



# Semilla Verdadera de la Papa: *una 'Bella Durmiente' en Ciencias Agrícolas*



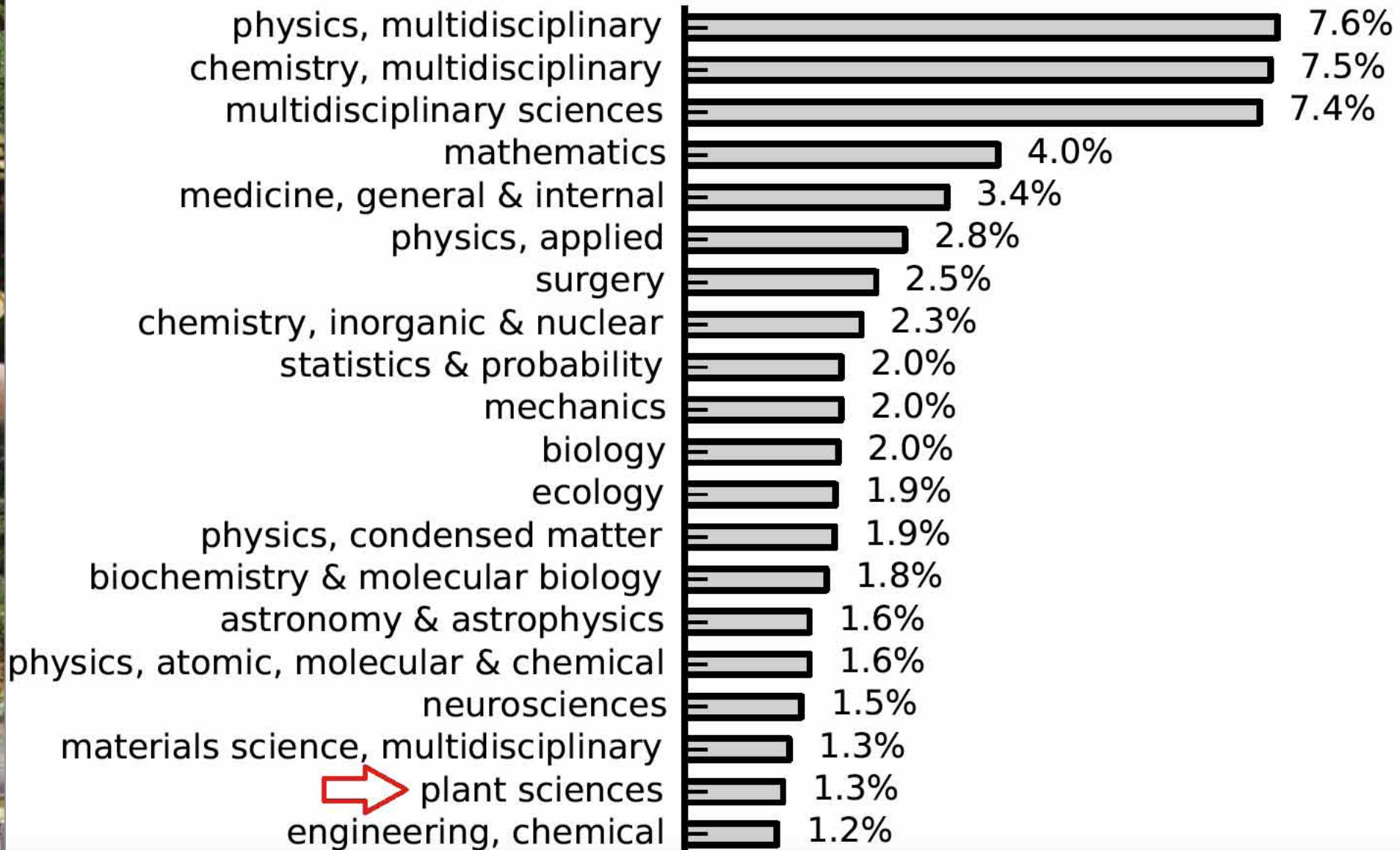
# “Bellas Durmientes en Ciencias”

- Término acuñado por A. Van Raan (Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos, Univ. de Leiden, Holanda).  
Van Raan, A. 2004. Sleeping Beauties in Sciences. *Scientometrics* 59(3):461-466.

*“Hallazgo científico publicado cuya importancia no es reconocida por décadas y que luego irrumpe con alto impacto”.*

- Ke, Q. et al., 2015.(Ing.Informática, Indiana Univ.)  
- 22 millones de publicaciones en ciencias naturales y sociales por más de un siglo.

# “Bellas Durmientes” en Principales disciplinas



Here H.M.F. Freundlich publishes the first mathematical model of adsorption, when atoms or molecules adhere to a surface. Today both environmental remediation and decontamination in industrial settings rely heavily on adsorption.

