

# INTRODUCCION AL MEJORAMIENTO GENETICO

## GUÍA DIDÁCTICA 9 - 2019

### VARIEDADES SINTETICAS

Son poblaciones mejoradas (creadas) mediante la selección de un determinado n° de parentales (ej. LE, clones) elegidos por su buena ACG

Se conforman con una mezcla equilibrada de estos parentales y se deja que se interpolinicen en aislamiento.

Permiten un aprovechamiento de la heterosis aunque menor que en las VH, pero el productor puede multiplicar su propia semilla.

Es un método apropiado para el aprovechamiento de la heterosis en especies con flores pequeñas que dificultan mucho el control de la polinización y/o presentan alta depresión por endocria lo que impide la obtención de LE como ocurre con la alfalfa.

Aplicaciones: maíz para zonas marginales, alfalfa, lotus, etc.

En el caso del maíz se utilizan LEs como parentales mientras que en alfalfa, lotus y otras especies se utilizan líneas clonales como parentales.

Para evaluar la ACG se aplica el método de la policruza.

En este método se considera que el “ probador” es el conjunto o mezcla de polen de los genotipos participantes. Para ésto es importante evitar efectos de vecindad ya que si los hubiera no permitiría asumir que todos los genotipos son polinizados por un probador único o común. Esta condición se cumple trabajando con un alto n° de repeticiones de c/genotipo (obtenidas por clonación) las que se distribuyen al azar en la parcela de policruza, registrando la ubicación (fila y columna) de cada genotipo y repetición. Esta parcela debe permanecer en estricto aislamiento. Luego se cosecha y se mezcla la semilla de todas las repeticiones de cada genotipo. Al año siguiente se siembran las progenies (1/2 hermanos = halvesib) de c/genotipo en un ensayo para su evaluación. Esta información se usará para seleccionar los genotipos con mejor ACG para que sean los parentales de la nueva variedad sintética.

### Esquema de una policruza en la obtención de variedades sintéticas

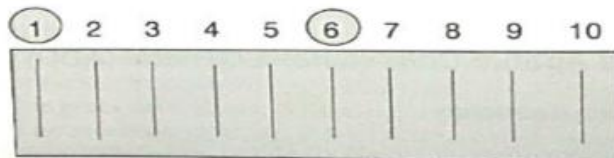
Fuente: Adaptado de Cubero J.I. (2003).

3	9	4	1	5	8	2	3	6	7
7	2	5	3	9	4	7	5	9	3
1	1	7	8	4	10	3	8	4	2
9	7	3	10	2	7	1	2	10	8
4	10	1	6	8	3	6	3	1	4
2	5	9	4	10	1	4	6	5	9
6	8	6	5	7	6	8	1	7	10
10	3	2	9	3	5	10	4	8	5
5	6	8	7	6	2	9	10	3	1
8	4	10	4	1	9	5	7	2	6

Lote de policruza, en aislamiento, de genotipos seleccionados y clonados con repeticiones distribuidas al azar. Cosecha y mezcla de las repeticiones de c/genotipo



Semilla recogida mezclando todas las semillas procedentes de las plantas con el mismo número de línea (1, 2, ...)

