DISTRIBUYEN AISLADAS O EN RACIMOS EN INFLORESCENCIAS CON O SIN HOJAS
56 LOS PÉTALOS CRECEN; LOS SÉPALOS ENVUELVEN LA MITAD DE LA COROLA (BOTÓN BLANCO)
57 LOS SÉPALOS SE ABREN: SE HACEN VISIBLES LOS EXTREMOS DE LOS PÉTALOS, TODAVÍA CERRADOS, DE COLOR BLANCO O AMORATADO
59 LA MAYORÍA DE LAS FLORES, CON LOS PÉTALOS CERRADOS, FORMAN UNA BOLA HUECA Y ALARGADA
60 SE ABREN LAS PRIMERAS FLORES
61 COMIENZA LA FLORACIÓN: ALREDEDOR DEL 10 % DE LAS FLORES ESTÁN ABIERTAS
65 PLENA FLORACIÓN: ALREDEDOR DEL 50 % DE LAS FLORES ESTÁN ABIERTAS. EMPIEZAN A CAER LOS PRIMEROS PÉTALOS.
67 LAS FLORES SE MARCHITAN: LA MAYORÍA DE LOS PÉTALOS ESTÁN CAYENDO
69 FIN DE LA FLORACIÓN: HAN CAÍDO TODOS LOS PÉTALOS.
71 CUAJADO: EL OVARIO EMPIEZA A CRECER; SE INICIA LA CAÍDA DE FRUTOS JÓVENES.
72 EL FRUTO, VERDE, ESTÁ RODEADO POR LOS SÉPALOS A MODO DE UNA CORONA
73 ALGUNOS FRUTOS AMARILLEAN: SE INICIA LA CAÍDA FISIOLÓGICA DE FRUTOS.
74 EL FRUTO ALCANZA ALREDEDOR DEL 40% DEL TAMAÑO FINAL. ADQUIEREN UN COLOR VERDE OSCURO. FINALIZA LA CAÍDA FISIOLÓGICA DE FRUTOS.
79 EL FRUTO ALCANZA ALREDEDOR DEL 90 % DE SU TAMAÑO FINAL

81 EL FRUTO EMPIEZA A COLOREAR (CAMBIO DE COLOR)
83 EL FRUTO ESTÁ MADURO PARA SER RECOLECTADO, AUNQUE NO HA ADQUIRIDO TODAVÍA SU COLOR CARACTERÍSTICO.
85 MADURACIÓN AVANZADA: SE VA INCREMENTANDO EL COLOR CARACTERÍSTICO DE CADA CULTIVAR.
89 FRUTO MADURO Y APTO PARA EL CONSUMO: TIENE SU SABOR Y FIRMEZA NATURALES; COMIENZA LA SENESCENCIA Y LA ABSCISIÓN
91 LAS BROTACIONES HAN COMPLETADO SU DESARROLLO; HOJAS CON SU PLENA COLORACIÓN VERDE
95 LAS HOJAS VERDES COMIENZAN A CAER
97 REPOSO VEGETATIVO

Listado de Estados fenologicos según Red de Alerta e Información Fitosanitaria 2012

A — Yema en latencia
B — Yema hinchada
C — Aparición de botones
D — Aparece la corola
E — Se ven los estambres
F — Primera flor K Envero
G — Caída de pétalos
H — Caída de estilos
I— Cuajado de frutos
I2 — Cierre del cáliz
J— Fruto al 40% de desarrollo.
K — Envero
M — Maduración
R — Recolección



Imágenes Fenología. Desde A hasta K. De izquierda a derecha y de arriba abajo.
Fuente: RAIF.

Distinguir un naranjo un mandarino un limon y un pomelo por sus hojas

Hay grandes libro de agricultura, pero a mi uno de los que siempre mas me ha gustado ha sido este, por su trabajo, por lo que admiro al autor y por la practicidad de su uso podeis enoontrarlo en*www.ivia.es/otri/pdf/libros/citricos_Web.pdf*
En el reconocimiento de las especies se deberán observar las características de las hojas que ya hayan adquirido el tamaño adulto.

NARANJO

Hojas lanceoladas, anchas, grandes y coriáceas. Márgenes nor malmente enteros. Base ligeramente redondeada y ápice agudo. Peciolo corto, articulado con el limbo y generalmente sin alas o muy rudimentarias (Foto 1)



Foto 1. Hoja de Naranjo dulce.

MANDARINO CLEMENTINO

Hojas lanceoladas, largas, relativamente estrechas y no coriá- ceas. Ápice agudo. Base del limbo ligeramente redondeado. Pe- ciolo corto y sin alar, articulado con el limbo (Foto 2).



Foto 2. Hoja de Mandarino clementino.

MANDARINO SATSUMA

Hojas lanceoladas con la base y ápice del limbo agudo. Coriá- ceas, con el nervio central y secundarios muy acusados por el haz y por el envés. Peciolo largo y poco alado, articulado con el limbo. Estrujadas desprenden un olor característico (Foto 3).



Foto 3. Hoja de Mandarino satsuma.

POMELO

Hojas lanceoladas muy grandes, coriáceas con el margen ligeramente aserrado. Base redondeada. Peciolo largo y articulado, con alas grandes que se solapan con la base del limbo (Foto 4).

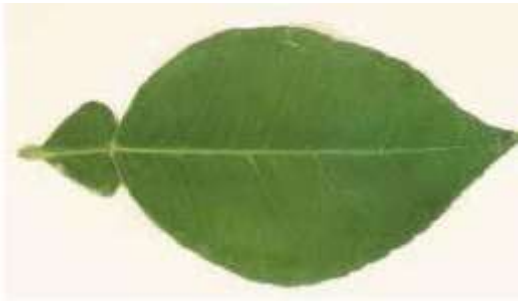


Foto 4. Hoja de Pomelo.

LIMONERO
Hojas lanceoladas, grandes y anchas, con el margen aserrado y el ápice agudo. Limbo grueso coriáceo, con los nervios acusa- dos por el haz y el envés. Peciolo corto, redondeado y sin alar, claramente articulado con el limbo. Al estrujarlas desprenden olor a limón. Brotaciones de color morado (Foto 5).



Foto 5. Hoja de Limonero.

Partes de un arbol frutal y ciclo vegetativo.

El sistema radicular, la raiz pivotante el sistema de anclaje y los tipo de suelos, la zona pilifera, los pelos radiculares, la absorcion de agua y sales minerales.

Tipos de yemas
Las yemas pueden pueden ser clasificadas de la siguiente forma:

por posición:
- terminal, cuando está ubicada en la punta de una ramilla;
- axilar, cuando está ubicada en la axila de una hoja (también denominadas laterales);
- adventicia, cuando ocurre en los demás lugares, por ejemplo en el tronco o en las raíces.

Clasificación de yemas.
por condición:
- accesorio, cuando una yema secundaria se forma aparte de la yema principal (axilar o terminal);

- inactiva o aletargada, cuando el crecimiento de la yema ha sido nulo durante un largo tiempo. Es posible que la yemas pasen de poco tiempo a años inactivas;
- pseudoterminal, cuando una yema axilar reemplaza a una terminal (como sucede en la ramificación simpodial).

por morfología:

- escamosa o recubierta, cuando escamas cubren y protegen las partes embrionarias;
- desnuda, cuando no está cubierta por escamas;
- vellosa, cuando está protegida por

vellos. **por función:**

- vegetativa, cuando sólo contiene elementos vegetativos;
- reproductora, cuando contiene flor(es) embrionaria(s);
- mixta, si contiene hojas embrionarias y flores.

FRUTALES DE PEPITA (manzano, peral, membrillero)

1. Dardo: tiene una yema de madera en la punta.

2. Lamburda: tiene una yema mixta en la punta.

3. Brindilla: mide 40-50 cm. Las yemas laterales son de madera y la terminal puede ser de madera (brindilla simple) o mixta (brindilla coronada).

4. Bolsa: es un engrosamiento que se forma cuando tiene unos añitos. Acúmulo de yemas.

Los frutos van a ir sobre lamburdas, bolsas y de vez en cuando en brindillas coronadas. Hay que conocerlos bien porque tendremos que mantenerlos en la poda, no eliminarlos.

FRUTALES DE HUESO (melocotonero, ciruelo, albaricoquero, nectarino, cerezo, almendro.

- Ramo mixto: miden entre 30 y 100 cm. Es una especie de brindilla pero las yemas laterales son de flor, algunas de madera y la terminal de madera.

- Ramillete de mayo: más cortito, de 15 a 30 cm. Muy típico en cerezo. Posee yemas de flor y alguna de madera.

En el tema de la poda verás la utilidad que tiene conocer todas las partes y elementos que forman un árbol frutal.

Nuevas variedades de citricos MURCOTT

El clon J de la variedad Murcott procede de Brasil (1990) y ha sido proporcionado por AVASA. Se trata de un árbol vigoroso, de forma arbustiva, muy productivo y con tendencia a la vecería.

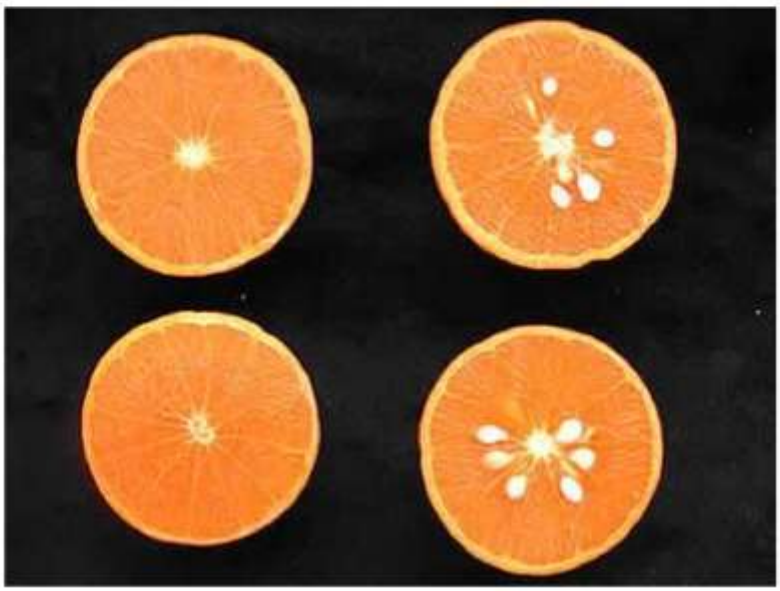
El árbol es vigoroso y hábito de crecimiento abierto. Las ramas sin espinas.

El fruto tiene un tamaño medio menor que la variedad Moncada y un peso entre 80-100 gramos, ligeramente achatado en la zona peduncular y apical. La corteza lisa, tersa y fina, de color naranja-amarillento. Presenta una facilidad media de pelado y su fruto es de excelente calidad comercial. Tiene unas 0,9 semillas por fruto, frente a las 17 semillas por fruto de la variedad Murcott sin irradiar. Se recolecta en los meses de marzo-abril.

En las temporadas 2005-2006 se realizan los estudios de viabilidad del polen, siendo el porcentaje de germinación del 47% en la Murcott J y de 2,4% en la Murta 18 y del 2% en la Murina 15. El número de semillas por polinización libre es de 17 por fruto en la Mucott J y de 0,9 en la Murta-18 y de 1,5 en la Murina 15, ambas irradiadas, lo que significa que el nivel de inhibición es del 94% para el primer clon y del 92% para el segundo.



Frutos de Murcott irradiada.



Frutos de Murcott (irradiada) y frutos de Murcott (no iradiada).

En primavera del año 2007 se han irradiado otras 7 variedades, que podrían adquirir los agricultores hacia el año 2015-2016, cuyas características son las siguientes:

L´-4

Se originó en 1980 mediante el cruzamiento entre clementina Oroval y mandarino Kara (híbrido a su vez de mandarino Satsuma y mandarino King) realizado por R. Bono, J. Soler y L.F. de Córdova, en el I.V.I.A. Moncada (Valencia).

El árbol de vigor medio con hábito de crecimiento abierto. En las ramas no se observa espinosidad.

Las hojas de color verde oscuro recuerdan por su forma a las hojas de satsuma.

El fruto de tamaño muy grande (media de 85 mm.), de forma aplastada con corteza de color naranja, lisa y adherida a la pulpa, aunque se pela con facilidad. El porcentaje en zumo es elevado, al igual que los sólidos solubles y ácidos totales. No tiene semillas al ser autoincompatible, aunque debido a la polinización cruzada pueden aparecer con variedades compatibles, al igual que esta variedad puede polinizarlas. De aparecer semillas son poliembriónicas.

Variedad productiva de maduración tardía, recolectándose a partir de finales de enero, conservándose en perfectas condiciones en el árbol varios meses, al mantener la corteza joven sin bufarse, sin pérdida de zumo ni ácidos totales y con un elevado porcentaje de sólidos solubles que hacen que sus frutos tengan una muy buenas condiciones comerciales.



Árbol de L´-4.



Frutos de L´-4.

Ñ-6

Se originó en 1980 mediante el cruzamiento entre clementina Hernandina y mandarino Kara (híbrido a su vez de mandarino Satsuma y mandarino King) realizado por R. Bono, J. Soler y L.F. de Córdova, en el I.V.I.A. Moncada (Valencia).

El árbol tiene buen vigor con hábito de crecimiento abierto. En las ramas no se observa espinosidad.

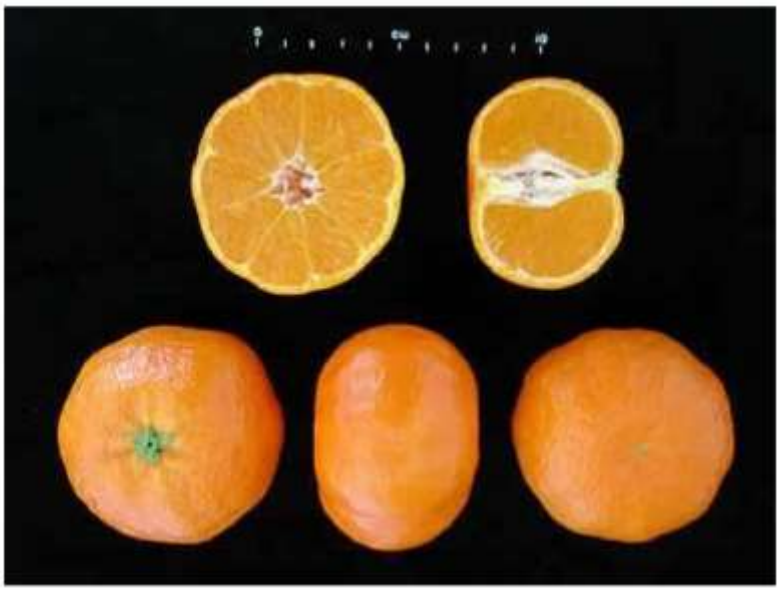
Las hojas de color verde oscuro recuerdan por su forma a las hojas de naranjo.

El fruto de tamaño muy grande (media de 71 mm.), de excelente calidad y color. La corteza adherida a la pulpa, aunque se pela con facilidad. El porcentaje en zumo es elevado, al igual que los sólidos solubles y ácidos totales. No tiene semillas al ser autoincompatible, aunque debido a la polinización cruzada pueden aparecer con variedades compatibles, al igual que esta variedad puede polinizarlas. De aparecer semillas son monoembriónicas.

Variedad productiva de maduración tardía, recolectándose a partir de finales de enero, conservándose en perfectas condiciones en el árbol varios meses, al mantener la corteza joven sin bufarse, sin pérdida de zumo ni ácidos totales y con un elevado porcentaje de sólidos solubles que hacen que sus frutos tengan una muy buenas condiciones comerciales.



Árbol de Ñ-6



Frutos de Ñ-6.

C-10

Se originó en 1980 mediante el cruzamiento entre mandarino Hernandina y mandarino Kara (híbrido a su vez de mandarino Satsuma y mandarino King) realizado por R. Bono, J. Soler y L.F. de Córdova, en el I.V.I.A. Moncada (Valencia).

El árbol es de gran vigor y desarrollo con hábito de crecimiento algo erecto y frondoso. En Las ramas no se observa espinosidad, siendo la madera algo frágil.

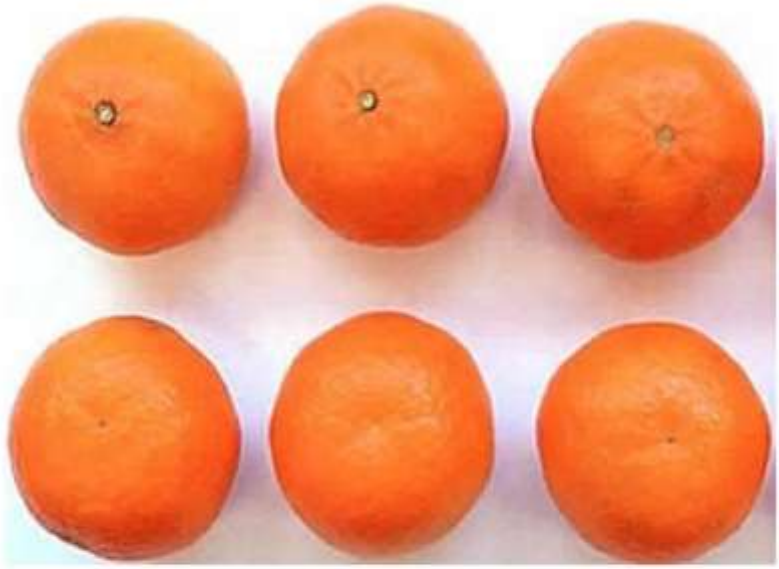
Las hojas de color verde oscuro recuerdan por su forma a las hojas de clementino.

El fruto es de tamaño medio a grande de forma redondeada, con la corteza de color naranja, lisa y adherida a la pulpa, aunque se pela con facilidad. El porcentaje en zumo es muy elevado, al igual que los ácidos totales. Con muy pocas semillas, poliembriónicas.

Variedad muy productiva de maduración tardía, recolectándose a partir de finales de enero, conservándose en perfectas condiciones en el árbol varios meses, al mantener la corteza joven sin bufarse, sin pérdida de zumo ni ácidos totales, que hacen que sus frutos tengan muy buenas condiciones comerciales.



Árbol de C-10.



Frutos de C-10.

A'-13

Se originó en 1980 mediante el cruzamiento entre clementina Oroval y mandarino Kara (híbrido a su vez de mandarino Satsuma y mandarino King) realizado por R. Bono, J. Soler y L.F. de Córdova, en el I.V.I.A. Moncada (Valencia).

El árbol de vigor medio, con hábito de crecimiento abierto, y follaje poco denso. En las ramas no se observa espinosidad.

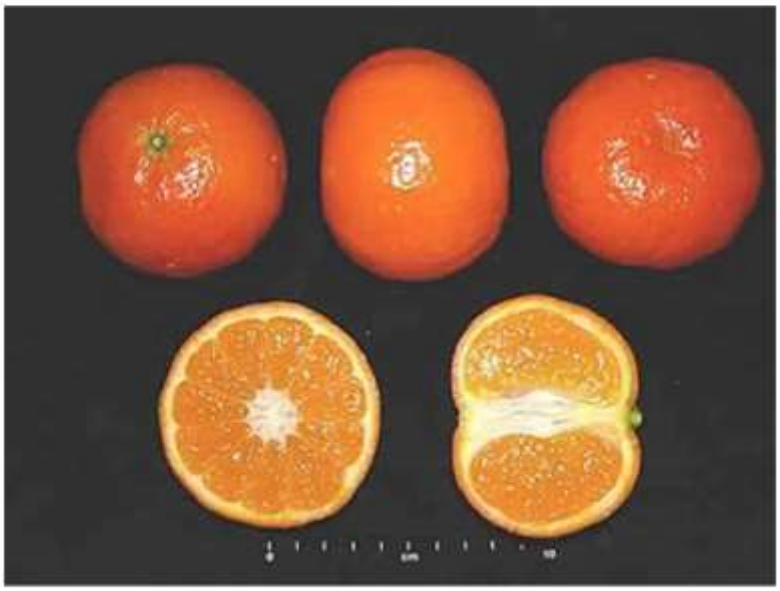
Las hojas de color verde oscuro recuerdan por su forma, a las hojas de naranjo.

El fruto de tamaño muy grande (media de 70 mm.). La corteza de mucho color naranja-rojizo, adherida a la pulpa, aunque se pela con facilidad. El porcentaje en zumo es elevado, al igual que los sólidos solubles y ácidos totales. No tiene semillas al ser autoincompatible, aunque debido a la polinización cruzada pueden aparecer con variedades compatibles, al igual que esta variedad puede polinizarlas. De aparecer semillas son poliembriónicas.

Variedad productiva de maduración tardía, recolectándose a partir de finales de enero, conservándose en perfectas condiciones en el árbol varios meses, al mantener la corteza joven sin bufarse, sin pérdida de zumo ni ácidos totales y con un elevado porcentaje de sólidos solubles que hacen que sus frutos tengan una muy buenas condiciones comerciales.



Arbol de A´-13.

