

González, J.A.¹; Fernández-Turiel, J.L.²; Mercado, M.I.¹; Eisa, S.S.³; González, D.⁴; Hussin, S.A.³; Ponessa, G.I.¹; El-Samad, E.H.⁵; Rojas, M.²

¹Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina. ²Institute of Earth Sciences, Barcelona, Spain. ³Faculty of Agriculture, Ain Shams University, Cairo, Egypt. ⁴Instituto de Bioprospección y Fisiología Vegetal (INBIOFIV-CONICET), Tucumán, Argentina. ⁵Vegetable Research Department, Agricultural & Biological Research Division, National Research Centre, Giza, Egypt.
E-mail: jagonzalez@lillo.org.ar

INTRODUCCION

Quinoa es una especie halófila, lo que ha permitido su cultivo en zonas consideradas marginales para cultivos clásicos. En Egipto un alto porcentaje de la agricultura se basa en el cultivo de granos, gramíneas y otras especies frutales en zonas cercanas a fuentes de agua como el río Nilo. El resto de las tierras no cuentan con agua o bien se hallan salinizadas, presentándose como una posibilidad la diversificación de cultivos con especies tolerantes o resistentes a sales como la quinoa. Sin embargo, resulta importante conocer la cantidad de minerales que podría acumular en los granos ya que posteriormente serán utilizados como alimento. El objetivo del presente trabajo es analizar la acumulación de minerales en granos de quinoa (variedad CICA) cultivada en una zona altamente salina (Sahl El-Tina, noroeste de la península de Sinaí) y otra no salina (campo experimental en la Ain Shams University, El Cairo) de Egipto.

