

Este proyecto forma parte de



Financiado por  
la Unión Europea

Agencias implementadoras



Entidades solicitantes



# Papa, Familia y Clima

Proyecto Regional

## Gestión de Semilla

Jorge Andrade-Piedra, Ricardo Orrego, Carlos Chuquillanqui

Centro Internacional de la Papa (CIP)

---

*Serie de Seminarios virtuales "BPA-CI en sistemas agroalimentarios andinos basados en papa"*

2021

# Contenido

**INTRODUCCION:** Sistemas de semilla, calidad de semilla, degeneración de semilla

## **PARTE I: Manejo integrado de semilla**

1. Uso de variedades resistentes
2. Manejo de semilla del agricultor en campo
3. Uso de semilla sana

## **PARTE II: Herramientas para estudiar sistemas de semillas y mejorarlos**

1. Caja de herramientas
2. Ejemplos

## **CONCLUSIONES**

# Introducción

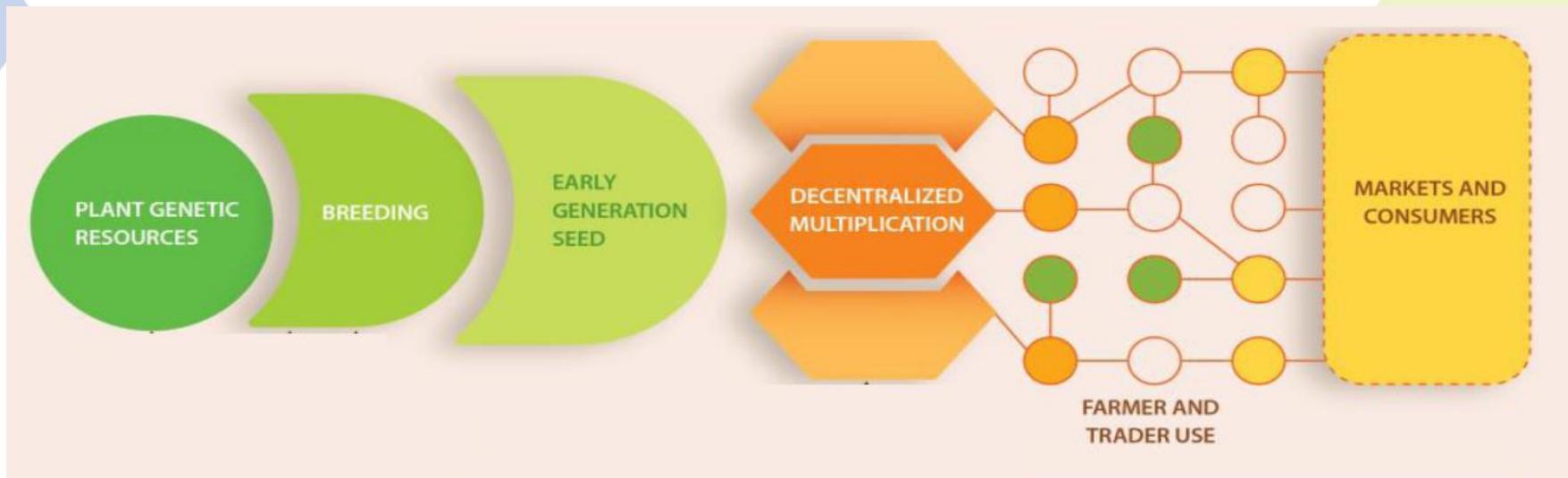
# Semilla de Papa



- Insumo fundamental para la producción de papa
  - Reducción de la brecha de rendimiento
  - Diseminación de nuevas variedades
- Ya que el cultivo de papa se propaga vegetativamente, la semilla es:
  - Voluminosa
  - Costosa
  - Susceptible de ser afectada por patógenos y plagas
  - Difícil de ser almacenada

Struik y Wiersema (1999)

# Cadena de valor – Sistema de Semilla



Andrade-Piedra et al., 2020

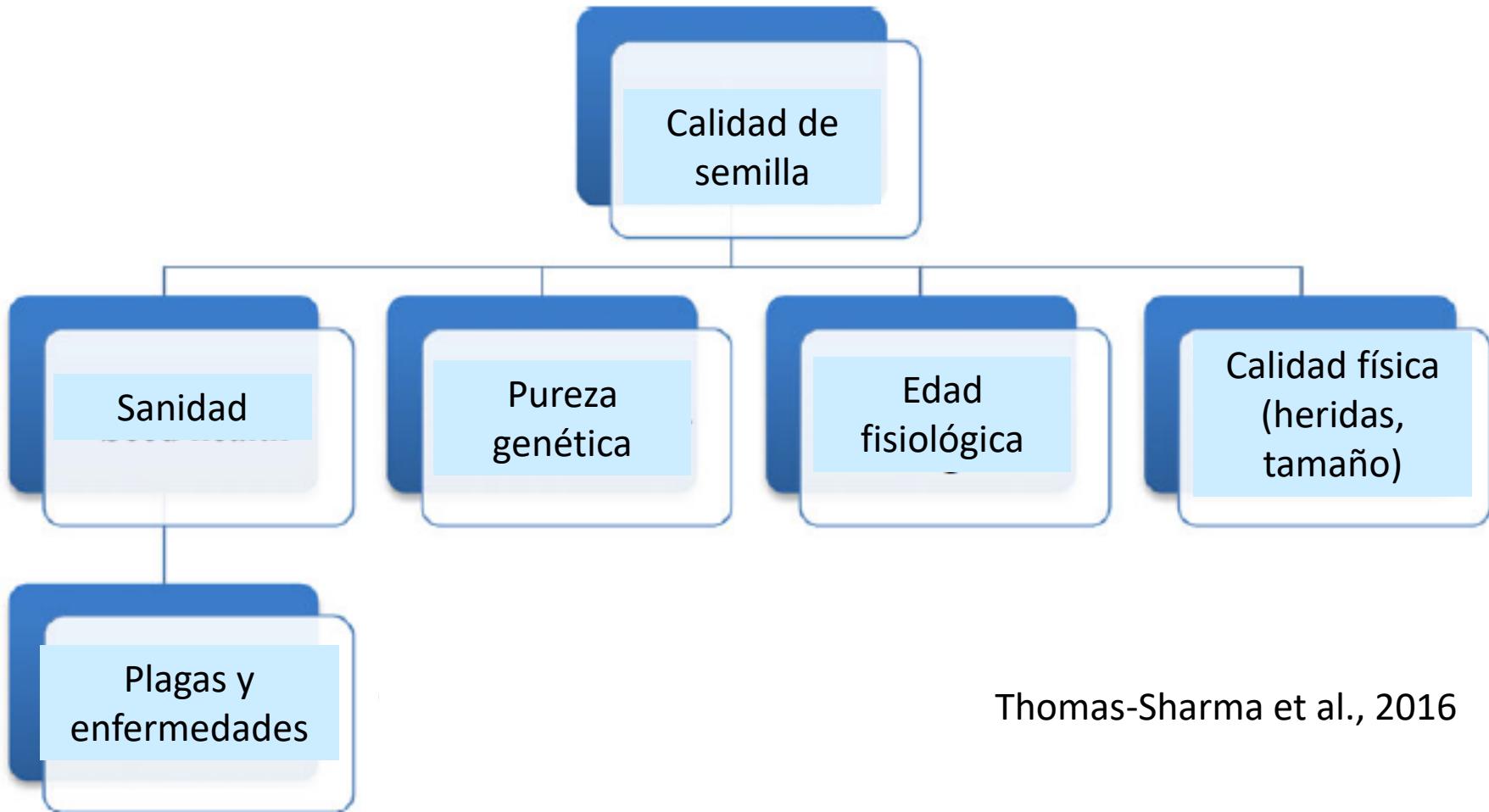
*Componentes interrelacionados de mejoramiento, manejo, reemplazo y distribución de semilla (Thiele 1999)*

- Sistema formal: convencional, de certificación
  - Semilla de calidad declarada
- Sistema informal: de agricultor, tradicional
- Sistemas mixtos: no convencionales, artesanales, integrados

# Uso de semilla formal e informal

País	Semilla formal (%)	Semilla informal (%)	Referencia
Afghanistan	0	100	Kadian et al., 2007
Bangladesh	5	95	Ilangantileke et al., 2001
Bhutan	2	98	Kadian et al., 2007
Bolivia	2	98	Hidalgo et al., 2011
China	20	80	Muthoni et al., 2013
Colombia	2-10	90-98	FPAPA, 2010; Guzmán-Barney et al., 2012
Ecuador	7,6	92,4	INEC, 2013
Ethiopia	11	59	Gildemacher et al., 2009
India	20	80	Kadian et al., 2007
Indonesia	6	94	Muthoni et al., 2013
Kenya	0.5	97	Gildemacher et al., 2009
Pakistan	5	95	Muthoni et al., 2013
Peru	0.5	99	Hidalgo et al., 2011
Uganda	4	66	Gildemacher et al., 2009

# Calidad de semilla



Thomas-Sharma et al., 2016

# Degeneración de semilla

Virosis



*Pectobacterium*



*Rhizoctonia*



*Premnotrypes*



*Tecia, Phthorimaea, Symmetrischema*



Y otras más...

