

Brassicas del tercer milenio

ALBERTO MILLA GARCIA

Ing. Téc. Agr. Clause Ibérica, S.A.



La Esterilidad Masculina Citoplasmática- C.M.S.- es una técnica de mejora para la hibridación de semillas. Este sistema ofrece una forma más fiable de producir un lote casi puro de semillas híbridas, aumentando de esta forma la uniformidad y la productividad.

Clause con la licencia de I.N.R.A. ha creado la primera gama de coles y coliflores para el mercado fresco utilizando la tecnología C.M.S., variedades que denomina con el nombre genérico Hybritop. Anteriormente, I.N.R.A. creó una gama de coles para industria.

La tecnología F1 Hybritop, consigue una producción constante de semilla de alta calidad, con niveles de

germinación alrededor del 93% y sin consanguinidad.

1. Presentación botánica de las Brassicas

1.1. Una especie polimorfa con más de 8 hortalizas distintas

En un principio fue un antepasado único, una planta salvaje que hoy todavía se encuentra en los acantilados marítimos de Europa del Noroeste y alrededor del Mediterráneo. Después de un cultivo milenario y a la merced de selecciones, el hombre ha modelado la forma salvaje de la col -*Brassica oleracea*- para explotar todos sus órganos. (figura 1)

Empecemos por la parte del follaje: aumentando el número de hojas,

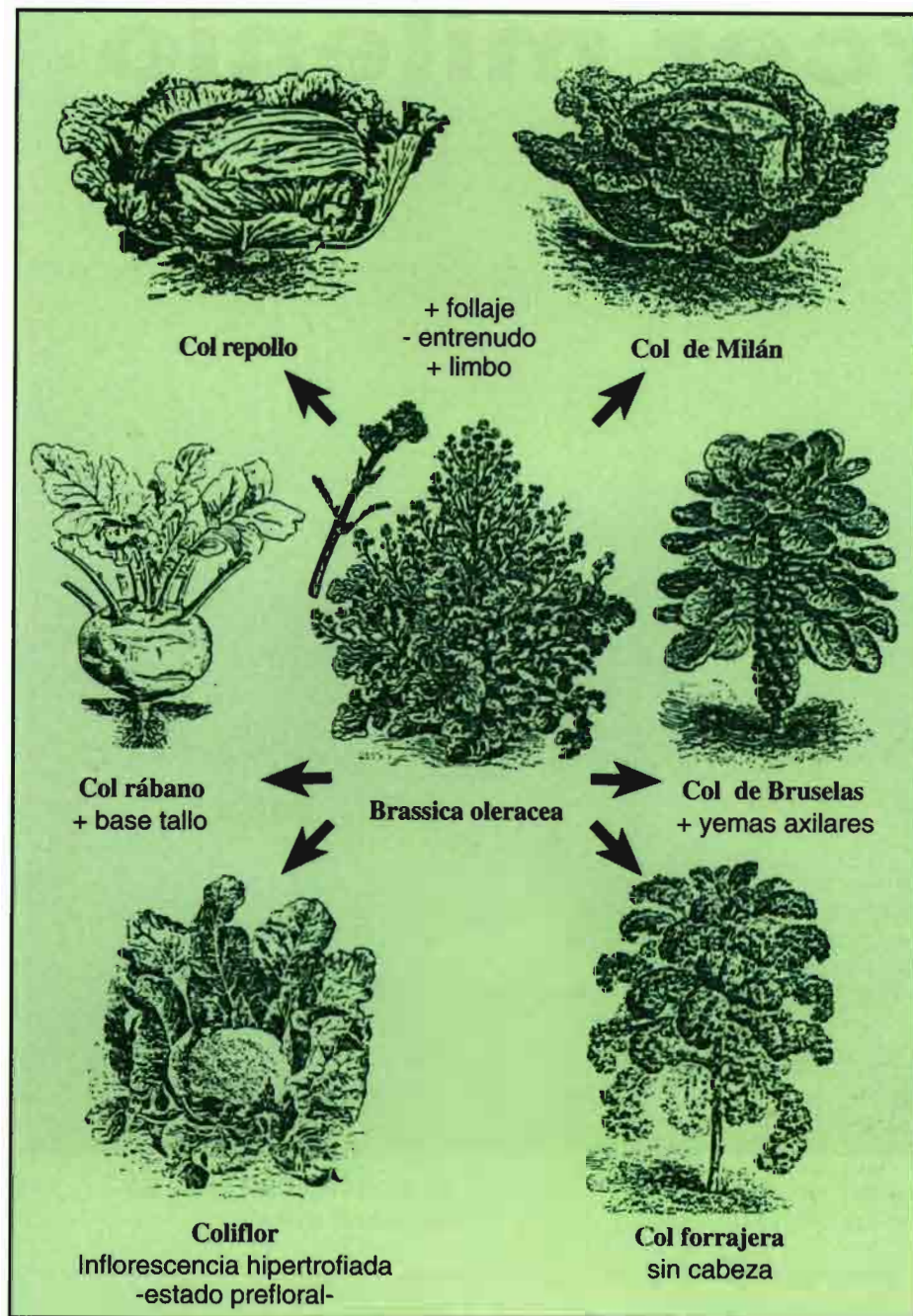
Producción comercial de híbridos de Brassicas en España.