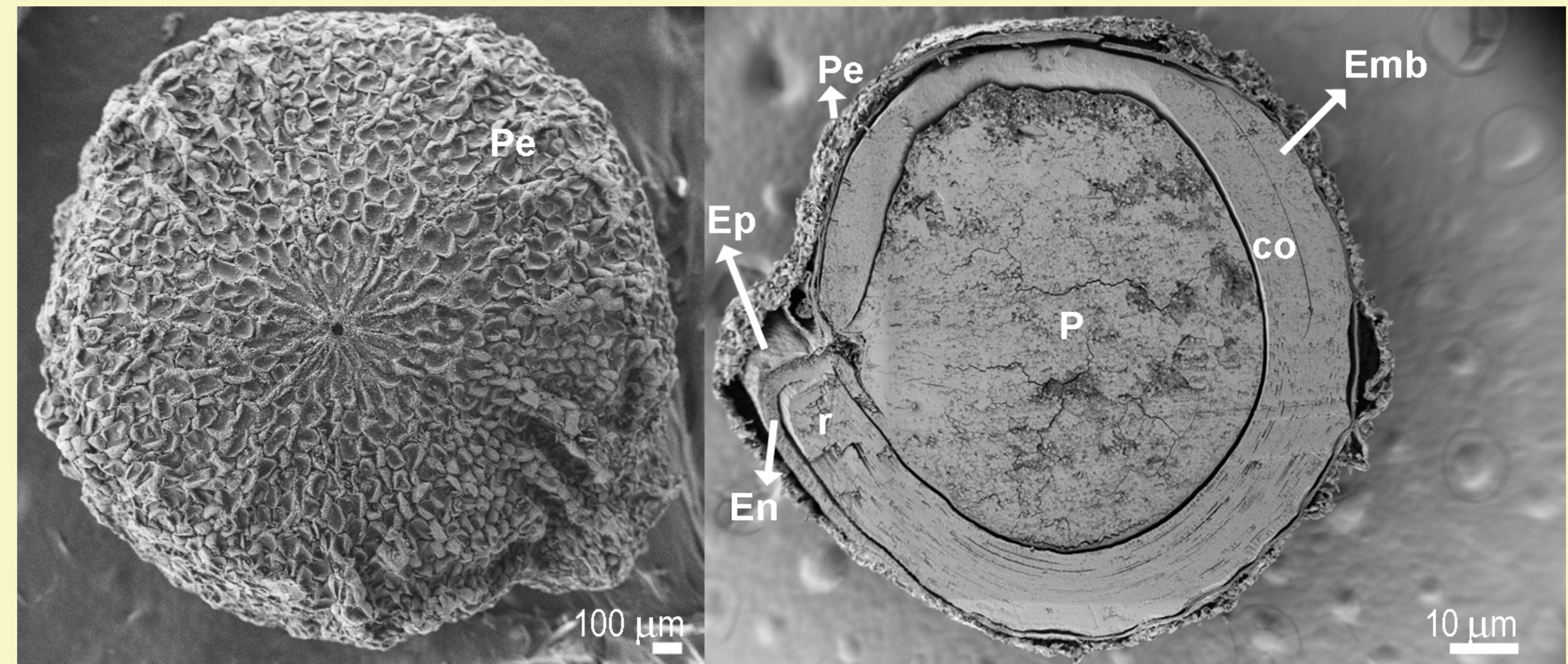


Fig.1. MEB superficie de pericarpio y sección transversal donde se aprecia pericarpio (Pe), episperma (Ep), embrión (Emb) con radícula (r) y cotiledones (co), endosperma (En), y perisperma (P)

MATERIALES Y METODOS

Se analizaron por triplicado granos de quinoa obtenidos a partir del cultivo de la variedad CICA (originaria de Perú) en la región “altamente salina” de Sahl El-Tina, noroeste de la península de Sinaí, 31° 02' N y 32° 35' E y “no salina” en el campo experimental en la Ain Shams University, El Cairo, 30° 03' N y 31° 14' E, Egipto, caracterizados por presentar suelos compactos limosos (“Silt Loam”) con un pH de 8,2-8,4, conductividad de 2,1 y 26 dS m⁻¹ y valores de minerales como Na, K, Ca y Mg incrementados en 24; 9,4; 4 y 17,9 veces respectivamente. Se determinó tamaño y peso para 1000 semillas de cada ensayo. La concentración de elementos mayoritarios como Ca, Mg, P, Si y Al, minoritarios como Na, Zn, Fe, Cu, Mn, Co, y trazas como Cr, Li, As, Ni, Mo, Se, Sn y V fueron determinados por espectrometría de masas de alta resolución con plasma acoplado inductivamente (HR-ICP-MS). La distribución espacial de C, O, N, Na, K, Ca, Mg, P, Cl, Cu, Br, Al, Fe, Si y S, tanto en la superficie del grano completo como en pericarpio, como en regiones puntuales del embrión, (a nivel de los cotiledones), endosperma y perisperma respectivamente se analizaron mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) acoplada a espectrometría de dispersión de rayos X (X-EDS).



Fig.2. Sitios de cultivo

RESULTADOS

Se observó mayor porcentaje de granos \geq a 2 mm de diámetro, con mayor peso ($3,9 \pm 0,2$ vs $3,1 \pm 0,1$ g) en plantas cultivadas en suelo salino. Los resultados derivados de HR-ICP-MS de los granos mostraron que Na, Mg, P y Li se hallan incrementados en granos de plantas cultivadas en suelo salino (6 veces el Na y 1,2 el P y Li con respecto a los encontrados en suelo no salino.). Mientras que Ca, K, Si, Al, Fe, V, Cr, Ni y Zn se hallan acumulados en granos provenientes de plantas cultivadas en suelo no salino (Tabla 1).

El análisis de distribución de minerales a nivel tisular específico (SEM-EDS) demostró un aumento en la acumulación de Na de aproximadamente 6 veces a nivel del pericarpio, el resto de los minerales analizados presentaron una ligera disminución a nivel de embrión y aumento a nivel del endosperma (excepto Ca y N) en granos de plantas cultivadas en suelo salino (Tabla 2).

Tabla 1. Concentración de minerales calculados por mediante HR-ICP-MS.