*Pérdida de rendimiento del cultivo o del valor de mercado de los tubérculos debido a la acumulación de patógenos, en ciclos sucesivos de cultivo (Thomas-Sharma et al., 2016)*

# Manejo integrado de semilla



1. Uso de variedades  
resistentes

Mejoramiento  
genético

2. Manejo de  
semilla en campo

Capacitación al  
agricultor

3. Compra y uso de  
semilla sana

Certificación

Thomas-Sharma et al., 2016

## **PARTE I. MANEJO INTEGRADO DE SEMILLA**

### **1. Uso de variedades resistentes**

# ¿Por qué resistencia a enfermedades viróticas y tizón tardío?



## Estrés biótico y abiótico por agroecología

Sub trópico  
bajo

Templado

Trópico alto

Árido  
Mediterráneo

### ESTRESES BIOTICO Y ABIOTICO

**PVY,PVX,PLRV**

Polilla  
TT  
Calor  
MB  
Sequia  
Salinidad  
Días cortos

**TT**

**PVY,PVX,PLRV**  
NQ  
Heladas  
Sequía  
**Afidos**  
Días largos

**TT**

Heladas  
Nematodo  
**PVY,PVX,PLRV**  
Gorgojo de  
los andes  
Días largos  
Días cortos

Polilla

**PVY,PVX,PLRV**  
Calor  
Alt + TT  
Salinidad  
Sequía  
Cortos a Largos  
Largos a cortos



TT: Tizón tardío; Alt:*Alternaria* sp.; MB: Marchitez bacteriana

NQ: Nematode del quiste

Fotografías: M. Gastelo

## Por ejemplo, clones enviados a Guatemala

Ord	CIP Number	Code	Pedigree		Tuber morphology				Resistance			Abiot stress Tolerance
			Female parent	Male parent	Skin color	Flesh color	Shape	eye depth	PVY	PVX	LB	
1	CIP309003.11	VHT-003.011	C91.612/REICHE	LD-73.17	cream	cream	oblong	shallow	R	R	R	
2	CIP309047.28	VHT-047.028	LD-54.20	C93.154	cream	white	oblong	shallow	R	R	MR	
3	CIP309074.123	VHT-074.123	LD-10.34	92.187	cream	cream	oblong	shallow	R	R	MR	
4	CIP309074.129	VHT4-07.129	LD-10.34	92.187	cream	cream	oblong	shallow	R	S	R	
5	CIP309080.60	VHT-080.060	LD-10.34	LD-57.20	cream	cream	long oblong	shallow	R	R	MR	
6	CIP309088.120	VHT-088.120	LD-30.6	LD-95.24	cream	cream	oblong	shallow	R	R	HR	
7	CIP309093.43	VHT-093.043	LD-32.25	C93.154	cream	cream	long oblong	shallow	R	R	MR	Drought
8	CIP309093.50	VHT-093.050	LD-32.25	C93.154	cream	cream	oblong	shallow	R	R	MR	
9	CIP309096.118	VHT-096.118	LD-32.25	LD-39.32	cream	cream	oblong	shallow	R	R	MR	Drought
10	CIP309103.85	VHT-103.085	LD-32.8	ZAREVO	cream	cream	oblong	shallow	R	R	MR	
11	CIP309126.64	VHT-126.064	LD-49.50	LD-39.32	cream	cream	long oblong	shallow	R	R	R	
12	CIP309131.16	VHT-131.016	LD-73.31	C93.154	cream	yellow	long oblong	shallow	R	R	MR	
13	CIP398017.53		391002.6	392639.31	Cream	Cream	Oval	shallow	ER		R	Heat
14	CIP304079.10		393075.54	Granola	Cream	Cream	Oval	shallow	ER	ER	R	Heat
15	CIP302533.40		393371.159	396272.43	Cream	Cream	Elliptic	shallow	ER	ER	R	Heat
16	CIP304081.44		393075.54	Monalisa	Cream	Cream	Oval	shallow	ER		R	Heat

## Ventajas

- Reducción de pérdidas por degeneración
- Precocidad
- Altos rendimientos
- Reducción de uso de plaguicidas
- Buena adaptación a diferentes zonas ecológicas



## **PARTE I. MANEJO INTEGRADO DE SEMILLA**

### **2. Manejo de semilla del agricultor en campo**

1. Selección positiva
2. Selección negativa
3. Parcela de semilla
4. Almacenamiento adecuado
5. Limitaciones

# 1. Selección positiva - Pasos

Gildemacher et al., 2011

## 1. Selección del campo de cultivo



- No se haya sembrado papa o en descanso.
- Se haya usado la mejor semilla
- Se haya hecho todas las labores agrícolas necesarias en el momento oportuno.

## 2. Marcación de las mejores plantas

- Plantas con tallos y hojas sanas.
- Plantas robustas con tallos gruesos.
- De la misma variedad.



### 3. Corte del follaje



- Corte dos semanas antes de la cosecha.
- Primero las plantas marcadas.
- Sacar el follaje.

### 4. Cosecha de plantas marcadas

- Cosechamos las plantas marcadas.
- Hacemos la selección de tubérculos
- Separamos para evitar que se mezclen



## 5. Selección y clasificación de los tubérculos



- Escoger los tubérculos sanos
- Tamaño mediano
- Tubérculos uniformes

## 6. Almacenamiento de la semilla

- Almacenamos bajo techo en ambientes limpios y ventilados
- Fomentamos el verdeado.



## 2. Selección negativa (*roguing*)

- Consiste en identificar y eliminar las plantas de papa atípicas
  - Síntomas viróticas
  - Plantas marchitas
  - Mezclas
  - Otros



### 3. Parcela de semilla

- Uso de semilla de la mejor calidad posible, idealmente certificada
- Realizar selección positiva o negativa



Bryan 1983

Parcela para semilla  
proveniente de  
selección positiva



Parcela de  
producción  
comercial

## 4. Almacenamiento adecuado

- Almacén de luz difusa
- Protegido
- Fomenta el verdeado
- Uso de plantas repelentes



## 5. Limitaciones del manejo de semilla en campo de agricultores

El manejo en campo se dificulta cuando:

- La semilla del agricultor esta muy degenerada
- El agricultor ha perdido su semilla por desastres naturales



