



MAESTRÍA EN  
GENÉTICA VEGETAL  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO  
INTA

 **ALAG**  
6 AL 9  
DE OCTUBRE 2019  
MENDOZA, ARGENTINA

# Mejoramiento genético de la zanahoria



Ing. Agr. María Soledad Alessandro  
EEA La Consulta INTA  
[alessandro.maria@inta.gob.ar](mailto:alessandro.maria@inta.gob.ar)

# Programa Mejoramiento Genético Zanahoria del INTA



'60: Ing. José Crnko y Ing. Jorge Lona

'80: Ing. Ruben Oliva

'90: Ing. Claudio Galmarini y Pedro Della Gaspera

A partir 2003: Ing. María Soledad Alessandro, Ing. Graciela Cuesta, Ing.  
Pablo Cavagnaro

No hay empresas privadas que realicen mejoramiento genético en el país.  
Se importan cultivares o se realiza mejoramiento en sector público (INTA o  
Universidades)



# Situación zanahoria en Argentina

Se cultivan entre **7000** y **9000 ha** con zanahoria.

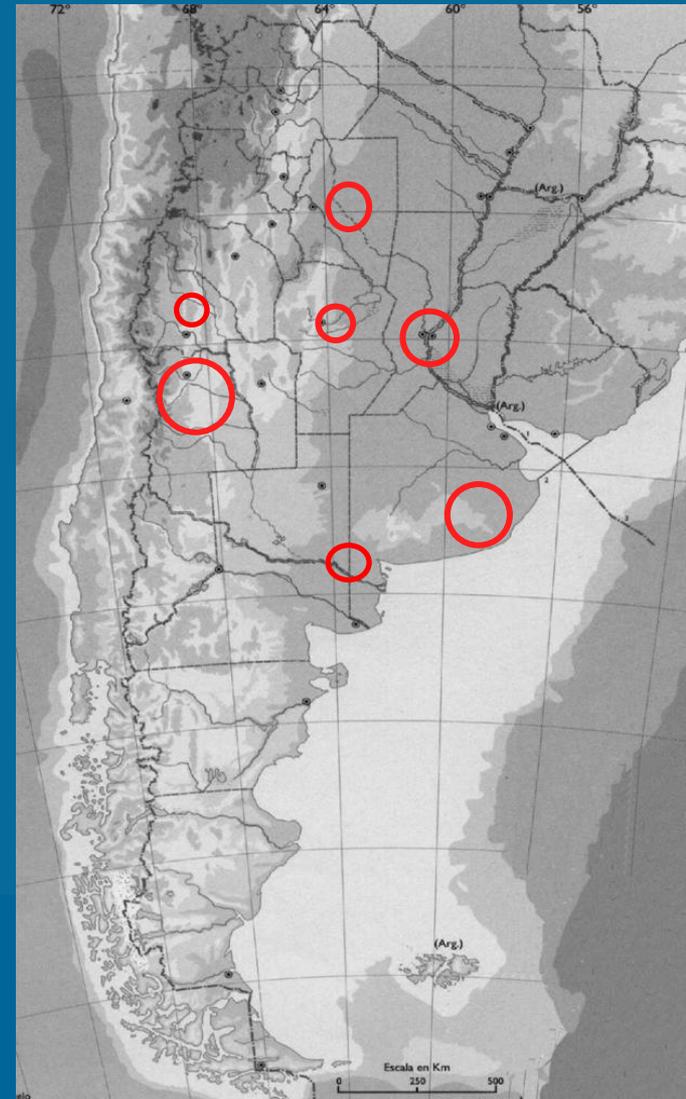
**230.000 tn**: cubre mercado interno y pequeño volumen X.

Mercado en fresco

Deshidratado y otros procesos

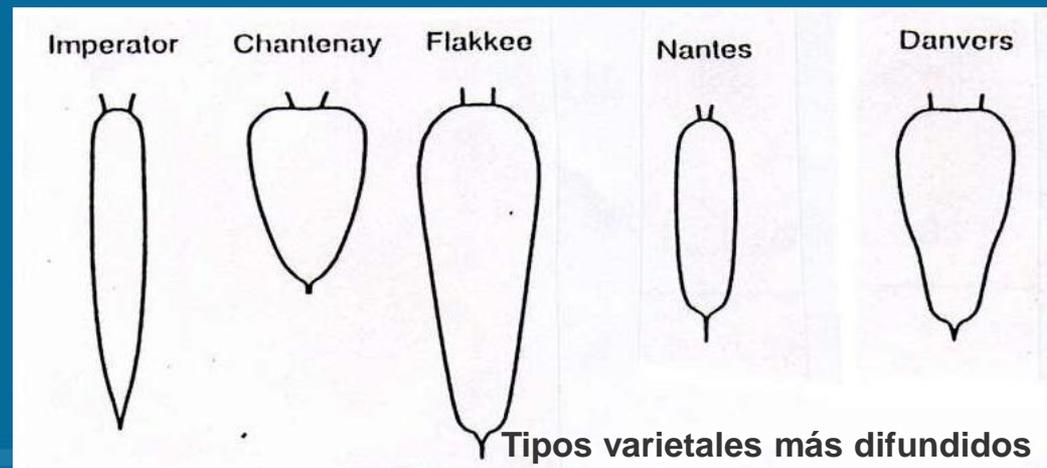
Principales zonas productoras:

- Mendoza (36%)
- Buenos Aires (21%)
- Santa Fé (19%)
- Santiago del Estero (16%)
- Córdoba y San Juan



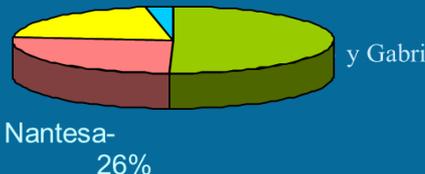
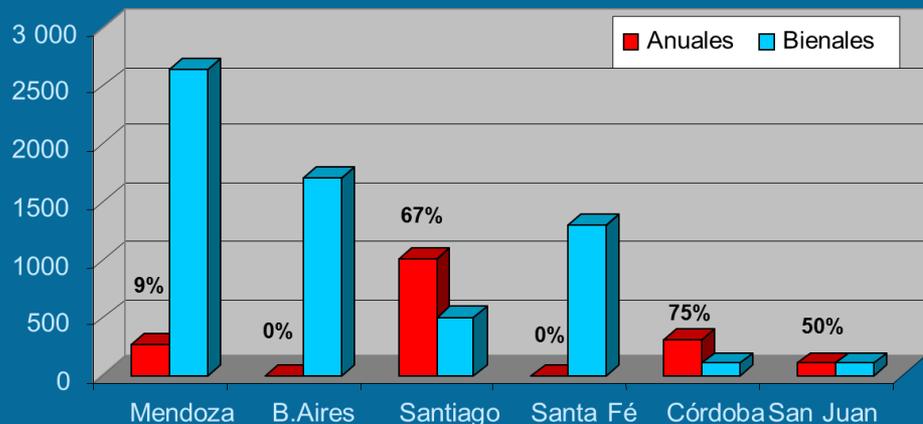
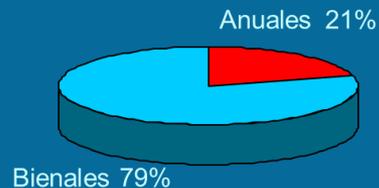
Los cultivares de zanahoria pueden clasificarse:

1. Según sus requerimientos horas de frío para florecer en anuales o bienales.
2. Según la forma de sus raíces en distintos tipos varietales.
3. Según su constitución genética en híbridos o variedades de polinización abierta (VPA)



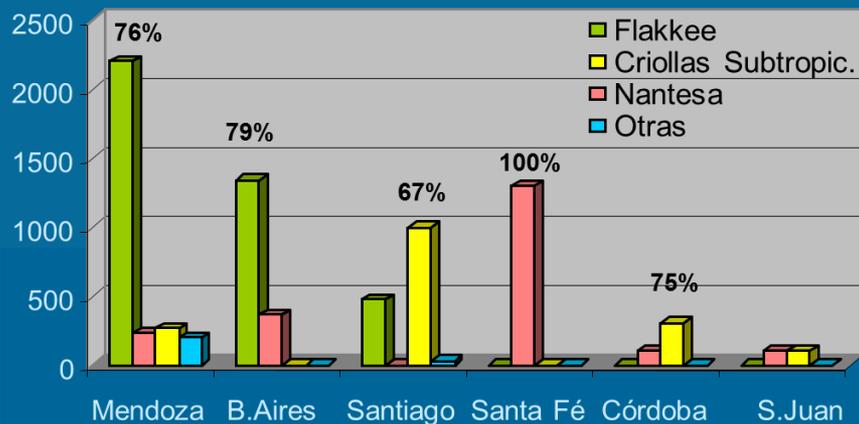
## Cultivares según requerimientos de vernalización