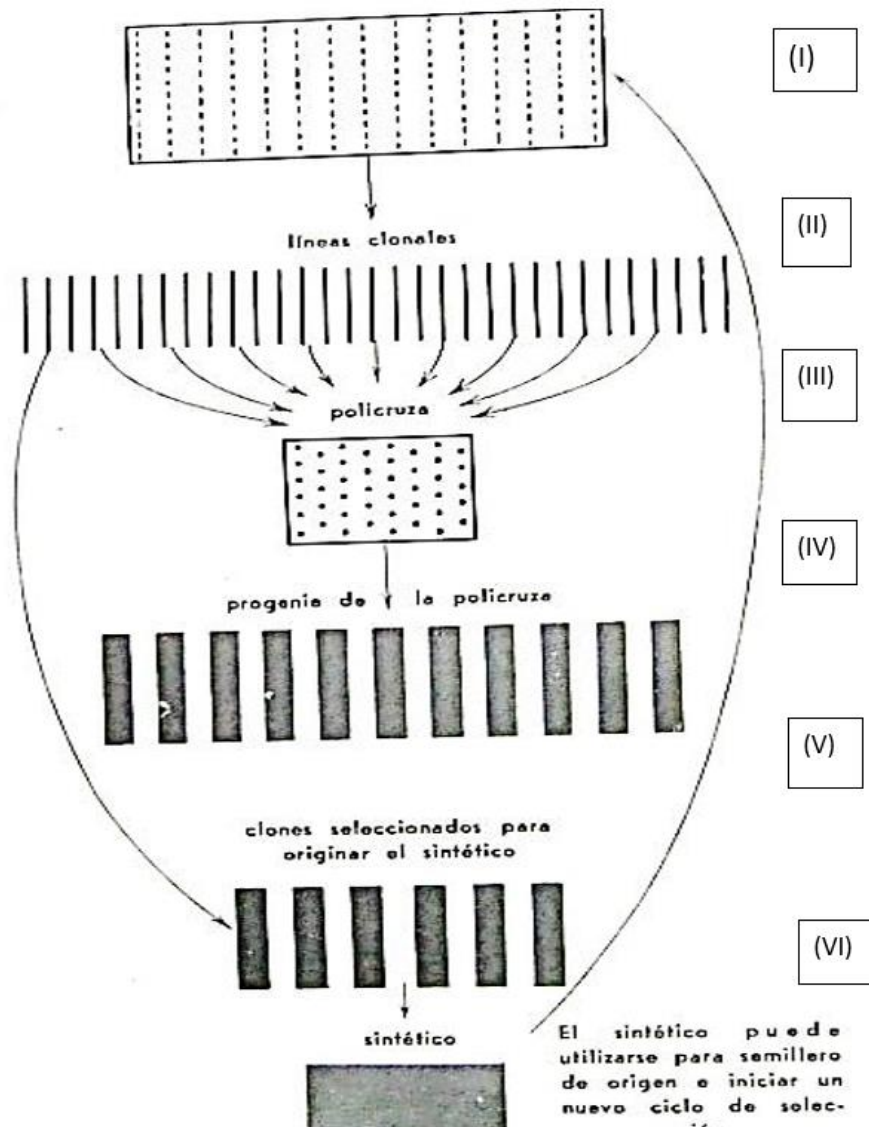


Ensayo para la prueba o test de progenies de 1/2 hermanos (halfsib)



## Esquema de pasos en el procedimiento de obtención de variedades sintéticas de alfalfa

Fuente: Adaptado de Poehlman



(I): Fuente de variabilidad

(selección y clonación) de indiv. o genotipos superiores

(II): Evaluación de líneas clonales (200 – 400) y selecc. de 25-50 superiores

(III): Policruza entre selectos en aislamiento

(IV): Prueba o test de progenies de la policruza para seleccionar los clones parentales de la variedad sintética

(V): Parentales selectos (Sintética 0 ), en aislamiento permitiendo la polinización entre ellos. Cosecha en c/clon y mezcla equilibrada de semilla.

(VI): Sintética 1 en aislamiento. La semilla producida se utiliza para generar la Sintética 2 y así sucesivamente.

## Comportamiento de las variedades sintéticas con respecto a las variedades híbridas:

<aprovechamiento de la heterosis > heterogeneidad genética > variabilidad genética > flexibilidad genética > homeostasis poblacional > estabilidad > adaptabilidad. Por lo tanto más aptas para zonas marginales

Estas condiciones aumentan a medida que aumenta el n° de parentales

Las variedades sintéticas se pueden considerar poblaciones panmícticas en equilibrio si no ocurren causas que cambien las frecuencias alélicas. Estas causas podrían ser la selección o migración desde otras poblaciones por falta de aislamiento.