L. Salazar

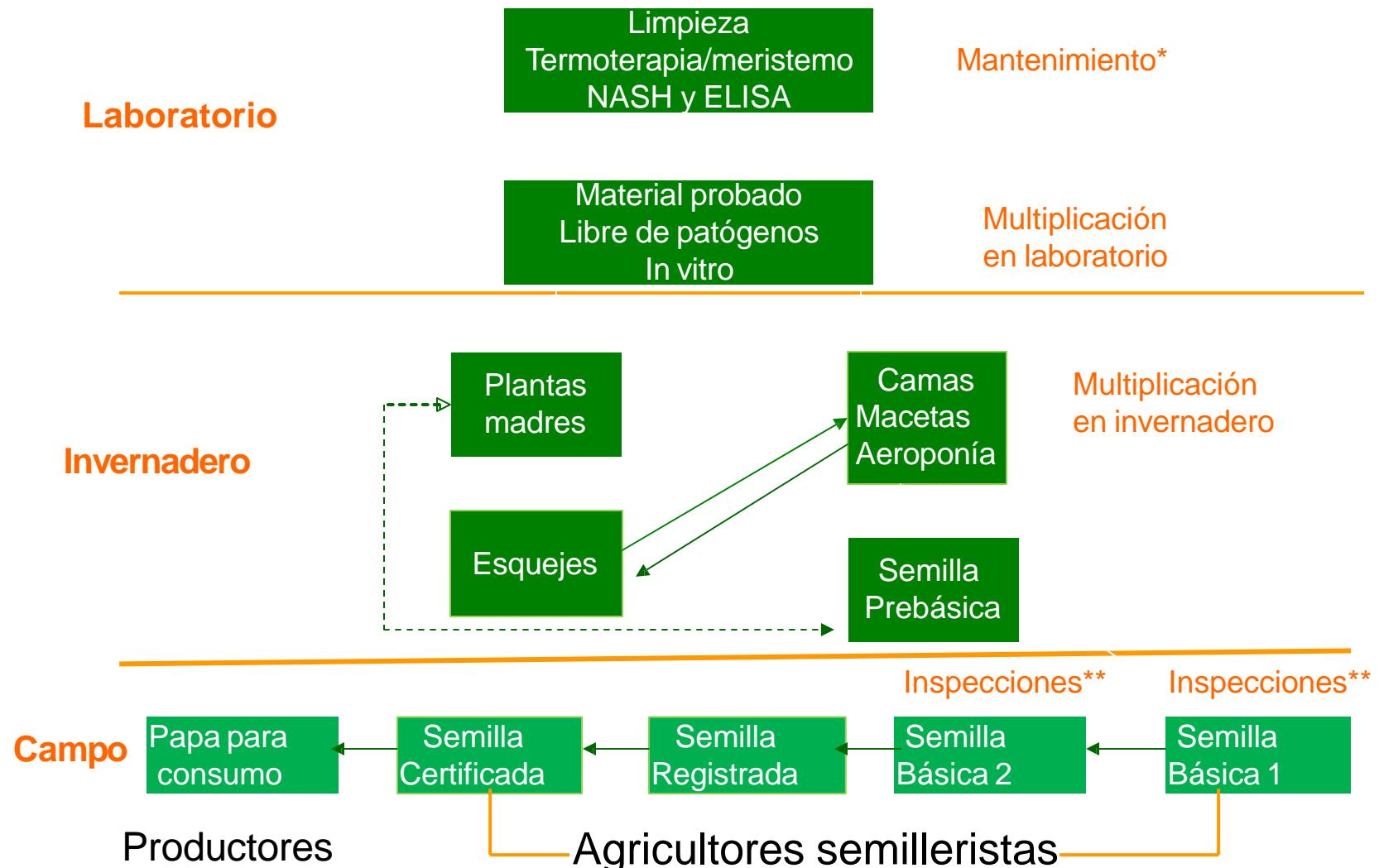


## PARTE I. MANEJO INTEGRADO DE SEMILLA

### 3. Uso de semilla sana

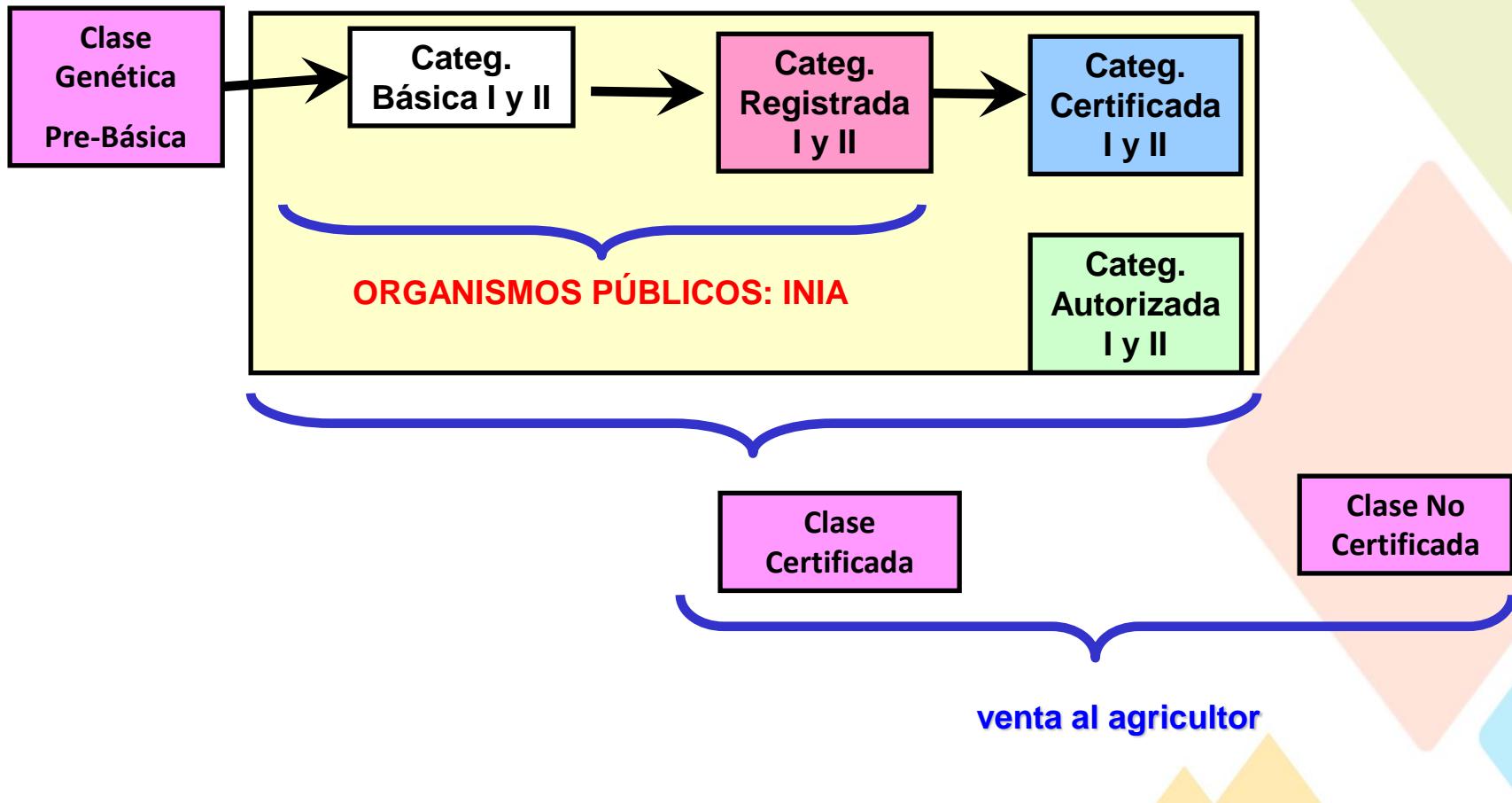
1. Esquema de producción de semilla
2. Producción *in vitro*
3. Diagnóstico de virus
4. Técnicas de multiplicación rápida
  - 4.1. Producción de esquejes
  - 4.2. Producción de semilla pre básica
5. Selección clonal
6. Regulaciones
7. Limitaciones

# 1. Esquema de producción de semilla (ejemplo de Perú)



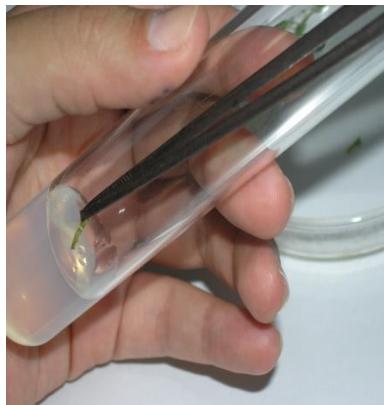
Control de calidad NASH y ELISA, \*\* NASH y ELISA optional

# Clases y categorías (ejemplo de Perú)



Reglamento de la Ley General de Semillas, Perú

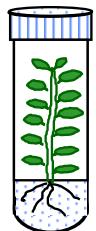
## 2. Multiplicación *in vitro*



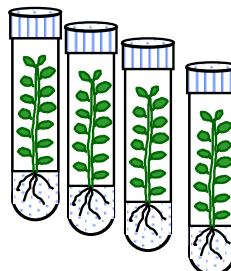
Fotografías: A. Panta

# Protocolo de eliminación de virus de papa

Plántula virus positiva



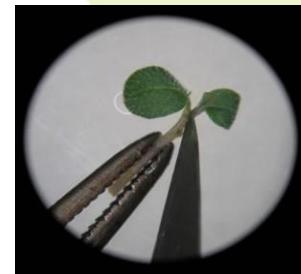
Multiplicación para termoterapia  
(1 mes)



Termoterapia



Aislamiento de meristemo



Planta libre de virus

32-34°C  
(1 mes)

Diagnosis para virus y viroide (3.5 meses)

NASH para PSTVd  
ELISA para 10 virus  
Rango de huéspedes

Multiplicación para diagnosis  
(1 mes)

Cultivo de meristemos



2 – 3 meses

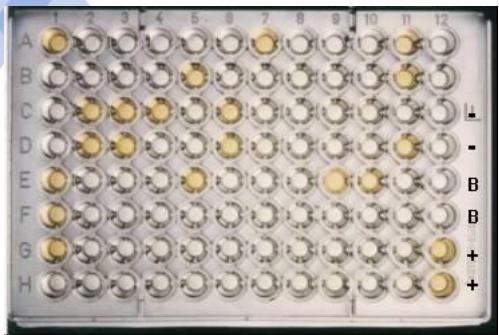
Meristemo (0.2-0.3 mm)

# Sistema autotrófico hidropónico (SAH)

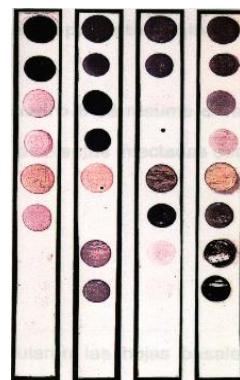


Rigato et al., 2001

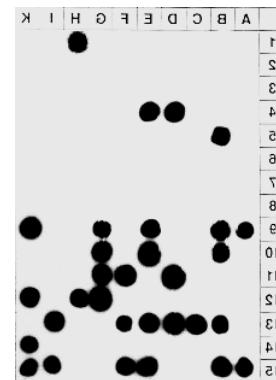
### 3. Diagnóstico de virus



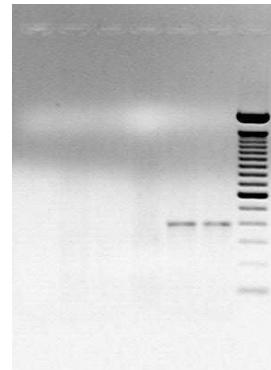
DAS-ELISA



NCM-ELISA



NASH



PCR

Small RNA sequencing and assembly

Rango plantas indicadoras



Síntomas Visual en plantas de papa



Salazar, 1996

# Virus y viroides evaluados

## Prueba de hibridación de ácidos nucleicos (NASH)

- Viroide del tubérculo ahusado de la papa (PSTVd)
- Virus T de la papa (PVT)

## Prueba serológica(ELISA)

- Virus del enrollamiento de la hoja (PLRV)
- Virus Y de la papa (PVY)
- Virus S de la papa (PVS)
- Virus X de la papa (PVX)
- Virus moteado andino de la papa(APMoV)
- Virus latente andino de la papa (APLV)
- Virus A de la papa (PVA)
- Virus M de la papa (PVM)

