

Tolerancia del arroz a la salinidad

Concha Domingo
Departamento del Arroz
domingo_concar@gva.es
<http://www.ivia.gva.es/>

Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA)

**EL DESAFIAMENT DEL
CANVI CLIMÀTIC
A L'ALBUFERA**

**I Jornada de la Comissió Científica
de la Junta Rectora del P.N. de l'Albufera**

València, 28 de gener de 2022





Departamento del Arroz - Sueca



Centro de Genómica - Moncada

Indicadores de suelos salino:

- Conductividad eléctrica (CE) (dSm-1): >4
- pH: <8.5

Sodicidad:

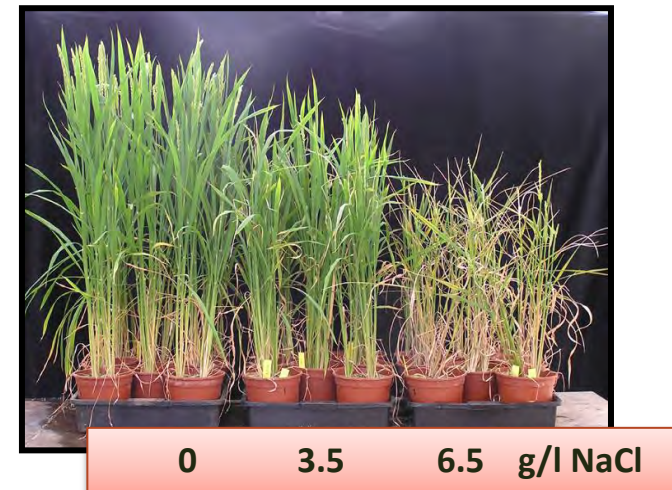
- Relación de absorción de sodio (SAR): >13

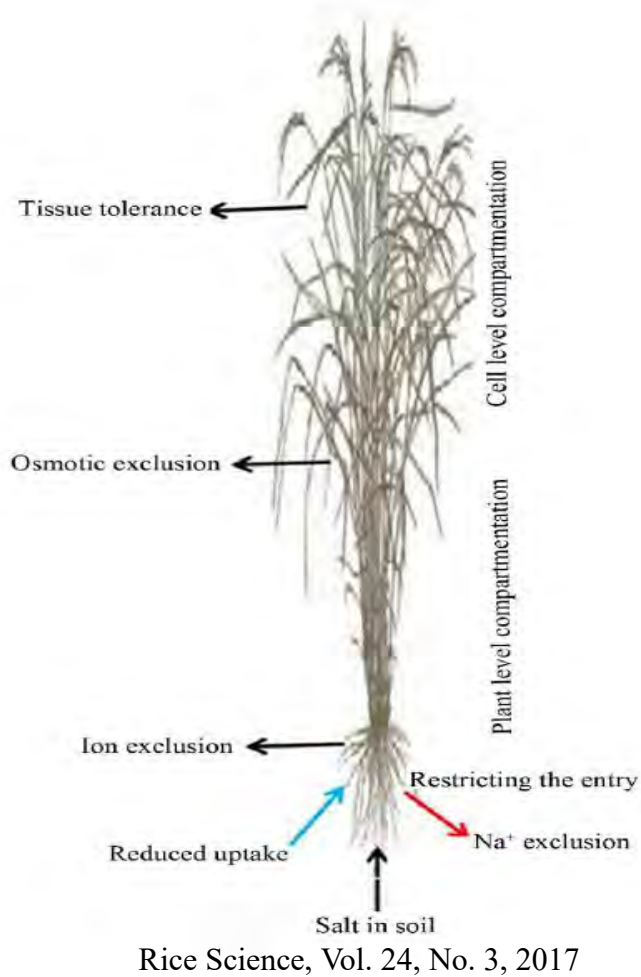
$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{(Ca^{2+} + Mg^{2+}) / 2}}$$