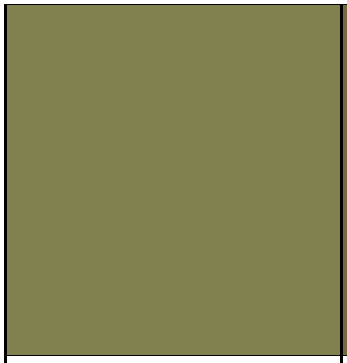
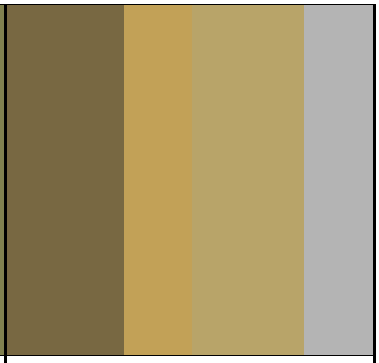


Frutos de A´-13.

Nuevas variedades de citricos BASOL
Se originó por mutación espontánea de yema en un árbol de clementina Oronules detectada en 1999 en Castellón.espinas.

Las hojas similares a las del clementino Oronules, son pequeñas, estrechas y coriáceas, de color verde oscuro, y con tendencia a curvarse hacia el envés. En las axilas de las hojas se observa yemas múltiples.

Las flores tienen las anteras amarillas, con abundantes granos de polen viables.

	
Figura 13. Árbol de Basol Sobreinjerto sobre W. navel).	Figura 14. Frutos de Basol.

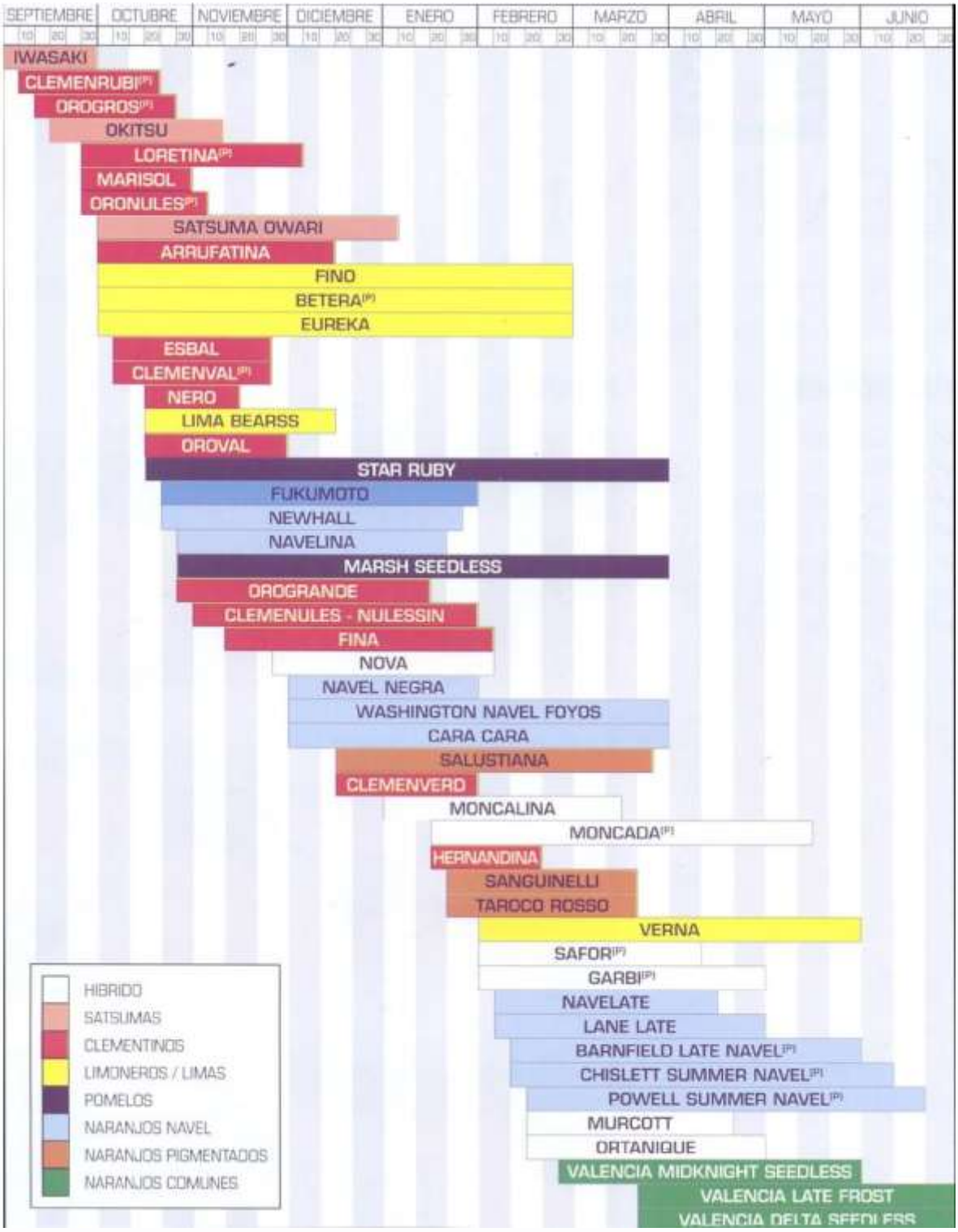
El tamaño del fruto es similar al de la variedad Oronules, con la corteza de color naranja-rojizo intenso, muy atractiva, de consistencia blanda y adherencia ligera por lo que el fruto se pela con facilidad. La pulpa es de color naranja con buen contenido en zumo de agradable sabor. Sin semillas. Las membranas carpelares de los gajos son bastante coriáceas. Puede polinizar y polinizarse con variedades compatibles.

Muy productiva y precoz en la entrada en producción, pudiendo recolectarse a principios de septiembre a la vez que la variedad Prenules. No conviene demorar la recolección mucho después de que los frutos hayan alcanzado la total madurez externa ya que presentan una acusada tendencia al bufado. Su cultivo está indicado en zonas de mucha precocidad. Tiene cierta tendencia a producir en racimos. Sensible a la mosca de la fruta.

Cuidado con los tratamientos a base de fitorreguladores adecuados para aumentar el tamaño del fruto ya que deseando obtener un mejor calibre, internamente aparece en los frutos granulación. Sensible a la mosca.

Se han importado cinco variedades del grupo navel de recolección tardía cuyas características una vez estudiadas se exponen a continuación:

Calendario de maduración de variedades de cítricos



Califica la calidad del articulo 1-5 GRACIAS

Nuevas variedades de citricos OROGROS

Se origin ópor mutación espontánea de yema en un árbol de clementina Oronules detectada en 1996 en el término de Vall de Uxó (Valencia).

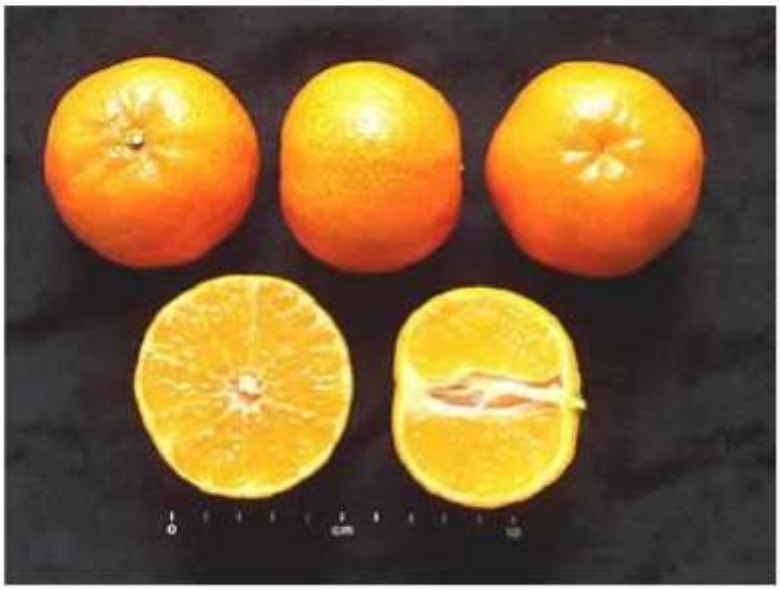
El árbol tiene buen vigor y desarrollo y habito de crecimiento abierto.

Las ramas sin espinas.

Las hojas similares a las del clementino Oronules, son pequeñas, estrechas y coriáceas, de color verde oscuro con tendencia a curvarse hacia el envés. En las axilas de las hojas se observa yemas múltiples.



Árbol de Orogros (Sobreinjerto sobre W. navel).



Frutos de Orogros.

viables.

El tamaño del fruto es similar al de la variedad Oronules, con la corteza de color naranja-rojizo intenso, muy atractiva, de consistencia blanda y adherencia ligera por lo que el fruto se pela con facilidad. La pulpa es de color naranja, de textura tierna con buen contenido en zumo de agradable sabor. Sin semillas. Las membranas carpelares de los gajos son bastante coriáceas. Puede polinizar y polinizarse con variedades compatibles.

Muy productiva y precoz en la entrada en producción, pudiendo recolectarse de finales de septiembre a principios de octubre, unos días después que la variedad Cultifort. No conviene demorar la recolección mucho después de que los frutos hayan alcanzado la total madurez externa ya que presentan una acusada tendencia al bufado. Su cultivo está indicado en zonas de mucha precocidad. Sensible a la mosca de la fruta.

Cuidado con los tratamientos a base de fitorreguladores adecuados para aumentar el tamaño del fruto ya que deseando obtener un mejor calibre, internamente aparece en los frutos granulación. Sensible a la mosca de la fruta.

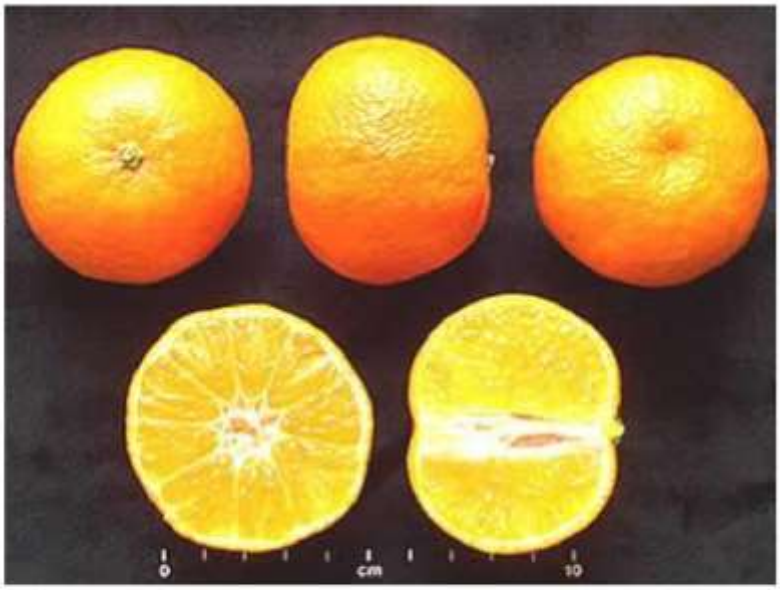
Nuevas variedades de citricos CULTIFORT
Se originó por mutación espontánea de yema en un árbol de clementina Oronules detectada en 1997 en el término de Pego (Alicante).

El árbol tiene buen vigor y habito de crecimiento abierto, con entrenudos cortos. Las ramas sin espinas.

Las hojas similares a las del clementino Oronules, son pequeñas, estrechas y coriáceas, de color verde oscuro con tendencia a curvarse hacia el envés. En las axilas de las hojas se observa yemas múltiples.



Árbol de Cultifort (Sobreinjerto sobre W. navel).



Frutos de Cultifort.

Las flores tienen las anteras amarillas, con abundantes granos de polen viables.

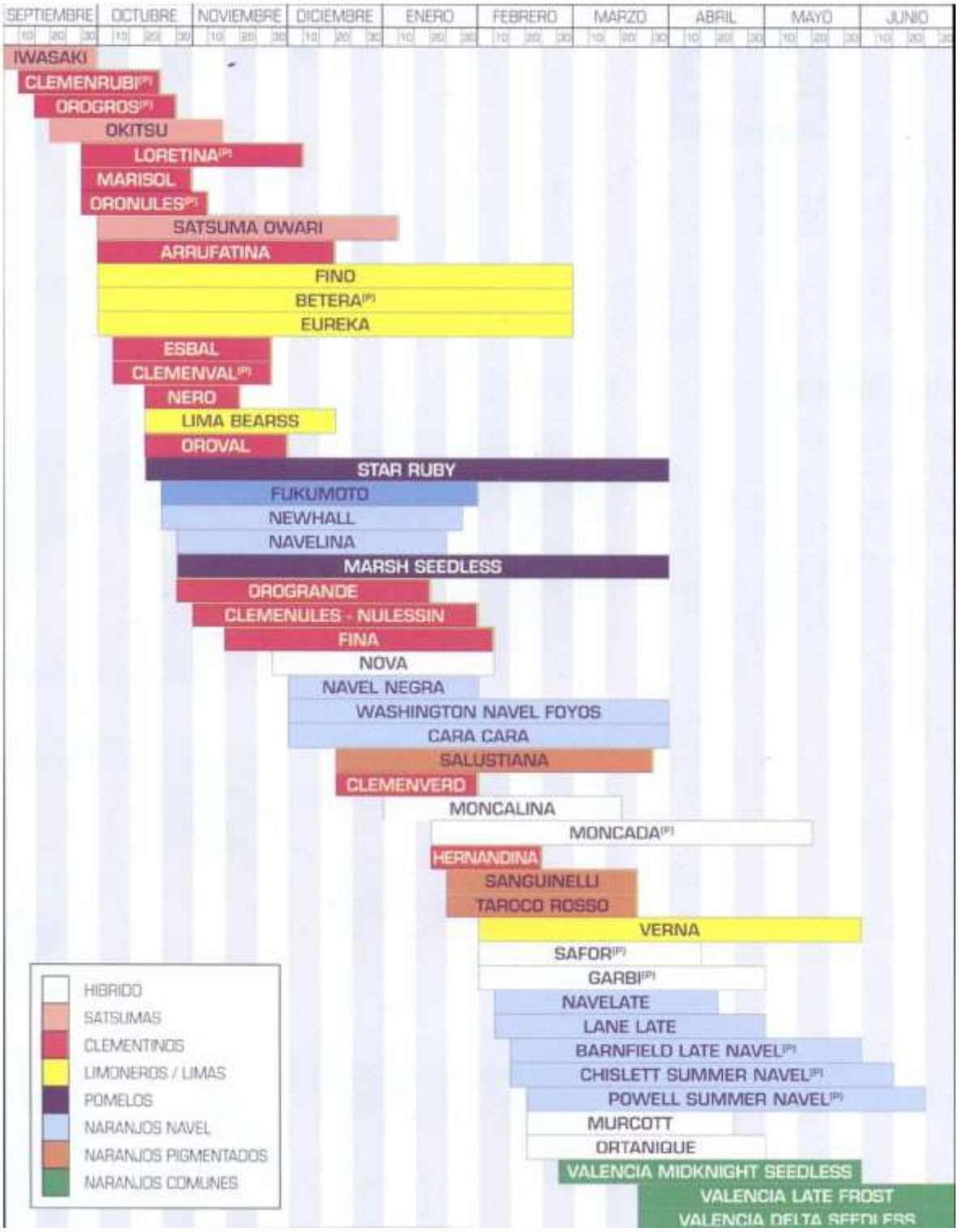
El tamaño del fruto es similar al de la variedad Oronules, de forma achatada con la corteza de color naranja-rojizo intenso, muy atractiva, de consistencia blanda y adherencia ligera por lo que el fruto se pela con facilidad. La pulpa es de color naranja con buen contenido en zumo y en sólidos disueltos de agradable sabor. Sin semillas. Las membranas carpelares de los gajos son bastante coriáceas. Puede polinizar y polinizarse con variedades compatibles.

Muy productiva y precoz en la entrada en producción, pudiendo recolectarse a partir de finales de septiembre, unos días después que la variedad Clemenrubí. No conviene demorar la recolección mucho después de que los frutos hayan alcanzado la total madurez externa ya que presentan una acusada tendencia al bufado. Su cultivo está indicado en zonas de mucha precocidad. Sensible a la mosca de la fruta.

Cuidado con los tratamientos a base de fitorreguladores adecuados para aumentar el tamaño del fruto ya que deseando obtener un mejor calibre, internamente aparece en los frutos granulación. Sensible a la mosca de la fruta.

Autores:
Juan Soler Aznar; Rafael Bono Ubeda; Aurelio Buj Pascual. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (I.V.I.A.)

Calendario de maduración de variedades de cítricos



Califica la calidad del articulo 1-5 GRACIAS
Rating: 4.0/**5** (6 votes cast)

Rating: **+4** (from 4 votes)

Nuevas variedades de citricos PRENULES CLEMENSOON

Se originó por mutación espontánea de yema en un árbol de clementina Oronules detectada en 1996 en el término de Algimia de alfara (Valencia).

El árbol tiene buen vigor y hábito de crecimiento abierto, con entrenudos cortos. Las ramas sin espinas.

Las hojas similares a las del clementinon Oronules, son pequeñas, estrechas y coriáceas, de color verde oscuro y con tendencia a curvarse hacia el envés. En las axilas de las hojas se observa yemas múltiples.

Las flores tienen las anteras amarillas, con abundantes granos de polen viables.

El tamaño del fruto es similar al de la variedad Oronules, con la corteza de color naranja-rojizo intenso, muy atractiva, de consistencia blanda y adherencia ligera por lo que el fruto se pela con facilidad. La pulpa es de color naranja tiene unas excelentes características gustativas con buen contenido en zumo de agradable sabor. Sin semillas. Las membranas carpelares de los gajos son bastante coriáceas. Puede polinizar y polinizarse con variedades compatibles.

Muy productiva y precoz en la entrada en producción, pudiendo recolectarse a partir de mediados de septiembre, unos días antes que la variedad Clemenrubí. No conviene demorar la recolección mucho después de que los frutos hayan alcanzado la total madurez externa ya que presentan una acusada tendencia al bufado. Su cultivo está indicado en zonas de mucha precocidad.

Cuidado con los tratamientos a base de fitorreguladores adecuados para aumentar el tamaño del fruto ya que deseando obtener un mejor calibre, internamente aparece en los frutos granulación. Sensible a la mosca de la fruta.



Fisiologia de la respiracion de los frutos citricos
8 junio, 2011

Si eres nuevo y te quieres suscribir a los articulos RSS feed. Gracias por visitarnos

Fisiologia de la respiracion de los frutos citricos.

La respiración, es una actividad fundamental en todos los seres vivos, necesaria para producir las reacciones vitales para su desarrollo. Es un proceso metabólico necesario tanto en el producto recolectado como en el vegetal vivo.
Puede describirse, como la degradación oxidativa de productos complejos, normalmente presentes en las células como almidón, azúcares y ácidos, a moléculas más sencillas: dióxido decarbono, agua y energía que serán utilizadas en posteriores reacciones celulares.
La base bioquímica simplificada es:

Hidratos de carbono + oxígeno → dióxido de carbono + vapor de agua + energía

La respiración, puede tener lugar en presencia de oxígeno (respiración aerobia) o en ausencia de oxígeno (respiración anaerobia o fermentación). La velocidad a la que se produce la respiración de un producto, constituye un índice de la actividad metabólica de sus tejidos y una orientación de su vida comercial. Según la pauta respiratoria, durante el proceso de maduración, pueden distinguirse dos grandes grupos de frutos: CLIMATÉRICOS y NO CLIMATÉRICOS.
El término climatérico fue definido por Kidd y West (1925) al percibirse un incremento respiratorio acentuado próximo a la maduración de las manzanas.

Frutos Climatéricos
Son aquellos en los que, previamente a la maduración o durante la misma, existe un aumento en la producción endógena de etileno, que provoca un aumento de la respiración (crisis climatérica) y conduce irreversiblemente a la maduración, aunque el fruto esté en el árbol.
La maduración de los frutos climatéricos va acompañada por una serie de cambios rápidos en su composición química:

- aumento del aroma

- evolución del color
- aumento de la permeabilidad de las membranas celulares
- hidrólisis de polisacáridos
- la pectinesterasa pasa la propectina a pectina en las paredes celulares
- etc.

Las aplicaciones exógenas de etileno, a los frutos climatéricos, adelantan la maduración pero no aumentan el climaterio, que en algunos frutos, se refiere más a la producción de CO2 que al consumo de O2.

En este grupo encontramos: manzana, nectarina, plátano, melón, mango, pera, ciruela, kivi, sandía, papaya, melocotón, albaricoque, aguacate, chirimoya y caqui.

Frutos No Climatéricos

Son aquellos, que no presentan crisis climatérica. Los cambios en la composición química son graduales y no van acompañados por aumentos de la respiración o por una intensa producción de etileno. La aplicación exógena de etileno, no altera su maduración, pero sí produce un aumento de la respiración.