## 4. Técnicas de multiplicación rápida

4.1. Producción de esquejes (Bryan et al., 1983; Hidalgo 1999)

4.1.1. Esquejes de tallo lateral

4.1.2. Esquejes de tallo juvenil

4.1.3. Esquejes de tallo adulto

4.1.4. Esquejes de brote de tubérculo

4.2. Producción de minitubérculos

4.2.1. Convencional

4.2.2. Aeroponía

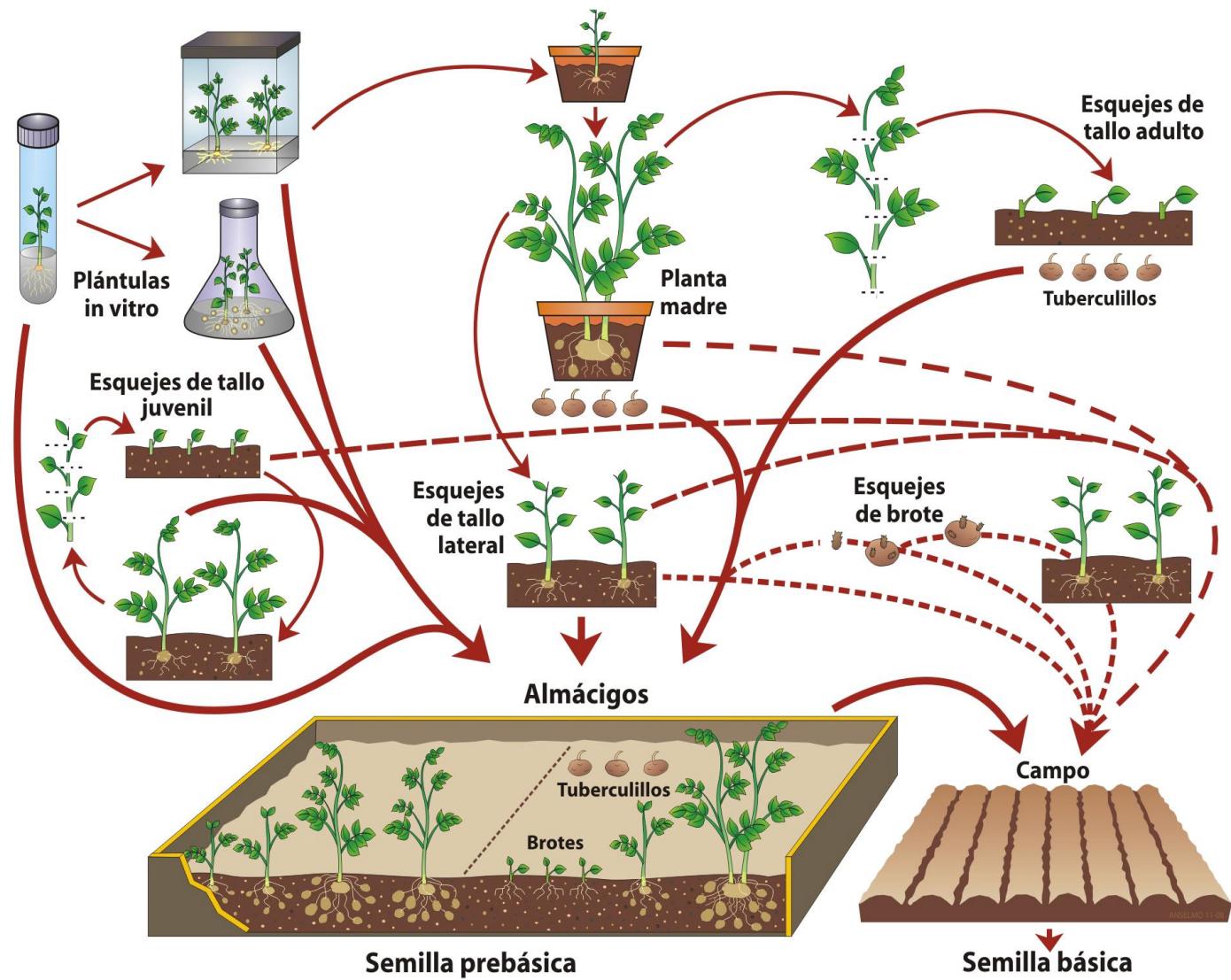
4.2.3. Arenoponía

4.2.4. Lámina de nutrientes

4.2.5. Agua profunda

Para comparación de técnicas, véase  
Mateus et al. (2013)