- El arroz es sensible a sal con un umbral entorno a 2-3 dS m⁻¹

| CE (dS /m) | Pérdidas en producción (%) |
|------------|----------------------------|
| 2-3 | 14 |
| 3-4 | 21 |
| >4 | 32 |

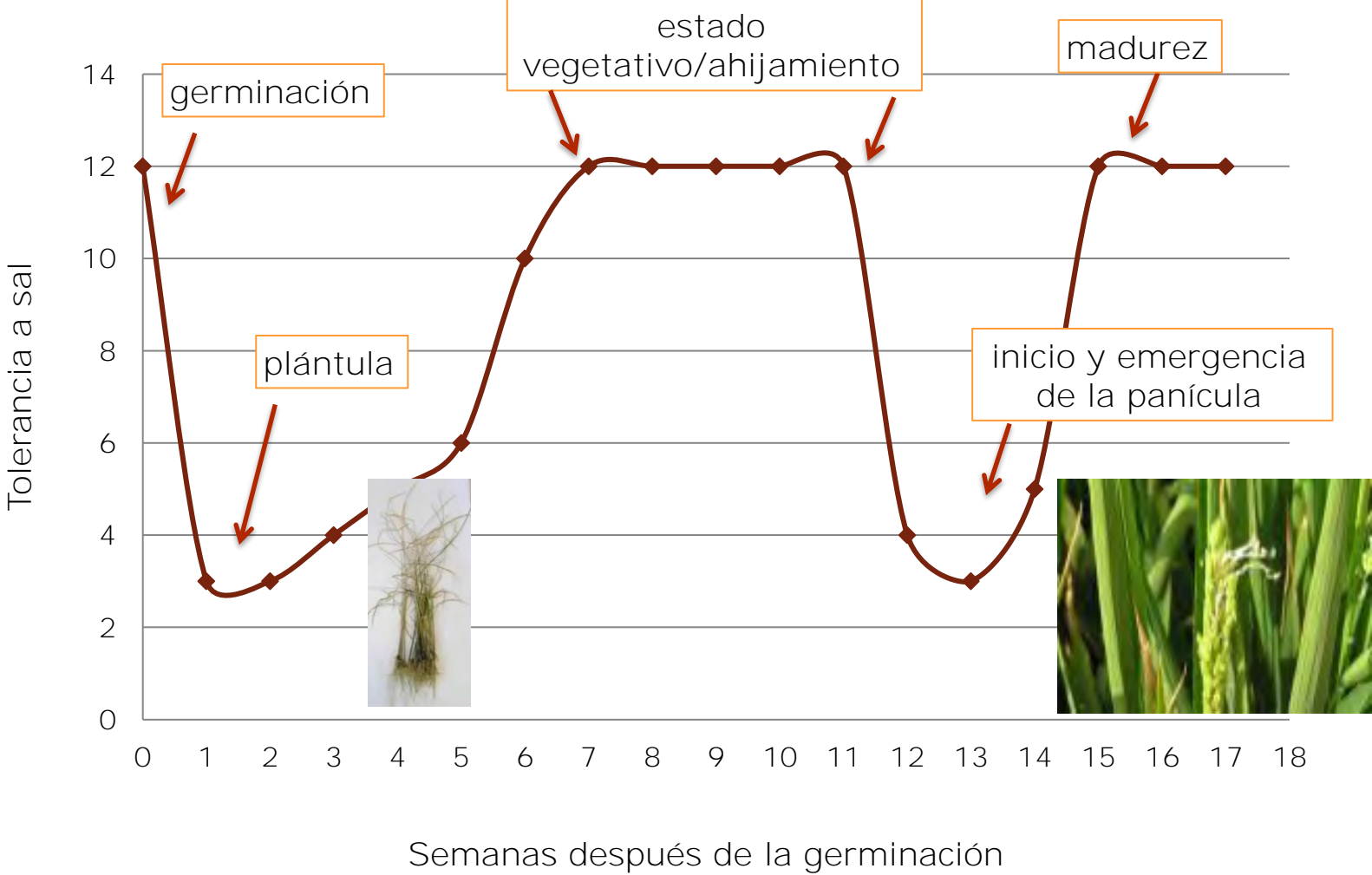
(extracto de saturación) (Aguilar, 2010)