La recolección de los frutos no climatéricos, debe realizarse en estado óptimo de consumo determinado por criterios comerciales, puesto que su maduración, no se incrementa una vez separados de la planta madre.

La determinación del momento en el que el fruto alcanza el estado de madurez es muy importante de cara al establecimiento de las épocas de recolección. De aquí, el interés de utilizar un índice, que permita el seguimiento del proceso y se define el ¯índice respiratorio‖ como el volumen de CO2, desprendido en la respiración del fruto por unidad de peso fresco y tiempo.

En este grupo encontramos: naranja, cereza, uva, mandarina, fresa, aceituna, limón y pomelo.

El concepto de **frutos climatéricos y no climatéricos** es fundamental en cualquier discusión acerca de los sistemas de cosecha, de la comercialización y de la conservación en postcosecha de los frutos. La categorización de los frutos en «climatéricos» y «no climatéricos» se desarrolló inicialmente sobre la base de la presencia o ausencia de un incremento en la tasa respiratoria durante la maduración, respectivamente. Sin embargo, en la actualidad la presencia o ausencia de un climaterio en los frutos se basa en la evidencia de una producción de etileno autocatalítica, más que en la respiración.[1]

Una de las consecuencias principales de la caracterización es que facilita la visualización de las consecuencias de la cosecha en los frutos. Los frutos climatéricos son capaces de seguir madurando una vez separados de la planta (es decir, cosechados), siempre y cuando hayan alcanzado un nivel de desarrollo caracterizado por el tamaño máximo (*madurez fisiológica*). En cambio, los frutos no climatéricos solo maduran en la planta, e interrumpen su maduración de forma irreversible una vez separados de ella.[1]

La clasificación de los frutos en climatéricos y no climatéricos también facilita la comprensión de la forma en que mejor se puede conservar los frutos. No conviene conservar ciertos frutos susceptibles a la presencia de etileno junto a frutos climatéricos que producen y liberan etileno al ambiente. El caso más característico es el de los kiwis, extremadamente sensibles a la presencia de etileno, que se ablandan hasta la sobremadurez si se almacenan junto a frutos climatéricos como las manzanas.

Frutos climatéricos[editar]



La banana se clasifica como fruto climatérico.



El higo es un fruto climatérico cuyo pico en la producción de etileno se produce en la planta, durante el crecimiento del fruto.

En los frutos climatéricos se presenta el siguiente comportamiento: 1) la aplicación de etileno adelanta el tiempo del climaterio (pico) respiratorio; 2) la producción autocatalítica de etileno continúa luego de retirado el tratamiento con etileno; 3) la magnitud de la tasa respiratoria es independiente de la concentración de etileno aplicado; 4) hay clara respuesta a la aplicación de etileno en la mayor parte de los índices de madurez propios de cada fruto

(firmeza, color, degradación del almidón, etc.).[14] Como consecuencia, los frutos climatéricos presentan la capacidad de continuar su maduración aun separados de la planta, siempre que hayan alcanzado un estado fisiológico que asegure la producción de etileno autocatalítico.

La producción autocatalítica de etileno, es decir, el aumento en la producción de etileno promovida por el mismo etileno durante la maduración, está invariablemente asociada con el incremento respiratorio en frutos climatéricos, aunque puede preceder, acompañar o seguir al incremento respiratorio, dependiendo del fruto en cuestión. Para la conservación de la calidad de un fruto, es deseable el mantenimiento de su tasa respiratoria en niveles bajos, ya que disminuye su consumo de hidratos de carbono. Por lo tanto, el control de la tasa de producción de etileno en frutos climatéricos favorece el control de la maduración.

Entre los frutos cuyo comportamiento es típicamente climatérico se sitúan las manzanas, las peras europeas y algunas variedades de peras asiáticas, los membrillos, los melocotones o duraznos y nectarinas, los albaricoques o damascos, los caquis, las ciruelas japonesas, los kiwis, laspapayas, las bananas y plátanos, los falsos guayabos, los guayabos, los higos, los mangos, las paltas, el maracuyá o pasionaria, la chirimoya, elarándano, etc.[1] Entre los frutos de especies herbáceas, son climatéricos los tomates y los melones de los grupos 'Cantalupensis' e 'Inodorus'.

El etileno acelera la maduración de los frutos climatéricos pero, por el costo comercial, en la práctica se utiliza solo en contadas circunstancias, como en maduraderos de bananas, donde se aplica acetileno (un análogo del etileno que desempeña la misma función) a fin de uniformar la maduración del lote.[14]

Frutos no climatéricos[editar]



Uvas sin semilla 'Crimson Seedless', desarrolladas para consumo en fresco. La uva es un fruto de comportamiento no climatérico, por lo que su maduración se produce solamente en planta.

Los frutos no climatéricos, ante la aplicación de etileno, proceden de la siguiente forma: 1) no adelantan el climaterio respiratorio; 2) en ausencia de daños fisiológicos o patológicos no hay producción autocatalítica de etileno, ni siquiera después de aplicado un tratamiento con etileno; 3) la magnitud de la tasa respiratoria se incrementa ante dosis crecientes de etileno aplicado; 4) desde un punto de vista de la maduración organoléptica no hay respuesta ante tratamientos con etileno, excepto en términos de desverdecimiento (degradación de clorofilas).[1][4] Los frutos no climatéricos carecen de la capacidad de continuar su maduración luego de ser separados de la planta, por lo cual se debe asegurar que hayan alcanzado un estado apropiado para su consumo al momento de la cosecha.

Entre los frutos no climatéricos de especies frutales leñosas o arbustivas se encuentran el ananá (piña), los frutos secos, las uvas, la aceituna, lacereza, los cítricos en general (pomelo, limón, lima, mandarina, naranja), la granada, el higo de tuna, el litchi, el níspero del Japón, el fruto estrella o carambola, la frambuesa y la zarzamora, etc.[1][4] Son frutos no climatéricos de especies herbáceas el pimiento, el pepino, la frutilla o fresa, etc.[4]

Desverdecimiento de frutos no climatéricos[editar]

Los frutos cítricos son ejemplos típicos de frutos no climatéricos y en ellos el etileno no regula la maduración, es decir, no maduran por acción del etileno. Sin embargo, el etileno es capaz de acelerar la degradación de las clorofilas, pigmentos responsables del color verde de los frutos. En los frutos cítricos, el color no indica necesariamente el grado de madurez. Sin embargo, en naranjas del grupo 'Valencia' (que por ser de cosecha tardía tienden a reverdecer en la planta) y en mandarinas tempranas (por ejemplo, 'Okitsu'), los frutos pueden estar maduros para su consumo y aún presentar coloraciones ligeramente verdosas. Para la comercialización de los cítricos se exige un cierto grado de coloración. Por esa razón se aplica etileno con el fin de acelerar el desverdecimiento de esos frutos, es decir, por razones cosméticas.[1][4]

CULTIVO DE MAIZ

1. INTRODUCCIÓN

El maíz es un cultivo muy remoto de unos 7000 años de antigüedad, de origen indio que se cultivaba por las zonas de México y América central. Hoy día su cultivo está muy difuminado por todo el resto de países y en especial en toda Europa donde ocupa una posición muy elevada. EEUU es otro de los países que destaca por su alta concentración en el cultivo de maíz.

Su origen no está muy claro pero se considera que pertenece a un cultivo de la zona de México, pues sus hallazgos más antiguos se encontraron allí.

El 15 de noviembre de 1492 dos mensajeros de Colón, al regresar de una exploración a Cuba, declararon haber visto "una clase de grano, que llaman maíz, de buen sabor cocinado, seco y en harina". El maíz se fue encontrando luego sucesivamente en toda América, desde Chile hasta Canadá. Aunque los conquistadores no llegaron a darse cuenta de ello, este grano dorado nativo de América era de mayor importancia para el mundo que todo el oro y la plata de México y el Perú.

Actualmente no hay ningún país en América Latina que no siembre maíz. En las tierras bajas del trópico se pueden producir varias cosechas al año; en otras regiones se da una, por lo general. El maíz constituye, con los frijoles, el alimento fundamental en el país de México y la América Central. En los E.U.A., en donde se llama corn, el maíz se produce en escala gigantesca. Se estima que si la cosecha anual de dicho país se colocara en camiones de tamaño corriente, formarían una fila o procesión que daría la vuelta a la tierra cinco o seis veces. Las plantaciones de maíz cubren más de la décima parte de las tierras laborales de los E.U.A. La cosecha anual medida es superior a 100 millones de toneladas y su valor, varias veces mayor que el de la producción anual de oro y plata en todo el mundo. Así pues, tanto en valor como en área cultivada, el maíz supera a todas las otras producciones agrícolas de los E.U.A. Aparte de los E.U.A., los principales países productores son: China, la U.R.S.S., Brasil, México, Francia, Yugoslavia, Rumania, Italia, Rep. Sudáfrica y Argentina.

2. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS. BOTÁNICA

Nombre común: Maíz

Nombre científico: Zea mays

Familia: Gramíneas

Género: Zea

BOTÁNICA

La planta del maíz es de porte robusto de fácil desarrollo y de producción anual.

El maíz pertenece a la familia de las gramíneas. La planta alcanza de medio metro a seis metros de alto. Las hojas forman una larga vaina íntimamente arrollada al tallo y un limbo más ancho, alargado y flexuoso. Del tallo nacen dos o tres inflorescencias muy densas o mazorcas envueltas en espatas, en la axila de las hojas muy ceñidas. En cada mazorca se ven las filas se ven las filas de granos, cuyo número puede variar de ocho a treinta. A cada grano le corresponde un largo hilo sedoso que sobresale por el extremo de la mazorca. El tallo de la planta está rematado en el extremo por una gran panoja de pequeñas flores masculinas; cuando el polen ha sido aventado, se vuelven secas y parduscas.

Tallo

El tallo es simple erecto, de elevada longitud pudiendo alcanzar los 4 metros de altura, es robusto y sin ramificaciones. Por su aspecto recuerda al de una caña, no presenta entrenudos y si una médula esponjosa si se realiza un corte transversal.

Inflorescencia

El maíz es de inflorescencia monoica con inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta.

En cuanto a la inflorescencia masculina presenta una panícula (vulgarmente denominadas espigón o penacho) de coloración amarilla que posee una cantidad muy elevada de polen en el orden de 20 a 25 millones de granos de polen. En cada florecilla que compone la panícula se presentan tres estambres donde se desarrolla el polen. En cambio, la inflorescencia femenina marca un menor contenido en granos de polen, alrededor de los 800 o 1000 granos y se forman en unas estructuras vegetativas denominadas espádices que se disponen de forma lateral.

Hojas

Las hojas son largas, de gran tamaño, lanceoladas, alternas, paralelinervias. Se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presenta vellosidades. Los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes.

Raíces

Las raíces son fasciculadas y su misión es la de aportar un perfecto anclaje a la planta. En algunos casos sobresalen unos nudos de las raíces a nivel del suelo y suele ocurrir en aquellas raíces secundarias o adventicias.

3. TIPOS DE MAIZ

Hay seis tipos fundamentales de tipos de maíz: dentado, duro, blando, o harinoso, dulce, reventón y envainado. El maíz dentado es el que se cultiva en mayor cantidad en los E.U.A. Se distingue cuando se seca la parte superior del grano, adquiere éste la forma de un diente. Los granos del tipo duro son muy consistentes y las mazorcas generalmente son largas y delgadas. Algunas variedades de este tipo maduran muy pronto. El maíz blando y harinoso se llama también maíz de las momias, porque es la variedad que generalmente se encuentra en las sepulturas de los aztecas e incas. Se lo cultiva extensamente en el S. De los E.U.A. y en México. Los granos son blandos aun en completa madurez. Algunos son pequeños, pero otros, como los granos gigantescos del maíz de Cuzco, en el Perú, pueden alcanzar hasta dos centímetros de diámetro. El maíz dulce es el que más se consume en los E.U.A. para enlatar o comer directamente de la mazorca. La clase reventón es de granos pequeños y muy duros. El nombre proviene del hecho de que estalla cuando convierte el agua del interior en vapor. Un alimento indio antiguo, los granos reventados o pop corn, es el maíz más común de los que se han encontrado en las antiguas tumbas del Perú, en donde se han descubierto también utensilios para reventar el grano. El maíz envainado es muy curioso porque cada grano esta encerrado en una pequeña cascarilla propia, además de las que cubren la mazorca. Al igual que el reventón, es una de las clases más antiguas de maíz cultivado. En la América del Norte se han encontrado ejemplares que pueden perfectamente considerarse anteriores 2,000 años a la iniciación de la era cristiana. Este maíz es poco cultivado comercialmente, pero también era conocido de los indios de la América del Sur. Hace un siglo y medio que Félix de Azara, comisionado español en el Paraguay, describió una clase de maíz cuyos granos estaban encerrados en una cubierta. Se trataba del maíz encasquillado.

El maíz tiene una gran variabilidad en el color del grano, la textura, la composición y la apariencia. Puede ser clasificado en distintos tipos según: a) la constitución del endosperma y del grano; b) el color del grano; c) el ambiente en que es cultivado; d) la madurez, y e) su uso. En este capítulo se discutirán los dife-rentes tipos de maíz basados en la apariencia del grano y del endosperma y en su uso. La clasificación basada en el ambiente se discutirá en otro capítulo.

Los tipos de maíz más importantes son: duro, dentado, reventón, dulce, harinoso, ceroso y tunicado. Una buena descripción de los tipos de granos maíz con ilustraciones se encuentra en *Maize* publicado por Ciba Geigy en 1979. Dowswell, Paliwal y Cantrell (1996) han descripto varios tipos de granos basados en la clasificación citada. Una publicación reciente, *Specialty corns,* cubre varios de esos tipos de maíz, su mejoramiento y usos (Hallauer ed., 1994).

Económicamente, los tipos más importantes de maíz cultivados para grano o forraje y ensilaje caen dentro de las tres categorías más importantes de duro, dentado y harinoso. Un cuarto tipo de maíz que puede ser agregado a los anteriores es el maíz con proteínas de calidad (MPC) basado en el mutante *o2* obtenido en la búsqueda de una mejor calidad de las proteínas. Los tipos de maíz de menor importancia comparativa como aquellos usados como alimento o forraje, pero con un importante valor económico agregado son: maíz reventón cultivado por sus granos para preparar bocadillos; tipos de maíz dulce cultivados para consumir las mazorcas verdes, y tipos de maíz ceroso. Las estimaciones del área tropical sembrada con los distintos tipos se encuentra en la Tabla siguiente. Los detalles sobre el uso de varios tipos de maíz para consumo humano, animal e industrial se describen en el capítulo *Usos del maíz.*

MAÍZ DURO

Los cultivares locales originales de maíz fueron en general tipos de maíz duro. Los granos de este tipo de maíz son redondos, duros y suaves al tacto. El endospermo está constituido sobre todo de almidón duro córneo con solo una pequeña parte de almidón blando en el centro del grano. El maíz duro germina mejor que otros tipos de maíz, particularmente en suelos húmedos y fríos. Es por lo general de madurez temprana y se seca más rápidamente una vez que alcanzó la madurez fisiológica. Está menos sujeto a daño de insectos y mohos en el campo y en el almacenamiento. Sin embargo, los maíces duros rinden por lo general menos que los maíces dentados.

Los maíces duros son preferidos para alimento humano y para hacer fécula de maíz ("maicena"). Una parte importante del área sembrada con maíces duros

es cosechada para ser consumida como mazorcas verdes o como alimento animal, si bien datos concretos al respecto no están aún disponibles. Muchos de los maíces duros cultivados comercialmente tienen granos anaranjado-amarillentos o blanco-cremosos, aunque existe una amplia gama de colores, por ejemplo, amarillo, anaranjado, blanco, crema, verde, púrpura, rojo, azul y negro. En los trópicos, los tipos de maíz duro color amarillo-anaranjado alcanzan un área de 20 millones de hectáreas, mientras que los de color blanco-cremoso llegan a 12,5 millones de hectáreas (Tabla anterior).

MAÍZ REVENTÓN

Esta es una forma extrema de maíz duro con endosperma duro que ocupa la mayor parte del grano y una pequeña cantidad de almidón blando en la parte basal del mismo. Los granos son pequeños, con pericarpio grueso y varían en su forma de redondos a oblongos. Cuando se calienta el grano, revienta y el endospermo sale. Varias formas primitivas de maíz tienen granos de tipo reventón. El maíz Primitivo Sikkim que se encuentra en Sikkim y Bhutan, en la región del Himalaya, tiene granos reventones parecidos al arroz. El uso principal del maíz reventón es para bocadillos (rositas o palomitas). Los granos con bajo contenido de humedad -cerca de 14%- cuando se calientan a alrededor de 170°C, revientan y cuanto mayor es su expansión mejor es la calidad del producto final. Parece haber una correlación negativa entre el rendimiento y la capacidad de expan-sión y su calidad (Alexander, 1988).

El maíz reventón es una planta baja con tallos débiles y de madurez temprana. La planta produce más de dos mazorcas pequeñas -en algunos casos hasta seis- pero de bajo rendimiento en peso, aunque no en número de granos. Este tipo de maíz no es un cultivo comercial común en los trópicos y se siembra en pequeña escala. En varios países de los trópicos los granos de maíces duros son usados como reventones o son tostados en arena caliente y consumidos como bocadillos.

MAÍZ DENTADO

En términos generales, el maíz dentado es el tipo de maíz cultivado más comúnmente para grano y ensilaje. El endosperma del maíz dentado tiene más almidón blando que los tipos duros y el almidón duro está limitado solo a los lados del grano. Cuando el grano se comienza a secar, el almidón blando en la parte superior del grano se contrae y produce una pequeña depresión. Esto da la apariencia de un diente y de aquí su nombre. Los maíces de granos dentados tienen una mayor profundidad de inserción en el olote y tienden a tener a ser más difíciles de trillar que los maíces duros. El maíz dentado es generalmente de mayor rendimiento que otros tipos de maíces, pero tiende a

ser más susceptible a hongos e insectos en el campo y en el almacenamiento y demora mas en secar que los maíces de granos de endosperma duro.

Muchos de los maíces dentados culti-vados tienen granos de color blanco, preferi-dos para el consumo humano o tienen granos amarillos, los cuales son preferidos para alimento animal. Ambos tipos son importantes para alimento animal y para usos industriales. En los trópicos, el maíz dentado blanco se cultiva en 19 millones de hectáreas y el dentado amarillo en 9,7 millones de hectáreas (Tabla anterior).

MAÍZ HARINOSO

El endosperma de los maíces harinosos está compuesto casi exclusivamente de un almidón muy blando, que se raya fácilmente con la uña aún cuando el grano no esté maduro y pronto para cosechar. Es el maíz predomi-nante en las zonas altas de la región andina y de México. Los tipos de maíces harinosos muestran gran variabilidad en color de grano y textura (Grobman, Salhuana y Sevilla, 1961; Goertz et al., 1978). Estos maíces son casi únicamente usados como alimento humano y algunas razas se utilizan para la preparación de platos especiales y bebidas (Serna Saldívar, Gómez y Rooney, 1994). La variedad Cuzco Gigante, es un maíz harinoso del Perú que tiene granos grandes con solo ocho filas en la mazorca. En los últimos tiempos se ha difundido el consumo del maíz harinoso tostado. Las razas de estos maíces presentan una gran variedad de colores y de algunos de ellos se extraen colorantes. A causa de la naturaleza blanda del almidón del endospermo estos maíces son altamente susceptibles a la pudrición y a los gusanos de las mazorcas y a otros insectos que los atacan tanto en el campo como en el almacenamiento. Por otra parte, también es difícil mantener la buena germinabilidad de las semillas. El potencial de rendimiento es menor que el de los maíces duros y dentados.

Otro tipo de maíz que se está difundiendo en la zona andina es el Morocho; ha sido desarrollado cruzando tipos de maíces harinosos con maíces duros de zonas altas. Los granos tienen almidón blando en el centro con una capa periférica de almidón duro que lo rodea. Los maíces de tipo Morocho son más tolerantes a los problemas que afectan a los maíces harinosos; estos son maíces que tienen el doble propósito de servir como uso humano y para la industria avícola, si bien la industria no los acepta fácilmente a causa de los problemas que presenta su molienda.

MAÍCES CEROSOS

Actualmente estos maíces son cultivados en áreas muy limitadas de las zonas tropicales donde las poblaciones locales los prefieren para su alimentación; su

nombre se debe a que su endospermo tiene un aspecto opaco y ceroso. El almidón en los maíces duros y dentados está comúnmente constituido por cerca 70% de amilopectina y 30% de amilosa; en cambio en los maíces cerosos está compuesto exclusivamente por amilopectina. El mutante del maíz ceroso fue descubierto en China; es un maíz cultivado solo para algunos fines específicos y en algunas partes de Asia oriental es usado para hacer comidas típicas y para asar las mazorcas con los granos en estado de masa. El maíz ceroso obtiene buenos precios en algunos mercados industriales, en especial para obtener un almidón similar a la tapioca. En los últimos años la química de la amilopectina del maíz ceroso ha sido estudiada en detalle para sus fines industriales ya que su composición es muy distinta de la composición de la amilopectina de los maíces duros o dentados (Dintzis, Bagley y Felker, 1995).