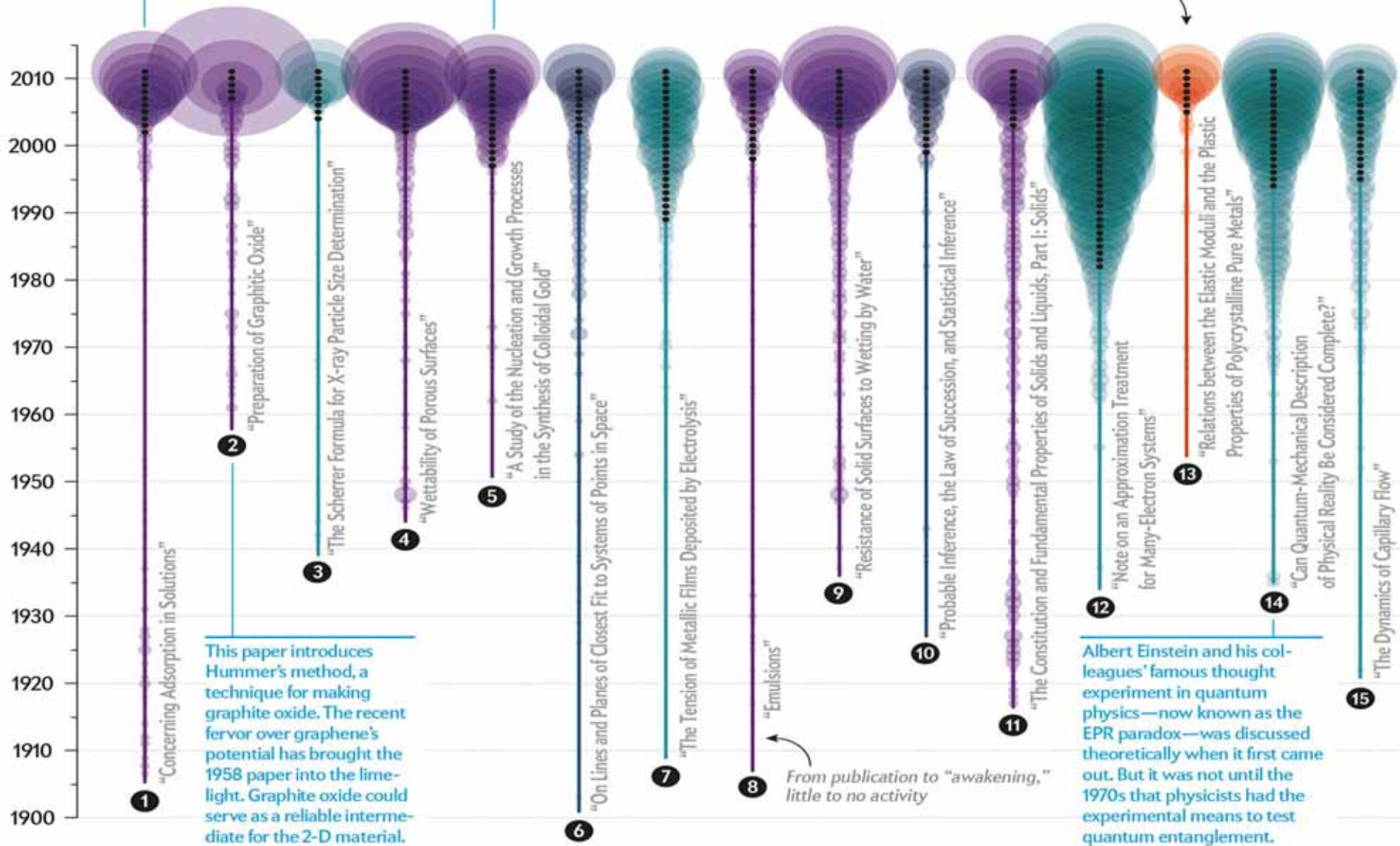
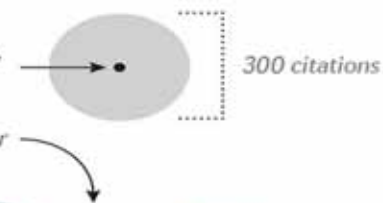
John Turkevich and his colleagues' paper explains how to suspend gold nanoparticles in liquid. It owes its awakening to the medical field, which now employs gold nanoparticles to detect tumors and deliver drugs.