- Tipos de daño:
 - ✓ toxicidad por Na⁺ y Cl⁻
 - ✓ Estrés hídrico debido a un potencial osmótico bajo
 - ✓ Desequilibrio nutricional
- Diferentes tipos de respuesta:
 - ✓ Exclusión y restricción de la entrada de iones por las raíces
 - ✓ Compartimentación a nivel de planta: transporte de iones a tallos, hojas viejas
 - ✓ Compartimentación a nivel celular: secuestro de iones en vacuolas o pared celular
 - ✓ Tolerancia tisular: síntesis de osmoprotectores

La tolerancia a salinidad es un carácter complejo



Adaptado de R.K. Singh (IRRI)

- ✓ Atrofia en el crecimiento
- ✓ Hojas secas o enrolladas
- ✓ Supervivencia baja



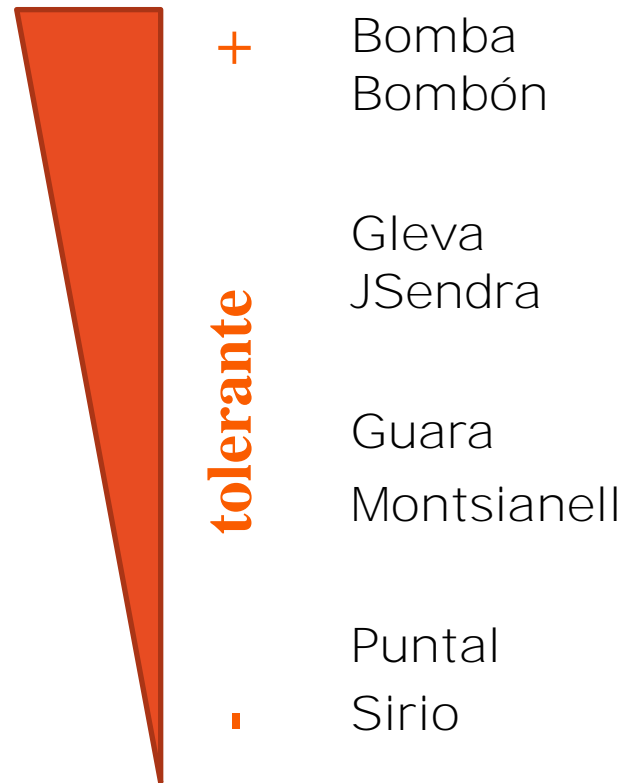
Etapa vegetativa

- ✓ Retraso en la floración
- ✓ Reducción y esterilidad de las espiguillas
- ✓ Emergencia de la panícula incompleta
- ✓ Peso del grano reducido
- ✓ Rendimiento reducido



Etapa reproductiva

□ Variación genética en la tolerancia a salinidad



Es posible incrementar la tolerancia a la salinidad de las variedades locales

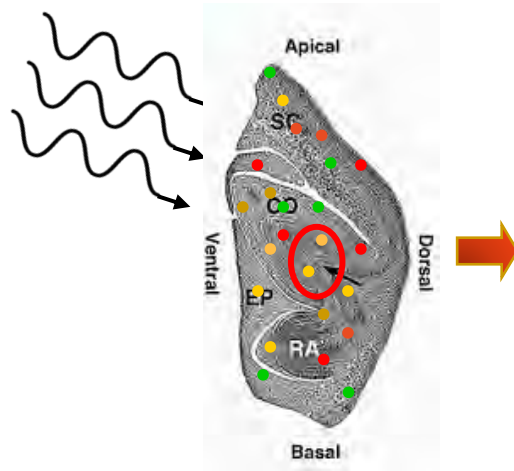
Dos estrategias:

- Mutagénesis por irradiación
- Introgresión de genes de tolerancia a salinidad

Dos estrategias:

- Mutagénesis por irradiación
- Introgresión de genes de tolerancia a salinidad

Rayos gamma
Neutrones rápidos



Cada célula es afectada por la radiación de manera independiente

M1



M1



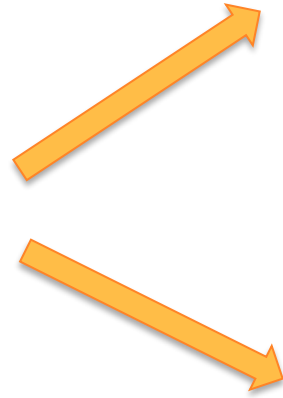
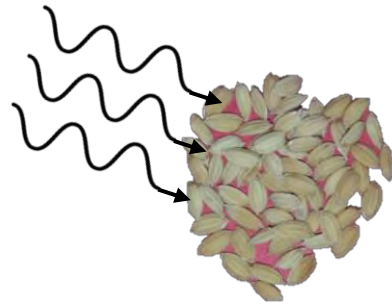
M2



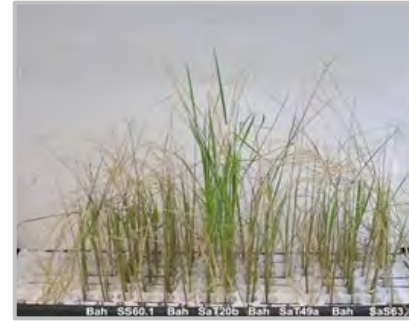
Las plantas M1 son quimeras

- al azar
- múltiples mutaciones
- no queda rastro del agente causante

Rayos gamma
Neutrones rápidos



Rastreos:



cultivo hidropónico:

- tolerancia a salinidad (sodio)



campo:

- tolerancia a salinidad

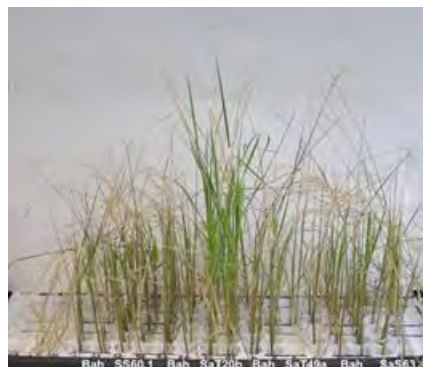
Variedades locales:

- Argila
- Gleva
- Bahía

➤ líneas FN ó γ -irradiadas cv. Bahía : 20.600 M₂ plantas



➔
21 d 120 mM NaCl

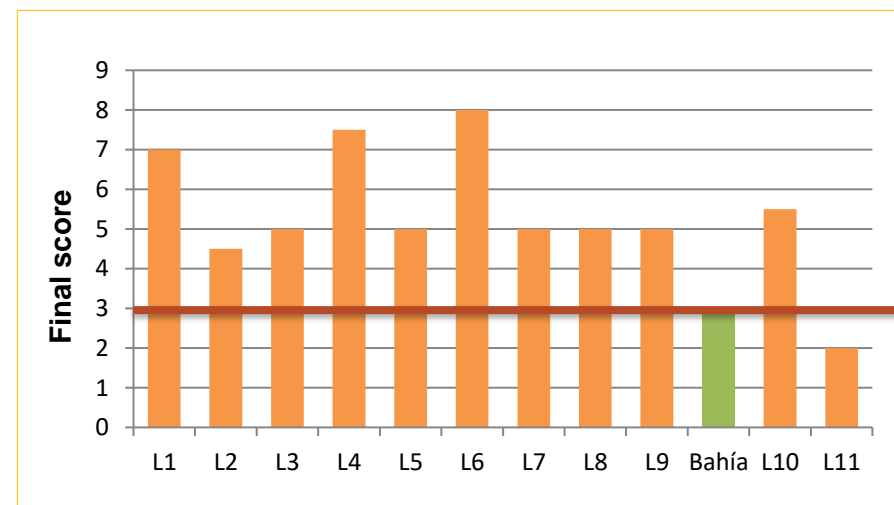


• cultivo hidropónico

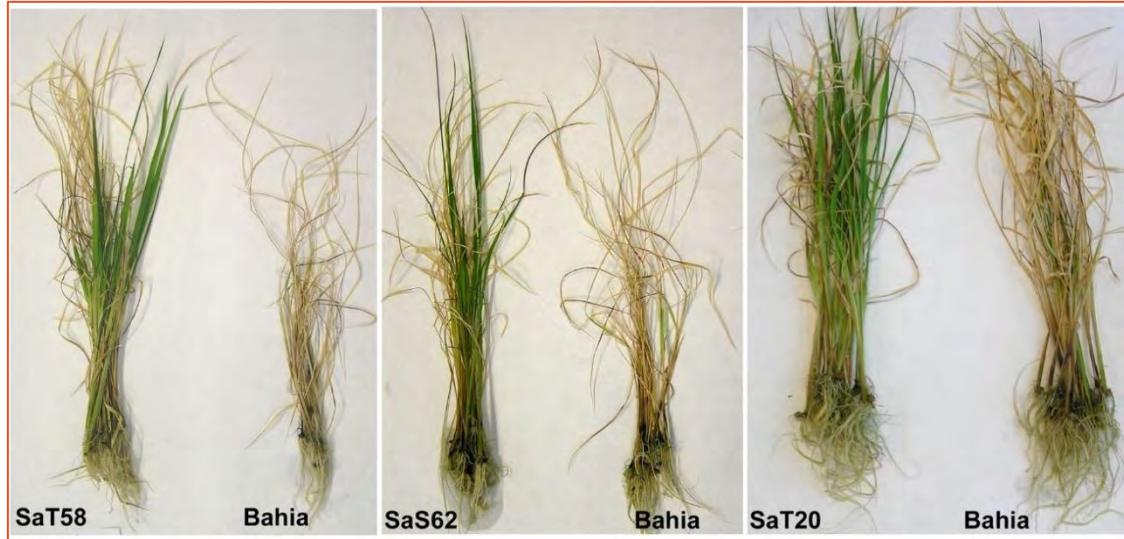
Medidas para la valoración:

(9= muy susceptible; 1= muy tolerante)

- ✓ Altura
- ✓ Longitud de la raíz
- ✓ Peso fresco
- ✓ Peso seco
- ✓ Valoración visual



- rastreo en cultivo hidropónico 120 mM NaCl

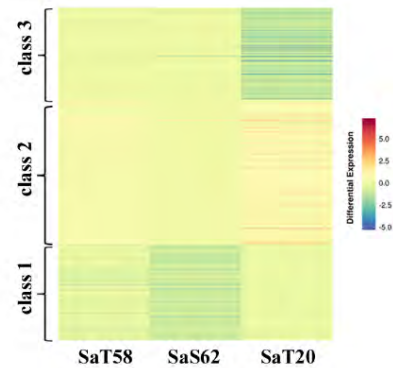
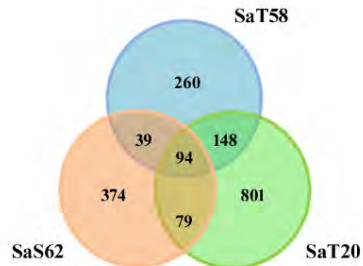
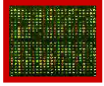


| hojas | Na (%) | K (%) | K/Na |
|--------|--------------|---------------|--------------|
| Bahía | 2.91 ± 0.10b | 4.04 ± 0.04a | 1.40 ± 0.04b |
| SaT58a | 2.85 ± 0.07b | 4.27 ± 0.09b | 1.50 ± 0.01b |
| SaS62c | 1.89 ± 0.04a | 4.09 ± 0.00ab | 2.17 ± 0.04c |
| SaT20b | 7.63 ± 0.13c | 4.22 ± 0.08b | 0.55 ± 0.02a |