Si bien las variedades sintéticas (VS) son un método de mejoramiento que implica un menor aprovechamiento de la heterosis (menor rendimiento potencial) presentan la ventaja de que el productor puede multiplicar la semilla de las mismas sin que eso implique una pérdida significativa del rendimiento (por pérdida de heterosis) como ocurre con los híbridos, especialmente los HS.

De este modo, las VS son una alternativa para el aprovechamiento moderado de la heterosis genéticamente aptas para ejercer el derecho de los productores a producir semilla para "uso propio" que otorga la ley 22.247 (Ley de semillas).

### ¿Qué ocurre al multiplicar la semilla de un híbrido simple?

Suponiendo un gen con dos alelos (A,a)

P: (LE1) x (LE2)

AA aa

Valor fenotíp. (VF): (228) (200)

F1: Aa

VF: (350)

F2: 1/4 AA 2/4 Aa 1/4 aa

VF: 1/4(228) + 2/4 (350) + 1/4 (200)

57 + 175 + 50 = 282 < 350

Según WRIGHT el comportamiento de la F2 depende de la magnitud de la heterosis y del n° de parentales que intervienen en la variedad. Así el rendimiento de la F2 puede ser estimado según:

$$F2 \text{ (estimado)} = F1 - \frac{[(F1 - P)]}{n}$$

(F1 - P): heterosis

n = n° de parentales

$\frac{(F1 - P)}{n}$ : disminución del rendimiento al pasar de F1 a F2

Así, considerando nuestro ejemplo:

$$\text{Rendimiento estimado en F2} = 350 - \frac{[(350 - 214)]}{2} = 350 - 68 = 282$$

Qué ocurrirá con la pérdida de heterosis al pasar de F1 a F2 en HTV e HD?

En estos casos será n=3 y n=4, respectivamente

Por lo tanto, la pérdida de heterosis será: HS > HTV > HD

Por qué es posible multiplicar semilla de las VS para “uso propio” sin una pérdida significativa de rendimiento ?

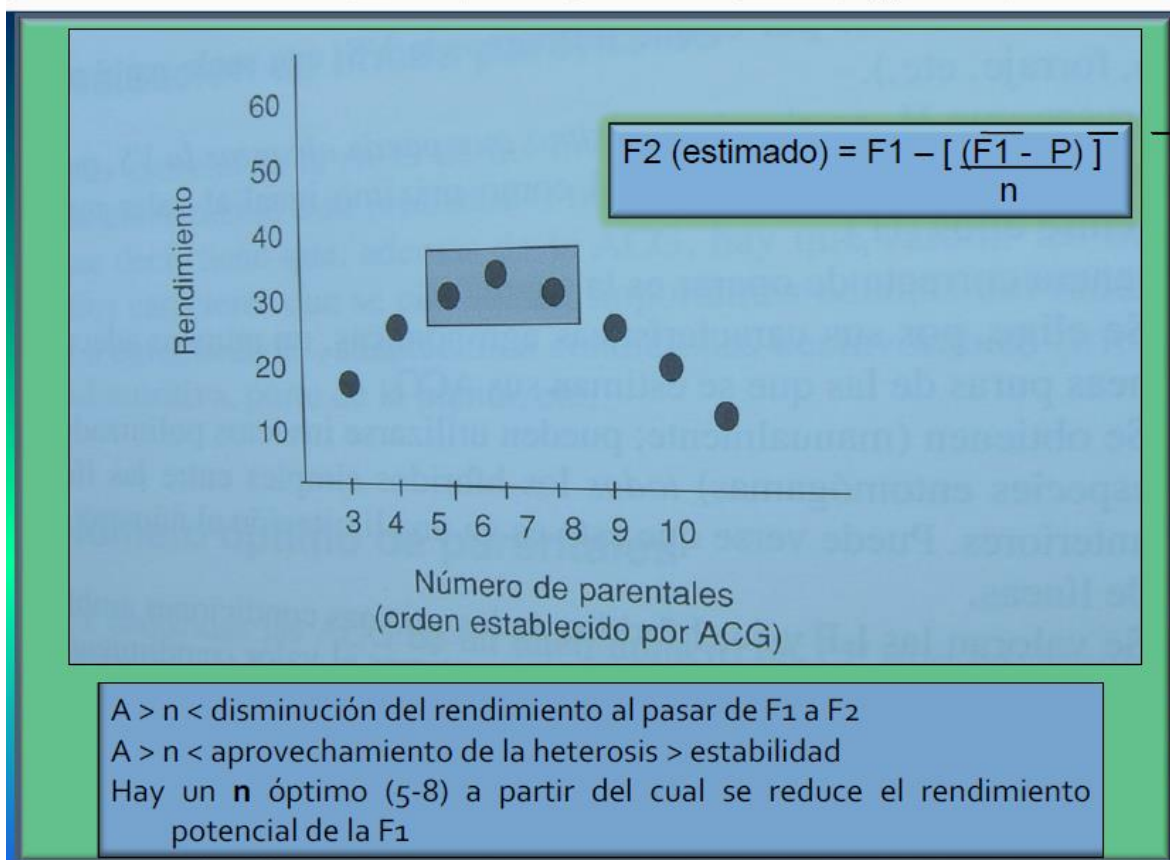
Porque las VS están formadas por varios genotipos (n>4)