## Top 15 Sleeping Beauties

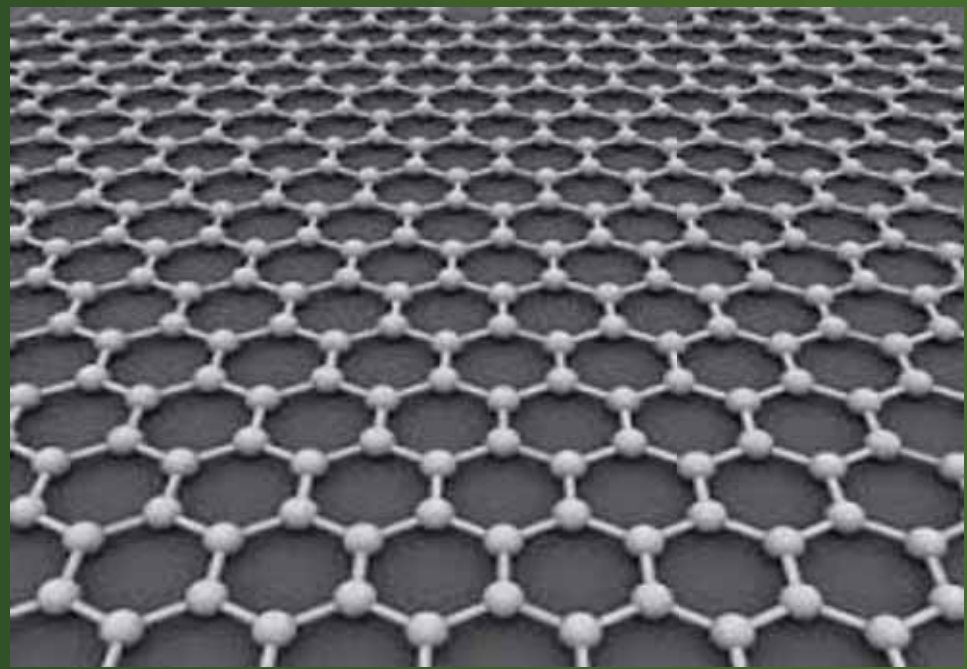
- Physics
- Chemistry
- Statistics
- Metallurgy

Citations after "awakening"

Number of citations per year

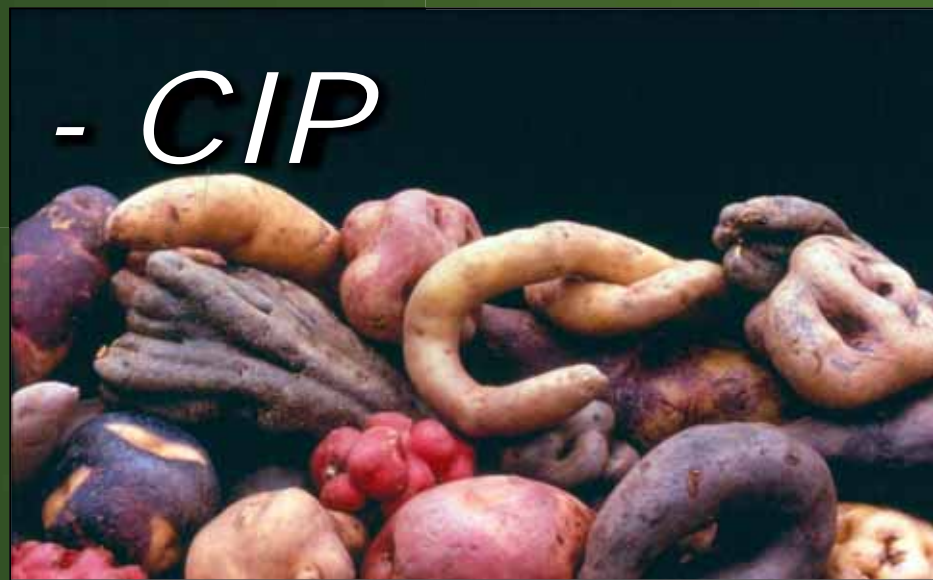


# Ejemplo: 2ª BD mejor rankeada El Grafeno



- Publicado en 1958, redescubierto y aislado el 2004 (A. Geim & K. Novosiolov, Nobel de Física 2010).
- Variedad alotrópica del C, de láminas ultra finas de átomos de C (1 átomo de C de grosor), único cristal de 2 dimensiones.
- Material más delgado del universo, más resistente que el acero, más conductor que el cobre, flexible y moldeable.
  - Utilizable en placas solares de gran eficiencia.
  - Cables de grafeno: flujo de información ultra rápido, mayor capacidad y rapidez de internet, telefonía móvil y otras.