Líneas mutantes tolerantes a salinidad

Caracterización molecular: comparación de los transcriptomas

En colaboración con E. Lalane (Oryzon Genomics)



| Biological process | Nº of genes | SaT58 up | SaT58 down | SaS62 up | SaS62 down | SaT20 up | SaT20 down |
|-------------------------------|-------------|----------|------------|----------|------------|----------|------------|
| transport | | | | | | | |
| ion transport | 23 | 1 | 3 | 0 | 12 | 0 | 10 |
| lipid transport | 19 | 7 | 1 | 0 | 5 | 9 | 2 |
| metabolic process | | | | | | | |
| oxidation reduction | 124 | 36 | 5 | 16 | 21 | 50 | 31 |
| lipid metabolic process | 66 | 30 | 5 | 5 | 14 | 25 | 12 |
| secondary metabolic process | 55 | 26 | 1 | 14 | 7 | 32 | 6 |
| response to stress | | | | | | | |
| response to abiotic stress | 151 | 43 | 11 | 17 | 29 | 56 | 35 |
| response to biotic stress | 85 | 31 | 7 | 4 | 16 | 26 | 19 |
| defense response | 43 | 14 | 1 | 3 | 8 | 14 | 13 |
| response to oxidative stress | 38 | 15 | 3 | 3 | 5 | 15 | 9 |
| Gen. prec. metabolites energy | 36 | 5 | 3 | 8 | 10 | 12 | 13 |

las tres líneas mutantes presentan una respuesta diferente a altas concentraciones de sal

Caracterización agronómica:



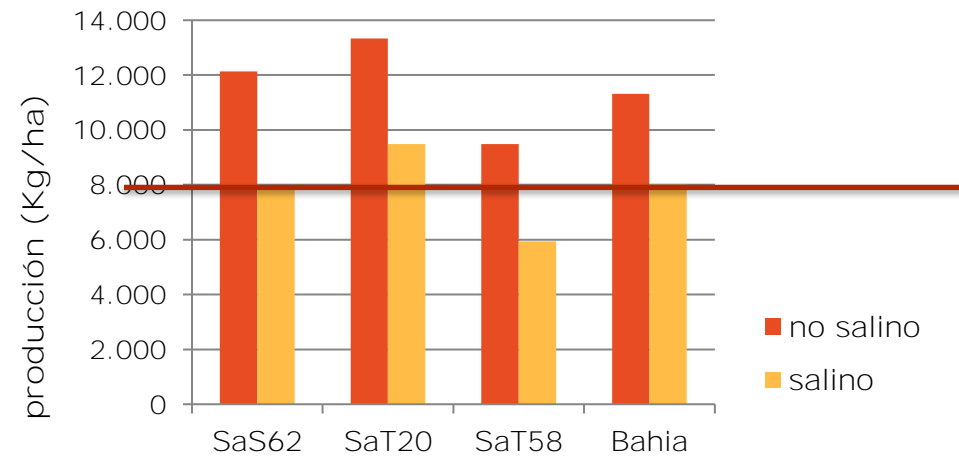
radio= 0,56 m
área= 1 m²



no salino (CE₀ = 1,4 dS/m)



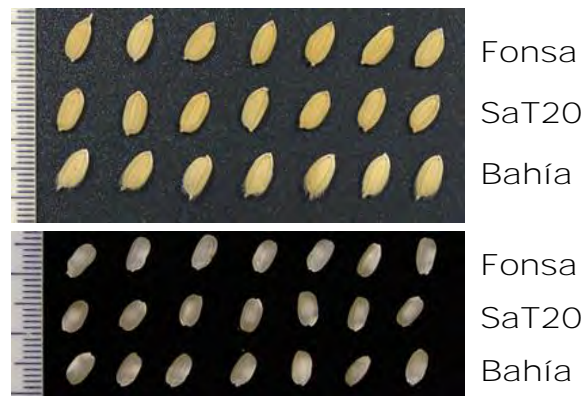
salino (CE₀ = 6,6 dS/m)