Recordemos que  $\frac{(F1 - P)}{n}$ : disminución del rendimiento al pasar de F1 a F2

Entonces: a > n < disminución de la heterosis (rendimiento) al pasar a la F2 Si bien el autor propone un n óptimo de 5 – 8 parentales en función del aprovechamiento de la heterosis, con mayor n° de parentales se lograría > estabilidad del rendimiento frente a cambios ambientales espaciales (≠ zonas o localidades) y temporales (≠ años)

Como ya hemos analizado, un > n° de parentales implica una VS con > variabilidad genética > flexibilidad genética > homeostasis poblacional > ESTABILIDAD DEL RENDIMIENTO

Por lo tanto, las VS son más aptas que los HS para la producción en zonas más amplias, más marginales y de menores recursos económicos.



Fuente: Adaptado de Cubero J. I.. 2003. Introducción a la mejora genética vegetal.

## Aporte de la heterosis en especies autóгамas

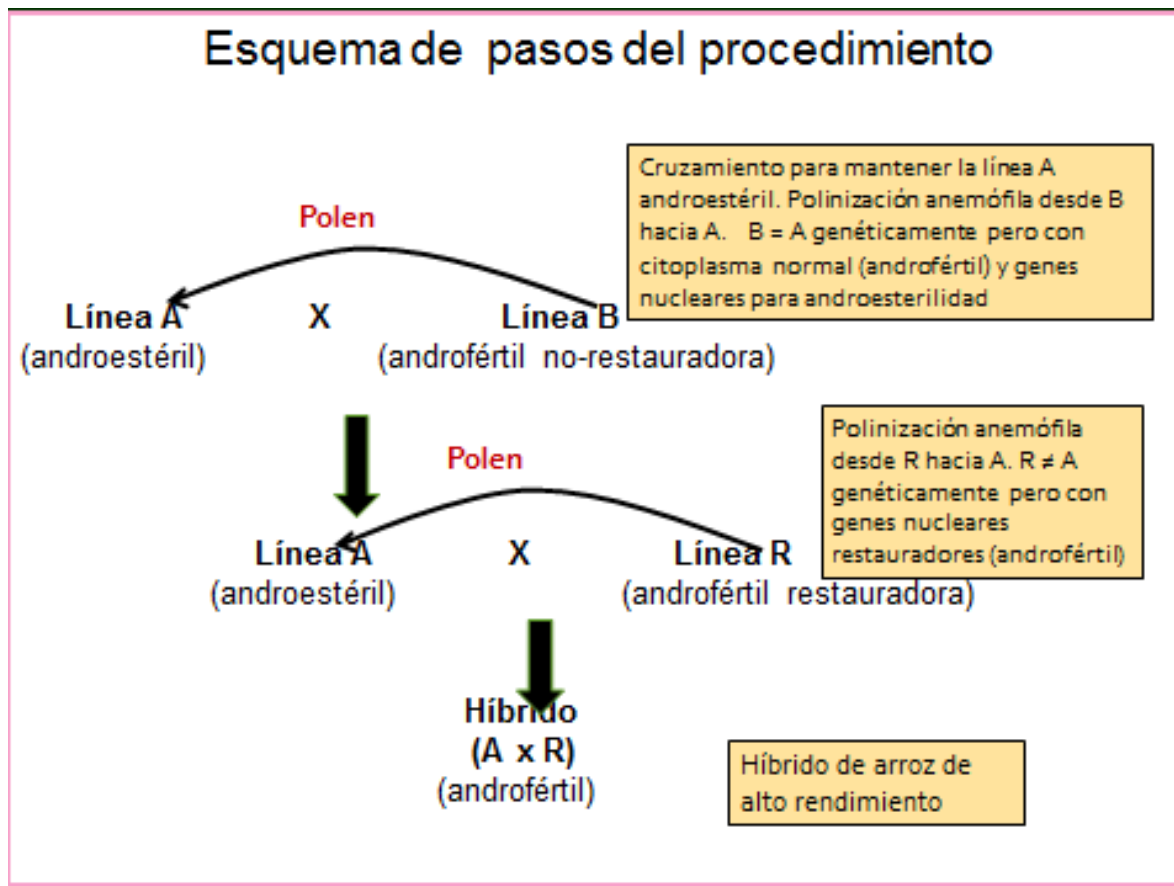
En general se puede considerar que el fenómeno de la heterosis está menos extendido en las especies autóгамas y también suele presentarse en < grado, lo cual limita la factibilidad de su aprovechamiento comercial.