% superficie cultivada en Argentina



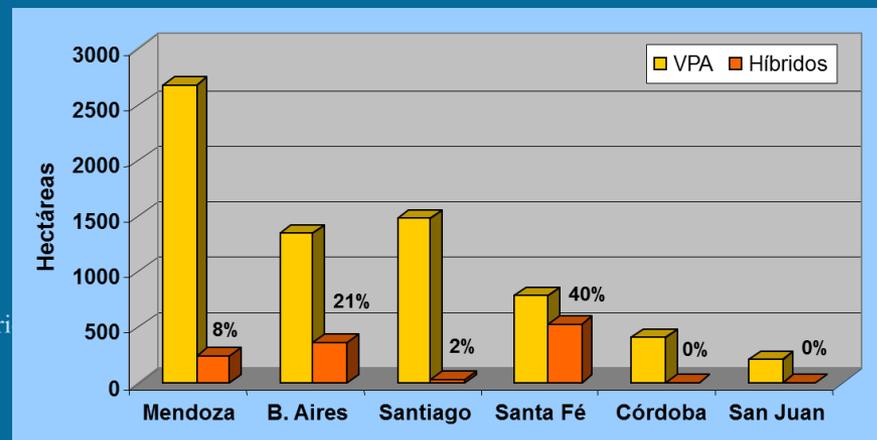
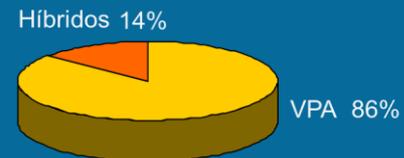
## Cultivares según tipo varietal

Nantesa-26%



## Cultivares según constitución genética

% superficie cultivada en Argentina



(Alessandro y Gabriel, 2002)

## Ultimos años

+Híbridos +Nantesas

Lavado y Poscosecha

Siembra neumática

Cosecha mecánica

# Programa Mejoramiento Genético Zanahoria del INTA



## Objetivos

- 1) Obtener y mantener cultivares anuales y bienales para el mercado fresco.

Variedades de polinización abierta

# Caracteres de importancia

## Rendimiento

-**Tamaño, peso y forma:** existe variación genética, aunque alta influencia ambiental.

-**Tasa de crecimiento:** precocidad.

-**Establecimiento parte aérea:** temprano.

-**Eliminación Defectos:**

**Floración prematura:** requerimientos vernalización. Anuales – Bienales.  
Controlada por 2 genes, dominancia anualidad.

**Raíces rajadas:** controlada por factores genéticos y ambientales.

**Hombros verdes:** variación genética.

**Raíces laterales.**

## Color

Se encontró variabilidad genética en cantidad y tipo de carotenoides en raíz (Buishand y Gabelman, 1980).

Raíz blanca → raíz naranja: al menos 3 genes

Dentro categoría naranja muchos más genes.

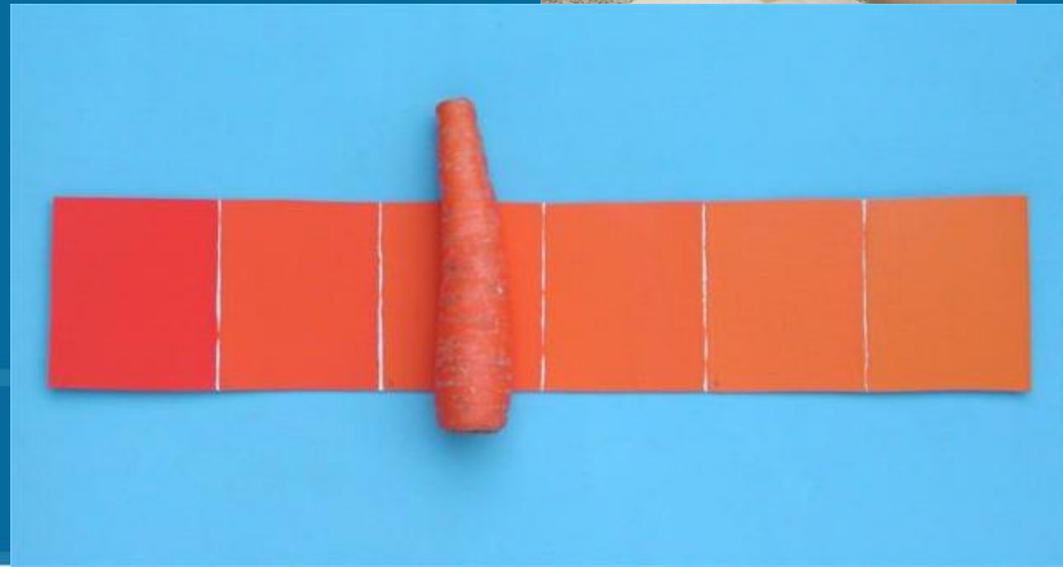
VPA 80 – 300 ppm carotenos en peso fresco.



Selección visual: hasta 300 ppm.

Híbridos 150 – 300 ppm

Elimino defectos color.