reduciendo los entrenudos y ampliando el limbo, se obtiene la col repollo (*Brassica oleracea* convar *capitata* (con una cabeza); entre las coles repollos, la col repollo verde (*B. capitata* var. *alba*), la col repollo roja (*B. capitata* var. *rubra*) y la col de milán (*B. capitata* var. *sabauda*).

Para quien le interesó solo las yemas auxiliares de las hojas, está la col de Bruselas o *Brassica oleracea* var. *gemmifera* (que lleva yemas).

En el caso de la coliflor, el órgano cosechado es una inflorescencia hipertrofiada en el estado prefloral,

Figura 1:
Evolución de las variedades de col
a partir de Brassica oleracea



que es en realidad un órgano pre-reproductor. La coliflor es designada bajo el nombre de *Brassica oleracea* var. botrytis (estructura en racimo).

Como la coliflor, la col brócoli se cultiva por su inflorescencia, pero ésta se cosecha en un estado más avanzado cuando las yemas florales están formadas y un poco antes de la floración. El nombre latino es *Brassica oleracea* var. cymosa.

Es la base del tallo lo que se aprovecha en la col rábano *Brassica*

oleacea var. gondylodes (en forma de cabeza redonda).

Finalmente en el amplio grupo de las coles forrajeras, el hombre se aprovecha de la totalidad de la planta. Al contrario de las otras coles anteriormente citadas, estas se acercan más a la forma salvaje. Se agrupan bajo el nombre de *Brassica oleracea* var. acephala (sin cabeza). Son utilizadas para la alimentación del ganado (ej.: coles «moelliers») o para la alimentación humana (ej.: coles rizadas muy

consumidas en Portugal, en el Norte de España y de Europa).

Esta introducción nos muestra la gran riqueza genética de la especie *Brassica Oleracea*. Para ser exactos, hablaremos de las coles y coliflores anteriormente designadas como «variedades botánicas» o «cultigrupos». Estos diferentes grupos siendo totalmente interfértiles, se hibridan naturalmente sin dificultad, lo que es una ventaja preciosa para la selección pero un inconveniente para la producción de semillas.

En un principio, las Brassicas tuvieron un antepasado único. Después de un cultivo milenario y a la merced de selecciones, el hombre ha modelado la forma salvaje de la col -*Brassica oleracea*- para explotar todos sus órganos

Existe igualmente en oposición con las coles occidentales (*Brassica oleracea*) otra especie: la col china (*Brassica pekinensis*). Ha sido seleccionada en Extremo Oriente y allí ocupa varios centenares de miles de hectáreas siendo la hortaliza más consumida.