Un ejemplo destacable es el caso del arroz, especie en la que se encontró una elevada heterosis práctica que permite el desarrollo de variedades híbridas para su aprovechamiento económico.

## Variedades híbridas de arroz

La clave para su adopción depende de:

- Disponibilidad de un sistema de androesterilidad con genes restauradores.
- Suficiente producción comercial de semilla híbrida (selección para aumentar el % de fecundación cruzada en función de las condiciones ambientales).
- Suficiente heterosis práctica para lograr diferencias significativas en el rendimiento.



Las variedades híbridas presentan  $\approx 20\%$  más de rendimiento que las variedades convencionales

Los rendimientos máximos registrados  $\approx 11$  t/ha y el rendimiento promedio  $\approx 6,8$  t/ha

Esto explica la rápida adopción de las variedades híbridas de arroz.

Existen otras herramientas genéticas para aplicar en el arroz: las líneas macho-estériles genéticamente fotosensitivas (MEGFS) y las líneas macho-estériles genéticamente termo-sensitivas (MEGTS). Las alteraciones en la fertilidad de estas líneas inducidas por los factores ambientales son conocidas, en general, como macho-esterilidad genéticamente sensible al ambiente (MEGSA). Las líneas

MEGFS y MEGTS juegan un papel importante en el desarrollo del sistema de obtención de arroz híbrido de dos líneas.

La producción de semilla híbrida requiere de condiciones ambientales y manejo óptimos durante la floración.

T° media diaria: 25-28°C

HR: 70-90%

Diferencia de t°dia/noche 8 a 10°C

Alta radiación solar

Aplicación de GA3

En Argentina, mediante el uso de variedades convencionales los rendimientos han evolucionado muy favorablemente en la última década.

## **Selección para más de un carácter**

- **Selección en tanden:** se alternan las generaciones de selección por uno y otro carácter
- **Selección por niveles independientes de rechazo:** se establece un valor mínimo para cada carácter. Se seleccionan los individuos que superan ambos umbrales
- **Indíces de selección:** Se genera una ecuación básica que interpreta los criterios de selección e información disponible (peso económico de los caracteres, heredabilidades, información del pedigree, etc).

Existen programas estadísticos diseñados para esto. Se usa más en la mejora animal que en la vegetal.

## **Mejora de conservación o selección conservadora**

Es el proceso de selección (-) posterior a la obtención de un cultivar que garantiza la conservación de las propiedades genéticas de un cultivar.