# CGIAR - CIP

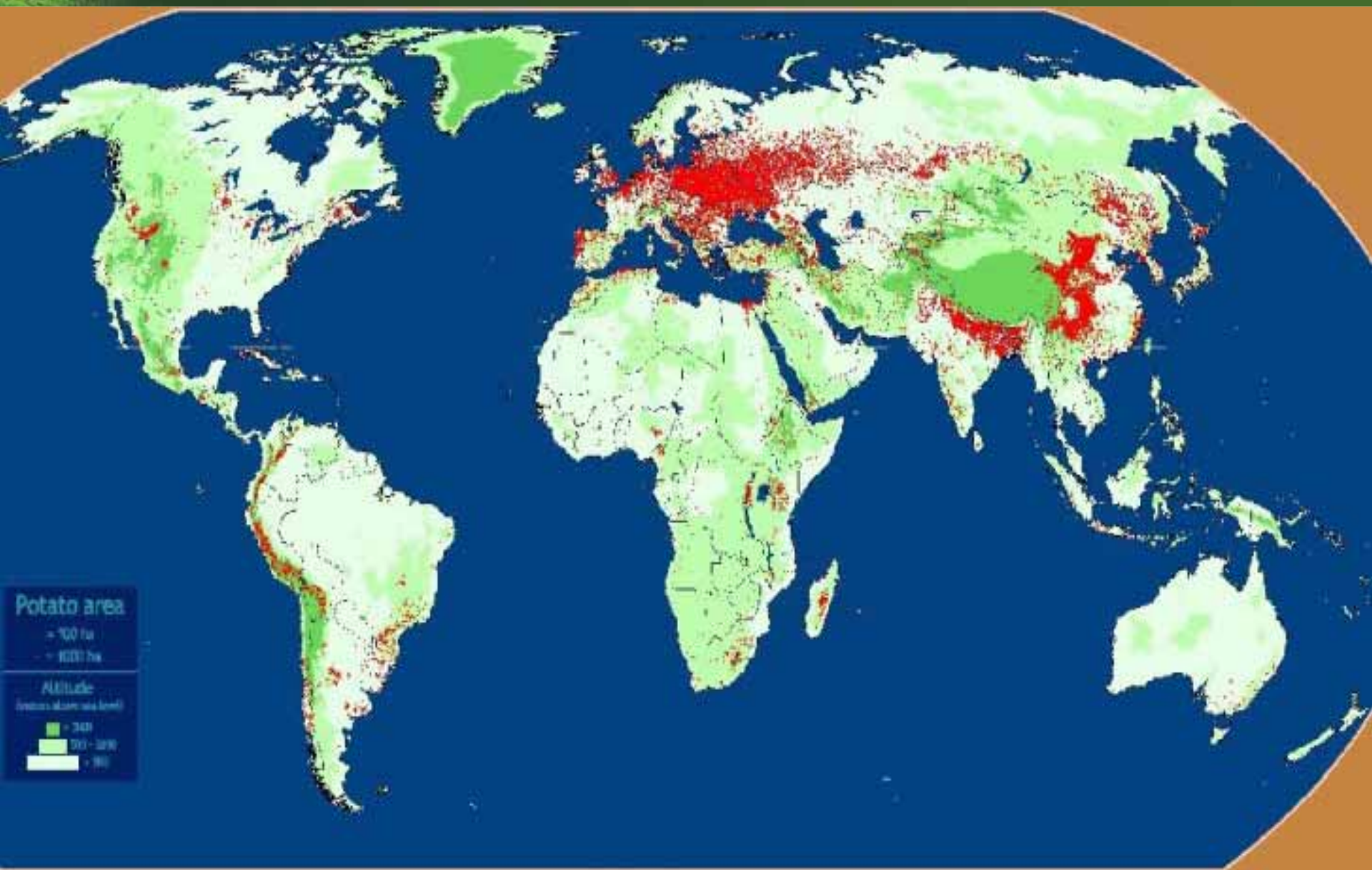


**CIP** - Centro Internacional de la Papa,  
del Grupo Consultivo para la  
Investigación Agrícola Internacional



# CIP, CIMMYT, IRRI, CIAT y otros 7 Centros creados en los 70' (hoy 15).



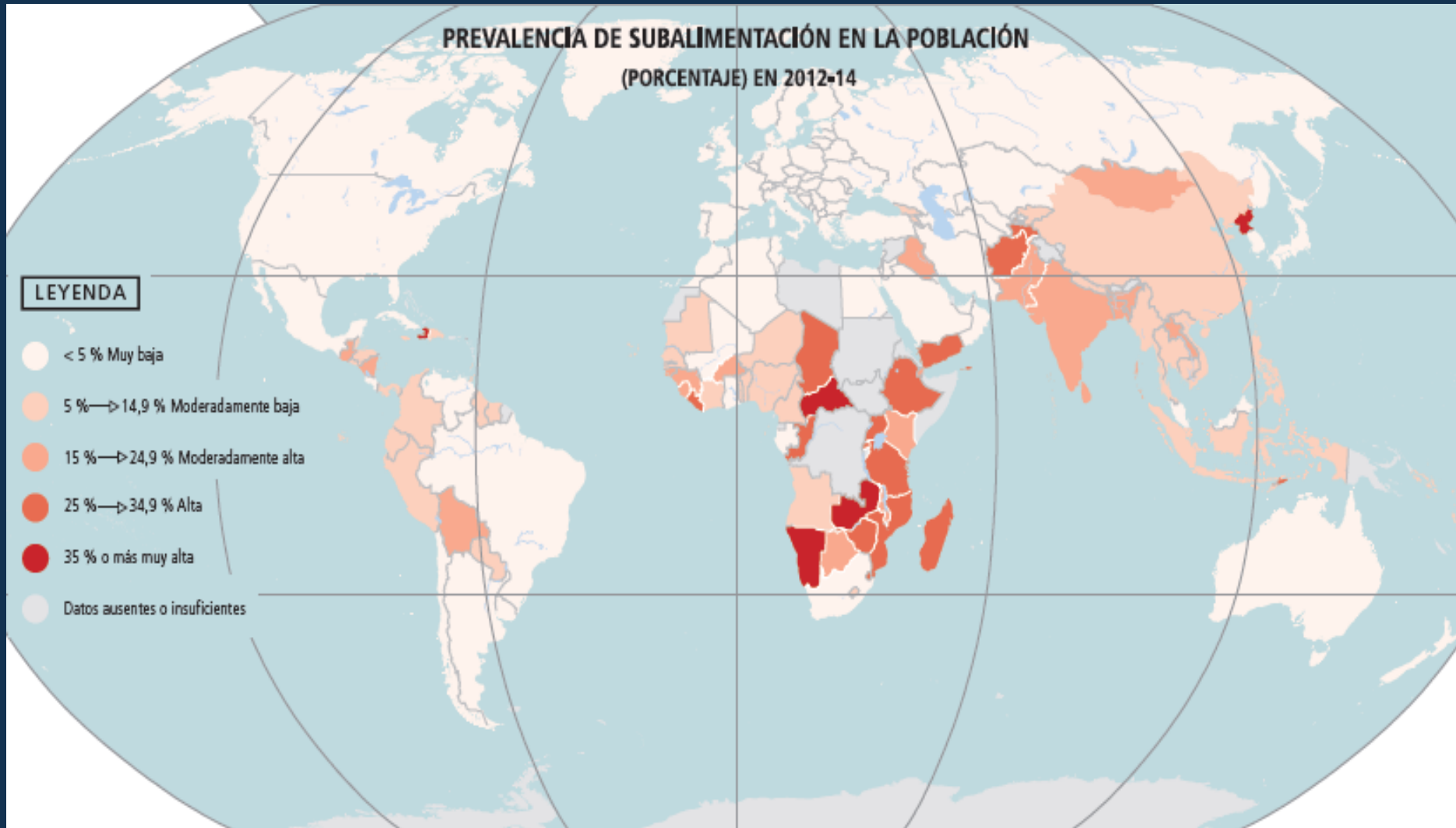


La Papa en el mundo: -20 millones de hectáreas  
-300 millones de ton





# FAO-Mapa del Hambre 2015



**Subalimentación: consumo insuficiente de calorías para cubrir necesidades energéticas para vida activa y sana.**

# Cuadro 1. Precio de la semilla de papa corriente (US\$/kg) en Latino América (2016).

Argentina <sup>1</sup>	0,56
Bolivia <sup>1</sup>	0,80
Brasil <sup>1</sup>	0,83
Chile <sup>1</sup>	0,72
Ecuador <sup>1</sup>	0,70
México <sup>1</sup>	0,60
Países C.A. (inc. Venezuela) <sup>2</sup>	0,88

- <sup>1</sup>Semilla nacional <sup>2</sup>Semilla importada.

- Se usan 3 ton/há.
- 60 millones de toneladas se entierran en el mundo cada año.
- Semilla: 30-40% del costo de producción
- Costo semilla, limitante mayor en gran parte del mundo en desarrollo.



Usuarios  
objetivo:  
Campesinos  
de la zona  
meso-térmica  
del mundo,  
tropical y sub-  
tropical.

Pocos gramos de semilla verdadera  
agregarían un gran alimento al consumo  
familiar, con cosechas escalonadas.



- Para las regiones cálidas tropicales, la semilla verdadera ofrecería ventajas importantes.
- Solución para conservar semilla de una época de cultivo a la siguiente, y evitar la rápida propagación de virus y otras enfermedades.



La semilla verdadera se produce en frutos (bayas), producto de la fecundación de las flores de la planta de papa.



Días largos son especialmente inductivos, profusa floración, pero hay gran variabilidad.



## 4 Pasos:

### 1°. Selección de progenies

- uniformidad aceptable
- adaptadas a diversos ambientes

**Objetivo:** Superar la usual segregación en especie autopoliploide, altamente heterocigota.



Izq.: de autopolinización der.: híbridas

- **Autopolinización**  
causa in-breeding,  
plantas débiles y  
baja producción.



- **Híbridos**  
gran mejora en  
uniformidad y  
producción en  
pruebas en diversos  
países del trópico.