1.2. Gran diversidad en coles y coliflores

Dentro del cultigrupo *Brassica oleracea* convar. capitata, existe varios tipos de coles muy diferentes, cultivados con objetivos, zonas y ciclos de cultivos muy diferentes.

1.2.1 La col repollo a lo largo de las estaciones

Todo el año se suministra el mercado de col repollo gracias a su amplio abanico de variedades. Estas pueden ser clasificadas en 3 grupos:

a) Las variedades precoces cosechadas en primavera ya que acogollan muy temprano en la estación; se siembran (o se plantan) en otoño o durante el invierno. Estas variedades son rústicas, pudiendo pasar la temporada de frío en pleno campo. Son generalmente de tamaño pequeño y de forma alargada, muy resistentes a la subida en



En el caso de la coliflor, el órgano cosechado es una inflorescencia hipertrofiada en el estado prefloral, que es en realidad un órgano prereproductor. La coliflor es designada bajo el nombre de *Brassica oleracea* var. *botrytis*



grano pero sensibles al reventamiento, deben ser cosechadas a un estado muy preciso. Así tenemos ancianas variedades como: Bacalán temprana, Corazón de Buey, Golden Acre, Pointu de Chateaurnaud, etc., hoy reemplazadas por numerosos híbridos.

b) Las coles de verano y otoño se siembran desde finales de diciembre hasta finales de mayo para escalonar la producción. Forman un cogollo globuloso verde de grosor variable. Existe numerosas variedades, más o menos precoces adaptadas a zonas, climas y periodos de cultivo determinados. Tradicionales variedades: Murciana, Tête de Pierre, etc, cultivares que hoy han



Arriba, producción experimental de híbridos de Brassicas. En las dos imágenes inferiores, androgénesis de semillas de Brassicas en cultivo in-vitro. Debajo, en el medio, flor fértil a la izquierda y flor estéril a la derecha.

sido desplazadas por nuevos híbridos.

c) En la tercera categoría se encuentran las variedades de invierno o de conservación. Las siembras se realizan en primavera y las cosechas empiezan en octubre. Al contrario de los tipos precedentes, estas coles pueden ser conservadas durante el invierno y consumidas a medida de las necesidades hasta principios de verano. El cogollo es blanco y se recolectan antes de los grandes fríos, (se almacenan en cámaras frías). Este modo de cultivo es propio sobre todo del Norte de Francia y de los países de Europa del Norte. Estas coles se caracterizan por un crecimiento lento, un índice de materia seca elevado y una buena resis-

Substratos con mucha VIDA



SUBSTRATOS
TURBA
ENERVIT
CORTEZA para
DECORACIÓN
ABONOS de
LIBERACIÓN
CONTROLADA
HIDROGEL
TIERRA VOLCÁNICA



Cami de Sant Roc, s/n E-17180 VILABLAREIX (Girona)

Tel.: (9.72) 24.19.29 Fax: (9.72) 23.16.59
<http://www.ediho.es/prodeasa>
E-mail: prodeasa@ea.ictnet.es



tencia al reventamiento. Blanc de Langedijk, Blanc Danois serían la referencia, hoy son variedades híbridas.

1.2.2 Col de otoño, especial «choucroute»

Entre las coles de repollo de otoño, se clasifica en una categoría a parte las coles para choucroute, ya que la choucroute exige variedades especialmente adaptadas a este tipo de transformación. El rendimiento es primordial. Los cogollos son muy gruesos (de 4 a 8 kg), de forma redondeada o aplastada. Son densas y perfectamente blancas. La col para choucroute se caracteriza también por sus hojas finas, alargadas y con poco nervadura. Por último la calidad de la col es valorada por el gusto (equilibrio ácido/azúcar) para obtener una buena fermentación. Las referencias más conocidas podrían ser Brunswick y Quintal de Alsacia, hoy igualmente reemplazadas por híbridos.