# Esquema general

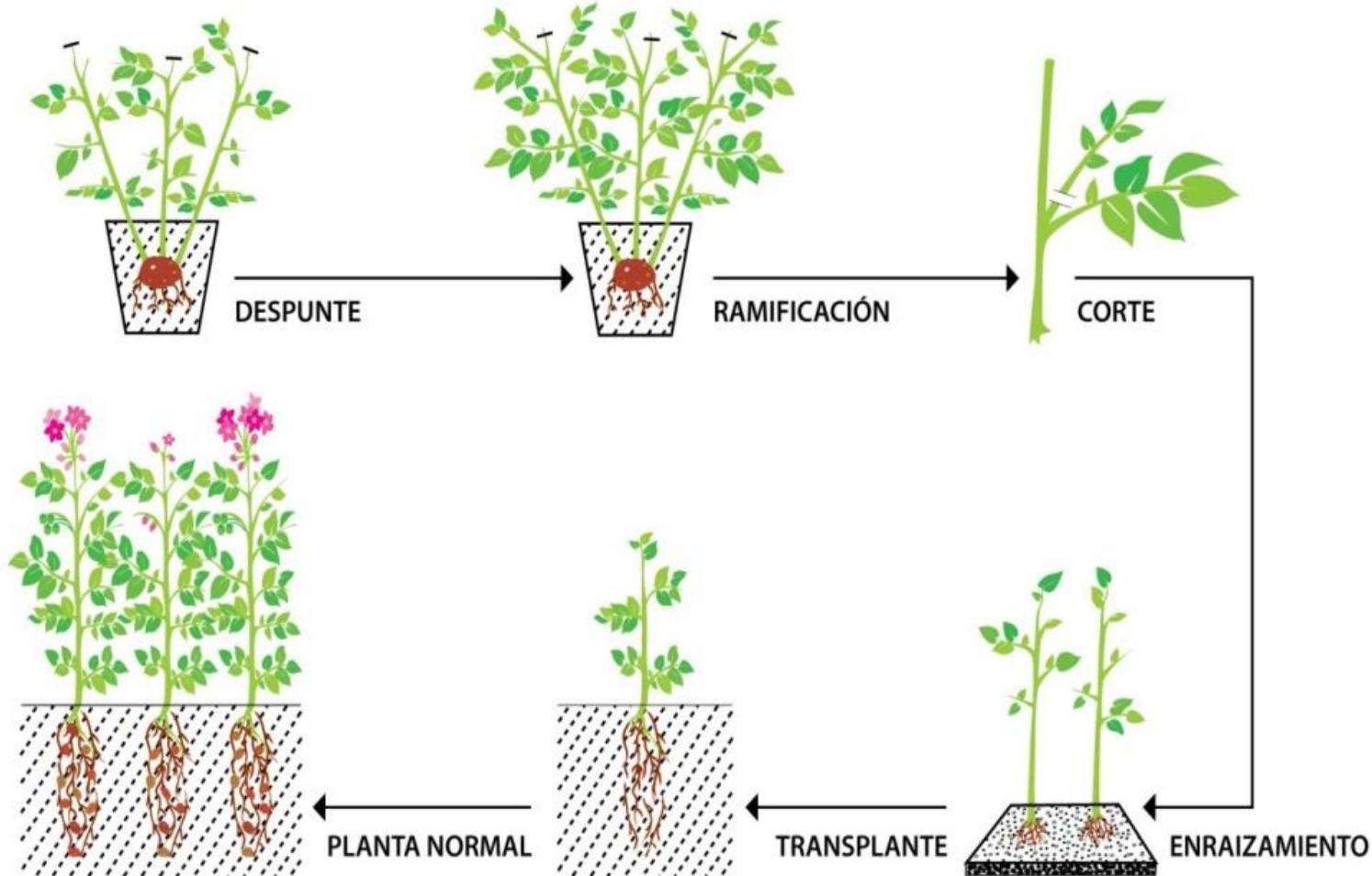


# Objetivos

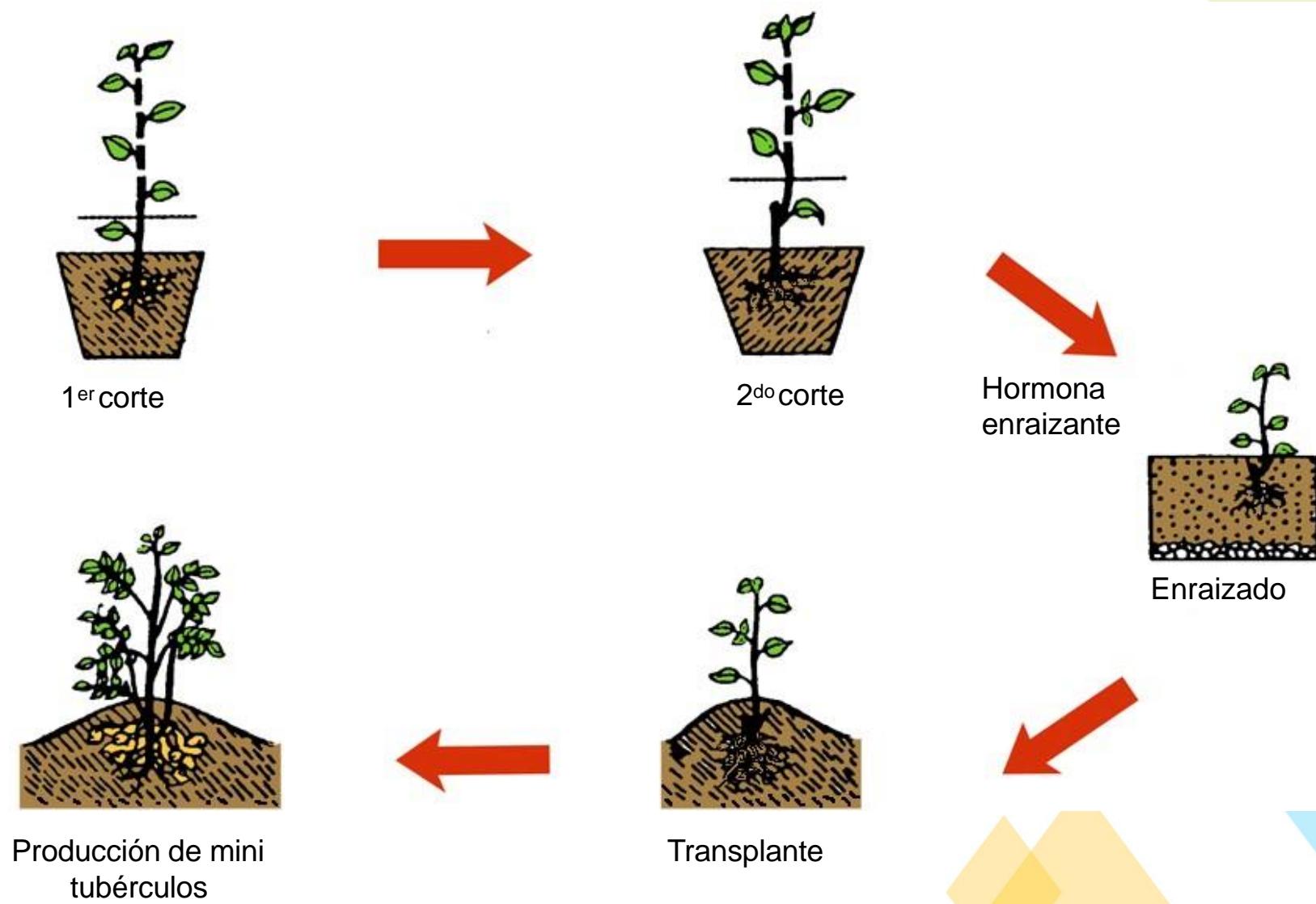
- Alcanzar altos índices de multiplicación en corto tiempo
- Asegurar la calidad sanitaria de la nueva semilla
- Reducir los costos de producción
- Renovar la semilla rápidamente en caso de degeneración o de catástrofes
- Diseminar nuevas variedades