OPACO-2 Y MAÍCES CON PROTEÍNAS DE CALIDAD (MPC)

Este tipo de maíz tiene un gen mutante recesivo o2 que contiene cerca del doble de dos aminoácidos esenciales, lisina y triptófano, en su endospermo. Esto mejora sensiblemente la calidad de las proteínas del maíz, el cual normalmente es uno de los cereales con más bajo contenido proteico. En los MPC es afectada la calidad de las proteínas y no su cantidad. El grano típico de opaco-2 tiene un endosperma muy blando con una apariencia yesosa y opaca. El gen o2 también causa algunos efectos indeseables tales como susceptibilidad a la pudrición de la mazorca, a los insectos de los granos almacenados y presenta un menor rendimiento. Estos defectos han sido eliminados por medio de cruzamientos y por la acumulación de genes modificadores adecuados los cuales han resultado en un grano con un aspecto muy similar a los maíces duros o dentados, con buen rendimiento y que retienen el gen o2 y sus efectos positivos sobre la calidad de la proteína (Vasal, 1975, 1994; Bjarnason y Vasal, 1992). Como este maíz no tenía apariencia opaca ni yesosa fue denominado maíz con proteínas de calidad - MPC. A pesar de los éxitos obtenidos en estos trabajos de fitomejora-miento los MPC no se han difundido en la zona tropical y su cultivo se limita a Brasil, China, Ghana y Sud África. Mas detalles sobre los MPC, su desarrollo y usos se presentan en los capítulos Usos del maíz y Mejoramiento del maíz con objetivos especiales.

MAÍCES DULCES

Estos tipos de maíces se cultivan principalmente para consumir las mazorcas aún verdes, ya sea hervidas o asadas. En el momento de la cosecha el grano tiene cerca de 70% de humedad y no ha comenzado aún el proceso de endurecimiento. Los granos tienen un alto contenido de azúcar y son de gusto dulce. La conversión del azúcar a almidón es bloqueada por genes recesivos, por ejemplo, azucarado (su), arrugado (sh2) y quebradizo (bt1). Los granos en su madurez son arrugados debido al colapso del endospermo que contiene

muy poco almidón. En este caso es difícil producir semillas con buena germina-bilidad y esta tiende siempre a ser baja. Los tipos de maíz de grano dulce son susceptibles a enfermedades y son comparativamente de menor rendimiento que los tipos duros o dentados, por lo que no son comúnmente cultivados en forma comercial en las zonas tropicales. Sin embargo, en este momento existen algunas variedades e híbridos con los genes sh2 o bt1 para las zonas tropicales (Brewbaker, 1971, 1977) que están comenzando a cultivarse comercialmente en la zona del sudeste de Asia.

MAÍZ COMÚN PARA MAZORCAS VERDES

*E*n muchos ambientes tropicales los maíces duros y cerosos comunes se cultivan por sus mazorcas verdes a causa de los problemas que presentan los maíces de tipo dulce, si bien no se ha prestado mayor atención al desarrollo de genotipos de maíces duros para su con-sumo hervidos o asados. Existe considerable variabilidad del espesor del pericarpio y de la textura del almidón del endospermo que pueden ser explotadas para desarrollar tipos de maíz de mazorca verde como fuente de alimento y de energía.

MAÍZ BABY

Otro tipo de maíz que está ganando en popularidad es el maíz baby. Antes de la polinización, las mazorcas jóvenes son cosechadas y utilizadas como una hortaliza, consumidas frescas o envasadas. Los ambientes tropicales son particularmente favorables para cultivar este tipo de maíz y puede ser cultivado a lo largo de todo el año para su consumo fresco. En Tailandia se han obtenido buenos resultados con su producción (Chutaew y Paroda, 1994).

Algunas razas de maíz tropical encontradas en el noreste de los Himalayas tienen un porcentaje más alto de azúcar en las partes vegetativas. Estos tipos tienen un buen potencial como alimento para el ganado y posible-mente para la producción de gasohol.

3. DESARROLLO VEGETATIVO DEL MAÍZ

Desde que se siembran las semillas hasta la aparición de los primeros brotes, transcurre un tiempo de 8 a 10 días, donde se ve muy reflejado el continuo y rápido crecimiento de la plántula.

4. GENÉTICA DEL MAÍZ

El maíz se ha tomado como un cultivo muy estudiado para investigaciones científicas en los estudios de genética. Continuamente se está estudiando su genotipo y por tratarse de una planta monoica aporta gran información ya que posee una parte materna (femenina) y otra paterna (masculina) por lo que se

pueden crear varias recombinaciones (cruces) y crear nuevos híbridos para el mercado.

Los objetivos de esto cruzamientos van encaminados a la obtención de altos rendimientos en producción. Por ello, se selecciona en masa aquellas plantas que son más resistentes a virosis, condiciones climáticas, plagas y que desarrollen un buen porte para cruzarse con otras plantas de maíz que aporten unas características determinadas de lo que se quiera conseguir como mejora de cultivo. También se selecciona según la forma de la mazorca de maíz, aquellas sobre todo que posean un elevado contenido de granos sin deformación.

5. EXIGENCIAS EDAFOCLIMÁTICAS

5.1. Exigencia de clima

El maíz requiere una temperatura de 25 a 30ºC. Requiere bastante incidencia de luz solar y en aquellos climas húmedos su rendimiento es más bajo. Para que se produzca la germinación en la semilla la temperatura debe situarse entre los 15 a 20ºC.

El maíz llega a soportar temperaturas mínimas de hasta 8ºC y a partir de los 30ºC pueden aparecer problemas serios debido a mala absorción de nutrientes minerales y agua. Para la fructificación se requieren temperaturas de 20 a 32ºC.

5.1.1. Pluviometría y riegos

Pluviometría

Las aguas en forma de lluvia son muy necesarias en periodos de crecimiento en unos contenido de 40 a 65 cm.

Riegos

El maíz es un cultivo exigente en agua en el orden de unos 5 mm al día.

Los riegos pueden realizarse por aspersión y a manta. El riego más empleado últimamente es el riego por aspersión.

Las necesidades hídricas van variando a lo largo del cultivo y cuando las plantas comienzan a nacer se requiere menos cantidad de agua pero sí mantener una humedad constante. En la fase del crecimiento vegetativo es cuando más cantidad de agua se requiere y se recomienda dar un riego unos 10 a 15 días antes de la floración.

Durante la fase de floración es el periodo más crítico porque de ella va a depender el cuajado y la cantidad de producción obtenida por lo que se aconsejan riegos que mantengan la humedad y permita una eficaz polinización y cuajado.

Por último, para el engrosamiento y maduración de la mazorca se debe disminuir la cantidad de agua aplicada.

5.2. Exigencias en suelo

El maíz se adapta muy bien a todos tipos de suelo pero suelos con pH entre 6 a 7 son a los que mejor se adaptan. También requieren suelos profundos, ricos en materia orgánica, con buena circulación del drenaje para no producir encharques que originen asfixia radicular.

6. LABORES CULTURARES

6.1. Preparación del terreno

La preparación del terreno es el paso previo a la siembra. Se recomienda efectuar una labor de arado al terreno con grada para que el terreno quede suelto y sea capaz de tener ciertas capacidad de captación de agua sin encharcamientos. Se pretende que el terreno quede esponjoso sobre todo la capa superficial donde se va a producir la siembra.

También se efectúan labores con arado de vertedera con una profundidad de labor de 30 a 40 cm.

En las operaciones de labrado los terrenos deben quedar limpios de restos de plantas (rastrojos).

6.2. Siembra

Antes de efectuar la siembra se seleccionan aquellas semillas resistentes a enfermedades, virosis y plagas.

Se efectúa la siembra cuando la temperatura del suelo alcance un valor de 12ºC. Se siembra a una profundidad de 5cm. La siembra se puede realizar a golpes, en llano o a surcos. La separación de las líneas de 0.8 a 1 m y la

separación entre los golpes de 20 a 25 cm. La siembra se realiza por el mes de abril.

6.3. Fertilización

El maíz necesita para su desarrollo unas ciertas cantidades de elementos minerales. Las carencias en la planta se manifiestan cuando algún nutriente mineral está en defecto o exceso.

Se recomienda un abonado de suelo rico en P y K. En cantidades de 0.3 kg de P en 100 Kg de abonado. También un aporte de nitrógeno N en mayor cantidad sobre todo en época de crecimiento vegetativo.

El abonado se efectúa normalmente según las características de la zona de plantación, por lo que no se sigue un abonado riguroso en todas las zonas por igual. No obstante se aplica un abonado muy flojo en la primera época de desarrollo de la planta hasta que la planta tenga un número de hojas de 6 a 8.

A partir de esta cantidad de hojas se recomienda un abonado de:

- N: 82% (abonado nitrogenado).
- P_2O_5: 70% (abonado fosforado).
- K_2O: 92% (abonado en potasa)

Durante la formación del grano de la mazorca los abonados deben de ser mínimos.
Se deben de realizar para el cultivo de maíz un abonado de fondo en cantidades de 825Kg/ha durante las labores de cultivo.

Los abonados de cobertera son aquellos que se realizan cuando aparecen las primeras hojas de la planta y los más utilizados son:

- Nitrato amónico de calcio. 500 kg/ha
- Urea. 295kg/ha
- Solución nitrogenada. 525kg/ha.

Es importante realizar un abonado ajustándose a las necesidades presentadas por la planta de una forma controlada e inteligente.

Nitrógeno (N): La cantidad de nitrógeno a aplicar depende de las necesidades de producción que se deseen alcanzar así como el tipo de textura del suelo. La cantidad aplicad va desde 20 a 30 Kg de N por ha.

Un déficit de N puede afectar a la calidad del cultivo. Los síntomas se ven más reflejados en aquellos órganos fotosintéticos, las hojas, que aparecen con coloraciones amarillentas sobre los ápices y se van extendiendo a lo largo de todo el nervio. Las mazorcas aparecen sin granos en las puntas.

Fósforo (P): Sus dosis dependen igualmente del tipo de suelo presente ya sea rojo, amarillo o suelos negros. El fósforo da vigor a las raíces.

Su déficit afecta a la fecundación y el grano no se desarrolla bien.

Potasio (K): Debe aplicarse en una cantidad superior a 80-100 ppm en caso de suelos arenosos y para suelos arcillosos las dosis son más elevadas de 135-160 ppm. La deficiencia de potasio hace a la planta muy sensible a ataques de hongos y su porte es débil, ya que la raíz se ve muy afectada. Las mazorcas no granan en las puntas.

Otros elementos: boro (B), magnesio (Mg), azufre (S), Molibdeno (Mo) y cinc (Zn). Son nutrientes que pueden a parecer en forma deficiente o en exceso en la planta.
Las carencias del boro aparecen muy marcadas en las mazorcas con inexistencia de granos en algunas partes de ella.

6.4. Herbicidas

Cuando transcurren 3 a 4 semanas de la emergencia de la planta aparecen las primeras hierbas de forma espontánea que compiten con el cultivo absorción de agua y nutrientes minerales. Por ello, es conveniente su eliminación por medio de herbicidas.

Para la realización del aporcado, las escardas y deshijado se vienen realizando controles químicos con herbicidas. Los herbicidas más utilizados son:

Triazinas

Es el herbicida más utilizado en los cultivos de maíz. Su aplicación puede realizarse antes de la siembra o cuando se produce el nacimiento de la plántula y también en la postemergencia temprana. Su dosis va desde 1 a 2 kg/ha. En suelos arenosos los tratamientos con herbicidas pueden dañar los cultivos sobre todo si son sensibles a este cultivo.

Simazina

Su utilización es conjunta con triazina y sirve para combatir a Panicum y Digitaria.

La dosis de 0.75 de atracina y 1.25 kg/ha de simazina.

Dicamba

Este herbicida proviene de la fórmula química de 2.4-D, y no es aconsejable utilizarlo en suelos arenosos. Es eficaz contra *Polygonum spp*. y *Cirsium arvense*.

Cloroacetaminas

Estos herbicidas actúan solos o mezclados con atrazina. Eliminan malas hierbas como *Cyperus esculentus*.

Paraquat

Se utiliza antes de la siembra

Tiocarbamatos

Son herbicidas que deben incorporarse antes de la siembra por tratarse de compuestos muy volátil. Son EPTC y butilato

Metolacloro

Se aplica antes de siembra o después de ella y controla la aparición de gramíneas en el cultivo. Sus dosis van oscilando entre 2 a 3 kg/ha.

En la mayoría de los casos aparecen gramínea y dicotiledones de forma conjunta en las plantaciones de maíz. Para eliminarlas es conveniente la asociación de dichos herbicidas:

- Atrazina/simacina.

- Atrazina/cinazina.

- ETPC/butilato.

- Atrazina+ alocloro.

- Atrazina + metolacloro.

- Atrazina + penoxamila.

- Cumaína + Oxicloruro de Cobre con escasos resultados.

6.5. Aclareo

Es una labor de cultivo que se realiza cuando la planta ha alcanzado un tamaño próximo de 25 a 30 cm y consiste en ir dejando una sola planta por golpe y se van eliminando las restantes.

Otras labores de cultivo son las de romper la costra endurecida del terreno para que las raíces adventicias (superficiales) se desarrollen.

7. RECOLECCIÓN O COSECHA

Para la recolección de las mazorcas de maíz se aconseja que no exista humedad en las mismas, más bien secas. La recolección se produce de forma mecanizada para la obtención de una cosecha limpia, sin pérdidas de grano y fácil.

Para la recolección de mazorcas se utilizan las cosechadoras de remolque o bien las cosechadoras con tanque incorporado y arrancan la mazorca del tallo, previamente se secan con aire caliente y pasan por un mecanismo desgranador y una vez extraídos los granos se vuelven a secar para eliminar el resto de humedad.

Las cosechadoras disponen de un cabezal por donde se recogen las mazorcas y un dispositivo de trilla que separa el grano de la mazorca, también se encuentran unos dispositivos de limpieza, mecanismos reguladores del control de la maquinaria y un tanque o depósito donde va el grano de maíz limpio.

Otras cosechadoras de mayor tamaño y más modernas disponen de unos rodillos recogedores que van triturando los tallos de la planta. Trabajan a gran

anchura de trabajo de 5 a 8 filas la mazorca igualmente se tritura y por un dispositivo de dos tamices la cosecha se limpia.

8. CONSERVACIÓN

Para la conservación del grano del maíz se requiere un contenido en humedad del 35 al 45%.

Para grano de maíz destinado al ganado éste debe tener un cierto contenido en humedad y se conserva en contenedores, previamente enfriando y secando el grano.

Para maíz dulce las condiciones de conservación son de 0ºC y una humedad relativa de 85 al 90%. Para las mazorcas en fresco se eliminan las hojas que las envuelven y se envasan en bandejas recubiertas por una fina película de plástico.

El maíz para grano se conserva de la siguiente forma: debe pasar por un proceso de secado mediante un secador de circulación continua o secadores de caja. Estos secadores calientan, secan y enfrían el grano de forma uniforme.

9. PLAGAS Y ENFERMEDADES

9.1 Plagas

Insectos

- Gusano de alambre. Viven en el suelo aparecen en suelos arenosos y ricos en materia orgánica. Estos gusanos son coleópteros. Las hembras realizan puestas de 100 a 250 huevos de color blanquecino y forma esférica. Existen del género *Conoderus* y *Melanotus*.

Las larvas de los gusanos de alambre son de color dorado y los daños que realizan son al alimentarse de todas las partes vegetales y subterráneas de las plantas jóvenes. Ocasionan grave deterioro en la planta e incluso la muerte. Para su lucha se recomienda tratamientos de suelo como Parathion y otros.

- Gusanos grises. Son larvas de clase lepidópteros pertenecientes al género *Agrotis. Agrotis ipsilon*. Las larvas son de diferentes colores negro, gris y pasando por los colores verde grisáceo y son de forma cilíndrica.

Los daños que originan son a nivel de cuello de la planta produciéndoles graves heridas.

Control de lucha similar al del gusano de alambre.

- Pulgones. El pulgón más dañino del maíz es *Rhopalosiphum padi*, ya que se alimenta de la savia provocando una disminución del rendimiento final del cultivo y el pulgón verde del maíz *Rhopalosiphum maidis* es transmisor de virus al extraer la savia de las plantas atacando principalmente al maíz dulce, esta última especie tampoco ocasiona graves daños debido al rápido crecimiento del maíz.

- La piral del maíz. *Ostrinia nubilalis*. Se trata de un barrenador del tallo y desarrolla de 2 a 3 generaciones larvarias llegando a su total desarrollo alcanzando los 2 cm de longitud. Las larvas comienzan alimentándose de las hojas del maíz y acaban introduciéndose en el interior del tallo. Los tallos acaban rompiéndose y las mazorcas que han sido dañadas también.

-Taladros del maíz. Se trata de dos plagas muy perjudiciales en el cultivo del maíz:

- *Sesamia nonagrioide*. Se trata de un Lepidóptero cuya oruga taladra los tallos del maíz produciendo numerosos daños. La oruga mide alrededor de 4 cm, pasa el invierno en el interior de las cañas de maíz donde forman las crisálidas. Las mariposas aparecen en primavera depositando los huevos sobre las vainas de las hojas.

- *Pyrausta nubilalis*. La oruga de este Lepidóptero mide alrededor de 2 cm de longitud, cuyos daños se producen al consumir las hojas y excavar las cañas de maíz. La puesta de huevos se realiza en distintas zonas de la planta.

Como método de lucha se recomienda realizar siembras tempranas para que esta plaga no se desarrolle, además del empleo de insecticidas.

Ácaros

- Arañuelas del maíz, *Oligonychus pratensis, Tetranychus urticae* y *Tetranychus cinnabarinus*. Su control se realiza mediante el empleo de fosforados: Dimetoato y Disulfotón.

9.2. Enfermedades.

- Bacteriosis: *Xhanthomonas stewartú* ataca al maíz dulce. Los síntomas se manifiestan en las hojas que van desde el verde claro al amarillo pálido. En tallos de plantas jóvenes aparecen un aspecto de mancha que ocasiona gran deformación en su centro y decoloración. Si la enfermedad se intensifica se puede llegar a producir un bajo crecimiento de la planta.

- *Pseudomonas alboprecipitans*. Se manifiesta como manchas en las hojas de color blanco con tonos rojizos originando la podredumbre del tallo.

- *Helminthosporium turcicum*. Afecta a las hojas inferiores del maíz. Las manchas son grandes de 3 a 15 cm y la hoja va tornándose de verde a parda. Sus ataques son más intensos en temperaturas de 18 a 25ºC. Las hojas caen si el ataque es muy marcado.

- Antranocsis. Lo causa *Colletotrichum graminocolum*. Son manchas color marrón-rojizo y se localizan en las hojas, producen arrugamiento del limbo y destrucción de la hoja.

Como método de lucha está el empleo de la técnica de rotación de cultivos y la siembra de variedades resistentes.

- Roya. La produce el hongo *Puccinia sorghi*. Son pústulas de color marrón que aparecen en el envés y haz de las hojas, llegan a romper la epidermis y contienen unos órganos fructíferos llamados teleutosporas.

- Carbón del maíz. *Ustilago maydis*. Son agallas en las hojas del maíz, mazorcas y tallos. Esta enfermedad se desarrolla a una temperatura de 25 a 33ºC
Su lucha se realiza basándose en tratamientos específicos con funguicidas.

10. EL MAÍZ FORRAJERO

El maíz forrajero es muy cultivado para alimentación de ganado. Se recoge y se ensila para suministro en épocas de no pastoreo. La siembra se efectúa de forma masiva si se utiliza como alimento en verde de manera que la densidad de plantación de semilla de 30 a 35 Kg por hectárea se siembra en hileras con una separación de una a otra de 70 a 80 cm y con siembra a chorrillo. Se escogen variedades con alta precocidad para mejor desarrollo de la planta.

El ensilaje consiste en una técnica en la que el maíz u otros tipos de forrajes se almacenan en un lugar o construcción (silo) con el fin de que se produzcan fermentaciones anaerobias. En definitiva tratan de almacenes o depósitos de granos. Hay varios tipos de silos:

1. Silos de campo

2. Silos en depósito.

3. Silos en plástico

4. Silos en torre.

El valor nutritivo del ensilaje destaca por su valor energético tanto en proteínas como sales minerales el contenido en materia seca del maíz ensilado se consigue con un forraje bien conservado.

11. PRODUCCIÓN DE MAIZ AMARILLO DURO

11.1. Antecedentes

El maíz (*Zea mays* L.), originario de América, representa uno de los aportes más valiosos a la seguridad alimentaria mundial. Junto con el arroz y el trigo son considerados como las tres gramíneas más cultivadas en el mundo. Asimismo, en el transcurso del tiempo, diversas instituciones mundiales, estatales y privadas vienen realizando estudios serios con el objetivo principal de incrementar los niveles de rendimiento y de producción de nuevos y mejorados híbridos para desarrollar variedades con un alto nivel productivo, resistentes al clima y a las enfermedades.