El ciclo de selección semilla a semilla es largo, requiriendo dos años para ser llevado a cabo. Sin embargo, se puede reducir la duración del ciclo de selección realizando inducciones florales artificiales poniendo las plantas a temperaturas bajas durante 2 y 3 meses

1.2.3 Col repollo rojo

Desde el punto de vista cultural, la col roja se asemeja a la col repollo, se reconoce la misma gama de precocidad en los tipos de verano - otoño - invierno. La col roja se presta muy bien a la conservación ya que forma repollos muy compactos que se mantienen firmes. Lombarda Morada, Langedijk y Tête noire (= Tête de nègre) son las conocidas variedades que se cultivaban hasta la llegada de los híbridos.

1.2.4 Col de milán, reina del invierno

La col de milán es la col de invierno por excelencia, muy resistente

al hielo, puede pasar los meses fríos en el campo. Pero los recientes adelantos en la selección han permitido ampliar la gama. Ahora podemos cosechar en primavera y en otoño. Las superficies son estables o ligeramente en alza, alcanzando aproximadamente el 25% del conjunto de las coles repollo. Variedades como Aubervilliers, Gruesa de las Virtudes, en precoces, y Reina de Invierno, Grande de Navidad de invierno, también hoy tienen su evidente mejora en numerosos híbridos.

1.2.5 Col portuguesa, penca gruesa

Es un producto original específico de Portugal. La planta es vigorosa, con hojas carnosas, formando una especie de repollo poco apretado. En Navidad, se acompaña con el plato de bacalao. Tronchuda, Braganza, Portuguesa, Penca de Povia, Penca de Azúcar, Manteiga, siguen siendo las variedades estándares del mercado, ninguna variedad híbrida hasta la fecha.

1.2.6 Greens, sin repollo para los Ingleses

Otra particularidad regional, las greens cultivadas en Inglaterra son plantas cosechadas antes de la formación del repollo. Se utilizan para consumir las hojas cocidas. Las ancianas

variedades Offenham y Durham son hoy día igualmente ya reemplazadas por algunos híbridos.

2. Biología de la reproducción

2.1. Plantas alógamas

Son plantas alógamas (fecundación cruzada entre plantas), y son entomófilas, (fecundación asegurada por insectos).

La alogamia es motivada por la existencia de un sistema de autoincompatibilidad polínica (polen que no fecunda la planta madre). Esta incompatibilidad puede ser más o menos fuerte (en ciertos casos, la planta madre puede ser autofértil). Esta incompatibilidad, es decir, la imposibilidad para una planta de autofecundarse, es la base del sistema de fabricación de los híbridos actuales.

2.2. Bianuales

Las plantas de crecimiento relativamente lento son bianuales. La inducción de la floración se obtiene con temperaturas bajas (<8°C). Según las variedades, la necesidad de frío es más o menos importante, llegando hasta los 15°C, para cultivares de coliflor de verano/otoño. Así pues, es posible diferenciar a los tipos muy resistentes a la subida en grano (siembra de otoño posible) y a otros mucho más



Campo de ensayo de Brassicas de Clause en Holanda, mostrado al público con motivo de las jornadas de puertas abiertas, celebradas en Warmenhuizen (Holanda) en septiembre de 1996.



sensibles (siembra sólo a partir de abril). El ciclo de selección semilla a semilla requiere dos años para ser llevado a cabo. La selección de esta especie es así pues particularmente larga. Sin embargo se puede reducir la duración del ciclo de selección realizando inducciones florales artificiales poniendo las plantas a temperaturas bajas durante 2 y 3 meses. Se puede entonces llevar a cabo una generación de selección en 10 meses.

La producción de semilla necesita un clima de invierno frío. Su duración es de 14 meses (siembra a finales de julio - cosecha en agosto/septiembre).