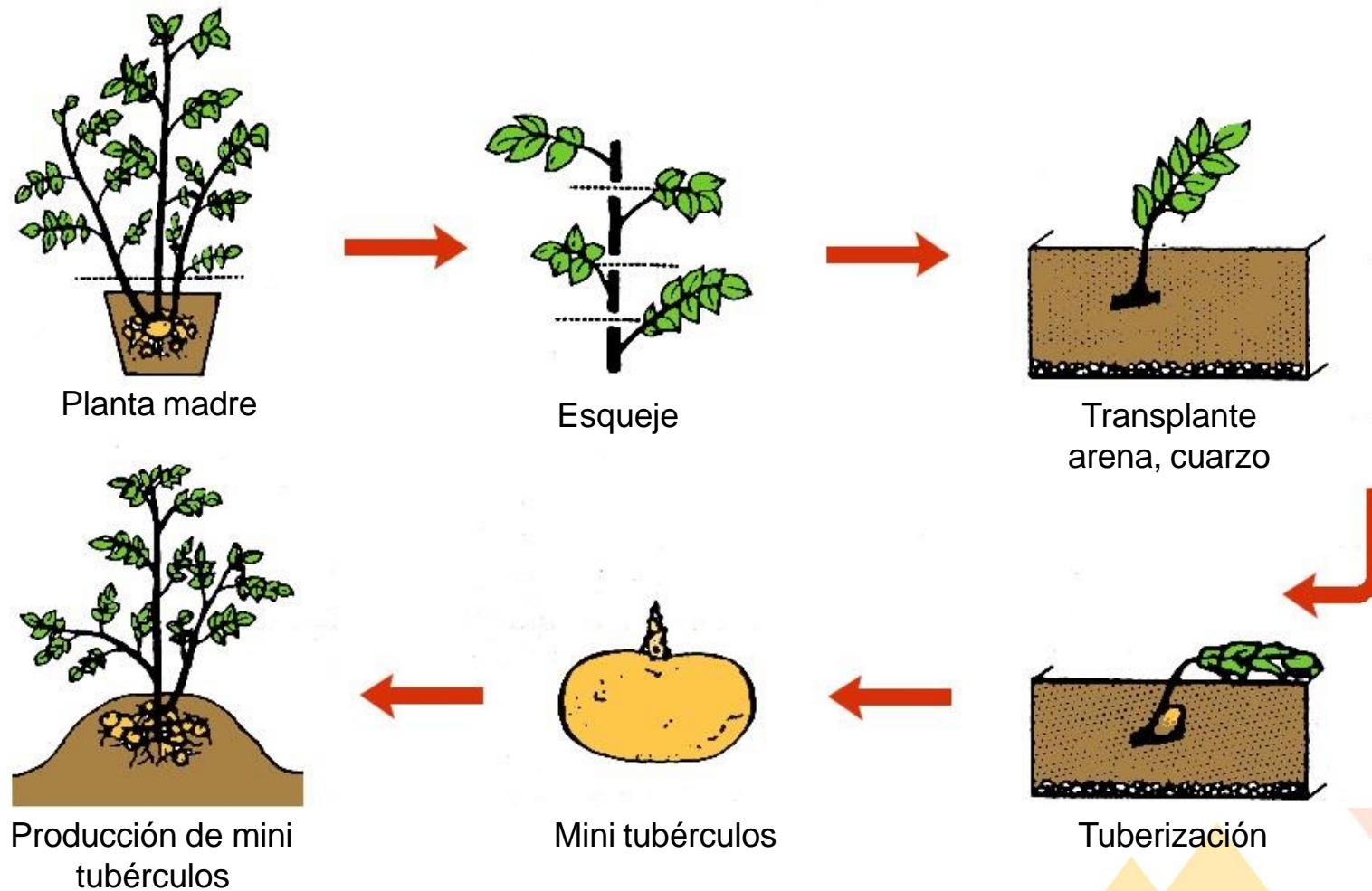
## 4.1.1 Esquejes de tallo lateral



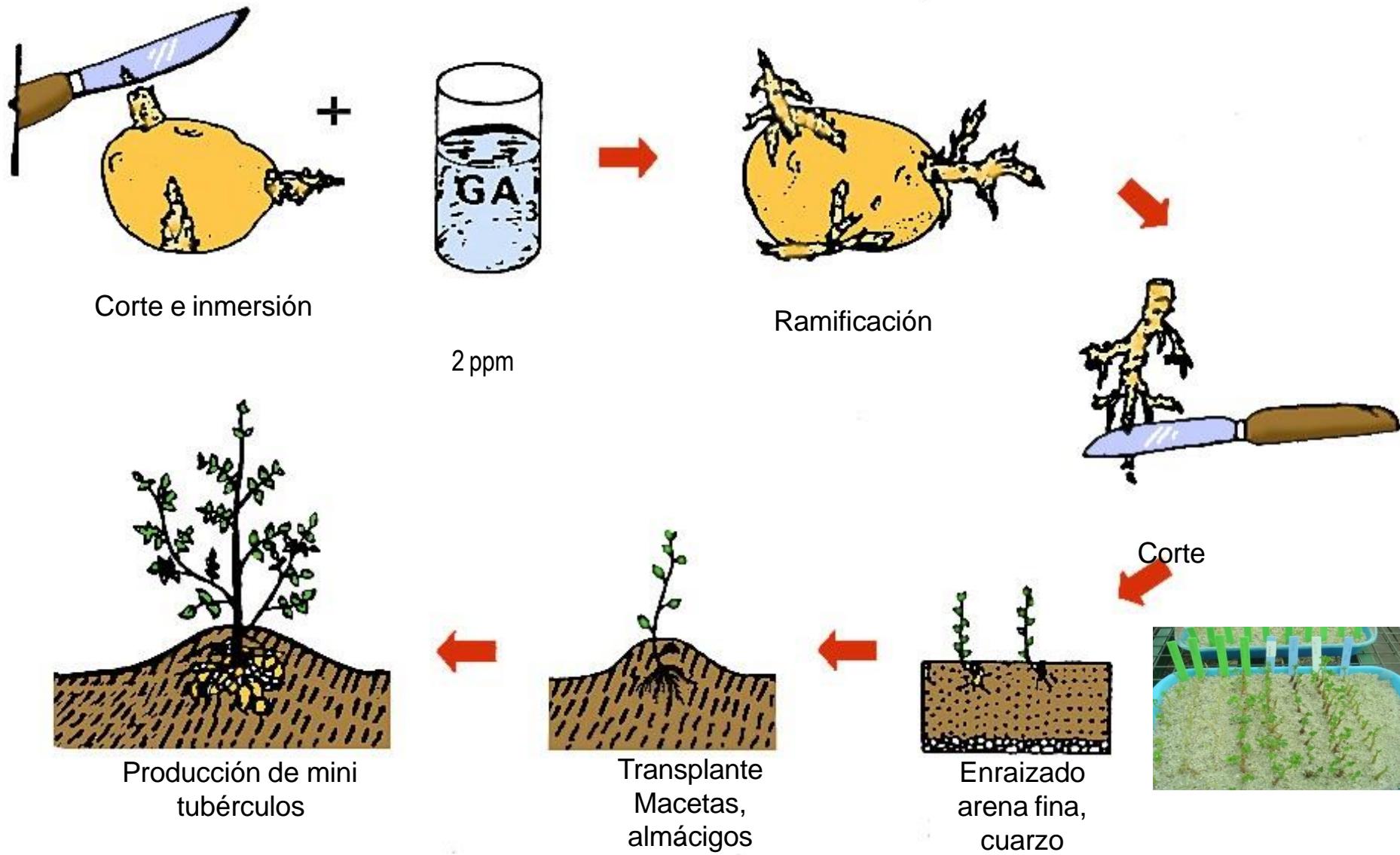
## 4.1.2. Esquejes de tallo juvenil



## 4.1.3. Esquejes de tallo adulto



## 4.1.4. Esquejes de brotes



## 4.1.4. Esquejes de brotes



# Una nueva mirada al uso de esquejes

- Kenia <https://cgospace.cgiar.org/handle/10568/100646>
- Vietnam <http://www.sunrisepotato.com/learn-more/on-farm-technologies/> (vea “On-farm Rapid Multiplication of Potatoes – The Vietnam Story”)
- Ecuador: <http://www.agricultura.gob.ec/agricultores-experimentan-nueva-manera-de-sembrar-papas/>

## 4.2. Producción de minitubérculos (semilla pre básica)

- 4.2.1. Convencional
- 4.2.2. Aeroponía
- 4.2.3. Arenoponía
- 4.2.4. Lámina de nutrientes
- 4.2.5. Agua profunda

## 4.2.1 Producción convencional

Consiste en sembrar las plántulas *in vitro* en un sustrato esterilizado, ya sea usando macetas o camas. Con esta tecnología se logra una producción de 5 a 10 minitubérculos por planta.



Hidalgo, 1999

## 4.2.2 Aeroponía

Las raíces de las plantas, estolones y tuberculillos crecen suspendidos en el aire, dentro de cajones cerrados, o *módulos*, totalmente oscuros, con alta humedad y son fertilizados mediante una solución nutritiva, que es nebulizada y recirculada. Se puede obtener más de 100 minitubérculos por planta.



## 4.2.3. Arenoponía

Técnica simple, de fácil adopción, usa sustratos sólidos inertes, en donde las raíces se sostienen. Estos sustratos necesitan ser lavados y/o desinfectados. Los nutrientes son provistos a través de una solución nutritiva que no recircula. No requiere de energía eléctrica y se puede obtener entre 10 y 12 minitubérculos por planta.



## 4.2.4. Lámina de nutrientes (*nutrient film technique, NFT*)

Las raíces de las plantas crecen en una serie de canales cubiertos por una lámina de plástico, apoyados en una estructura, a través de los cuales recircula una solución de nutrientes. Se pueden obtener hasta 20 minitubérculos por planta.



## 4.2.5. Agua profunda

Las plántulas se siembran en macetas o módulos que contienen una solución nutritiva. Las raíces son oxigenadas mediante un compresor. Al momento esta técnica está siendo probada para multiplicación de clones.



## 5. Selección clonal

Selección positiva y negativa  
aplicada de manera sistemática  
para la producción de semilla  
certificada.

1<sup>a</sup> multiplicación  
8 clones – 8 plantas

80 tubérculos  
prebásica 1

2<sup>a</sup> multiplicación  
7 clones – 70 plantas

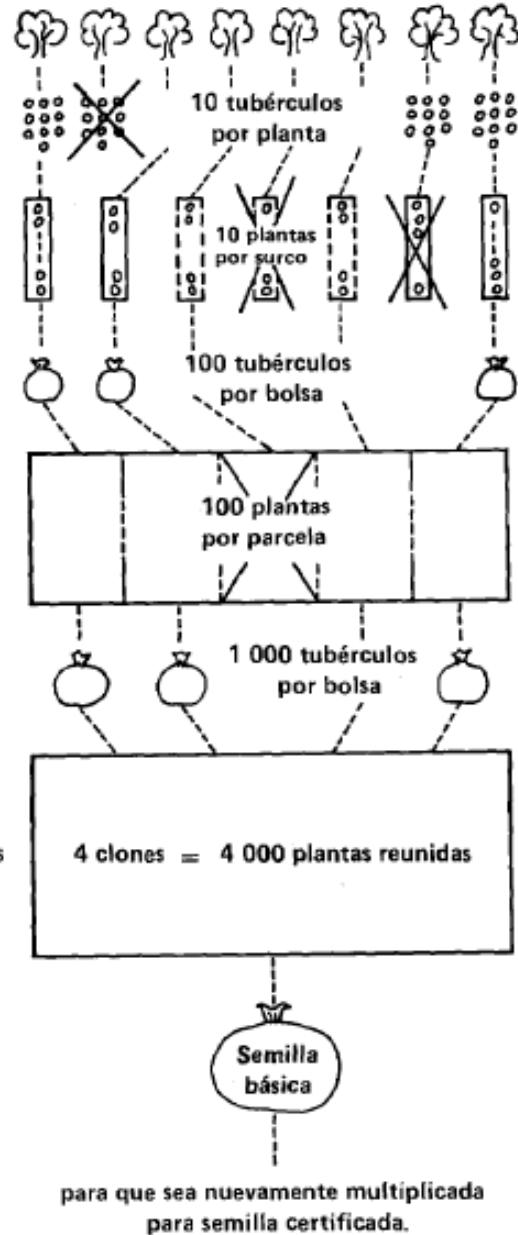
500 tubérculos  
prebásica 2

3<sup>a</sup> multiplicación  
5 clones – 500 plantas

4 000 tubérculos  
prebásica 3

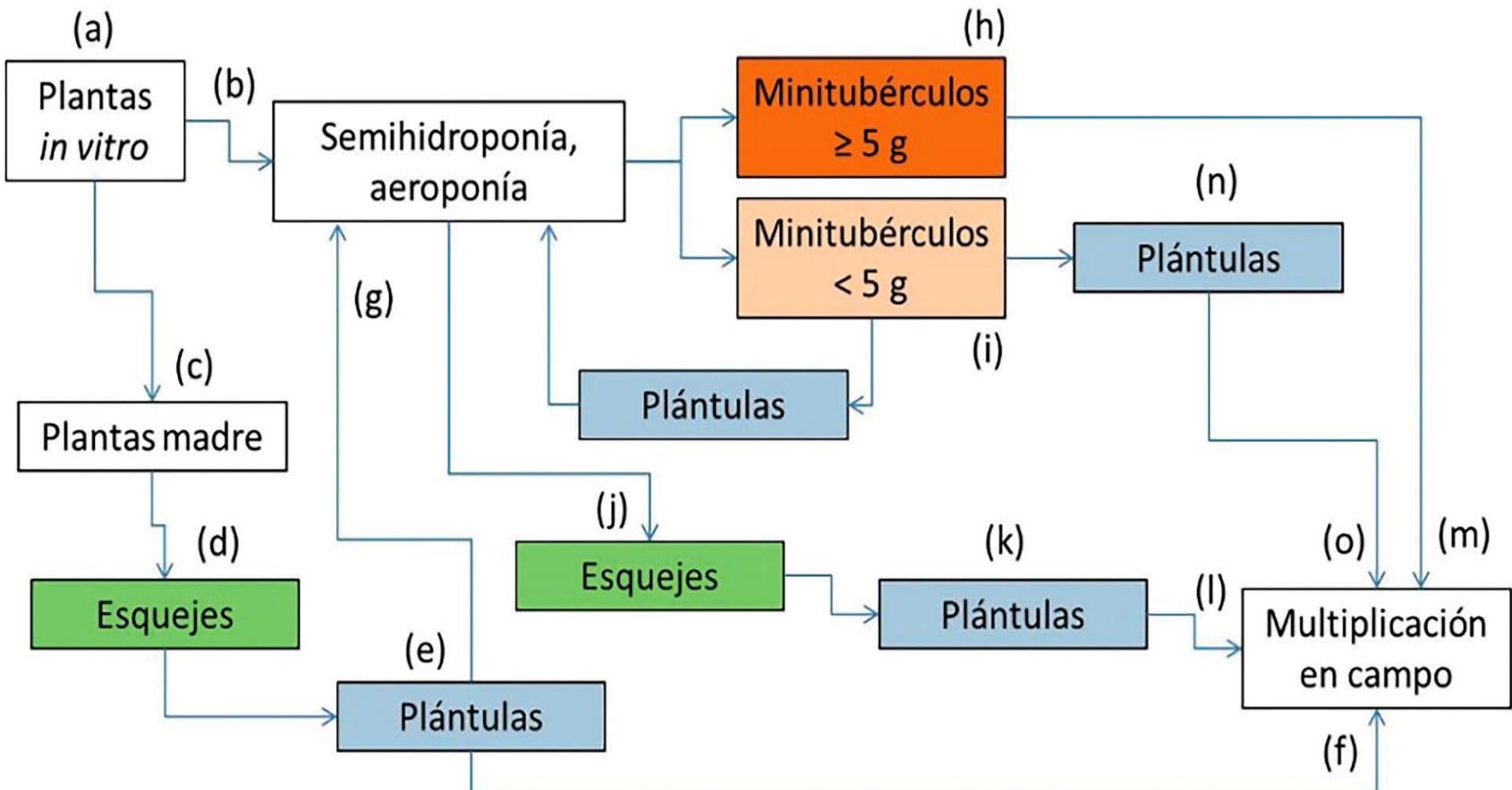
4<sup>a</sup> multiplicación  
4 clones – 4 000 plantas