# 2°. Prácticas de cultivo.



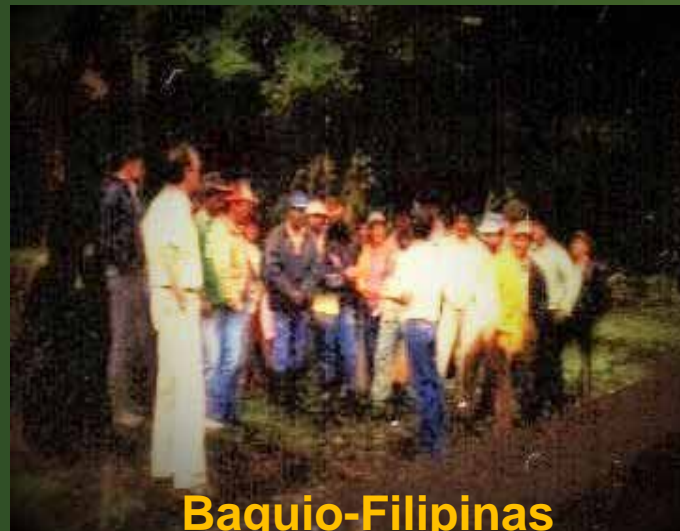
Oxapampa-Perú



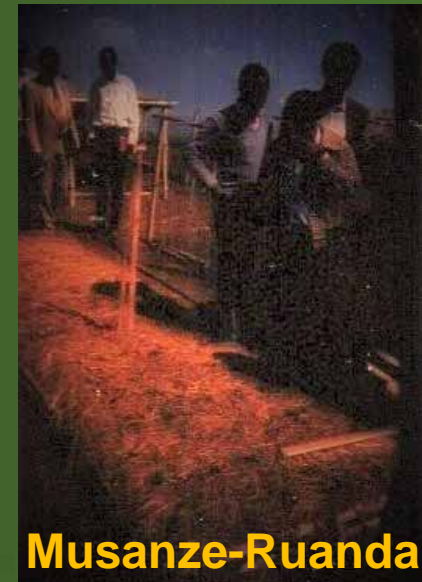
Matagalpa-Nicaragua



Red River Delta-Vietnam



Baguio-Filipinas



Musanze-Ruanda

# 3°. Protocolos para la producción de semilla híbrida. (CIP-INIA).



# 4°. Producción de semilla de híbridos selectos.



**Producción de semilla híbrida de papa en Purranque, Chile**

- Sobre 250 kg de semilla híbrida (Esca-Pioneer HiBred).
  - Interés en siembra directa gran escala.
- Venta pequeños packs de semilla para productores urbanos (Ball Seeds Inc.).

# Prueba siembra directa-semilla peletizada

(Watsonville, California. Esca-Pioneer)





Cultivo de papas por semilla sexual en Egipto  
Esca-Pioneer, 1992.

## Dos estudios:

1. Trasmisión de PSTV<sub>d</sub>  
(tubérculo ahusado) y PVT.

2. Determinación del grado de  
polinización cruzada en  
progenitores selectos.

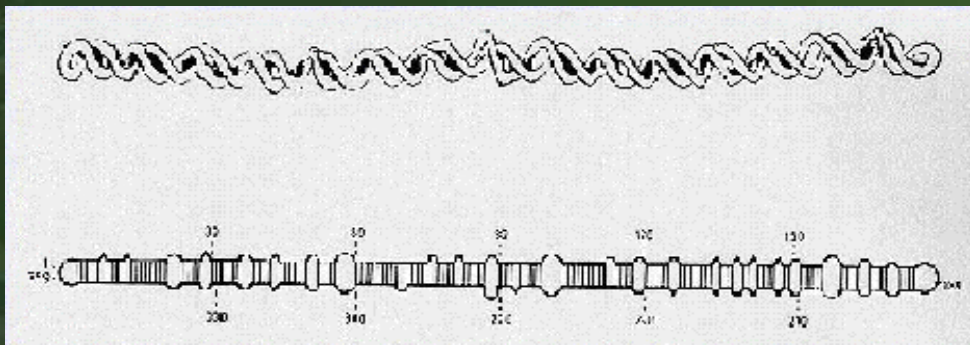




# Estudio 1: Trasmisión de PSTV<sub>d</sub> y PVT por semilla.

- Únicas enfermedades transmitidas por semilla sexual.
- Implicaciones de tipo cuarentenario.
- PSTV<sub>d</sub> suele tener efectos severos en climas calurosos (tropicales).

# El viroide del tubérculo ahusado de la papa (PSTVd)



Agente: Viroide, ARN circular de 358 nt\*.  
Numerosos huéspedes.  
Transmisión: por contacto, semilla, áfidos.



\*nt = medida de longitud, es número de nucleótidos, pues en ARN las bases no se organizan en pares.