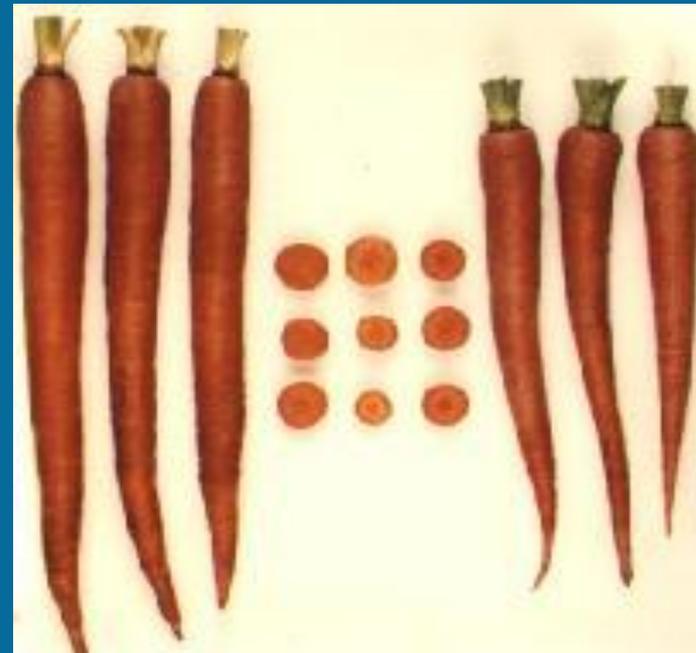
Determinación de carotenos totales: espectrofotometría

Identificación tipos carotenos: HPLC

Obtención materiales hasta 500 ppm carotenos.



A-plus: 150 ppm



Beta III: 280 ppm

HCM: 500 ppm

## Sabor

Azúcares: glucosa, fructosa y sucrosa

gen Rs controla relación azúcares reductores/sucrosa

Rs\_ relación alta: malo para zanahoria frita

bueno para zanahoria fresca

Terpenoides: alta variabilidad genética 5 – 200 ppm

deseable 20 – 50 ppm

herencia multigénica

Isocumarina: variabilidad genética pero alta influencia ambiental (almacenaje frío prolongado, con etileno).

Panel de degustadores entrenados

# Cultivares para el mercado fresco.



## Beatriz INTA

- Zanahoria tipo Flakkee.
- Siembra otoño – invernal.
- Buen color y muy dulce.

## Julia INTA

- Zanahoria tipo Danvers.
- Siembra otoño – invernal.



## Coral INTA (nuevo)

- Zanahoria tipo Flakkee-Nantesa.
- Siembra otoño – invernal.
- Excelente color y tamaño.



- Obtención de cultivar tipo Nantesa: materiales avanzados

## Criolla INTA

- Zanahoria de gran vigor.
- Siembras verano.
- Buen color interno, corazón pequeño, forma redondeada.



- Obtención de cultivar más precoz: materiales avanzados

## 2) Obtener cultivares para la industria.

Convenio de vinculación tecnológica INTA-Unilever Best Foods.

Aumento contenido sólidos totales- Mayor rendimiento industrial - Menor gasto de energía



## Azúcares, sólidos solubles y sólidos totales

Caracteres de herencia cuantitativa (Scheerens y Hosfield, 1976).

Coefficientes de correlación:

Azúcares totales - sólidos solubles/sólidos totales  $r= 0,75 - 0,95$

Sólidos solubles - sólidos totales  $r= 0,85 - 0,95$  (Peterson y Simon, 1986).

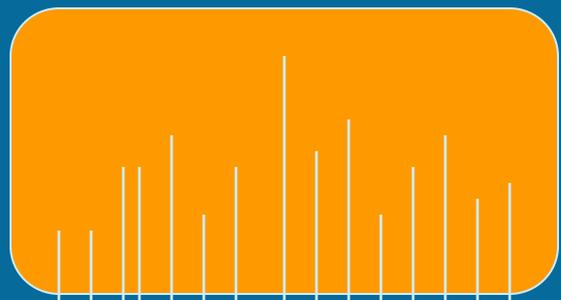
Determinación SS por refractometría  $\begin{cases} \rightarrow \text{Azúcares} \\ \rightarrow \text{Sólidos totales} \end{cases}$

Relación floema/xilema.



# Siembra **semilla elite 09**

1120 m2 agosto 2009



Marzo 2010  
Cosecha y descarte

Laboratorio. Selección  
por color, porcentaje  
floema y SS. Cámara.