Categorías de semilla

- **Prebásica:** primeras generaciones de multiplicación de la pequeña cantidad de semilla obtenida por el mejorador

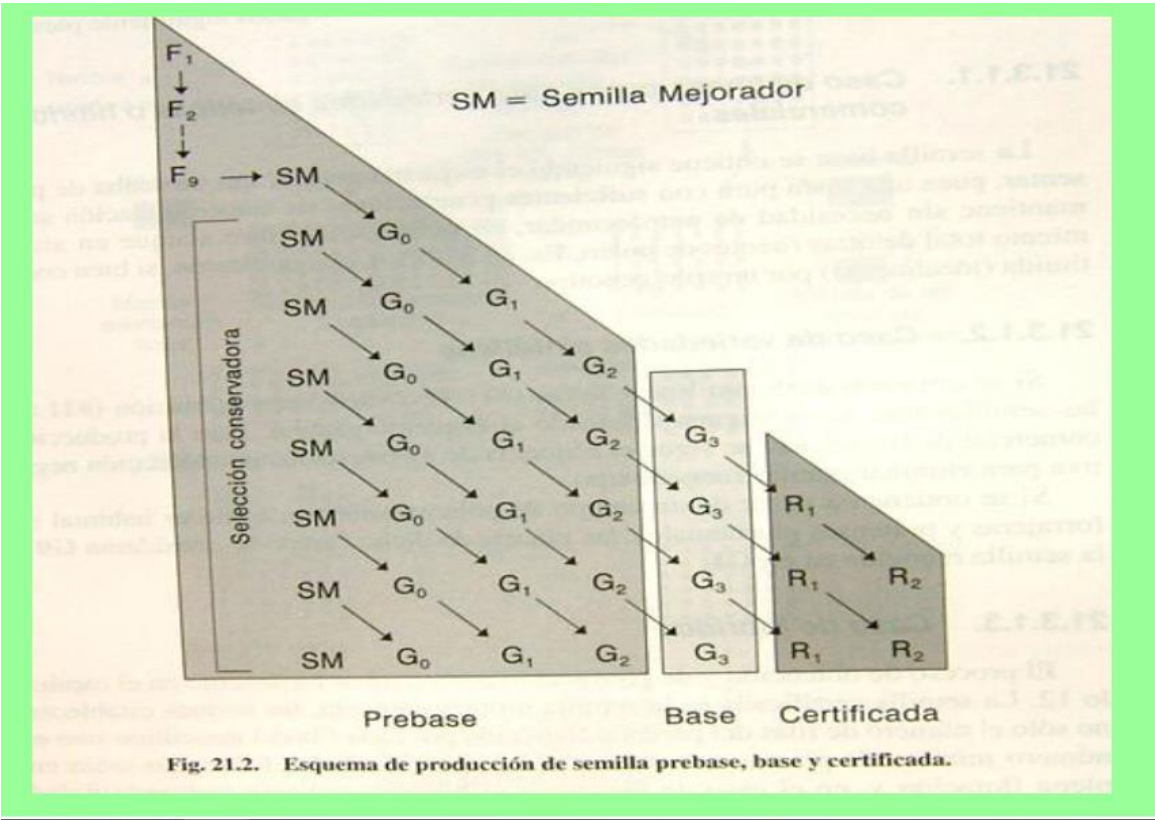


- **Básica, original o fundación:** última generación (G3 o G4) de la etapa de producción de prebásica. Sirve para comenzar la producción comercial de semilla certificada.
- **Certificada o fiscalizada:** es la producida a partir de la básica bajo control oficial (fiscalización).

### **Degeneración o impurificación varietal. Causas**

Es la alteración de la constitución genética de una variedad por causas mecánicas o genéticas. Las causas genéticas son:

- Cruzamientos espontáneos con otras variedades, malezas y especies silvestres emparentadas
- Falta de "fijación" de la variedad. En autógamias heterocigosis residual
- Competencia entre genotipos (ej. en variedades población)
- Variaciones en la tasa de alogamia (ambiente, insectos polinizadores)
- Alteraciones cromosómicas en poliploides
- Mutaciones puntuales espontáneas
- Deriva genética/consanguinidad (problemas críticos en alógamas).
- Envejecimiento de las semillas (mutaciones génicas y cromosómicas).