40 000 tubérculos  
semilla básica



Bryan 1981

# Sistema integrado de producción de minitubérculos



## **PARTE II**

# **HERRAMIENTAS PARA ESTUDIAR Y MEJORAR A LOS SISTEMAS DE SEMILLAS**

1. Caja de herramientas
2. Ejemplos

# Raíces, tubérculos y bananas



Banana,  
plátano



Yuca



Papa



Camote



Ñame



Otras R&T

# Caja de Herramientas



<https://tools4seedsystems.org/>



- ✓ Probadas en condiciones de campo
- ✓ Hoja descriptiva
- ✓ Guia de usuario
- ✓ Artículo científico
- ✓ Materiales de comunicación
- ✓ Apoyo técnico

# Cadena de valor de semilla



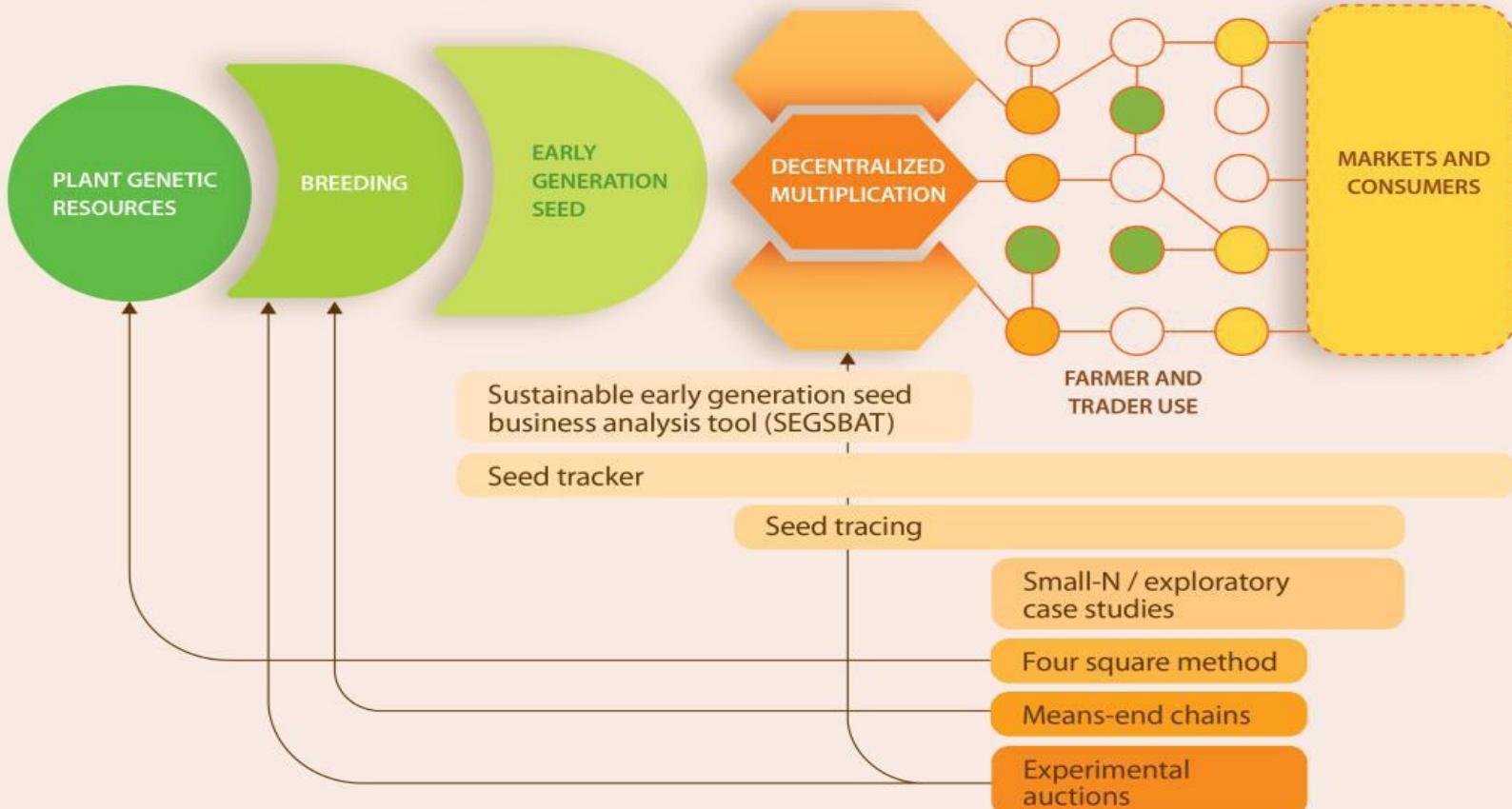
# Cadena de valor de semilla

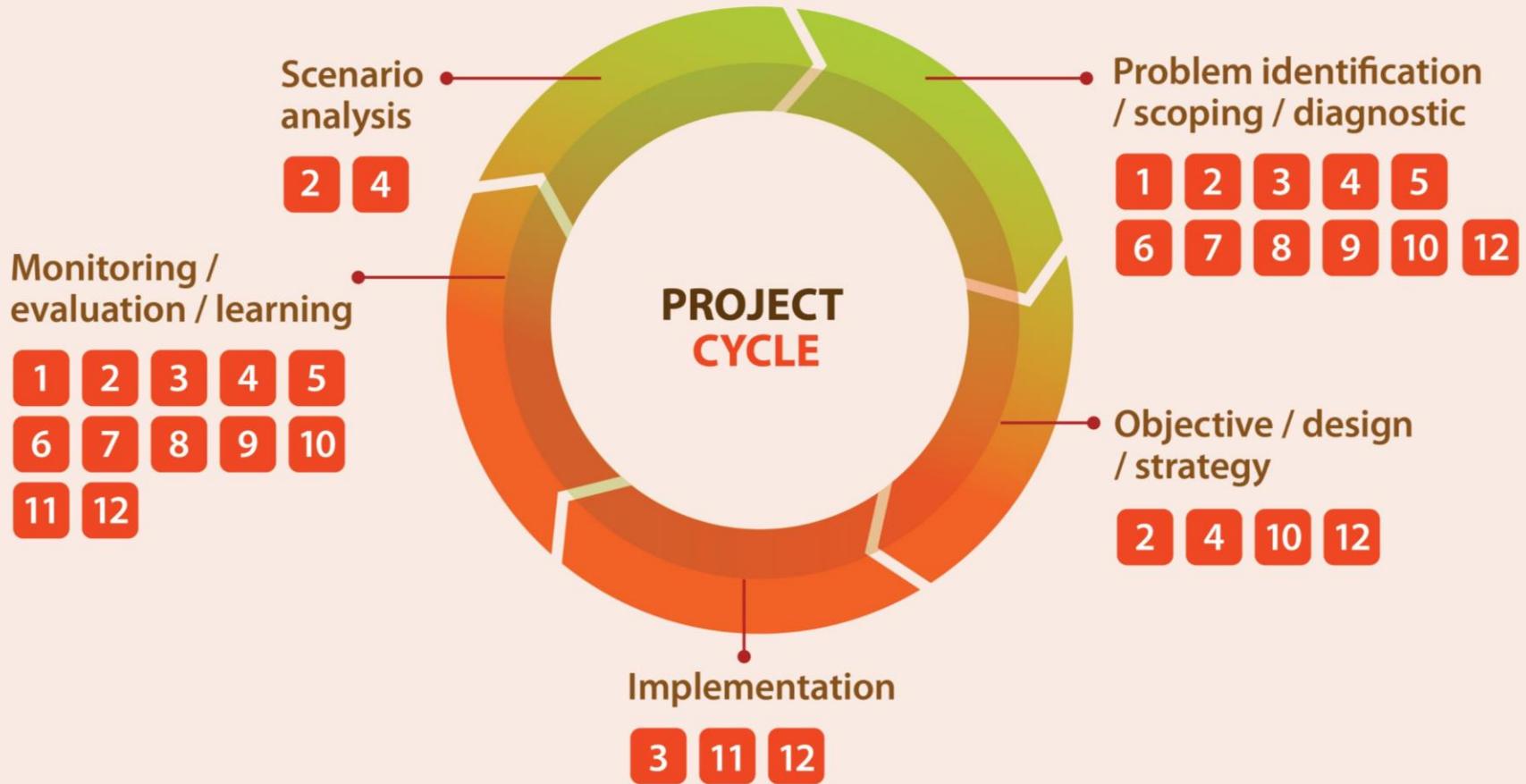
Seed regulatory policy analysis

Multi-stakeholder framework

Impact network analysis (INA)