14000 raíces

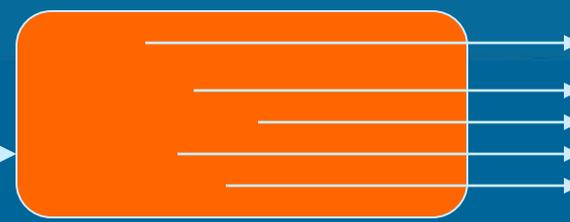
2590 raíces

628 raíces

## Plantación

Enero-Febrero 2011

## Semilla elite 11



agosto  
2010



## Eliminación defectos

Selección en el campo eliminando plantas defectuosas (florecidas prematuramente, raíces bifurcadas, rajadas, enfermas),

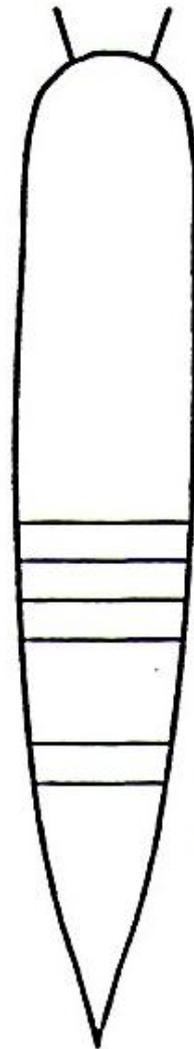


Selección en el lavadero descartando raíces con defectos de color, daños por insectos.





Selección en laboratorio de raíces con mayores porcentajes de sólidos solubles y totales, color medido con colorímetro y menor porcentaje de corazón.



- Vernalize for Seed Production
- 2-3g Sugars
- 2-3g TDS
- 2-3g Carotenoids
- 4-6g Volatile Terpenoids
- 2-3g Organoleptic Evaluation (Tasting)
- Discard

(Simon, 2000)

Almacenamiento raíces  
seleccionadas en cámaras  
frigoríficas, a 5°C y  
95 % de HR.

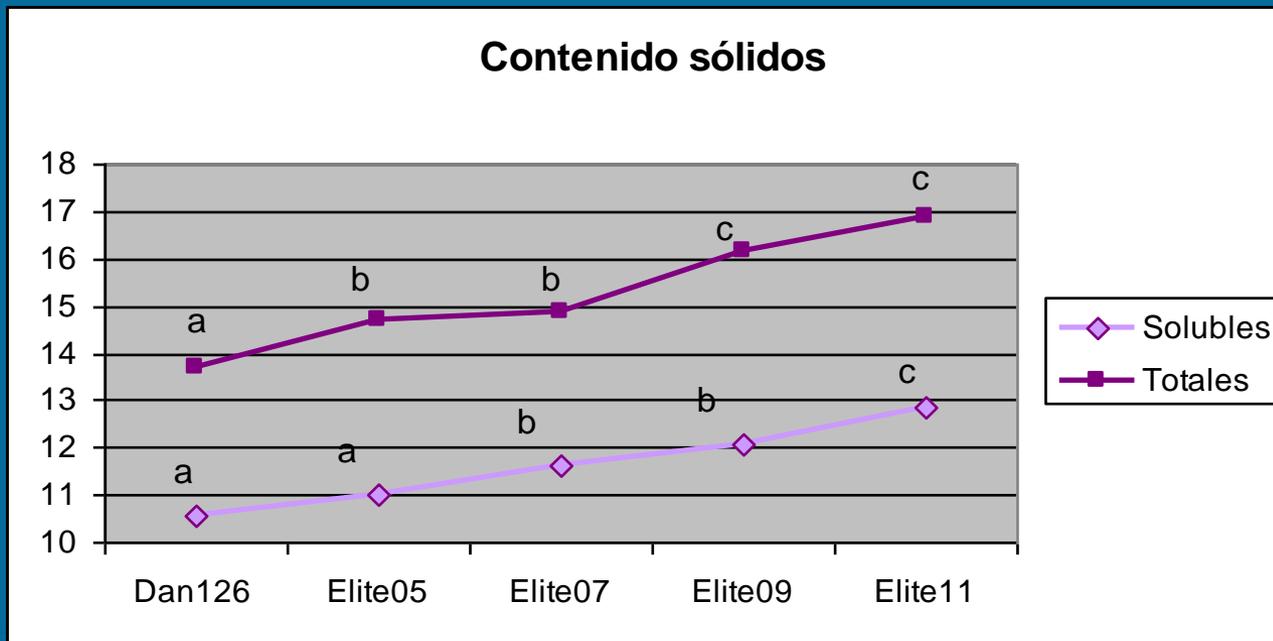


Plantación raíces en  
jaulones de asilamiento,  
con abejas/moscas para  
polinizar.