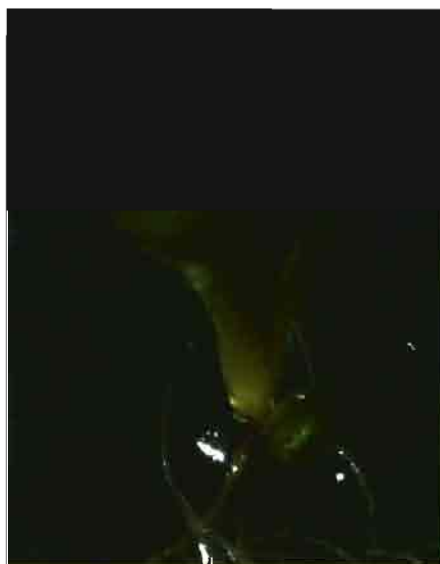
3. Brassicas del tercer milenio

«La esterilidad macho citoplásmica: una verdadera ruptura tecnológica»

3.1. Dificultad de reproducción por incompatibilidad

La col y la coliflor son plantas alógamas por lo cual la selección tradicional ha conducido a la constitución de una gama de variedades «poblaciones», excesivamente variadas y más o menos fijas, cada área geográfica tenía sus variedades de col y coliflor.

La creación de las primeras variedades híbridas por los japoneses hace 50 años procede de la utilización de la autoincompatibilidad. (Sakata con Savoy King, medalla «Award of merit» 1960, Stonehead en 1965, etc.)



En la imagen superior, polinización.
Debajo, plántula «in vitro».

Los holandeses han seguido en los años 1960-1970 (Bejo con Wiroso, Hiden...).)

La autoincompatibilidad es una particularidad fisiológica que impide la autofecundación, es decir la fecundación de los óvulos de una planta por su propio polen, o por el polen de las plantas hermano-hermana de un linaje.

3.1.1 Sistema difícil y aleatorio

La autoincompatibilidad aparece tarde en la evolución de la apertura de

la flor. No existe en el «estado botón». Esto permite practicar manualmente la autofecundación para detener y reproducir los parientes (semillas de base). Su aspecto manual explica su dificultad y costo.

No tiene carácter absoluto: se observa siempre un cierto porcentaje de autofecundación («inbred») variable según las variedades (uno de ambos parientes puede ser más o menos incompatible), pero también según las condiciones climáticas del periodo de floración. Así pues es imposible obtener el 100% de hibridación.

Desde hace tiempo los seleccionadores están a la búsqueda de un sistema de hibridación eficiente, es decir, utilizando una esterilidad macho, que impida la formación de polen y confiera a una planta un carácter hembra absoluto. Naturalmente existen muchos tipos de esterilidad macho

Se altera por las altas temperaturas. Las altas temperaturas disminuyen la autoincompatibilidad, lo que excluye la posibilidad de producir semillas de alta calidad bajo abrigo. La producción puede realizarse sólo en condiciones de pleno campo y de clima templado, lo que hace aleatorio la calidad de las semillas.