- Rendimiento (sin sal): 9.000 kg/Ha
- Ciclo medio
- Altura: 75 cm
- Hoja bandera corta
- Perla: 35-40 % perla mediana

➤ Alteración en la expresión de genes de transportadores de iones:



Genes inducidos

función

| | |
|----------------|---|
| LOC_Os01g20160 | OsHKT1;5 – transportador de Na ⁺ |
| LOC_Os02g26700 | regulador del transporte de cationes |
| LOC_Os07g26630 | acuaporina |

Genes reprimidos

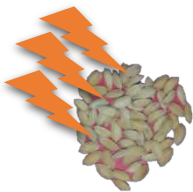
función

| | |
|----------------|---|
| LOC_Os11g42790 | antiporter-2 catión:protón monovalentes |
| LOC_Os09g38530 | proteína transmembrana 9 |
| LOC_Os06g30950 | proteína relacionada con el transporte |

SaT20: dentro del programa de Mejora como parental en cruces con variedades locales

Rastreo de mutantes en campo salino

Rayos gamma



- selección en campo salino de líneas de mejora tempranas
- Parental local: Argila
- Ensayo agronómico de líneas de mejora avanzadas:
 - ✓ contenido de sodio en hojas,
 - ✓ susceptibilidad a piricularia
 - ✓ rendimiento final

Selección F3



ensayo de rendimiento



Selección F2

Dos estrategias:

- Mutagénesis por irradiación
- Introgresión de genes de tolerancia a salinidad

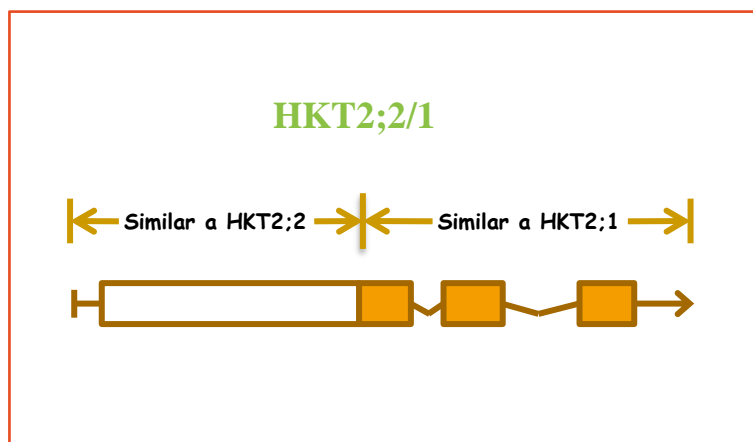
- procedentes de variedades tradicionales asiáticas tipo *indica*:

- ✓ **HKT2;2/1**: transportador de sodio y potasio
- ✓ **SalTol**: QTL con varios genes de tolerancia