# Virus T de la Papa



(Barra = 100 nm)

- Presente sólo en la región Andina.
- Contiene ARN con partículas filamentosas.
- Propagado por la semilla en varias Solanaceas.
- Usualmente en estado latente, ocasionalmente causa un moteado suave en hojas.
- Sólo importancia cuarentenaria.  
(Descrito por Salazar & Harrison, 1978).

# Trasmisión de PSTV<sub>d</sub> y PVT



- Plantas de cultivos in vitro, testadas, absolutamente sanas.
- Invernadero a prueba de áfidos, luz complementaria y temperatura, 'night-break' de 3 horas.
- Incluyó 4 híbridos.

(Trabajo presentado en: 12th Triennial Conference of the EAPR, Paris)

# Trasmisión de PSTVd y PVT

- Mitad de plantas ♀ y ♂ fueron inoculadas mecánica o por injerto con PSTVd o PVT.
- Plantas ♀ o ♂, sanas o infectadas, para combinaciones: S x S, S x I, I x S, I x I.
- Polen extraído de flores maduras.
- Polinización sobre flores emasculadas.
- Plantas, frutos, polen, semilla y plántulas, probadas por test NASH (“Nucleic acid spot hybridization”).

**Cuadro 5.** Trasmisión de PSTVd y PVT a la semilla sexual de cuatro híbridos (% de seedlings infectados\*) al cruzar plantas sanas (S) e infectadas (I).

$\text{♀} \times \text{♂}$	PSTVd	PVT
S x S	0	0
S x I	34,7	0
I x S	0	3,6
<u>I x I</u>	<u>30,2</u>	<u>3,1</u>

\*Test de NASH en seedlings de 50 días, promedios de 5 repeticiones de 25 seedlings para los diferentes cruces.

**Cuadro 7.** Germinación (%) de semilla de cuatro híbridos de cruzamientos entre progenitores sanos (S) e infectados (I) con PSTVd.

♀ x ♂	Germinación (%)			
	1	2	3	4
S x S	99,3a	67,4	95,2a	89,9a
S x I	<b>62,2b</b>	61,0	<b>70,3b</b>	83,3a
I x S	95,4a	67,0	85,6a	85,9a
<b>I x I</b>	--	--	<b>63,5b</b>	<b>47,6b</b>
	**	n.s.	**	**

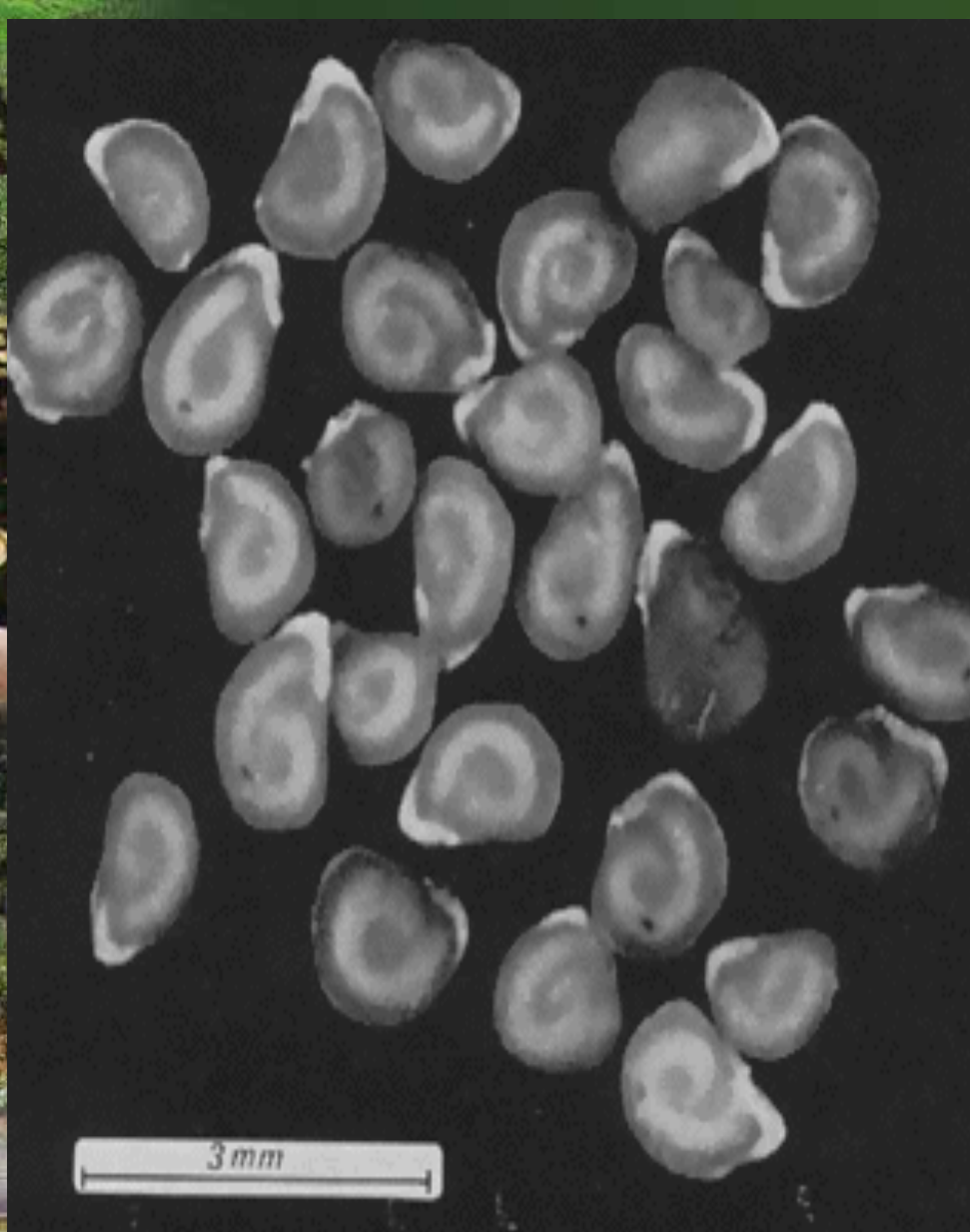
\*\* Diferencia significativa a P0.01, n.s.= no significativa;