En el Perú, los rendimientos se han incrementado de manera notable durante los últimos cinco años de la década del noventa. En la Costa Norte y Sur se sobrepasan normalmente las cuatro toneladas por hectárea, pero en regiones como la Selva y ceja de Selva, aún se mantienen escasos niveles de productividad, que tienen como nivel máximo de producción dos toneladas por hectárea. Esta situación nos hace reflexionar sobre el papel que podrían tomar los entes estatales del sector agrario para priorizar su accionar por regiones y tratar de aplicar políticas que mejoren el rendimiento en aquellas zonas de mayor producción.

El Maíz Amarillo Duro (MAD) constituye el principal enlace de la Cadena Agroalimentaria del país, se inicia con el cultivo del maíz y culmina en el consumidor de carne de aves. Dentro de su problemática, uno de los cuellos de botella presentados en el trabajo, es el de la comercialización nacional, donde se muestra un sistema tradicional y una inadecuada interrelación entre productores y empresas demandantes; en el que el agricultor, termina siendo el más perjudicado de toda la cadena, recibiendo la tercera parte del precio

pagado en granja a los comercializadores, limitando así la incursión de otros productores en este campo, cuya demanda aún no es cubierta por la producción nacional. Ante este déficit, las avícolas nacionales tienen que importar este insumo. Es a partir de 1994 que son destinados más de cien millones de dólares anuales en este rubro, generando un gasto importante de divisas en su adquisición

11.2. A Nivel Nacional

La producción nacional de maíz amarillo duro para el año 2001 fue de 1.065 miles de toneladas, volumen que ha significado ser él más alto de los últimos cincuenta años, los departamentos productores a nivel nacional sobresalen, Lima (21%) siendo uno de los principales, seguido de La Libertad(17%), Lambayeque (10%), San Martín (11%), Ancash (9%), Loreto (6%),Cajamarca (5%), Piura (5%) y otros departamentos (16%). La producción nacional de maíz amarillo duro se concentra en ocho departamentos (84%) y se presume que deberá mantenerse esta tendencia en los próximos años.

En los últimos doce años la producción nacional se ha venido incrementando a una tasa promedio anual de 7.5%, a nivel de principales zonas productoras en la costa norte (Piura, Lambayeque, La Libertad, y Ancash) tuvieron un crecimiento de 9.7%, costa centro (Lima e Ica) creció a 7.4%, mientras que los principales departamentos de la selva (Huánuco, Cajamarca, San Martín, Loreto y Ucayali) crecieron a una tasa de 6.2%.

La producción nacional creció sostenidamente en los últimos 5 años paso de 1,058,552 toneladas métricas en 1999 a 1,471,000 toneladas métricas en el año 2003. Esto debido a un incremento en la superficie cultivada que paso de 23,086 a 26,991 hectáreas en el mismo periodo, mejorando el rendimiento por hectárea cultivada.

11.3. Rendimientos

En cuanto a los rendimientos promedios en cada una de las zonas en que se siembra maíz amarillo duro, se observa que los cambios tecnológicos más importantes (expresados en kg/ ha.) empiezan el año 1970. Aunque bajos, frente a los rendimientos de terceros países, se tornan sostenidos a partir del año 1985, fecha en que según fuentes, la Cooperación Internacional contribuye y aporta con nuevo material de siembra; finalmente en el cuadro de rendimientos por ha. en las diferentes zonas productoras, se observa que los cambios tecnológicos más importantes, se dan en la costa, esto se debe a la introducción de híbridos de períodos vegetativos más cortos que el primer material aportado por los programas de mejoramiento y que se deben buscar soluciones creativas referentes al empleo de nuevos paquetes tecnológicos en la Selva, estos deben tener mayores posibilidades con relación a los mercados de consumo de maíz amarillo duro.

Es de remarcar que ello se debe tanto a la acción estatal con el aporte de la "Marginal" como por la introducción de híbridos obtenidos por empresas productoras extranjeras (Argentinas, Colombianas, Chilenas y Brasileras).

Observamos del mismo modo, que las zonas de mayor superficie sembrada con maíz amarillo duro son San Martín, Loreto y Ucayali y las zonas de Lima y La Libertad en la Costa.

En cuanto a la zona de Selva se presentan los rendimientos más bajos en los departamentos de: Amazonas, Loreto, Ucayali y Madre de Dios. En las zonas de Costa se ubican los rendimientos promedios más altos: La Libertad, Ica y Lima.

Los Departamentos de La Libertad, Lima e Ica son los que presentan mayor desarrollo del mercado, tanto de insumos como de sub productos, así como por encontrarse generalizado el empleo de fertilizantes, de semillas mejoradas, y tener mecanizadas el mayor porcentaje de labores agrícolas; estos departamentos también concentran la mayor población de pollos carnes y gallina de postura en las zonas de Costa la expansión del cultivo se da por incrementos en rendimientos por tener que competir con cultivos más rentables o se da como complemento de la siembra de algodón u hortalizas para los mercados de las grandes ciudades.

En la zona de Selva la expansión se da en terrenos de secano, donde se expande estimulado por la liberación de la variedad Marginal T28 y la mayor población de la industria avícola (pollos carnes y gallinas ponedoras en producción).

En la Costa Norte, es un cultivo que rota con la producción hortícola y actualmente compite con la siembra de arroz.

En general la falta de soporte financiero y el "Fenómeno del Niño" dejaron secuelas de bajos rendimientos en el maíz amarillo duro de esa zona por no haber sembrado con la semilla adecuada para un clima tropical dado la coyuntura por la ocurrencia de este fenómeno. En el Departamento de San Martín se siembra en condiciones de secano, y anualmente en promedio de 40 mil has.

En el departamento de Ucayali se siembra en dos épocas y en condiciones diferentes en las zonas altas y en las restingas, las siembras de las zonas altas entre septiembre y diciembre para cosechar en los meses de enero a abril. En las zonas de restingas entre los meses de abril y junio, para cosechar en agosto. En ambos casos el tamaño de las superficies sembradas impide el empleo de escalas en todas las fases de la cadena productiva empezando por la gestión empresarial, la producción misma, pasando por dificultar seriamente varios aspectos relacionados con la logística del manejo del producto cosechado, entre ellos el acopio, el transporte que comprometen la calidad de la producción nacional en especial del maíz amarillo que proviene de las zonas más alejadas de la Selva.

En cuanto a los indicadores de productividad se aprecia que los rendimientos por ha. hasta el año 1985 se mantenían casi constantes, en promedio de 2,512 kg/ha, sin embargo a partir del año 1991 ya se pueden apreciar en las series históricas incrementos sostenidos en los promedios nacionales, esto se debe al aporte de la inversión privada en semillas que posibilita la introducción de

híbridos obtenidos por empresas productoras extranjeras así como a la acción estatal, que aporta la "Marginal T 28".no se debe dejar de señalar que hemos heredado un pasivo negativo con la desactivación de la investigación hecho que ha negado al país la mínima posibilidad de contar con su propia tecnología sin embargo debemos señalar que esperamos que las empresas productoras de semillas realicen inversiones en el sector; tienen toda la garantía para asegurar el éxito de su gestión, esperamos alianzas estratégicas en este rubro. Finalmente, al analizar la evolución de la producción nacional de maíz amarillo duro, entre los años 1960 - 2001, se puede apreciar que en los últimos cuarenta y dos años la superficie cosechada creció por encima de 200 %, mientras que los rendimientos solamente lo hicieron en 77%.

11.3. La Competividad

Las principales variables que intervienen en la determinación de las ventajas comparativas por zonas de producción en el maíz, son aparte de las variaciones de los precios internacionales, a lo largo de un año, los siguientes: Las variaciones en los rendimientos por efecto del clima y la variedad de semillas certificadas, los costos de los recursos internos, por efecto de los sistemas de producción: al secano o con riego, y los niveles de la tecnología empleada, dentro del cual figuran primordialmente los gastos que el agricultor realiza en semillas mejoradas y fertilizantes, así como a la racionalidad y eficiencia en el empleo racional de los insumos, por ejemplo el empleo racional de los pesticidas, todos estos factores influyen directamente en los rendimientos finales y se encuentran directamente relacionados a los gastos que efectúa el país con mayor o menor eficiencia en el empleo de los recursos. Los costos de producción en el rubro de mano de obra y transporte son mayores en el caso de las zonas productoras de Selva, el empleo de semillas mejoradas es muy reducido, al igual que los fertilizantes.

Cualesquiera de los factores aquí mencionados puede hacer variar las ventajas comparativas de la zona y volver ineficientes las zonas de siembra, se aprecia que las zonas productoras que realizan mayores gastos en semillas mejoradas y fertilizantes son las que obtienen mejores rendimientos; así mismo, las zonas que se encuentran más cercanas a los mercados en este caso a las plantas de alimentos balanceados, son las zonas que tienen mayores ventajas comparativas, sin embargo, estimamos que para la Selva deberá establecerse los mínimos estándares de rendimiento para cada zona que permitan decidir la viabilidad del cultivo en función de elevarlos significativamente, sin variar la estructura de costos; sin embargo estimamos que existen muchos interrogantes con referencia a las estrategias a emplear en el paquete tecnológico, resultan interesantes por ello las experiencias de Tournavista, o las experiencias que el Sr Ikeda (Grupo San Fernando) lleva a cabo en estas zonas dignas de resaltar y alabar; en el caso particular del grupo san Fernando en el departamento de San Martín a obtenido una tonelada de maíz a 65 dólares como costo de producción y en la zona de Huaura se viene obteniendo maíz a un costo de producción de 100 dólares la tonelada.

En zonas de Costa se deberá manejar el cultivo en función de comparar su rentabilidad con aquellos cultivos con los cuales compite y en esa medida, buscar la eficiencia de los paquetes tecnológicos debidamente probados en campo, a fin de promover medidas que permitan el empleo permanente de semillas mejoradas, fertilizantes y el uso intensivo de mano de obra, en combinación con el manejo adecuado del recurso suelo.

Esta meta sería un objetivo permanente, el objetivo de mediano plazo es empezar a efectuar los cambios teniendo en cuenta el potencial agro exportador frente a otros cultivos con los que compite en la Costa peruana más no solamente como complemento para la rotación, en especial de los algodones o las hortalizas.

No debe dejar de mencionarse que el maíz se torna ineficiente cuando se emplea agua de pozo, valores muy significativos, que en la mayoría de casos, cuando se estudia el costo de los recursos internos no se ha tomado en cuenta.

11.4. Oferta Interna De Maíz Amarillo Duro

La demanda aparente de MAD, por parte de la agroindustria de alimentos balanceados al año 2001 asciende a un volumen de un millón novecientos veinte mil toneladas. De los cuales la producción nacional aporta solamente 1,065 miles de toneladas por un valor aproximado de 156 millones de dólares U.S. La demanda cubierta en parte con las importaciones de maíz importado es en la actualidad de 856 mil toneladas, por un valor aproximado de 93 millones de dólares US.

Por consiguiente, en un entorno internacional tan cambiante, existe una fuerte correlación estratégica entre el crecimiento de la cadena generada principalmente por la industria avícola, la porcicultura y la ganadería de engorde entre otros y el eslabón productivo de maíz amarillo duro.

Si echamos una mirada desde el entorno, se observa que ambos procesos productivos vienen experimentando en la actualidad un expectante desarrollo, en especial a partir del año 1995 fecha en que estimamos empieza su reconversión productiva; por consiguiente, los productores deben estar atentos a todos estos cambios y contribuir con todas sus energías al desarrollo de estudios superiores de competitividad sostenible y al éxito de esta cadena, éxito que estamos seguros compartiremos todos día a día.

Actualmente se producen aproximadamente 622 mil t de carne de ave, 96 mil t de carne de cerdo y 163 mil t de huevos, su crecimiento ha sido expectante, en los últimos años, como producto de los reacomodos iniciados desde el año 1990 y se ha convertido en una de las más eficientes industrias de su genero en el mundo habiendo superado las expectativas y metas esperadas para el año 2010 un consumo per cápita de carne de pollo de 24 kilos, esta cifra en la actualidad ya se viene alcanzando; el crecimiento en los últimos 42 años de la carne de ave es de aproximadamente 9% anual, huevos es 5.7%, carne de porcino 2.2% y el de maíz amarillo duro del orden del 4.3%; Sin embargo, es necesario recalcar con orgullo que actualmente su eficiente competitividad por

ejemplo frente a uno de sus cercanos y posibles competidores como Chile, si se tiene en cuenta que este país produce carne de ave a precios internacionales semejantes a Perú de 0.60 dólares por kilo de pollo vivo aproximadamente, con menores costos del maíz como insumo obtenido a precios aproximados de 100 dólares por t. Actualmente los volúmenes de ventas entre carne de ave y huevos ascienden aproximadamente a la importante suma de 1000 millones de dólares.

Teniendo en cuenta que en el proceso de desgravación arancelaria dentro de la Comunidad Andina, a la carne de ave se le aplica una rebaja del 15% sobre el arancel fijo de 25% Ad valorem CIF para su ingreso al país, la misma que debe desgravarse paulatinamente, de manera tal que a partir del 31 de diciembre del 2005 debe eliminarse los aranceles aplicados. Actualmente la industria avícola ha superado todas las expectativas más optimistas en relación a su crecimiento y teniendo en cuenta que existe una fuerte correlación positiva entre la producción de carne de ave y la demanda de maíz amarillo duro, es necesario señalar que el futuro de esta industria tiene entre sus relaciones sensibles al abastecimiento de maíz amarillo duro importado ya que este, con importantes bajas de precios en el mercado internacional no garantiza por sí solo el futuro de la industria ya que de por medio se encuentran en primer lugar, fenómenos coyunturales que producen elevaciones de precios en dicho mercado, que no garantizan estabilidad en el manejo de la producción avícola y en segundo lugar el importante peso que tiene el maíz nacional en su componente, el maíz amarillo duro nacional definitivamente superior en calidad y sanidad al importado y el insumo más competitivo en el proceso de elaboración de alimentos para las aves, hace que el compromiso por mejorar la competitividad de este último sea tarea de todos los años que se avecinan: y resulta un objetivo estratégico para la avicultura exportadora eliminar de manera competitiva el componente importado en la elaboración de concentrados para las aves, por otro lado el crecimiento natural de la industria avícola, hace que se empiece a mirar los mercados externos, recalcando que en el marco de la globalización de los mercados, la competencia internacional se da entre cadenas productivas, por ello es necesario establecer estrategias de corto, mediano y largo plazo que posibiliten en los diferentes eslabones superar sus debilidades, en especial, del eslabón agrícola a través de apoyo tecnológico que incluya una serie de medidas que se encuentren ampliamente promovidas por el estado y los demás agentes productivos que intervienen en esta cadena, una sólida inserción en futuros mercados de una industria que en la actualidad representa el 53 % del PBI pecuario del País y cerca del 23 % del PBI agropecuario.

Los rendimientos promedio nacionales se estiman en 3,702 kg / ha, sin embargo existen valles donde la productividad promedio por ha viene acercándose a las 7 t por ha se estima que la productividad promedio potencial del País debería llegar a 10 t. por ha, la condición deficitaria, dispersa y fragmentada de la producción nacional (55% de la oferta total). Significa la

imposibilidad o dificultad para implementar economías de escala y hace que la comercialización en chacra dificulte el abastecimiento continuo en mayores volúmenes para una industria en crecimiento, estos problemas son los retos a los que las alianzas estratégicas deberán dar solución en los próximos años.
Se estima actualmente que los requerimientos mensuales de la industria avícola son de aproximadamente 121 mil t. La mayor cantidad de maíz amarillo duro, se destina a la producción de carne de aves, se sabe que en la estructura de costos de producción de carne de pollo, el 65 % de los costos lo constituye el maíz amarillo duro, el de insumos, por consiguiente si se establecen proyecciones del consumo de carne de pollo, estableceremos aproximaciones muy certeras sobre la demanda total de maíz amarillo duro para los próximos años.

Como se sabe los reacomodos que pasó la industria avícola a fines de los 80 e inicios del 90 determinaron grandes cambios tecnológicos, a esos cambios obedece la estructura de producción de carne de pollo. Tomando como criterios los precios y los ingresos, como variables que explican el comportamiento de la demanda de carne de pollo y ave, que a su vez generan una demanda derivada de maíz amarillo.

11.5. El Maíz Blanco Urubamba o Blanco Gigante del Cuzco

El maíz Blanco Gigante del Cusco, recibió recientemente, el Certificado con la Denominación de Origen, otorgado por el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI), como un justo reconocimiento por su excelente calidad del grano, de tamaño grande único en el mundo, producto del esfuerzo milenario del hombre Andino, internacionalmente conocido como Blanco ó Cusco Gigante.

Con esta denominación de origen se busca darle identidad propia al producto que posee características muy peculiares, que lo distingue de los demás maíces producidos en el Perú y en el mundo.

Su producción en grano, anualmente se exporta a países como España, Japón, Estados Unidos, Francia y otros. Ello significa divisas para el país y ganancias para las aproximadamente 5,000 familias dedicadas a la producción de este importante maíz amiláceo.

La Estación Experimental Andenes del INIEA, a través del Proyecto de Investigación en Maíz, desde hace más de tres décadas atrás utiliza por su calidad de grano el cultivar Blanco Gigante del Cusco como progenitor en la generación de nuevas variedades y está abocado a su conservación,

mejoramiento, generación de tecnologías que permita establecer un adecuado programa de manejo agronómico y sobre todo a la producción de semillas de las categorías genética y básica.

A nivel de comunidades campesinas con participación de agricultores productores de maíz Blanco Gigante del Cusco de las provincias de Quispicanchi y Urubamba del Valle Sagrado de los Incas, se ejecuta la selección y desarrollo de semilla mejorada de buena calidad con familias calificadas y seleccionadas, a través de mejoramiento genético por selección recurrente, con el objetivo de superar los rendimientos actuales y semilla de buena calidad.

a. Rendimientos

En el Perú, el rendimiento promedio es bajo: 1100 Kg./ha. En los valles de Arequipa y Cusco los rendimientos se elevan a 2200 Kg./ha, esto debido a que mayormente se cultiva bajo riego. En el Valle Sagrado, con la variedad Blanco Urubamba, el rendimiento se eleva hasta 5000 Kg./ha y algunos productores estrella alcanzan hasta 8000 Kg./ha.

b. Utilización

El maíz blanco es generalmente exportado a diferentes países como el Japón, España, Francia, etc., y para el mercado nacional generalmente como grano seco, una parte de la producción es transformado en maíz pelado que es transportado y comercializado en Lima y otras regiones, también los agricultores lo transforman en chochoca para almacenarlos por más tiempo y evitar el ataque de las plagas de almacén, la chochoca es el maíz cocido y secado para luego ser molido y utilizado en sopas.

Algunas instituciones privadas en nuestra zona realizan experiencias iniciales de precocido del maíz choclo y envasado en perspectiva de buscar valor agregado y exportación del producto.

c. Transformación

La industria utiliza cada vez cantidades más importantes de granos de maíz

para fabricación de maicena y almidón. Los productos que extrae la industria del maíz sirven para:

- La alimentación humana: polenta, almidón, sémolas, aceite de mesa (extraído especialmente de los gérmenes).
- Utilización industrial: Glucosa para la farmacia, gomas obtenidas del gluten, almidón para la preparación de antibióticos.
- Los subproductos del maíz se utilizan para la alimentación de ganado y aves.

12. REFERENCIAS

1. Alexander, D.E. 1998. Breeding special nutritional and industrial maize types. *In* G.F. Sprague & J.W. Dudley, eds. *Corn and corn improvement,* 3rd ed., p. 869-880. Madison, WI, USA, American Society of Agronomy.
2. Bjarnason, M. & Vasal, S.K. 1999. Breeding of quality protein maize (QPM). *Plant Breed. Res.,* 9: 181-216.
3. Brewbaker, J.L. 1971. Breeding tropical supersweet corn. *Hawaii Farm Sci.,* 20: 7-10.
4. Brewbaker, J.L. 1977. Hawaiian super-sweet #9 corn. *HortScience,* 12: 355-356.
5. Chutkaew, C. & Paroda, R.S. 2006. *Baby corn production in Thailand: a success story.* Bangkok, APAARI, FAO.
6. CIMMYT. 1988. *Maize production regions in developing countries.* Mexico, DF, Maize Program, CIMMYT.
7. CIMMYT. 1994. *1993/94 world maize facts and trends.* Mexico, DF, CIMMYT.
8. Dintzis, F.R., Bagley, E.B. & Felker, F.C. 1995. Shear thickening and flow-induced structure in a system of DMSO containing waxy maize starch. *J. Rheology,* 39: 1399-1409.
9. Dowswell, C.R., Paliwal, R.L. & Cantrell, R.P. 1996. *Maize in the third world.* Boulder, CO, USA, Westview Press.
10. Goertz, P., Pollmer, W.G., Villegas, E. & Dhillon, B.S. 1998. Nutritional quality of Andean maize collections and comparisons of some chemical screening methods. *Maydica,* 33: 221-232.
11. Grobman, A., Salhauana, W. & Sevilla, R. 1961. *Races of maize in Peru: their origins, evolution and classification.* Publication 915. Washington, DC, National Academy of Sciences, National Research Council.
12. Hallauer, A.R., ed. 1994. *Specialty corns.* Boca Raton, FL, USA, CRC Press.
13. Serna-Saldívar, S.O., Gómez, M.H. & Rooney, L.W. 1994. Food uses of regular and specialty corns and their dry milled fractions. *In* A.R. Hallauer, ed. *Specialty corns,* p. 263-298. Boca Raton, FL, USA, CRC Press.
14. Vasal, S.K. 1995. Use of genetic modifiers to obtain normal-type kernels with the opaque-2 gene. In *High quality protein maize,* p. 197. Stroudsburg, PA, USA, Hutchinson Ross Publishing.