## Distancias recomendadas para lograr aislamiento

	Semilla base o prebase	Certificada
Trigo .....	5	2
Forrajeras		
Autógamas .....	50	10-20
Alógamas .....	300	50-250
Maíz .....	300	220
<i>Brassica napus</i> .....	200	100
<i>Brassica</i> spp.....	400	200
Remolacha.....	1.000	300-600
Cáñamo monoico .....	5.000	1.000
Id. no monoico .....	400	200
Girasol, población.....	750-1000	500
Id. híbridos .....	1500-2000	1.000

(1) Para datos concretos deben examinarse las normas vigentes.

## Ley de Semillas y Creaciones Fitogenéticas (20.247)

Promulgada el 30/3/1973

Herramienta legal que implica:

- Regulación de la producción y comercialización de semillas
- Protección de la propiedad intelectual de nuevas creaciones fitogenéticas

Aspectos relevantes:

- Concepto amplio de semilla (todo órgano destinado a la siembra o propagación) que incluye semilla botánica y todos los órganos de propagación
- Obligación de rotular con (nombre, dirección y nº de inscripción del responsable, nombre de la variedad, PG, pureza física-botánica, campaña de producción, peso neto y origen).
- Establece 2 tipos de semilla legal:

**IDENTIFICADA:** rotulada pero no sometida a control fiscal durante su ciclo de producción

**FISCALIZADA:** rotulada y sometida a control fiscal durante su producción

Tiene exigencias para > calidad y la garantía del estado

Desaparece la semilla común sin garantías de identidad y calidad

En 1991 se crea el INASE (INSTITUTO NACIONAL DE SEMILLAS) como organismo autárquico y descentralizado.

Es el órgano de aplicación de la Ley 20.247

Estructura del INASE

Registro de cultivares

### 1. Direc. de Registro de Variedades

Registro de propiedad de cultivares (duración de propiedad 10-20 años)

Requisitos para obtener título de propiedad:

- **Declaración de origen de la variedad**
- **Que la variedad sea diferente, homogénea y estable**  
(Descripción fundamentalmente con **caracteres cualitativos**)

- **Denominación adecuada**
- **Certificación nacional e internacional**

## **2. Dirección de Certificación.**

- Control del comercio import/export) y Control
- Registro Nac. de Comercio y Fiscalizac.

## **3. Dirección de Calidad: Laboratorio Central de Análisis de Semillas**

- emite Certificados de Análisis de Validez Internacional según las normas ISTA
- habilitación y control de otros laboratorios de semillas;
- laboratorio de marcadores moleculares

**ISTA:** Asociación Internacional de Ensayos de Semillas (Zürich - Suiza)

1994. Adhesión a **UPOV** (Unión Internacional para la Protección de Obtenciones Vegetales). Misión: proporcionar y fomentar a nivel internacional un sistema eficaz para la protección de la propiedad de las variedades vegetales fomentando el desarrollo tecnológico futuro para beneficio de la sociedad

Homologación en el MERCOSUR

Inscripción de variedades transgénicas

**CONABIA** (Comisión Nacional Asesora de Biotecnología Agropecuaria). Interviene en la 1ª etapa de la inscripción (evaluación para recomendar o no al INASE su liberación al medio). Una vez superada esta etapa prosigue el trámite en INASE como la inscripción de cualquier variedad.

**INSTITUCIONES INTEGRANTES DE LA CONABIA** (Comisión Nacional Asesora de Biotecnología Agropecuaria)

- Secretaría de desarrollo sustentable y política ambiental - INTA - INASE - Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria - CONICET - UBA - Asociación de Semilleros Argentinos(ASA)

- Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes - Foro Argentino de Biotecnología - Cámara de Productos Veterinarios - Sociedad Argentina de Ecología.