1= AVRDC1289 x AVRDC1289; 2= AVRDC1289 x R128.6;  
3= Atzimba x AVRDC1289; 4= Atzimba x R128.6.

# Estudio 2: Tasas de polinización cruzada



- Papa es esencialmente de autopolinización.
- Grandes ventajas de híbridos, pero alto costo y dependencia.
- Necesidad de cuantificar el “outcrossing” en progenitores hembras selectos e identificar alternativas utilizables.



- Progenitor masculino portador de marcador genético dominante (mancha en el embrión).
- Ensayos de campo en Huancayo, Perú, e INIA-Remehue, Chile.

**Trabajo presentado en:  
Symposium on Embryology and  
Reproduction by Seed.  
Proceedings 394 pp. Leningrad,  
1996.**

**De: Hermsen, J. & J. Verdenius. Euphytica 22:  
244-259**

Las flores de papa no tienen néctar, sólo son polinizadas por *Bombus*.





# Tasas de polinización cruzada-Método

- Sector aislado, EE Santa Ana (Huancayo, Perú).
- 8 progenitores hembras de los mejores híbridos, en hileras de 10 plantas/repetición (4 reps).
- Siembra con suficiente retraso (evitar otras flores).
- Plantas con marcador dominante y homocigota fueron intercaladas en cada hilera.
- Polinización natural (*Bombus spp.*).
- Hileras adicionales de los 8 clones, polinizadas manualmente, previa emasculación, con polen almacenado a  $-12^{\circ}\text{C}$ .
- Perímetro con variedad local infértil.

# Tasas de polinización cruzada

La frecuencia de polinización cruzada en cada progenitor, se estimó por:

$$X_i = D_i/P_i \times 100$$

Donde:

**X<sub>i</sub>** = Tasa de polinización cruzada (%).

**D<sub>i</sub>** = proporción de semillas con mancha en embrión producida de flores polinizadas naturalmente.

**P<sub>1</sub>** = proporción de semillas con mancha en embrión producida de flores emasculadas y polinizadas manualmente (polen del clon con marcador).

---

**Fuente:** Brown, C.R. and Z. Huaman. 1983. Estimation of outcrossing rates in Andigena cultivars. *In*: Symposium of the Interntl. Soc. of Tropical Root Crops, Proceedings, pp. 473–480, International Potato Center, Lima, Peru.

**Cuadro 7.** Tasas de polinización cruzada\* en ocho progenitores ♀ utilizados en la producción de semilla verdadera de papa. (CIP-Huancayo).

Clones ♂      Outcross(%)

1	11.2
2	7.3
<b>3**</b>	<b>96.1</b>
4	6.9
<b>5</b>	<b>78.9</b>
6	13.2
<b>7</b>	<b>81.7</b>
<u>8</u>	<u>22.0</u>

\*Calculada en base a promedios de 4 repeticiones

# ***...dejará la Semilla Verdadera de la Papa de ser una Bella Durmiente?***

- Últimas publicaciones: 20 años.
- Interés para llegar a la agricultura familiar, entró en dormancia al reducir el CIP sus programas.
- Fuertes presiones externas (900.000 ton de semilla de papa exporta el principal país productor).
- Mercados actuales cada vez más demandantes por papas de calidad y presentación uniformes.
- Empresas de semilla europeas continúan I&D (ej.HZPC), enfocadas al gran mercado.

***...pero, mientras haya hambre en el mundo, la propuesta de uso en zonas necesitadas de alimento debe tener un rápido despertar.***



# *mi equipo*