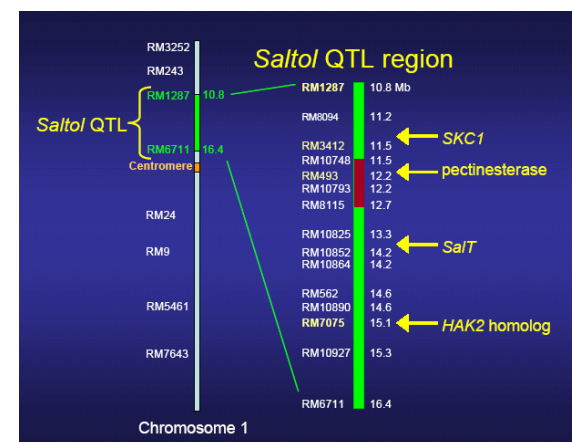


Pokkali
Argila
NonaBokra

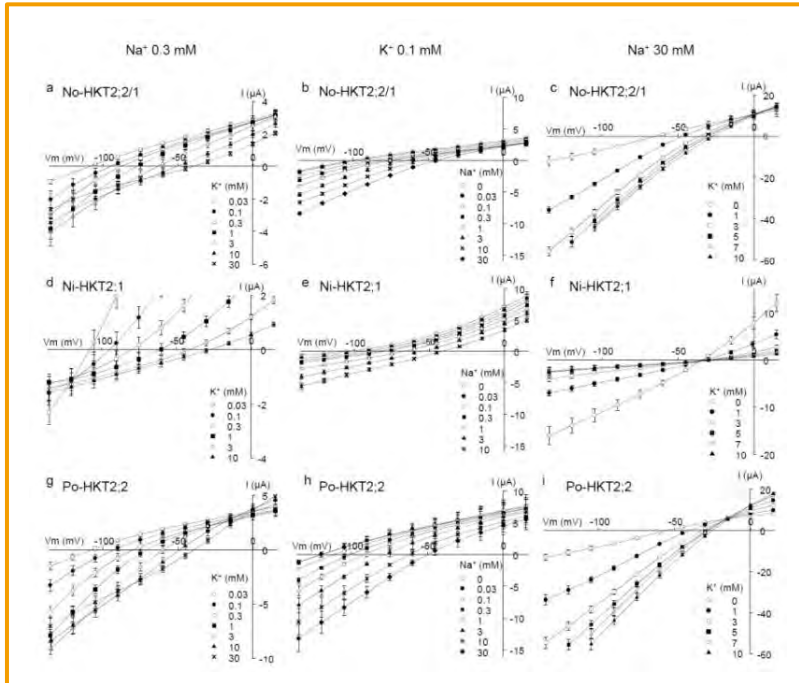
| tolerantes a sal | | local |
|------------------|------------|---------|
| Pokkali | Nona Bokra | Argila |
| HKT2; 1 | HKT2; 2/1 | HKT2; 1 |
| HKT2; 2 | | - |
| SalTol | SalTol | - |



Oomen et al, Plant J (2012)



Thomson et al, Rice (2010)



- HKT2;2/1 es un transportador de K⁺
- No se inhibe en presencia de Na⁺
- Contribuye a la nutrición de la planta en condiciones de salinidad

En colaboración con:

- H. Sentenac y A.A. Vèry (INRA)
- A. Rodríguez-Navarro y B. Benito (UPM)

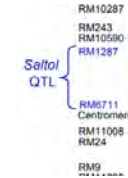


SaS62
mutante tolerante a salinidad



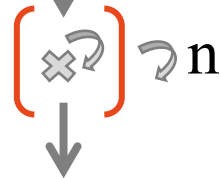
⊗ NonaBokra

SalTol, HKT2;2/1



Argila ⊗ (SaS62 x NonaBokra)

Argila ⊗ F₁



- **evaluación**
 - **estabilización**
 - **homogeneización**
-
- Evaluación agronómica
 - ✓ Evolución de la germinación y establecimiento
 - ✓ Densidad de plantas
 - ✓ Seguimiento de la fenología
 - ✓ Número y peso de panículas
 - ✓ Altura y encamado
 - ✓ Incidencia de plagas y enfermedades
 - ✓ Producción
 - ✓ Rendimiento industrial





- ✓ Julia García Romeral
- ✓ Isabel Roselló
- ✓ Ruth Cebolla
- ✓ Concha Domingo

ivia
Institut Valencià
de Investigacions Agràries

- ✓ María del Mar Català

IRTA
RECERCA | TECNOLOGIA
AGROALIMENTÀRIES



- Ministerio de Ciencia e Innovación
- Fondo Social Europeo
- Generalitat Valenciana



Proyectos de investigación:
PID2019-104099RR-100. AEI, MICINN (2020-2024)
RTA2014-00053-C03-01 (2014- 2018)