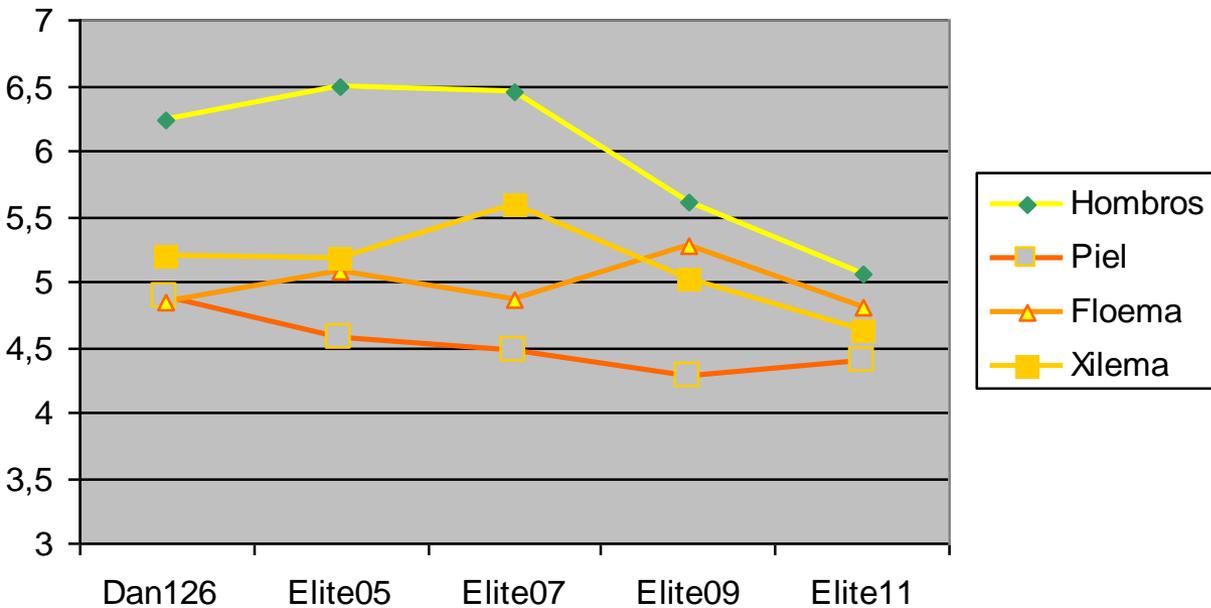


# Nueva cultivar zanahoria

Luego de cuatro ciclos de selección se obtuvo un cultivar con 12,8% de sólidos solubles y 16,9% de sólidos totales, mientras que el material original de partida tiene 10,6% y 13,7% respectivamente.



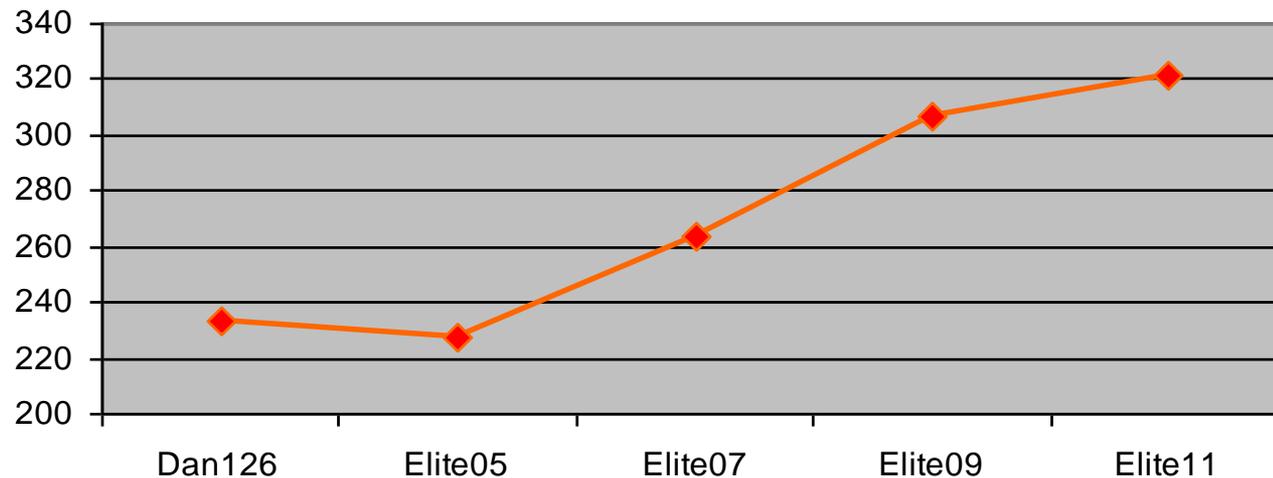
## Color (H-Munsell)