3.2. Interés de la Macho Esterilidad Citoplasmática

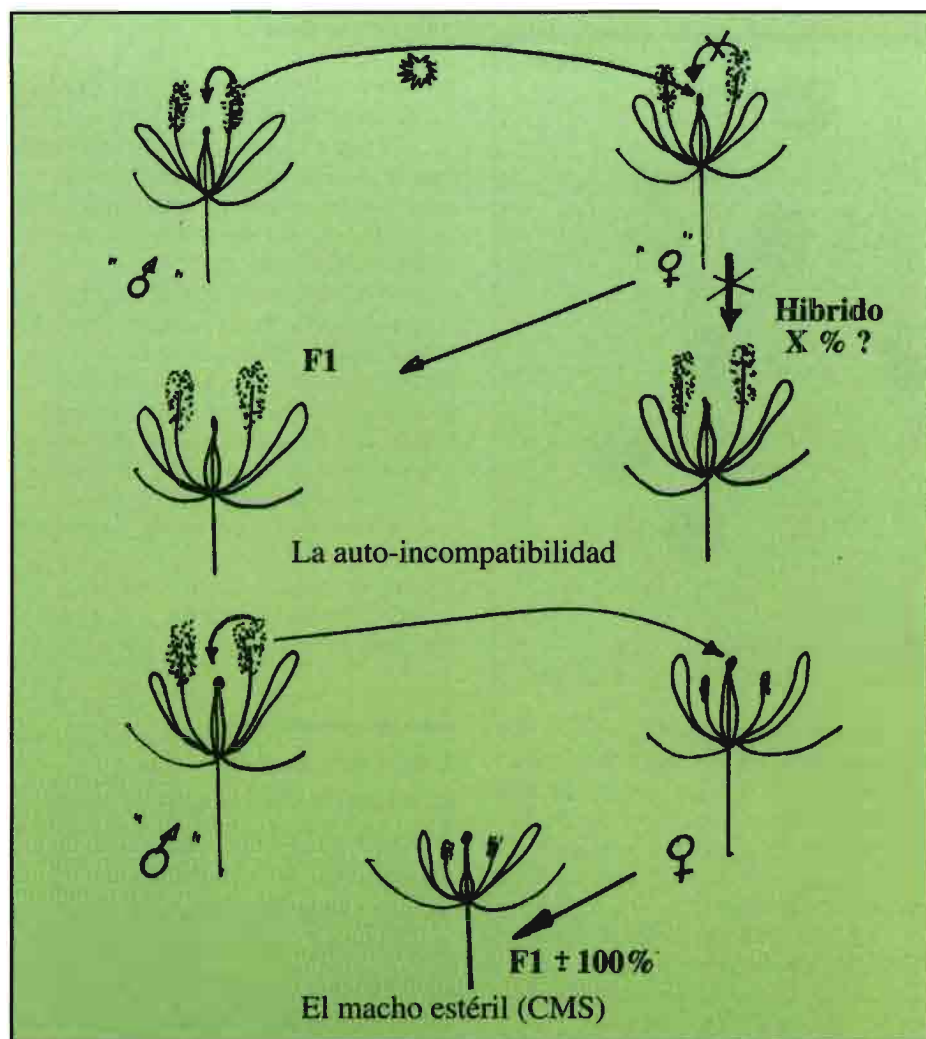
Todas estas dificultades explican el porqué desde hace tiempo los seleccionadores están a la búsqueda de un sistema de hibridación más eficiente, es decir utilizando una esterilidad macho, que impida la formación de polen y confiera a una planta un carácter hembra absoluto.

Naturalmente existen muchos tipos de esterilidad macho.

3.2.1 La esterilidad genética

La esterilidad macho genética recesiva es difícilmente utilizable. En efecto, la reproducción sexual del

Figura 2:
La autoincompatibilidad y el macho estéril (CMS)



pariente hembra da en las mejores condiciones un 50% de plantas estériles y 50% de plantas fértiles.

Siendo difícil la depuración de las plantas fértiles, es necesario proceder a una reproducción por un método particular, por ejemplo la multiplicación vegetativa.

En las coles, existen diversas esterilidades macho genéticas. Una de ellas es utilizada por el INRA y el OBS para la creación de variedades de coliflor.

Es el caso de Fanch y Jakez, variedades INRA/OBS producidas por multiplicación vegetativa del pariente hembra.

3.2.2 La esterilidad macho citoplásmica

La esterilidad macho citoplásmica es fácilmente utilizable, ya que permite una reproducción fácil del pariente hembra (macho estéril): se obtiene un 100% de descendencia macho

estéril. La utilización de la esterilidad macho citoplásmica permite:

- simplificar los métodos de selección
- simplificar la producción de semillas de base (costo & calidad)
- gestionar las calidades y cantidades
- semillas 100% híbridas
- calidad ELITOP (producción bajo abrigo en el caso de las coles)

Esta simplificación no implica una reducción de costes sino una mejora técnica de la producción.