Integrated seed health approaches



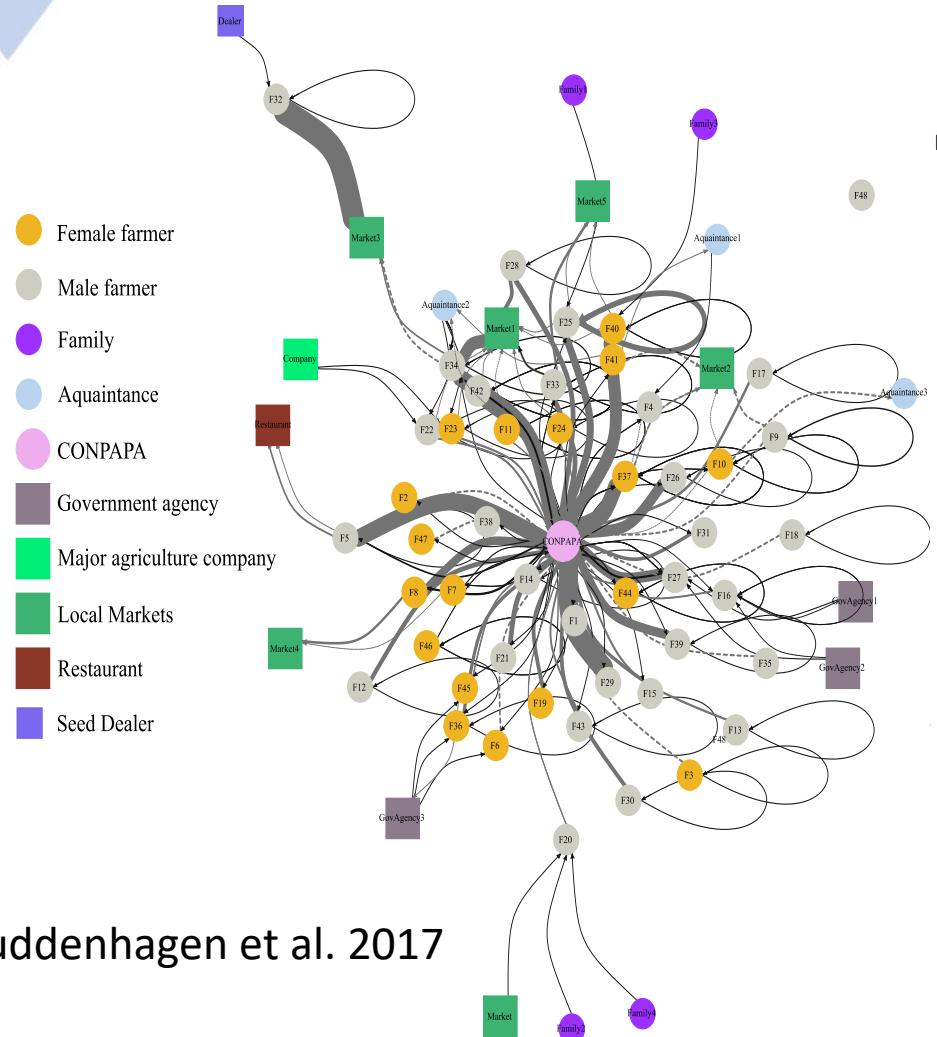


- 
- |   |   |
|---|---|
| 1. Multi-stakeholder framework                  | 7. Four-square method                               |
| 2. Impact network analysis                      | 8. Means-ends-chains                                |
| 3. Seed tracker                                 | 9. Experimental auctions                            |
| 4. Integrated seed health approaches and models | 10. Seed regulatory policy analysis                 |
| 5. Seed tracing                                 | 11. Sustainable early generation seed business tool |
| 6. Small-N / exploratory case studies           | 12. Gender analysis tools                           |

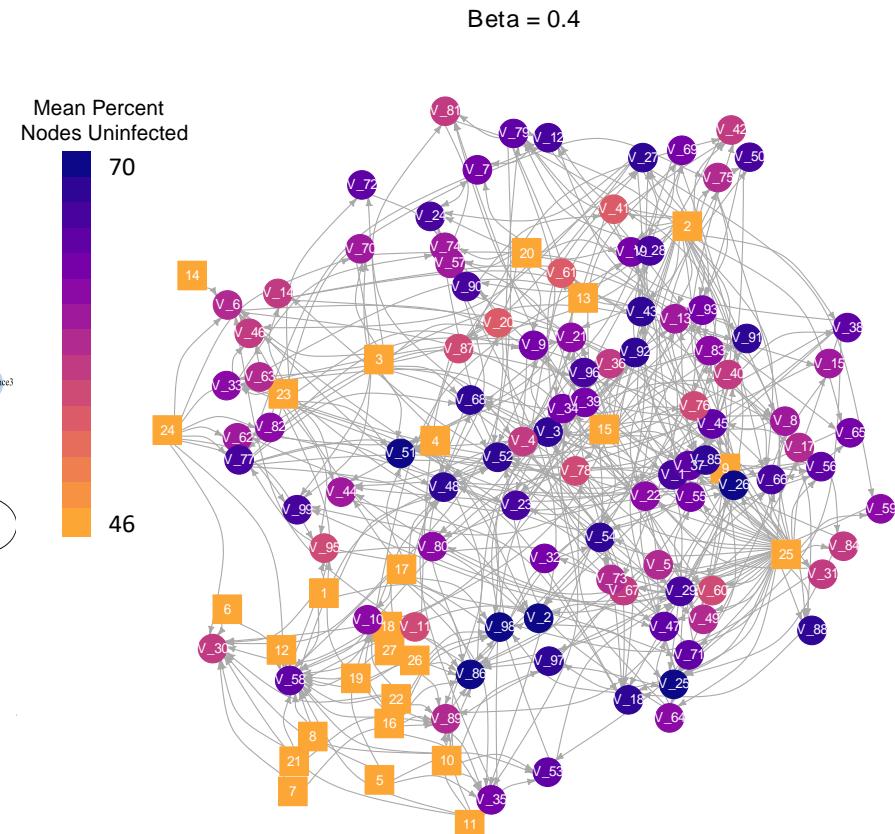
# Ejemplo 1: Marco conceptual para analizar sistemas de semilla

Stakeholder	Availability/ supply	Accessibility			Quality	
		Delivery channel features	Affordability/ profitability issues	Info to create awareness & demand	Variety (incl. biodiversity)	Health, genetic purity, physiological age, and physical quality
Policy makers						
National research						
International research						
Traders (local markets)						
Specialized seed producers						
Farmer organizations						
NGOs & national extension						
Private food sector						
Seed users						
Others						

# Ejemplo 2. Análisis de redes de impacto



Buddenhagen et al. 2017



Andersen et al. 2019

# Ejemplo 3. Seed Tracker

The image shows the homepage of the Seed Tracker website. At the top, there is a navigation bar with links for Home, Overview, Applications, Team, FAQs, and Contact. The main heading "Seed Tracker™" is displayed with a logo of a seed inside a circle with three arrows. Below the logo, the tagline "Track & manage seeds with Seed Tracker™" is shown. A paragraph describes the program's features: "Seed Tracker™ is a fully featured program for real-time tracking of seed production, including pre-planting planning, registration of seed fields, crop management, harvesting, quality assessment and quality assertion." To the right, there are three mobile phone screens demonstrating the app's interface. One screen shows a map of the world with a location pin in Europe. Another screen shows a community feed with a photo of two people in a field. The third screen shows a management tools section with a photo of a woman in a green shirt working in a field.

<http://seedtracker.org/>

# CONCLUSIONES

1. El manejo integrado de semilla considera tres componentes:
  - a) uso de variedades resistentes a los patógenos que causan degeneración
  - b) manejo de la semilla en finca
  - c) uso de semilla limpia
2. Se dispone de metodologías (herramientas) que permiten estudiar los sistemas de semillas existentes y mejorarlos. Un grupo de especialistas puede dar apoyo a que sus proyectos tengan mayores impactos.

# Agradecimiento



RESEARCH  
PROGRAM ON  
Roots, Tubers  
and Bananas

Alliance



CGIAR Trust Fund contributors': <https://www.cgiar.org/funders/>

Este proyecto forma parte de



Financiado por  
la Unión Europea

Agencias implementadoras



Entidades solicitantes



# Papa, Familia y Clima

Proyecto Regional



## Gracias por su atención

Jorge Andrade-Piedra

[j.andrade@cgiar.org](mailto:j.andrade@cgiar.org)

Centro Internacional de la Papa (CIP)

---

*Serie de Seminarios virtuales "BPA-CI en sistemas  
agroalimentarios andinos basados en papa"*

2021