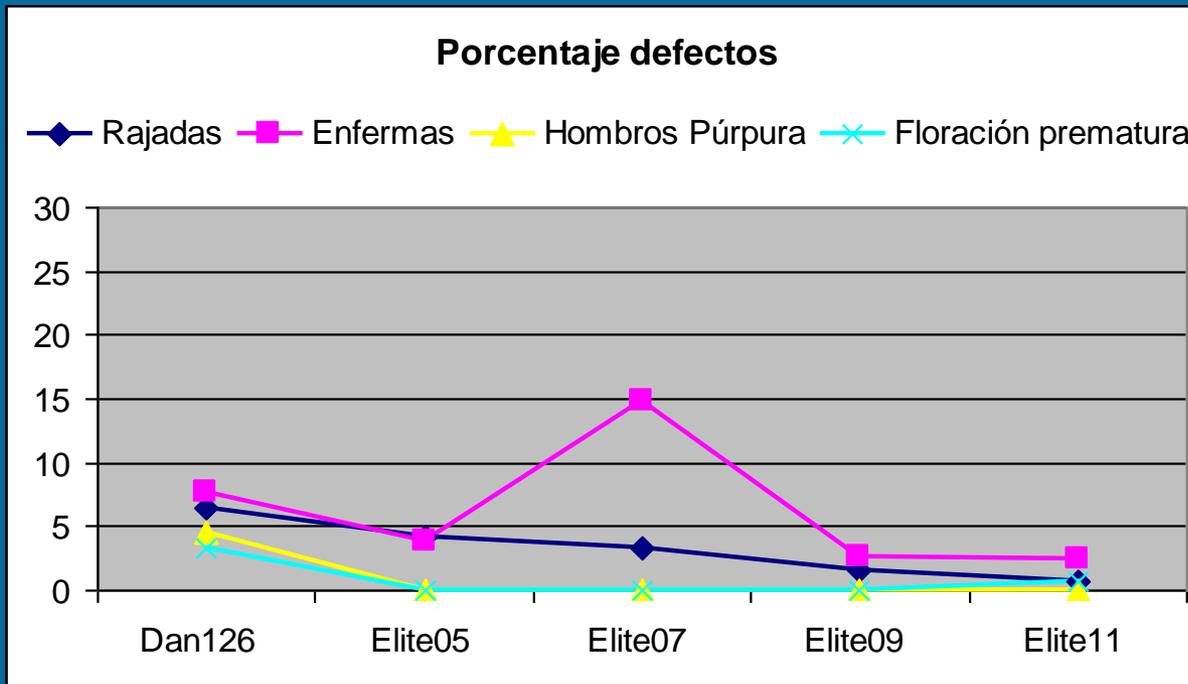
El color mejoró significativamente en hombros, piel y corazón.

Estas características indirectamente provocaron un aumento en el contenido de carotenos (precursor de la vitamina A) pasando de 233ppm a 321ppm en el nuevo cultivar.

## Contenido carotenos (ppm)



Todos los descartes a campo disminuyeron, siendo el porcentaje de raíces rajadas el defecto con mayor respuesta a la selección.



# Cultivar zanahoria para industria

## NARA INTA



### 3) Obtener cultivares resistentes a nematodo agallador (*Meloidogyne sp.*)

Mejoramiento genético: María Soledad Alessandro (EEA La Consulta INTA)  
[alessandro.maria@inta.gob.ar](mailto:alessandro.maria@inta.gob.ar)

Nematología: Cecilia Picca (EEA Rama Caída INTA)  
[picca.cecilia@inta.gob.ar](mailto:picca.cecilia@inta.gob.ar)

## Resistencias a enfermedades y plagas

- ✓ *Cercospora carotae*: herencia monogénica Ce \_
- ✓ *Erysiphe heraclei* (Powdery mildew): herencia monogénica Eh
- ✓ *Alternaria dauci*

Nemátodos: *Meloidogyne incognita hapla*, *M. javanica*, *M. hapla*, *M. arenaria*

Aster yellows

*Psila rosae* (Carrot fly): “Flyaway”

*Alternaria radicina* (black rot)

*Pythium sp* (Cavity spot)

*Sclerotinia sclerotiorum* (Soft rot)