Vasal, S.K. 2008. High quality protein corn. *In* A.R. Hallauer, ed. *Specialty corns,* p. 79-121. Boca Raton, FL, USA, CRC Press.

MEDIDOR DE TEMPERATURA PCE-ST 1

El medidor de temperatura de contacto PCE-ST 1 es un medidor de temperatura digital de mano para medir en el sector alimenticio por ejemplo, carne, embutidos, quesos, tomate, etc., pues está equipado con una sonda de acero inoxidable de 120 mm. Este medidor de temperatura de contacto destaca por su manejo sencillo, las dimensiones reducidas y su breve tiempo de respuesta.

- Rango de medición: -40 ... +250

°C - Resolución: 0,1 °C

- Precisión: ±1,5 °C ±2 ºC

- Sensor: NTC

- Punta del sensor: Acero inoxidable, Ø 3,8 mm, longitud = 120 mm, punta aguada

- Tiempo de respuesta: 2 segundos

manual-pce-st-1.pdf hoja-datos-pce-st-1.pdf

Fabricante:PCE Instruments

16,50 €

MEDIDOR DE TEMPERATURA PCE-OWL



Logger de datos desechable para medir temperatura / memoria para 14.400 datos / disponible en 2 versiones / duración 6 o 60 días (según versión) / USB incluido

El logger de datos desechable PCE-OWL registra temperaturas entre -30 y +70 ºC. La memoria del logger de datos desechable PCE-OWL permite almacenar hasta 14.000 valores. El logger de datos desechable se usa sobre todo en el transporte.

Con frecuencia es vital controlar la temperatura, sobre todo en el transporte de alimentos. Según la necesidad, podrá ajustar la frecuencia de registro. Encontrará los tiempos de ajuste en la sección "Especificaciones técnicas". Gracias a que el equipo ya viene configurado, se excluyen fallos de configuración. En la parte posterior del logger de datos desechable encontrará dos pegatinas con el mismo código de barras. Gracias a tales pegatinas asigna de forma inequívoca, pues en el logger de datos encontrará el mismo código de barras. Esto le permite identificar qué registrador ha registrado en qué ambiente. El manejo y puesta en marcha del logger de datos desechable es muy sencillo. Después de haber instalado el software en su PC puede poner el logger de datos en marcha. Para empezar a registrar debe pulsar la tecla Start / Stop. A continuación podrá pegar el logger de datos desechable en la mercancía, ya que dispone de un autoadhesivo. También existe la posibilidad de introducir el aparato en el paquete. La construcción plana permite registrar sin tener que temer por el espacio. En caso que deba para el registro, simplemente debe pulsar nuevamente la tecla Start / Stop. A continuación puede leer los datos registrados en su PC. Para ello debe iniciar el software. Conecte el logger de datos desechable a través de la interfaz USB y el programa le indicará automáticamente los valores registrados. El software es amplio, y permite entre otras cosas, trasferir los datos a Microsoft Excel o generar un fichero pdf. Esto permite un análisis posterior de los valores adquiridos con el logger de datos desechable. También es posible ajustar un valor de alarma alto y bajo.

- Genera el informe automáticamente - Integra interfaz USB - Diferentes versiones - Tamaño y peso pequeño
- Ajuste de la frecuencia de registro
- Memoria para 14.400 valores
- Puede descargar el software gratuitamente
- Duración 6 o 60 días

Especificaciones técnicas

Rango de medición	-30 ... +70 °C
Precisión	±0,5 °C
Resolución	0,1 °C
Memoria de datos	7200 registros de datos
Duración de grabación / Intervalo de registro	
Modelo PCE-OWL 6	6 día -2 ... +4 ºC
Modelo PCE-OWL 60	60 días +2 ... +8 ºC
Intervalo de registro (ajustable)	1 / 2 / 3 / 5 / 6 minutos
Interfaz	USB 2.0
Indicador	2 indicadores LED (azul / rojo)
Condiciones ambientales	-30 ... +70 °C
Dimensiones	80 x 48 x 5,8 mm
Peso	11,5 g
Protección	IP67

Sistema operativo	Windows XP ... Windows 8

Contenido del envío

1 x Logger de datos desechable PCE-OWL
1 x Funda
1 x Instrucciones de uso

Estado	nuevo
Precio (sin IVA)	**18,00** €
Precio (con IVA)	**21,78** €
Número de pedido	PCE-OWL
Contenido	1 Unidad

Precio neto sin gastos de envío 8,00 €) neto (Transferencia)

Medidor de temperatura PCE-777



Imagen del medidor de temperatura PCE-777

Estado	nuevo
Precio (sin IVA)	**24,95** €
Precio (con IVA)	**30,19** €

GTIN (EAN)	4250348709189
Número de pedido	PCE-777
Contenido	1 Unidad

Precio neto sin gastos de envío 8,00 €) neto (Transferencia)

- **Pregunta / devolución de la llamada**

Plazo de entrega: 1-3 Días (Salvo fin Stock)



Medidor de temperatura pequeño y compacto con puntero láser rojo para la medición sin contacto, no destructiva de la temperatura de superficies

El medidor de temperatura sin contacto PCE-777 mide la temperatura de superficies mediante un rayo infrarrojo de forma no destructiva a larga distancia. Este medidor de temperatura sin contacto ligero se caracteriza por su manejo muy sencilla y la ayuda de enfoque rojo (rayo láser). De esta manera se puede enfocar precisamente la superficie y registrar la temperatura con el termómetro. El medidor de temperatura es ideal para el uso en la industria y la artesanía, para el mantenimiento y reparación, por ejemplo en el área de calefacción, ventilación, aire acondicionado, automóviles, el control de equipos eléctricos y armarios eléctricos. El medidor de temperatura PCE-777 se puede utilizar incluso en circunstancias más adversas y realiza mediciones de manera precisa. La iluminación de fondo de la pantalla del medidor de temperatura se puede encender y apagar. El medidor de temperatura dispone de una ayuda de enfoque para la medición de la temperatura sin contacto, precisa y rápida desde una distancia segura a objetos calientes o en movimiento o en áreas de medición difíciles de llegar. El valor de emisión del medidor de temperatura está fijo en 0,95 lo que cubre el 90 % de todas las mediciones de temperatura.

- Rápida secuencia de medición
- Desconexión automática

- Indicación del valor de medición en ºC o ºF
- Grado de emisión fijo
- Relación de punto de medición 12 : 1
- Alimentación por batería
- Activación del puntero láser
- Construcción compacta y robusta

Especificaciones técnicas del medidor de temperatura

Rango de medición de temperatura	-30 ... +330 °C -58 ... +626 ºF
Resolución	0,1 °C
Rango espectral	8 ... 14 µm
Precisión	±4 °C (-50 ... 0 °C) ±2 °C (0 ... +330 °C)
Punto de medición (distancia en relación al tamaño del punto de medición)	12 : 1
Grado de emisión (fijo)	0,95
Punto láser / visor láser	Visible solo un punto, potencia <1 mW, longitud de la onda 630...670 nm, clase II
Tiempo de respuesta	< 1 s
Desconexión automática	Después de 20 segundos de inactividad
Indicación sobre rango	"HI": indica exceso en el límite superior de temperatura "LO": indica exceso en el límite inferior de temperatura
Condiciones ambientales	Funcionamiento: 0 ... 50 °C, 10 ... 95 % H.r. Almacenado: -20 ... +60 °C, <80 % H.r.
Alimentación	Batería 9 V
Dimensiones	134 x 88,5 x 36 mm
Peso	145 g

Contenido del envío

1 x Medidor de temperatura PCE-777
1 x Batería
1 x Instrucciones de uso

Estado	nuevo
Precio (sin IVA)	**24,95** €

Precio (con IVA)	**30,19** €
GTIN (EAN)	4250348709189
Número de pedido	PCE-777
Contenido	1 Unidad

Precio neto sin gastos de envío 8,00 €) neto (Transferencia)

MEDIDOR DE TEMPERATURA PCE-666



[zoom]

Imagen del medidor de temperatura PCE-666

Estado	nuevo
Precio (sin IVA)	**45,00** €
Precio (con IVA)	**54,45** €
GTIN (EAN)	4250348715173
Número de pedido	PCE-666
Contenido	1 Unidad

Precio neto sin gastos de envío 8,00 €) neto (Transferencia)

- **Pregunta / devolución de la llamada**

Plazo de entrega: 10 Días

Detalles

Más imágenes:



Medidor de temperatura PCE-666



[zoom]

Pantalla

Medidor de temperatura combinado para medir por y sin contacto / medici a través de pinza, sonda e infrarrojo / función Hold / medición de va extremo
ajuste del valor de emisividad

El medidor de temperatura PCE-666 es un termómetro combinado, que mide co sin contacto. El medidor de temperatura dispone de una punta de medición y u pinza de medición. En caso que pliegue la sonda el instrumento med automáticamente la temperatura a través de la sonda. En caso contrario, medir través de la pinza. Si presiona le tecla infrarroja, entonces podrá realizar u medición de temperatura sin contacto. Las diferentes formas de medir temperatura disponen también de diferentes rangos, que los puede leer en especificaciones técnicas. Además de todo ello, el medidor de temperat dispone de diferentes funciones de medición. Incluye la función HOLD, la func valor límite, la desconexión automática, el ajuste del valor de emisividad,

indicación de valores extremos, y la selección de unidad entre ºC y ºF. En cualquier modo de medición, el medidor de temperatura dispone de una resolución de 0,1.

Gracias a sus muchas funciones puede usar el medidor de temperatura en diferentes campos de producción y control de calidad. Esto incluye la fabricación y almacenamiento de alimentos, la producción de lacas y pinturas, y otros ámbitos de la industria productora.

- Indicación del valor en °C o °F
- Funciones HOLD y desconexión automática
- Tiempo de respuesta rápido
- Óptica 1:1
- Resolución: 0,1 °C / 0,1 °F
- Diferentes rangos de medición

Especificaciones técnicas

Rango de temperatura: Infrarrojo	-35 ... +260 °C (-31 ... +500 °F)
Tiempo de respuesta	<500 ms
Precisión Infrarrojo	±2 % del valor o ±2 °C (±4 °F)
Óptica	1:1
Grados de emisividad	Ajustable (0,1 ... 1,0)
Rango de temperatura: Sonda	-40 ... +260 °C (-40 ... +500 °F)
Rango de temperatura: Pinza	-40 ... +230 °C (-40 ... 446 °F)
Apertura de la pinza	25 mm (1 ")
Precisión	±1,5 % o ±2 °C (±3,8 °F)
Resolución	0,1 °C (0,1 °F)
Peso	103 g
Dimensiones	183 x 52 x 25 mm

Contenido de envío

1 x Medidor de temperatura PCE-666
1 x Pila
1 x Instrucciones de uso

Estado nuevo

Precio (sin IVA)	**45,00** €
Precio (con IVA)	**54,45** €
GTIN (EAN)	4250348715173
Número de pedido	PCE-666
Contenido	1 nidad

Precio neto sin gastos de envío 8,00 €) neto (Transferencia)

MEDIDORES DE HUMEDAD

Dial de un higrómetro de tensión de cabello con escala no-lineal.

HigrometroEspiral-1.jpg

Dial de un higrómetro de bobina metálica y papel impregnado de sal con escala lineal.

HigrometroEspiral-2.jpg HigrometroEspiral-3.jpg

Vista del mecanismo con la bobina de dilatación higroscópica, y detalle de la cara exterior de la bobina metálica con el papel impregnado de sal.

Un higrómetro (del griego ὑγροσία: humedad, y μέτρον: medida) o higrógrafo es un instrumento que se utiliza para medir el grado de humedad del aire o de otros gases. En meteorología es un instrumento usado para medir el contenido de humedad en la atmósfera.

Los instrumentos de medida de la humedad por lo general se basan en las mediciones de alguna otra magnitud como la temperatura, la presión, la masa o un cambio mecánico o eléctrico en una sustancia cuando absorbe la humedad. Mediante la calibración y el cálculo del funcionamiento del higrómetro, una vez conocidas estas otras magnitudes es posible deducir la medición de la humedad. Los dispositivos electrónicos modernos usan la temperatura de condensación (el punto de rocío), o cambios en la capacitancia o en la resistencia eléctrica para medir las diferencias de humedad.

Un higrómetro que para calcular la humedad se vale de la diferencia de temperaturas entre un termómetro con el bulbo seco y otro con el bulbo húmedo, normalmente se denomina psicrómetro.

Unidad de medida

En física, y especialmente en meteorología, se establece que para una presión y temperatura dadas, el aire tiene una capacidad máxima de contener vapor de agua (humedad de saturación). La humedad relativa del aire se define como el cociente entre la humedad que contiene el aire y la humedad de saturación, expresado en tanto por ciento [%].

Varía entre el 0% (aire completamente seco) y el 100% (aire completamente saturado).1

Evolución histórica

Higrómetro de Daniell

El desarrollo histórico de los higrómetros contempla una serie de hallazgos que permitieron determinar cada vez con mayor precisión el grado de humedad relativa del aire:2

(1480) Un primer higrómetro muy primitivo fue inventado por Leonardo da Vinci3

(1664) El médico italiano Franco Folli construye el primer higrómetro práctico.

(1687) El físico e inventor francés Guillaume Amontons desarrolló un tipo de higrómetro similar a un barómetro utilizando tres líquidos distintos.

(1755) El polímata alemán Johann Heinrich Lambert, trabajando en la mejora de este instrumento, acuña el término "higrómetro".

(1783) El naturalista suizo Horace-Bénédict de Saussure inventa el higrómetro de tensión de cabello.

(1790 c) El científico británico James Hutton idea el primer psicrómetro.

(1820) El químico y físico británico John Frederic Daniell diseña el primer higrómetro basado en la detección del punto de rocío.

(1890 c) El meteorólogo alemán Richard Assmann desarrolla el psicrómetro de corriente de aire forzada.

A partir de la la segunda mitad del siglo XX, con el desarrollo de la electrónica transistorizada, se han diseñado nuevos tipos de higrómetros, en los que se han sustituido los termómetros convencionales por termómetros digitales, aunque para determinar la humedad relativa del aire se siguen utilizando los mismos principios físicos laboriosamente descubiertos a lo largo de más de 500 años de continuas investigaciones.

Higrómetros clásicos

Higrómetro de bobina de metal-papel

El higrómetro de bobina de metal-papel es muy útil para dar una indicación lineal de los cambios de humedad. Se utiliza frecuentemente en dispositivos muy baratos, y su precisión es limitada, con variaciones del 10% o más. En estos dispositivos, el vapor de agua es absorbido por una tira de papel impregnada de sal, unida a una bobina de metal, haciendo que la bobina metálica cambie de forma por la variación de la dureza del papel provocada por el cambio de humedad. Estos cambios (análogos a los de un termómetro bimetálico) proporcionan una indicación en un dial haciendo girar una aguja.

Higrómetros de tensión de cabello

Higrómetro de Sassure de un texto de química de 1861

Estos dispositivos utilizan un cabello humano o animal sometido a tensión. El pelo es higroscópico (es decir, tiende a retener la humedad); su longitud cambia con la humedad, y mediante un sistema amplificador mecánico es posible leer estos cambios de longitud en un dial a escala. A finales de la década de 1700, estos dispositivos fueron llamados por algunos científicos higroscopios; esta palabra ya no está en uso actualmente, pero higroscópico e higroscopía , que se derivan de ella, todavía se usan. El dispositivo tradicional conocido como casita del tiempo (muy popular en Europa central) está basado en este principio.

En 1783, el físico y geólogo suizo Horace Bénédict de Saussure (1740-1799) construyó el primer higrómetro de tensión de cabello utilizando pelo humano.

Se compone de un cabello humano de ocho a diez pulgadas (entre 20 y 25 cm) de largo, b c, Fig. 37, fijado en un extremo a un tornillo, y en el otro, que pasa sobre una polea, c, es tensado por un hilo de seda del que pende el peso, d. La polea está conectada a un índice que se mueve sobre una escala graduada (e-e'). El instrumento se puede hacer más sensible mediante la eliminación de los aceites del cabello, sumergiéndolo previamente por ejemplo en éter etílico.4

John William Draper. Libro de texto de Química

Barbas de ballena u otros materiales pueden ser utilizados en lugar del cabello. En este sentido, el científico suizo radicado en Inglaterra Jean-André Deluc (1727–1817), publicó en las Transacciones Filosóficas el anuncio de un nuevo higrómetro parecido a un termómetro de mercurio, con un bulbo de marfil que al expandirse por la humedad provocaba el descenso del mercurio.5 Posteriormente ingenió un higrómetro basado en una barba de ballena, lo que provocó el estallido de una amarga controversia con de Saussure.6

Psicrómetros (termómetros de bulbos húmedo y

seco) Artículo principal: Psicrómetro

1861 diagrama de un psicrómetro con bulbo húmedo (a) y bulbo seco (b). El bulbo húmedo está conectado a un depósito de agua.

Interior de un abrigo meteorológico mostrando un psicrómetro motorizado

Un psicrómetro (o termómetro de bulbo seco y húmedo), consta de dos termómetros, uno que está seco y otro que se mantiene húmedo con agua destilada en una funda de tela o mecha. Los dos termómetros se denominan así de bulbo seco y de bulbo húmedo. A temperaturas por encima del punto de congelación del agua, la evaporación del agua de la mecha reduce la temperatura, por lo que el termómetro de bulbo húmedo por lo general muestra una temperatura más baja que la del termómetro de bulbo seco. Sin embargo, cuando la temperatura del aire está por debajo de la congelación, el bulbo húmedo se cubre con una fina capa de hielo y puede estar más caliente que el bulbo seco.

La humedad relativa se calcula a partir de la temperatura ambiente (marcada por el termómetro de bulbo seco) y de la diferencia de temperaturas (entre los termómetros de bulbo húmedo y de bulbo seco). La humedad relativa se puede determinar también mediante la localización de la intersección de las gráficas de las dos temperaturas en una carta psicrométrica. Cuando los dos termómetros coinciden, entonces el aire está completamente saturado; y cuanto mayor es la diferencia, más seco está el aire. Los psicrómetros se utilizan comúnmente en meteorología, y en la industria HVAC para determinar la carga refrigerante adecuada en los sistemas de aire acondicionado residenciales y comerciales.

También se utilizan versiones electrónicas digitales de este tipo de dispositivos, en las que la toma de las temperaturas seca y húmeda se realiza mediante termistores, realizándose de forma automatizada los cálculos necesarios para presentar el valor de la humedad en una pantalla numérica.

Psicrómetro giratorio

Psicrómetro giratorio para uso exterior

El psicrómetro giratorio, donde los termómetros están unidos a un mango o longitud de cuerda y se centrifugan en el aire durante unos pocos minutos, a veces se utiliza para mediciones de campo, pero está siendo sustituido por sensores electrónicos de uso más sencillo. Alternativamente, existen otros tipos de psicrómetro giratorio que utilizan el mismo principio, pero en los que los dos termómetros se montan en un dispositivo que se asemeja a una carraca, con un mango y una rótula.

Higrómetro electrónico

Higrómetro de punto de rocío

El punto de rocío es la temperatura a la que una muestra de aire húmedo (o cualquier otra de vapor de agua) a presión constante alcanza la saturación de vapor de agua. A esta temperatura de saturación, el enfriamiento adicional se traduce en la condensación del agua. Los higrómetros de punto de rocío de espejo enfriado son algunos de los instrumentos más precisos comúnmente disponibles. Utilizan un espejo enfriado y un mecanismo optoelectrónico para

detectar la condensación en la superficie del espejo. La temperatura del espejo es controlada por retroalimentación electrónica para mantener un equilibrio dinámico entre la evaporación y la condensación en el espejo, por lo tanto la medición se mantiene cerca de la temperatura del punto de rocío. Se puede obtener una precisión de 0,2 °C con estos dispositivos, que se correlaciona en los entornos típicos de oficina con una precisión de la humedad relativa de aproximadamente ±1,2%. Estos dispositivos necesitan una limpieza frecuente, un operador experto y calibración periódica para alcanzar estos niveles de precisión. Aun así, son propensos a la acumulación de suciedad en entornos donde el humo o el aire impuro pueden estar presentes.