3.3. I+D: INRA/Clause semences

3.3.1 Una larga historia de 20 años de investigación

En 1968, el investigador japonés Oqura pone en evidencia la esterilidad macho citoplásmica en el rábano.

Bannerot, investigador del INRA de Versailles, emprende entonces introducir este citoplasma en la col por

cruce interespecífico de rábano & col.

Esta investigación consigue en efecto la creación de una col macho estéril, pero que tiene el grave inconveniente de presentar una deficiencia clorofílica cuando las temperaturas bajan (<10°C). El complejo «citoplasma rábano -núcleo col» funciona mal.

3.3.2 Híbridos de colza macho estéril

En 1980, Pelletier obtuvo una corrección de esta deficiencia clorofílica por fusión de protoplastas (*) entre la colza estéril y la colza fértil. Se obtienen nuevos citoplasmas (**): de ellos proceden los futuros híbridos de colza que aparecerían en el mercado en los años siguientes.

La col y la coliflor son plantas alógamas por lo cual la selección tradicional ha conducido a la constitución de una gama de variedades «poblaciones», excesivamente variadas y más o menos fijas

Gracias al éxito obtenido con la colza, el INRA decide entonces emprender, por cuenta de Gie Clause-Limagrain, intentar de nuevo el experimento haciendo una fusión de protoplasma, esta vez entre la col macho estéril deficiente en clorofila y la col fértil. De estos experimentos nacen nuevos citoplasmas los cuales ya no presentan deficiencia clorofílica, y tienen una fertilidad hembra totalmente normal. En 1987, Clause tiene la posibilidad de acceder a este material y comienza a introducirlo en principio en sus linajes de coles repollo.

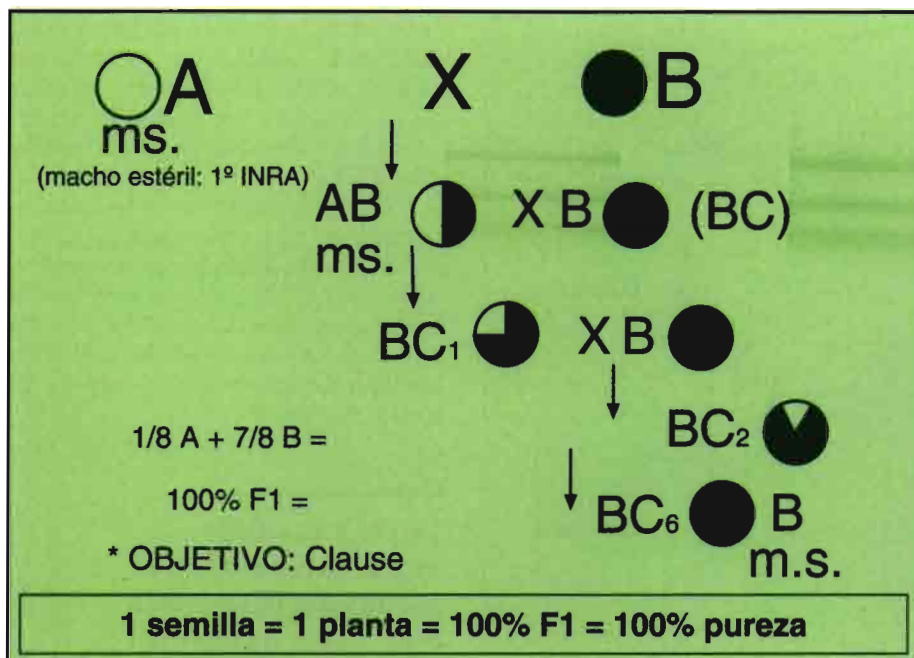
(*)Protoplasta: célula vegetal desprovista de su pared pectocelulósica.