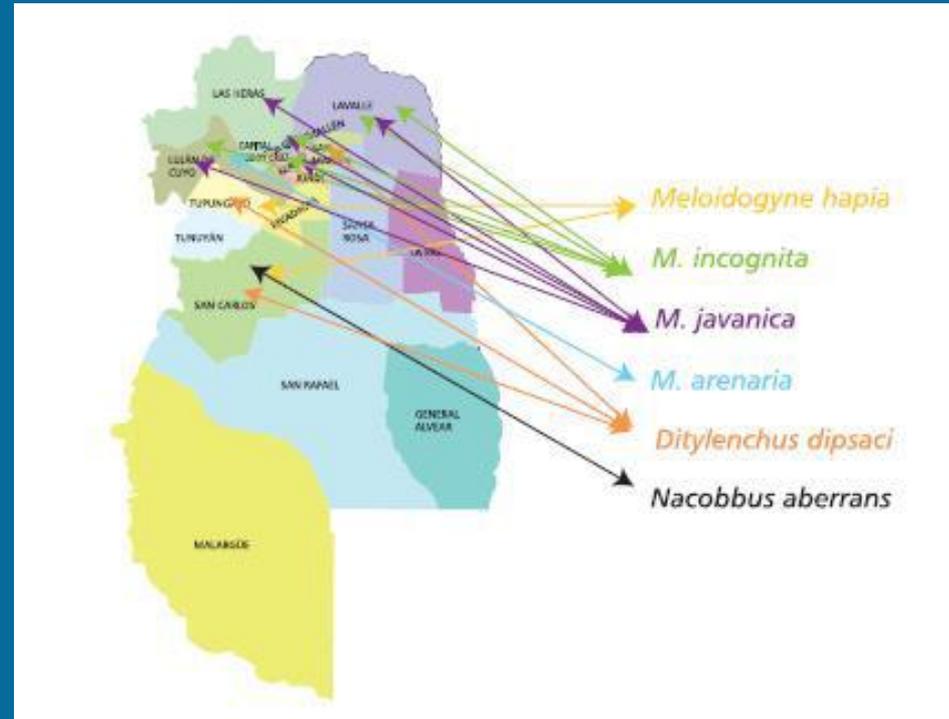
En el mundo se citan alrededor de 90 especies asociadas al cultivo de zanahoria, siendo las mas importantes:

*Meloidogyne incognita*,  
*M. hapla*,  
*M. Arenaria* y *M. javanica*,

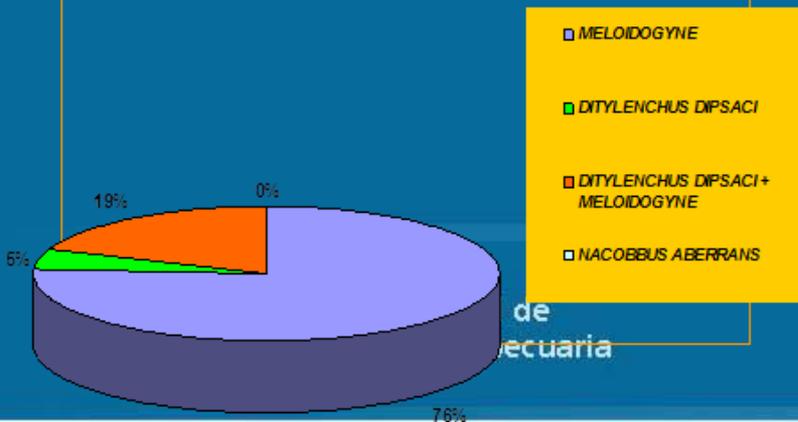
*Ditylenchus dipsaci*

*Nacobbus aberrans*

*Pratylenchus penetrans*



FRECUENCIA PORCENTUAL DE NEMATODOS  
FITOPARÁSITOS EN SUELO DE ZANAHORIA



Estudio realizado por la Ing. Susana del Toro  
(63 fincas)

# *Meloidogyne "nematodo agallador"*

## Síntomas



- Clorosis y necrosis prematura de hojas, especialmente en períodos de déficit hídrico
- Elevada mortalidad de plantas



# Búsqueda de resistencia

- ✿ Colecta nematodos. Suelo infestado o raíces de zanahoria. Poblaciones locales.
- ✿ Aislamiento especies y reproducción. Cría y reproducción en plantas de tomate.
- ✿ Evaluación cultivares, poblaciones, parientes silvestres.
- ✿ Macetas en cámara en condiciones controladas (Temperatura, calidad luz, fotoperíodo, riego). Igualdad de condiciones , óptimas para plantas y nematodos.

# Inoculación

Adulto

Huevo J1



J2



J3



J4



Inoculación J2 con 3 hojas verdaderas (z) y luego evaluar resistencia a los 60 días.

Inoculación huevos a la siembra y evaluación resistencia a partir 30 días.

# Extracción y evaluación raíces

Evaluación					
<b>Taylor y Sasser (1978)</b>				<b>Hussey y Hanssen (2002)</b>	
0	sin agallas			0	sin agallas
1	1-2 agallas			1	algunas peq. Agallas
2	3-10 agallas			2	25% raíces c agallas
3	11-30 agallas			3	26-50% raíces con agallas
4	31-100 agallas			4	51-75% raíces con agallas
5	+100 agallas			5	+75% raíces con agallas

0 (sin agallas) a 8 (>88% agallas) escala de Bridge y Page (1980).



## 4) Zanahorias de colores





Naranja  
B-caroteno



Amarilla  
Xantófila



Blanca  
Sin  
pigmentos



Roja  
Licopeno



Púrpura  
Antocianina  
Colorantes naturales

**GRACIAS POR SU ATENCIÓN!!!**