Higrómetros modernos

El uso de procesos de fabricación complementary metal-oxide-semiconductor (CMOS) industriales permite la integración del sensor y de la parte del proceso electrónico de la señal en un chip. También asegura una mayor fiabilidad, y una estabilidad excelente a largo plazo. Estos sensores permiten la toma de valores de temperatura y humedad del ambiente. Además, el protocolo de comunicación «serial sincrónico» los hace aptos para ser utilizados con todos los microcontroladores de Parallax y la mayoría de otras marcas. La principal ventaja de este tipo de sensores, en virtud de su sistema de comunicación digital, consiste en la facilidad de envío de datos a un computador para su posterior almacenamiento y análisis.

Capacitivos

Sensor electrónico de humedad capacitivo, con convertidor de analógico a digital integrado.

Para aplicaciones donde el costo, el espacio o la fragilidad son relevantes, se utilizan otros tipos de sensores electrónicos, a costa de una menor precisión. En los higrómetros capacitivos, se mide el efecto de la humedad en la constante dieléctrica de un material polimérico u óxido de un metal. Con una adecuada calibración, estos sensores tienen una precisión de ± 2% en un rango comprendido entre el 5% y el 95% de humedad relativa. Sin calibración, la precisión es de 2 a 3 veces peor. Los sensores capacitivos son robustos frente a efectos tales como la condensación y las altas temperaturas temporales.7 Sin embargo, están sujetos a los efectos de la contaminación, el desajuste y los efectos del envejecimiento, pero son adecuados para muchas aplicaciones.

Resistivos

En los higrómetros resistivos se suele medir el cambio en la resistencia eléctrica de un material (habitualmente sales o polímeros conductores) debido a la humedad.7 Los sensores resistivos son menos sensibles que los sensores capacitivos, al ser el cambio en las propiedades del material menores, por lo que requieren circuitos más complejos. Las propiedades del material también tienden a depender tanto de la humedad como de la temperatura, lo que significa en la práctica que el sensor debe ser combinado con un segundo sensor de temperatura. La precisión y robustez contra la condensación varían dependiendo del material resistivo elegido. Existen sensores robustos, resistentes a la condensación con una precisión de hasta ± 3% de la humedad relativa.

Térmicos

En los higrómetros térmicos, se mide el cambio en la conductividad térmica del aire debido a la humedad. Estos sensores miden la humedad absoluta en vez de la humedad relativa.7

Gravimétricos

Un higrómetro gravimétrico mide la masa de una muestra de aire en comparación con un volumen igual de aire seco. Es considerado como el principal método más exacto para determinar el contenido de la humedad en las normas nacionales de control del aire,8 siendo la base de los sistemas normativos desarrollados en los Estados Unidos, Reino Unido, Unión Europea y Japón. El inconveniente de utilizar este tipo de dispositivos es que por lo general sólo se utilizan como patrones de transferencia para calibrar instrumentos menos precisos.

Otros tipos

Entre otros tipos de estos dispositivos, existen los siguientes:

Higrómetros de absorción: Se utilizan sustancias químicas que, luego de absorber, exhalan la humedad, según las circunstancias.

Higrómetros eléctricos: Están constituidos por dos electrodos arrollados en espiral. Si a estos electrodos se les aplica una tensión alterna, el tejido se calienta, y una parte del contenido de agua se evapora.

A una temperatura definida se establece un equilibrio entre la evaporación, por calentamiento del tejido, y la absorción de agua de la humedad ambiente por acción de un compuesto químico muy higroscópico: el cloruro de litio: LiCl. A partir de estos datos se establece con precisión el grado de humedad.

Otras sustancias tienen la propiedad de cambiar de color por efecto de la humedad. Por ejemplo, el cloruro de cobalto ($CoCl_2$) se muestra azul en el sensor integrado de temperatura y humedad (Sensirion SHT11).

Aplicaciones

Además de en invernaderos y en espacios industriales, los higrómetros se utilizan en algunas incubadoras de huevos, saunas, humidores y museos. También se utilizan en el cuidado de los instrumentos musicales de madera tales como pianos, guitarras, violines y arpas, que pueden ser dañados por las condiciones de humedad inadecuadas. En entornos residenciales, los higrómetros se utilizan para ayudar en el control de la humedad (cuando es demasiado baja puede dañar la piel y el cuerpo humano, mientras que cuando es demasiado alta favorece el crecimiento de hongos y ácaros). En la industria de los recubrimientos tienen múltiples usos debido a que la aplicación de la pintura y otros recubrimientos puede ser muy sensible a la humedad y al punto de rocío. Con una necesidad cada vez mayor de mediciones, los psicrómetros se sustituyen actualmente por medidores de punto de rocío denominados dewcheck. Estos dispositivos hacen mediciones mucho más rápidamente, pero a menudo no están permitidos en entornos explosivos.

bibliografia

Barómetro

Psicrómetro

Termohigrógrafo

Enlaces externos[editar]

Wikimedia Commons alberga contenido multimedia sobre el Higrómetro.

Wikisource en inglés contiene el artículo de la Encyclopædia Britannica de 1911 sobre Higrómetro.

(Hygrometer.net) Completa información general sobre los higrómetros (en inglés)

Sitio de entrenamiento de medición de la humedad IMA (en inglés)

USATODAY.com: ¿Cómo trabaja un Psicrómetro? (en inglés)

Página NIST sobre la calibración de humedad (en inglés)

Artículo sobre la dificultad de calibración de la humedad (en

inglés) Artículo sobre sensores de humedad relativa (en inglés)

NOAA Página de inicio de higrómetros de punto de rocío de espejo enfriado criogénicos (en inglés)

De Galiana, T. (1976). Pequeño Larousse de ciencias y técnicas. París: Larousse.

González, L. (2003). Instrumentación para las telecomunicaciones – Sensores de humedad capacitivos. Barcelona. Trillas

Leszczynski, M. (1979). La humedad, una gran amiga. Estados

Unidos. **Referencias**

Volver arriba ↑ «METEOBLUE». Consultado el 17 de mayo de 2016.

Volver arriba ↑ «Historical Development of Instruments that Measure Humidity» (en inglés). Consultado el 14 de junio de 2016.

Volver arriba ↑ HubPages (24 de enero de 2012). «Hygrometer: Leonardo da Vinci's Weather Predictions» (en inglés). Consultado el 17 de mayo de 2016.

Volver arriba ↑ Draper, John William (1861). A Textbook on Chemistry. p. 55.

Volver arriba ↑ "Account of a new hygrometer" (1773); "A second paper on hygrometry" (1791)

Volver arriba ↑ René Sigrist, «Scientific standards in the 1780s: A controversy over hygrometers», en John Heilbron & René Sigrist (eds), Jean-André Deluc.

↑ Saltar a: a b c D.K. Roveti. Choosing a Humidity Sensor: A Review of Three Technologies. Sensors Magazine (2001).

Volver arriba ↑ https://archive.org/details/nbsstandardhygro73wexl

Etapas de crecimiento del maíz

Para la normalización de las definiciones, los investigadores de maíz han elaborado una guía para identificar las diferentes etapas de crecimiento del maíz. No todas las plantas en el campo de llegan a una etapa en particular, al

mismo tiempo. Por lo tanto, los investigadores asumen que el cultivo alcanza una etapa específica cuando al menos el 50% de las plantas presentan las características correspondientes.

La normalización de las definiciones permite que los investigadores se refieran a los problemas de las etapas de crecimiento específicas. Los investigadores también pueden comparar la fenología de maíz bajo diferentes condiciones ambientales y de tratamientos experimentales.

Los investigadores dividen las etapas de crecimiento en dos grandes categorías:

- Vegetativa (V)
- Reproductiva (R)

Además, las etapas de crecimiento se pueden agrupar en cuatro grandes períodos (ver Tabla 2 para más detalles):

- Crecimiento de las plántulas (etapas VE y V1)
- Crecimiento vegetativo (etapas V2, V3... Vn)
- Floración y la fecundación (etapas VT, R0, y R1)
- Llenado de grano y la madurez (etapas R2 a R6)

Tabla 2. Etapas de crecimiento

Etapa	DAS*	Características
VE	5	El coleoptilo emerge de la superficie del suelo
V1	9	Es visible el cuello de la primera hoja.
V2	12	Es visible el cuello de la segunda hoja.
Vn		Es visible el cuello de la hoja número "n". ("n" es igual al número definitivo de hojas que tiene la planta; "n" generalmente fluctúa entre 16 y 22, pero para la floración se habrán perdido las 4 a 5 hojas de más abajo.)
VT	55	Es completamente visible la última rama de la panícula.
R0	57	Antesis o floración masculina. El polen se comienza a arrojar.
R1	59	Son visibles los estigmas.
R2	71	Etapa de ampolla. Los granos se llenan con un líquido claro y se puede ver el embrión.
R3	80	Etapa lechosa. Los granos se llenan con un líquido lechoso blanco.

R4	90	Etapa masosa. Los granos se llenan con una pasta blanca. El embrión tiene aproximadamente la mitad del ancho del grano.
R5	102	Etapa dentada. La parte superior de los granos se llena con almidón sólido y, cuando el genotipo es dentado, los granos adquieren la forma dentada. En los tipos tanto cristalinos como dentados es visible una ¯línea de leche‖ cuando se observa el grano desde el costado.
R6	112	Madurez fisiológica. Una capa negra es visible en la base del grano. La humedad del grano es generalmente de alrededor del 35%.

* DAS: número aproximado de días después de la siembra en tierras bajas tropicales, donde las temperaturas máxima y mínima pueden ser de 33°C y 22°C, respectivamente. En los ambientes más frío, se amplían estos tiempos.

Enlace Recomendado:

Hernández Gil, Rubén, 2001. ENZIMAS: http://www.arrakis.es/~lluengo/biologia.html; http://WWW.foret.ula.ve/~rubenhg Libro botánica On Line. Universidad de Los Andes - Mérida – Venezuela. Unidad de Desarrollo Virtual. Versión 2.

INTRODUCCIÓN A LA ECOFISIOLOGÍA VEGETAL

CONTENIDOS

/ BASES CONCEPTUALES DE LA ECOFISIOLOGÍA VEGETAL / RESPUESTAS DE LAS PLANTAS A LOS FACTORES AMBIENTALES / ATMÓSFERA / HIDRÓSFERA / RADIACIÓN Y CLIMA / LA LITOSFERA Y EL SUELO /

BASES CONCEPTUALES DE LA ECOFIOLOGÍA VEGETAL

El famoso naturalista Inglés Charles Darwin propuso la teoría de la evolución (1858), que tiene dos componentes principales :1. Las especies no son inmutables , sino que cambian o se adaptan a lo largo del tiempo. 2. El agente que produce los cambios es la selección natural. Los individuos están comprometidos en una lucha permanente por la existencia, en la que los más aptos sobreviven. Esa lucha puede ser de dos tipos. 1. La obtención de los recursos necesarios para establecerse y crecer en un medio ambiente algunas veces pobre y hostil. 2. La lucha con competidores vecinos de la misma o de especies diferentes. La ecología o la sociología vegetal tratan de las relaciones o interacciones de las especies dentro de las comunidades, o la forma en que poblaciones de una especie se adaptan a diferentes medios ambientes. Mientras que la fisiología vegetal se relaciona con el estudio de las funciones de los individuos, en diferentes niveles de organización y su lucha con el medio ambiente, auxiliándose de varias disciplinas como la bioquímica, biofísica y la biología molecular. **La fisiología vegetal es una disciplina que se refugia en el laboratorio para su estudio, manipula las condiciones de crecimiento del individuo y mide la respuesta de un determinado proceso.**

La ecofisiología, estudia los fenómenos fisiológicos fuera del laboratorio, en su medio ambiente natural, el cual está sujeto a cambios y alteraciones, como resultado de fenómenos naturales o producto de la actividad humana. En este sentido, podemos mencionar por ejemplo el aumento significativo de la concentración atmosférica de CO_2 por efecto de la actividad industrial, la quema de combustibles fósiles y el calentamiento global de la atmósfera. Este factor es difícilmente controlable, como se podría hacer al estudiar las variaciones en la concentración de CO_2 sobre la fotosíntesis, lo cual es estudiado por la fisiología vegetal, bajo condiciones de laboratorio. Las plantas en su medio ambiente natural responden a las variaciones de temperatura, intensidad de luz, humedad, concentraciones de CO_2 , lo cual depende de sus adaptaciones fisiológicas.

Los ecofisiólogos en un principio estudiaron las respuestas fisiológicas de las plantas en un medio ambiente abiótico, como por ejemplo suelos calcáreos y ácidos o en suelos secos y anegados, interacciones fisiológicas con otras plantas, animales y el beneficio de microorganismos. **Mientras que, un ecofisiólogo moderno, requiere una buena comprensión tanto de los procesos moleculares que ocurren a nivel celular, como del funcionamiento de la planta intacta en un contexto ambiental.**

Un aspecto relevante en el desarrollo de la ecofisiología se obtuvo de la importancia de la fisiología para la agricultura. Incluso hoy en día, la productividad agrícola en países industrializados está limitada al 25% de su potencial, por condiciones de sequía, suelos infértiles y otros factores ambientales indeseables. Uno de los objetivos principales de las investigaciones agrícolas, ha sido el desarrollar cultivos tolerantes a estados ambientales estresantes, de tal manera que soporten condiciones climáticas adversas o que se puedan cultivar en hábitat desfavorables. Así se han desarrollado variedades de plantas tolerantes a la salinidad o que soporten el estrés hídrico.

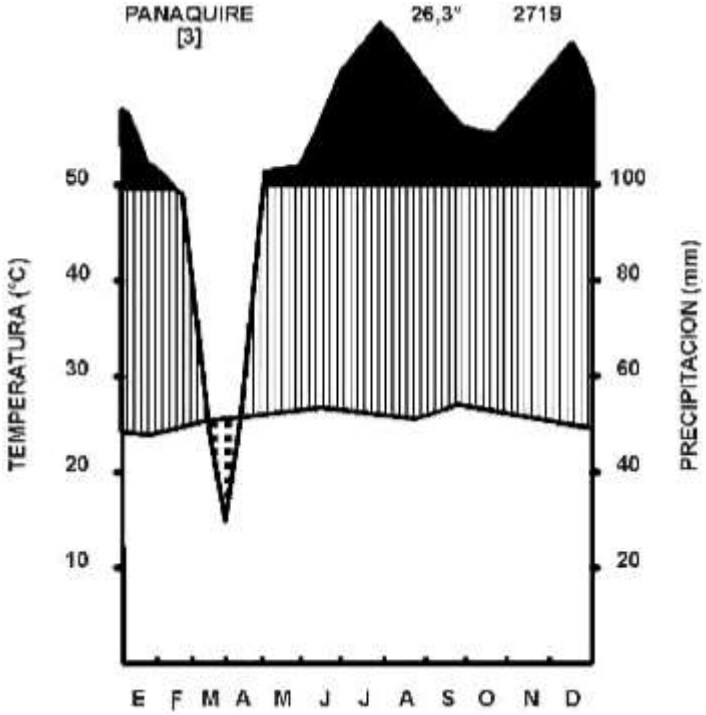
La ecofisiología vegetal estudia las respuestas fisiológicas frente a diferentes condiciones ambientales, desarrollando técnicas que permiten medir el micro medio ambiente de las plantas, las relaciones hídricas y los patrones de intercambio gaseoso. En sus inicios, se estudió el crecimiento de las plantas

determinando las variaciones en biomasa, sin embargo la invención de equipos portátiles ha posibilitado medir los intercambios de CO_2 en una hoja y la conductividad estomática como un índice de la apertura y cierre de los estomas. Mediante los análisis de crecimiento, se ha podido determinar la cantidad de carbono que se deposita en raíces y hojas, así como la tasa de producción y muerte de ciertos tejidos; lo que permite una mejor comprensión de las diferencias en el crecimiento vegetal, en distintas condiciones ambientales. Finalmente, concluimos que la ecofisiología es un componente importante del entrenamiento de un ecólogo vegetal.

RESPUESTAS DE LAS PLANTAS A LOS FACTORES AMBIENTALES

El ambiente de una planta está formado por la hidrosfera, la atmósfera y la pedósfera, pero además lo integran factores físicos y químicos en su hábitat, y la influencia ejercida por otros organismos. **Resumiendo, el ambiente de cada planta es la totalidad de las condiciones externas que actúan sobre un individuo o comunidad de organismos (biocenosis) en un territorio definido (biotopo).**

Se entiende por clima el conjunto de los fenómenos meteorológicos que caracterizan el estado medio de la atmósfera y las variaciones regulares de los estados del tiempo. Los distintos climas del mundo vienen dados por las temperaturas y precipitaciones. Las diferencias climáticas se expresan en forma de diagramas climáticos o climadiagramas. En estos diagramas se grafican las variaciones de temperatura en grados centígrados y las precipitaciones en milímetros a lo largo del año (1 mm de precipitación equivale a un litro por m^2).En el eje de las ordenadas se representa la precipitación y la temperatura, la escala de precipitación es el doble de la escala de temperatura (una división equivale a 100° C o 20 mm de lluvia. Panaquire [3], significa que los datos son el promedio de 3 años de mediciones, tanto de precipitaciones como de temperaturas. El valor $26,3^o$ es el promedio de temperatura anual en grados centígrados y 2719 el promedio de precipitación anual en milímetros. En el eje de las abcísas se representan los meses del año.



CLIMADIAGRAMA

ATMÓSFERA

La atmósfera es una capa de aire delgada que rodea la tierra. Alrededor de 80% de la capa inferior está en la **tropósfera**, que se extiende desde la superficie de la tierra hacia arriba unos 17 Km, en los trópicos y subtrópicos, pero solo 10 Km en latitudes más altas . La mayor parte de la circulación global ocurre en la tropósfera, y allí se localiza casi todo el vapor de agua de la atmósfera. En esa capa, la presión atmosférica disminuye hacia arriba, así como la temperatura, que alcanza un mínimo en la **tropopausa**. La **estratósfera**, que se extiende hacia arriba desde el límite de la tropósfera hasta unos 50 Km por encima de la superficie terrestre, contiene cerca del 99% de la masa remanente de la atmósfera , pero es extremadamente seca. **El ozono (O_3) de la estratosfera absorbe la mayor parte de la radiación ultravioleta de onda corta que proviene del sol, generando un escudo protector que permite la vida en la tierra.**

Actualmente, la atmósfera está compuesta por 78 % de nitrógeno (N_2), 21% de oxígeno, 0,95% de gases raros y 0,035% de dióxido de carbono. También contiene trazas de hidrógeno, vapor de agua, metano, dióxido de azufre, haluros, compuestos nitrogenados volátiles, aerosoles, ozono, metano polvo y ceniza. La atmósfera alberga el mayor reservorio de nitrógeno de la Tierra y grandes cantidades de oxígeno. El dióxido de carbono es la fuente principal de carbono utilizada por los organismos autótrofos mediante la fotosíntesis, que produce azucares a partir de CO_2, agua y energía solar; así mismo se libera oxígeno a la atmósfera. La respiración de los organismos terrestres y la combustión consume oxígeno, que es reemplazado por la actividad del fitoplancton y de otros organismos fotosintéticos.

HIDRÓSFERA El agua es un componente esencial de la biosfera y es la base de todos los procesos vitales. La economía hídrica del planeta se alimenta principalmente del mar constituyendo más del 97%, un 2% se encuentra en forma de hielo y nieve, 0,61% se encuentra en las aguas continentales, como agua freática, pero sólo 1 % está disponible para las raíces de las plantas. En la atmósfera se halla el 0,001 %, en forma de nubes, niebla y vapor. La cobertura vegetal de la tierra firme está formada por plantas superiores que absorben la precipitación que se fija al suelo por las raíces y la retorna a la atmósfera por la transpiración de las hojas.

ECONOMÍA HÍDRICA DEL PLANETA	
AGUA TOTAL EN LA BIOSFERA (%)	
Lagos de agua dulce	0,009
Lagos salados y mares continentales	0,008
Ríos	0,0001
Humedad del suelo y escorrentía	0,005
Humedad subterránea hasta 4000 m	0,61
Casquetes polares y glaciares	2,41
Atmósfera	0,001
Océanos	97,2279

En la figura que se observa a continuación se muestra un ejemplo del ciclo del agua. El ciclo hidrológico está determinado principalmente por la evaporación del agua desde la superficie de los océanos. Parte del agua regresa a los océanos en forma de precipitaciones, pero esta cantidad es menor que la que se escapa de estos por evaporación. El resto del agua es arrastrada por los vientos hacia la tierra donde se condensa, formando las nubes y luego cae en forma de lluvia o nieve. El agua se evapora también de los suelos, lagos, ríos y desde la superficie de las hojas, pero la cantidad que se evapora es menor que la que se precipita sobre la tierra. El agua que cae en exceso regresa de nuevo a los océanos por los ríos, la percolación y las corrientes subterráneas.
En muchas regiones pobres en precipitaciones, pero con niebla abundante ocurre el fenómeno de intercepción horizontal, que se caracteriza por la condensación de gotas de agua sobre las plantas, que pueden caer al suelo.