(**) Citoplasma: contiene dos tipos de organismos:

- las Mitocondrias: responsables de la esterilidad macho
- los Cloroplastas: implicados en la deficiencia clorofílica

4. Hybritop Brassicas 96/97

Después de seis años de trabajo, en 1993 Clause lanzó comercialmente las primeras variedades de coles híbridas F1 producidas con la esterilidad macho citoplásmica - patente INRA.-

Figura 3:**Base de la MSC: Conversión de hembras en macho estéril**

CLX-332 ms, variedad de la gama Hybritop, verano-otoño, para mercado fresco y especialmente para industria.

En los tres años siguientes, de 1993 a 1996, Clause ofrece una gama de 18 coles repollo cuyos lotes son sometidos a regulares y precisos análisis, pudiendo alcanzar el 100% de híbridos. A esta gama denominada Hybritop, que con ocasión de las jornadas de Puertas Abiertas celebradas en Warmenhuizen-Holanda, en septiembre 1996, se le añadieron las primeras variedades de coliflores CMS que aparecen en el mercado Europeo:

Variedades Hybritop en los segmentos verano / otoño:

- CLX 3321 ms: +/- 80 días, verano-otoño, para mercado fresco y especialmente para industria.

- CLX 3324 ms: Vigorosa y rústica, para el mercado fresco de otoño.

- CLX 3352 ms: Pella redonda de gran dureza y porte, coliflor de otoño para mercado fresco e industria.

Y dentro de la diversificación de nuevos productos:

- CLX 3390 ms: Coliflor verde de otoño, planta muy erecta que favorece la sanidad de los semilleros y posteriormente en el pleno campo.

Variedades que estarán disponibles para la próxima campaña en toda Europa. De ahora en adelante, todas las nuevas variedades de coliflor de Clause Semences serán Hybritop.

4.1 Inscripción y denominación de variedades F1 con esterilidad macho

Una variedad híbrida producida utilizando la esterilidad macho citoplásmica idéntica a una variedad híbrida producida utilizando la autoincompatibilidad, es considerada como diferente y debe ser inscrita en el catálogo oficial para ser comercializada. Ejemplo: Col repollo Fanion, que en versión CMS se denomina Picador, o la col de Milán Concerto que pasa a denominarse Othello.

3.5. Objetivos de selección

En el curso de los diez últimos años, toda la atención ha sido puesta en la introducción de la esterilidad macho citoplásmica en todo el mate-

rial de coles repollo y coliflores.

Las prioridades dadas a este programa se explican fácilmente si tenemos en cuenta que, en efecto, la misma contribuye a una ruptura tecnológica que permite fiarse de las producciones de semillas.

Hoy en día, mientras se prosigue con la diversificación del material estéril macho, nuestros principales ejes de selección se dirigen sobre los siguientes aspectos:

- Calidad del material vegetal
 - Aspecto de la planta: color del follaje -verde oscuro o azulado-, finura del follaje, finura del abullonado para la col Milán, altura del pie (resistencia al encamado), porte del follaje y planta sólida, y ausencia de retoños.
 - Aspecto del repollo: forma redonda buscada y profunda, superficie del repollo liso (sin pliegue), finura de las hojas, tronco corto, densidad del repollo, buena cobertura, en coliflor, blancura de la pella.

Una variedad híbrida, producida utilizando la esterilidad macho citoplásmica, idéntica a una variedad híbrida producida utilizando la autoincompatibilidad, es considerada diferente y debe ser inscrita en el catálogo oficial para ser comercializada

- Conservación: (para las coles blancas o rojas de conservación)

- Resistencia a las manipulaciones y al transporte: plasticidad en la utilización, flexibilidad de utilización con respecto a la densidad de plantación, flexibilidad de utilización con respecto a la fecha de plantación, resistencia al reventamiento, resistencia al frío para la col de Milán de invierno, resistencia o tolerancia a los parásitos, hongos -Mildiu, Oidio, Fusarium, Verticilium-, bacterias (Xantomonas), insectos (pulgones y trips), y calidad semilla.