## **Regalías**

Existe el reconocimiento internacional del derecho de los obtentores de las innovaciones en tecnología genética (nuevas variedades) a la propiedad intelectual.

Este derecho, permite el cobro de regalías por el uso de estas innovaciones tecnológicas.

Regalía: es un reconocimiento económico a los que han invertido en la nueva tecnología orientada a promover más inversiones para futuras nuevas creaciones (variedades)

La regalía forma parte del precio de la semilla.

Una vez comprada se habilita el derecho de los productores al **“uso propio”** que les otorga la ley de semillas vigente

El **“uso propio”** no permite la venta (penado por la ley). Si hay venta es comercio ilegal de semillas o “bolsa blanca”

Los principales beneficiados del “uso propio” legal son los pequeños productores

El comercio ilegal de semillas malogra el derecho de los obtentores y de los productores al “uso propio”, abriendo el camino a otras alternativas polémicas como las regalías extendidas

Una consecuencia es que se restringe la oferta de nuevas variedades en los mercados

## **Regalías extendidas (RE)**

Son regalías cuyo pago se extiende a más de una cosecha. Es lo que reclaman los obtentores de variedades para recuperar la inversión

Los productores reclaman que esto lesiona el derecho al “uso propio” que otorga la ley

Los obtentores plantean que así se limitará el comercio ilegal de semilla “bolsa blanca” debido al deficiente control del estado.

Situación actual: está vigente para algunas variedades de trigo y soja (las más novedosas y recientes).

El arancel lo fija cada criadero.

Se rige por las normas de los contratos privados.

El productor puede usar variedades libres de RE, pero por las nuevas en general debe pagar RE

Monsanto en 2006 ha retirado sus nuevas variedades de soja del mercado argentino. Actualmente pretende ofrecer sus nuevas variedades con RE.

Además de las empresas extranjeras, algunas empresas nacionales también adhieren a la alternativa de RE mediante la oferta de contratos privados con los productores.

Las ofertas son publicadas en las páginas web de cada empresa y otros medios.

En estos sitios explicitan: las variedades de trigo y soja que ofrecen con RE, las variedades que ofrecen sin RE, el arancel RE, las condiciones básicas del sistema RE y los formularios para el contrato

Actualmente el 13/5/2013 el INASE se expide no convalidando el sistema de regalías extendidas propuesto por los obtentores (las empresas). Publicado en Infobae.com.ar.

La comunicación oficial agregó que "surgiría, en una primera aproximación, que el sistema de Regalías Extendidas quebranta el artículo de ley 20.247 que otorga la excepción al agricultor, ya que se exige al productor no sólo el pago de royalties o regalías por la semilla de "Uso Propio", sino también el cumplimiento de obligaciones como la presentación de declaraciones juradas sobre las cantidades de semilla sembradas y su origen".

Algunas premisas a considerar:

-Evitar el abuso del uso propio que alimenta el comercio ilegal de semilla -Necesidad de promoción de la innovación tecnológica en la obtención de variedades, su acceso y transferencia (beneficios múltiples) -Importancia estratégica de la promoción de la industria nacional de semillas -Nueva legislación que resuelva el conflicto de intereses permitiendo el ejercicio del derecho al uso propio a los pequeños productores o bien subsidiando las regalías -Rol del estado en la fiscalización y el cambio de cultura en los actores (monopolios, comercio ilegal) Actualmente está en proceso de tratamiento una nueva ley de semillas sobre la base de consensuar con los diversos sectores, entre otros, los siguientes aspectos principales:

-crear mecanismos para incentivar y proteger, vía derechos de propiedad intelectual, las mejoras fitogenéticas introducidas por la investigación y desarrollo de semillas

-garantizar protección a los pequeños y medianos productores como también su acceso a los avances en tecnología de semillas

-considerar la situación de la agricultura familiar y pueblos originales con respecto al uso y manejo de las semillas

-crear un Banco de Semilla para "preservar el patrimonio genético de los cultivos" y un fondo destinado al mejoramiento de las semillas integrado por el 1% de los aranceles que cobra el INASE.