CICLO HIDROLÓGICO

RADIACIÓN Y CLIMA

La causa principal del clima es la energía radiante del sol recibida por la tierra. La radiación está compuesta de ondas electromagnéticas que viajan a la velocidad de la luz(300.000 Km/seg).

La radiación solar es producida en el centro del sol mediante fusión nuclear, en la que se producen elementos pesados a partir de elementos livianos, liberándose energía según la ecuación de Einstein $E=mxC^2$, donde m es la masa y C es la velocidad de la luz . La radiación solar es usada en fenómenos biológicos. **En el límite externo de la atmósfera la energía del sol llega a una tasa constante de 1,39 KW/m^2 o 2,0 cal x cm^{-2} x min^{-1}, cuando el sol se encuentra en el cenit, este valor se denomina constante solar**. Esta constante es la cantidad de energía radiante de todas las longitudes de onda que atraviesa una unidad de superficie por unidad de tiempo. La radiación tiene propiedades de onda y de partículas, se compone de una serie continua de longitudes ondas que van de < 10^{-14} m (rayos cósmicos) hasta las ondas largas de radio > 10^6 m. Este rango de longitudes de ondas se denomina **espectro electromagnético**.

ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

El espectro electromagnético. Imagen tomada de Purves et al. Life: The Science of Biology, 4th Edition, by Sinauer Associates (http://www.sinauer.com ad WH Freeman http://www.whfreeman.com).

El espectro visible es muy estrecho ocupa de 3,9 x 10^{-7} m a 7,7 x 10^{-7} m o 390 nm a 770 nm (3900 a 7700 Å). Ni la luz ultravioleta(UV) de onda corta, ni la infrarroja de onda larga son visibles; sin embargo algunas personas a las que se les ha removido el lente(cristalino) de los ojos, debido a cataratas pueden ver la luz UV por debajo de 390 nm. **Las regiones de longitud de onda de mayor interés en biología son: la ultravioleta, la visible y la infrarroja.**

Las longitudes de onda por debajo de 400 nm se conocen como ultravioleta. El rango de longitudes de onda de 320 a 390 nm, se llama UV-A, el rango de 280 a 320 nm como UV-B y el de 200 a 280 nm es la UV-C. La radiación que llega a la tierra contiene cerca de 7 % de UV (< 400 nm) en relación a su energía. La capa de ozono absorbe intensamente la radiación de longitud de onda entre 200 y 330 nm. La zona infrarroja (IR) tiene longitudes de onda mayores que la roja y se extiende aproximadamente hasta 100µm.

La longitud de onda, la velocidad de la luz y la frecuencia, se hallan relacionadas por la siguiente ecuación: λ.V=C; de donde λ es la longi**tud de onda; V es la frecuencia y C es la velocidad de la luz (300.000 Km x S^{-1}).** La longitud de onda se puede expresar en número de ondas (V), que es el reciproco de la longitud de onda en m^{-1}. El número de ondas se utiliza para los cálculos, ya que es directamente proporcional a la energía de la onda. A medida que aumenta el número de onda la energía asociada con la onda también aumenta. **La energía de un fotón es el producto de la frecuencia (V) por la constante de Planck (h)que tiene un valor de 6,6262x10^{-34}JxS.** $E_{(fotón)}$=h.V y donde V= C/λ . La velocidad de la luz C=3,0x 10^8 m . S^{-1} ; λ = longitud de onda en metros (m); V= frecuencia en segundos(S^{-1}). $E_{(fotón)=}$ h . C /λ . Calculemos el número de onda (V) de la radiación con longitud de onda de 700 nm, 7x 10^{-5} cm o 7 x 10^{-7} m. V= 1/λ= 1/7 x 10^{-5} cm o sea 14286 cm^{-1} o 1.428.600 m^{-1} .

Definición y características de varias regiones de longitud de onda

de la luz				
Color	Rango de longitud de onda(nm)	Longitud de onda representativa	Frecuencia (ciclos/S) o hertzios	Energía (KJ/mol)
Ultravioleta	< 400	254	11.8×10^{14}	471
Violeta	400-425	410	7.31×10^{14}	292
Azul	425-490	460	6.52×10^{14}	260
Verde	490-560	520	5.77×10^{14}	230
Amarillo	560-585	570	5.26×10^{14}	210
Anaranjado	585-640	620	4.84×10^{14}	193
Rojo	640-740	680	4.41×10^{14}	176
Infrarrojo	>740	1400	2.14×10^{14}	85

Seleccionemos una longitud de onda en la zona azul del espectro con λ= 460 nm.

V= C /λ entonces tenemos V= 3.0×10^{8}m . S^{-1} / 460×10^{-9} m x $ciclo^{-1}$, que es igual a 6.52×10^{14}ciclosxS^{-1}.

La energía de un fotón se calcula mediante la ecuación siguiente: $E_{(fotón)}$ = h . C /λ.

$E_{(fotón)} = 1.9865 \times 10^{-16}$ /λ (en nm) el resultado en Jul o Julios. La energía del fotón se puede expresar también en electrón voltio (eV). Sabiendo que 1 eV tiene una energía de 1.6022×10^{-19} J, la energía del fotón expresada en eV, está dada por la ecuación: $E_{(fotón)}=1{,}2399 \times 10^{3}/\lambda$ (en nm) el resultado en eV.

De acuerdo a la ley de Einstein, de la equivalencia fotoquímica, una molécula puede reaccionar en una reacción fotoquímica, solamente después de haber absorbido un fotón. De tal forma que, un mol puede reaccionar solamente después de absorber $6{,}0222 \times 10^{23}$ fotones **($6{,}0222 \times 10^{23}$ es el número de Avogadro, N, que es el número de moléculas en un mol de cualquier sustancia).** Ahora bien, la energía de $6{,}0222 \times 10^{23}$ fotones es igual a $6{,}0222 \times 10^{23}$ x h. V.

E = N x h x V, de donde E = N x h x C /λ , E = $6{,}0222 \times 10^{23}$ h x C /λ , esta cantidad de energía se denomina un **Einstein**.

Un Einstein, se puede definir como la cantidad de energía radiante de longitud de onda apropiada, que debe ser absorbida por un mol de una sustancia antes que pueda reaccionar en una reacción fotoquímica. La energía de un Einstein se calcula de la siguiente manera:

$E_{(Einstein)} = 1{,}1963 \times 10^{8}$ /λ (en nm).

La energía de un fotón varía directamente con la frecuencia(V) e inversamente con la longitud de onda (λ). Así tenemos que, a mayor frecuencia y menor longitud de onda mayor será la energía.

La función de los sistemas de pigmentos que se encuentran en los cloroplastos es la de absorber energía luminosa.

¿Calcular para una longitud de onda de 650 nm, el número de onda (V) en cm^{-1} , la frecuencia (V) en Tera Hertzios(THz) , energía del fotón en attoJul (aJ), eV, y la energía de un Einstein en KJ?

λ= 650 nm ; λ = 6,5 x 10^{-7} m .

a) V = 1 /λ = 1 / 6,5 x 10^{-7} m = 15385 x 10_2 m^{-1} o 15385 cm^{-1}.

b) V = C /λ = 3,0 x 10^8m x S^{-1} / 6,5 x 10^{-7} m o sea 461,2 x 10^{12} S^{-1}.

Un Tera Hertzio es equivalente a 10^{12} Hz o 10^{12} ciclos/segundo, de donde V= 461,2 THz.

c) La energía del fotón en atto Jul (a J). Un atto Jul es 10^{-18} J. $E_{(fotón)}$ = 1,9865 x 10^{-16} / 650, es igual a 0,3056 x 10^{-18} J $E_{(fotón)}$ = 0,3056 aJ (atto Joule).

d) $E_{(fotón)}$ = 1,2399 x 10^3 / λ (en nm) resultado en eV = 1,2399 x 10^3 / 650
$E_{(fotón)}$ = 1,9075 eV.

Un electrón voltio tiene una energía de 1,6022 x 10^{-19} J.

e) $E_{(Einstein)}$ = 1,1963 x 10^8 / λ (en nm)J = 1,1963 x 10^8 / 650, esto es igual a 184.046J.
$E_{(Einstein)}$ = 184,0 KJ.

Si sabemos que una caloría es equivalente a 4,184 Jul, entonces tenemos que 184,046 x 10^3 / 4,184 = 43,98 x 10^3 calorías o 43,98 Kcal x mol^{-1}.

Toda la vida sobre la tierra es mantenida por el flujo de energía radiante proveniente del sol, que penetra la biosfera. Mediante la fotosíntesis esta energía se fija en forma de energía química latente, que se moviliza hacia todos los componentes de una cadena alimenticia. **Para las plantas la radiación no es solamente una fuente de energía (efecto foto energético), es también un estimulo que dirige el desarrollo (efecto foto cibernético), y ocasionalmente puede actuar como un factor estresante(efecto foto destructivo).** Cada uno de estos procesos es activado por la absorción de cuantos de luz, cuya respuesta es mediada por foto receptores, con un espectro de absorción que corresponde a un efecto foto biológico. En este tipo de respuesta son importantes el tiempo de duración del estimulo, la dirección de la radiación incidente, y la composición espectral de la radiación absorbida. La energía radiante que alcanza diferentes sitios de la superficie terrestre, depende de su orientación con respecto al sol como resultado de los movimientos de rotación y traslación del globo terráqueo. La cantidad de radiación que entra a la tierra fluctúa periódicamente, lo que impone una ritmicidad climática sobre todos los fenómenos terrestres. La alternancia periódica de las noches y los días, es estimulo o disparador responsable que regula los ritmos diurnos (circadianos) y estacionales. Así mismo, la radiación solar al actuar como una señal, controla muchos procesos de desarrollo y diferenciación, tales como la germinación, fototropismo, fototaxis (ciclosis de los cloroplastos), fotomorfogénesis, síntesis de antocianinas, visión, fotosíntesis y movimientos de orientación de los cloroplastos.

LA LITOSFERA Y EL SUELO

La litosfera es la capa externa de la Tierra y está formada por materiales sólidos, engloba la corteza continental, tiene aproximadamente 80 Km. de espesor, y la corteza oceánica o parte superficial del manto consolidado, de unos 10 Km. de espesor. Se presenta dividida en placas tectónicas que se desplazan lentamente sobre la astenosfera, capa de material fluido sobre la cual se encuentra la litosfera. Las tierras emergidas son las que se hallan situadas sobre el nivel del mar y ocupan el 29% de la superficie del planeta. Su distribución es muy irregular, concentrándose principalmente en el Hemisferio Norte o continental, dominando los océanos en el Hemisferio Sur o marítimo. La atmósfera tiene unos 273 Km. de espesor, mientras que el suelo forma una capa fina entre atmósfera y litosfera. Los suelos son muy importantes para el crecimiento de las plantas y muestran interacciones complejas. Las plantas obtienen el agua y los nutrientes minerales de la solución del suelo o del agua en la que crecen, al igual que el oxígeno para la respiración de las raíces. La aireación varía de acuerdo a las condiciones del suelo, por ejemplo un suelo encharcado o saturado de agua tiene poca aireación. El suelo proporciona sostén mecánico para las plantas terrestres y alberga microorganismos del ciclo del nitrógeno o que realizan la descomposición de la materia orgánica, liberando los elementos químicos que requiere la planta para crecer. Así mismo, en el suelo se encuentran hongos que forman asociaciones con las raíces, micorrizas y organismos patógenos que le causan daños a las plantas. **Resumiendo podemos decir que el suelo le proporciona a la planta: sostén o anclaje, agua, nutrientes y oxígeno para las raíces.**

El suelo es un sistema de tres fases: sólido, líquido y gaseoso, y cuatro componentes mineral, orgánico, agua y aire. Un buen suelo para el crecimiento de un cultivo, tendrá 45 % en volumen de materia mineral, 5 % de materia orgánica y 50% de espacio poroso dividido aproximadamente en 25 % de agua y 25% de aire.

COMPONENTES INORGÁNICOS Y ORGÁNICOS DEL SUELO

Purves, et al.Life.The Science of Biology. 7th e

La proporción real de aire y agua varía según las condiciones. Cuando llueve los poros se llenan de agua, que se vacían de nuevo cuando el suelo se seca. En los países tropicales con temperaturas altas, los porcentajes de materia orgánica tienden a ser menores (de 2,5 a 3 %) debido a su rápida descomposición.

Cuando los edafólogos realizan un estudio de suelo, generalmente cavan un pozo en la tierra (calicata), y luego observan sus paredes. Las paredes del pozo revelan un patrón estratificado, formado por capas, cada una de las cuales se denomina **horizonte**, y al conjunto de capas presentes en las paredes del pozo, **perfil del suelo**. A pesar de que los suelos difieren mucho, casi todos consisten de dos o más capas horizontales, ubicadas una sobre otras. En el perfil de un suelo típico se reconocen tres horizontes principales: A, B y C. El horizonte superior o horizonte A, posee un mayor contenido de materia orgánica y tiene un color mas oscuro que las capas inferiores. En este horizonte se desarrollan las raíces de las plantas y en él se encuentran presentes lombrices, insectos, nematodos y microorganismos. Por debajo del horizonte A, se encuentra el B o subsuelo, que es la zona de infiltración y acumulación de los minerales lixiviados desde arriba, su color es más claro que

el horizonte A y contiene más arcilla. Más abajo está el horizonte C que es la roca madre original de la cual se deriva el suelo.

PERFIL DE UN SUELO TÍPICO MOSTRANDO LOS HORIZONTES A, B Y C. Purves, et al.Life.The Science of Biology. 7th e

Los componentes inorgánicos de los suelos comprenden pequeños fragmentos de roca y de minerales de varias clases. El tamaño de las partículas varía en tamaño desde grandes cantos rodados hasta partículas pequeñas de arcilla que tienen menos de 2µm de diámetro. Las cuatro clases de partículas inorgánicas son: arena gruesa, arena fina, limo y arcilla.

CLASIFICACIÓN DE LAS PARTÍCULAS DEL SUELO (ISSS)			
Tipo de suelo	Dimensión	Visible usando	Tamaño de la partícula (mm)
Arena gruesa	Muy gruesas	A simple vista	0,2 - 2,0
Arena fina	Gruesas	A simple vista	0,02- 0,2
Limo	Finas	Al microscopio	0,002 - 0,02
Arcilla	Muy finas	Al microscopio electrónico	< 0,002

Los suelos se forman por desintegración de la roca madre, en parte por la erosión mecánica, que es provocada por cambios de temperatura, la lluvia, el hielo, el viento, el crecimiento de plantas como musgos líquenes y las raíces de las plantas. Sin embargo, los procesos químicos descomponen la roca madre por hidrólisis, hidratación, carbonatación y otros procesos acidificantes. El proceso clave es la formación de arcilla, como resultado de la erosión química.

Los suelos constituyen la fuente de nutrición de las plantas terrestres, la cual depende de la presencia de partículas de arcilla . Los cationes potasio (K^+), magnesio (Mg^{2+}) y calcio (Ca^{2+}) están cargados positivamente y son atraídos por las cargas negativas de las partículas de arcilla. Para que los cationes puedan ser absorbidos por las raíces de las plantas, debe ocurrir un intercambio catiónico, lo que se logra con protones (H^+) presentes en la solución del suelo producto de la ionización del ácido carbónico y del bombeado por las raíces. . Los protones se unen entonces a las partículas de arcilla y se liberan los cationes (K^+), (Mg^{2+}) y (Ca^{2+}) a la solución del suelo quedando disponibles para la absorción por las raíces. Vamos a mostrar un ejemplo de lo que ocurre con el catión potasio (K^+) y los protones (H^+), que provienen de las raíces o del ácido carbónico (H_2CO_3).

DIAGRAMA QUE MUESTRA EL INTERCAMBIO IÓNICO

Purves, et al.Life.The Science of Biology. 7th e.

La fertilidad de un suelo está determinada por su capacidad para aportar nutrientes por intercambio iónico.

Las partículas de arcilla intercambian con eficacia los iones cargados positivamente que son retenidos en el horizonte A, mientras que los aniónes como el nitrato (NO_3^-) y el sulfato (SO_4^{2-}) cargados negativamente se lavan

rápidamente del suelo por efecto del agua . La reserva de azufre, fósforo y esencialmente la única fuente de nitrógeno del suelo es la materia orgánica. **La materia orgánica del suelo representa una acumulación de plantas parcialmente destruidas y de residuos de animales, que se descompone y mineraliza por acción de los animales y de los microorganismos del suelo.** En los buenos suelos forestales, la masa de lombrices es de 20 a 80 g/m^2 y la masa de bacterias alcanza 0,3 % del peso del suelo. La actividad de los organismos del suelo depende de las condiciones ambientales. En los climas tropicales, cálido-húmedos, la materia orgánica se descompone rápidamente y se mineraliza por completo. Sí las temperaturas son bajas y el suelo se encharca, la descomposición es lenta y se forma humus bruto o turba, y la respiración edáfica disminuye, la cual es un indicador de la actividad de los organismos del suelo.

El agua con las sales nutritivas disueltas forma la solución del suelo, mucha de las cuales son esenciales para el crecimiento de las plantas. En regiones áridas y semiáridas, la solución del suelo es más concentrada que en aquellas donde la lluvia es más abundante. Bajo condiciones de poca lluvia y mal drenaje, las concentraciones salinas son altas, pudiendo interferir de forma peligrosa con el crecimiento de las plantas.

La acidez del suelo puede influir en la absorción nutritiva y crecimiento de las plantas, ya sea directamente a través de las concentraciones de protones (H^+), o indirectamente, por su acción sobre la absorción de nutrientes y la presencia de iones tóxicos. Cuando los valores de pH están por debajo de 5 a 5,5, el aluminio, hierro y manganeso son solubles en cantidades suficientes como para ser tóxicos para algunas plantas. El ion fosfato es muy sensible a los cambios de pH, a pH 6,5 es fácilmente asimilable por las plantas, pero a pH 8, es insoluble y se fija como fosfato cálcico. En suelos con pH menores a 5, el ion fosfato se fija en forma insoluble con aluminio, hierro y manganeso, y no es aprovechable por las plantas. Estos ejemplos ilustran en parte el efecto de la acidez sobre la disponibilidad de algunos nutrientes del suelo.

Este es un Material didáctico **Enlace Recomendado:**

Hernández Gil, Rubén, 2001. ENZIMAS: http://www.arrakis.es/~lluengo/biologia.html; http://WWW.foret.ula.ve/~rubenhg Libro botánica On Line. Universidad de Los Andes - Mérida – Venezuela. Unidad de Desarrollo Virtual. Versión 2.

BIBLIOGRAFÍA DE TEORÍA DE FISIOLOGÍA VEGETAL

BARCELÓ COLL, J.; NICOLÁS RODRIGO, G.; SABATER GARCíA, B. y SÁNCHEZ TAMÉS, R. (2001): Fisiología Vegetal. Ed. Pirámide, Madrid.

SALISBURY, F.B. y ROSS, C.W. (1994): Fisiología Vegetal. Ed. Iberoamericana, México.

AZCÓN-BIETO, J. y TALÓN, M. (ed.) (1996): Fisiología y Bioquímica Vegetal. Interamericana-McGraw-Hill, Madrid.

AZCÓN-BIETO, J. y TALÓN, M. (ed.) (2000): Fundamentos de Fisiología Vegetal. Interamericana-McGraw-Hill, Madrid.

GIL MARTíNEZ, F. (1995): Elementos de Fisiología Vegetal. Ed. Mundi - Prensa, Madrid.
TAIZ, L. y ZEIGER, E. (2006): Plant Physiology. Benjamin/Cummings Pub., Redwood City, California.
BUCHANAN, B. B., GRUISSEN, W. Y JONES, R.L. Biochemistry and Molecular Biology of plants. Am. Soc. of Plant Physiologists. Rockville, Maryland

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA PRÁCTICA:

ARDITI, J. y DUNN, A. (1969): Experimental Plant Physiology. Holt, Rinehart and Winstom, New York.
CUMMINGS,; GRIES, G.A.; POSTLETHWAIT, S.N. y STEARNS, F.W. (1956): Workbook in Fundamentals of Plant Science. Burgess, Minnesota.
GARCIA DEL MORAL, L.F.; LIGERO LIGERO, F.; ROMERO MONREAL, L. y SANCHEZ CALLE, I. (1979): Prácticas de Fisiología Vegetal. Ediciones Universidad de Granada.
MOORE, R.H. (1960): Laboratory Guide for Elemental Plant Physiology. Burgess, Minnesota.
ROBERTS, J. y WHITEHOUSE, D.G. (1976): Practical Plant Physiology. Longman, London.
ROVALO MERINO, M.J. y ROJAS GARCIDUEÑAS, M. (1982): Fisiología Vegetal. Prácticas de Laboratorio. Limusa, México.
SANCHEZ DIAZ, M.; APARICIO TEJO, P. y PEÑA CALVO, J.I. (1980): Prácticas de Fisiología Vegetal. Ediciones Universidad de Navarra, Pamplona