Mineral	SALINO	NO SALINO
Na	267,00	44,17
Mg	1690,27	1443,81
P	3959,37	3334,57
Li	0,045	0,038
Ca	447,04	678,22
K	8226,40	9707,62
Si-mod	7837,06	9968,95
Al	26,72	36,85
Fe	49,92	72,82
V	0,114	0,294
Cr	0,164	0,299
Ni	0,301	0,479
Zn	8,53	27,56

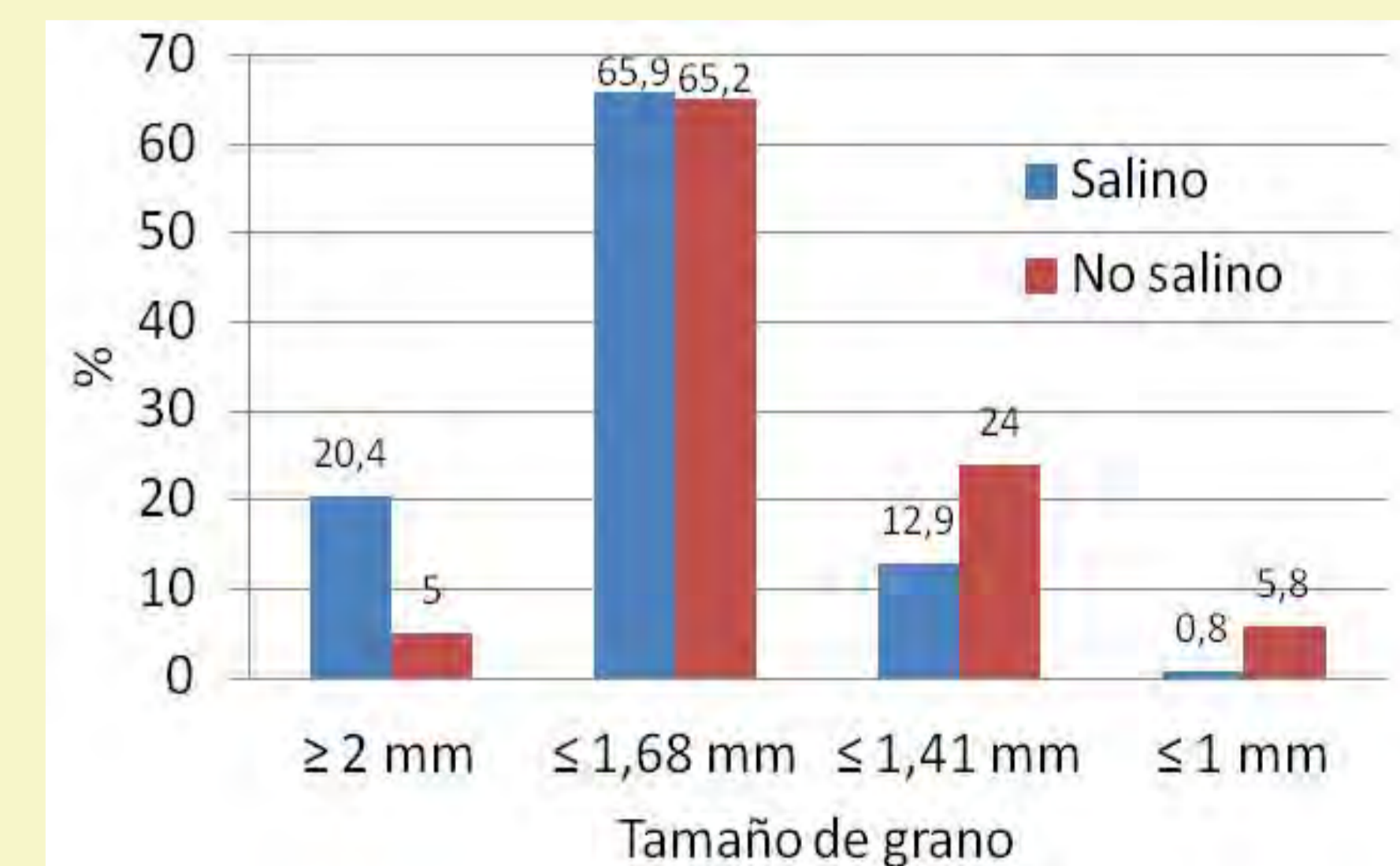


Fig.3. Tamaño de granos obtenidos a partir de plantas cultivadas en suelos salinos y no salinos.

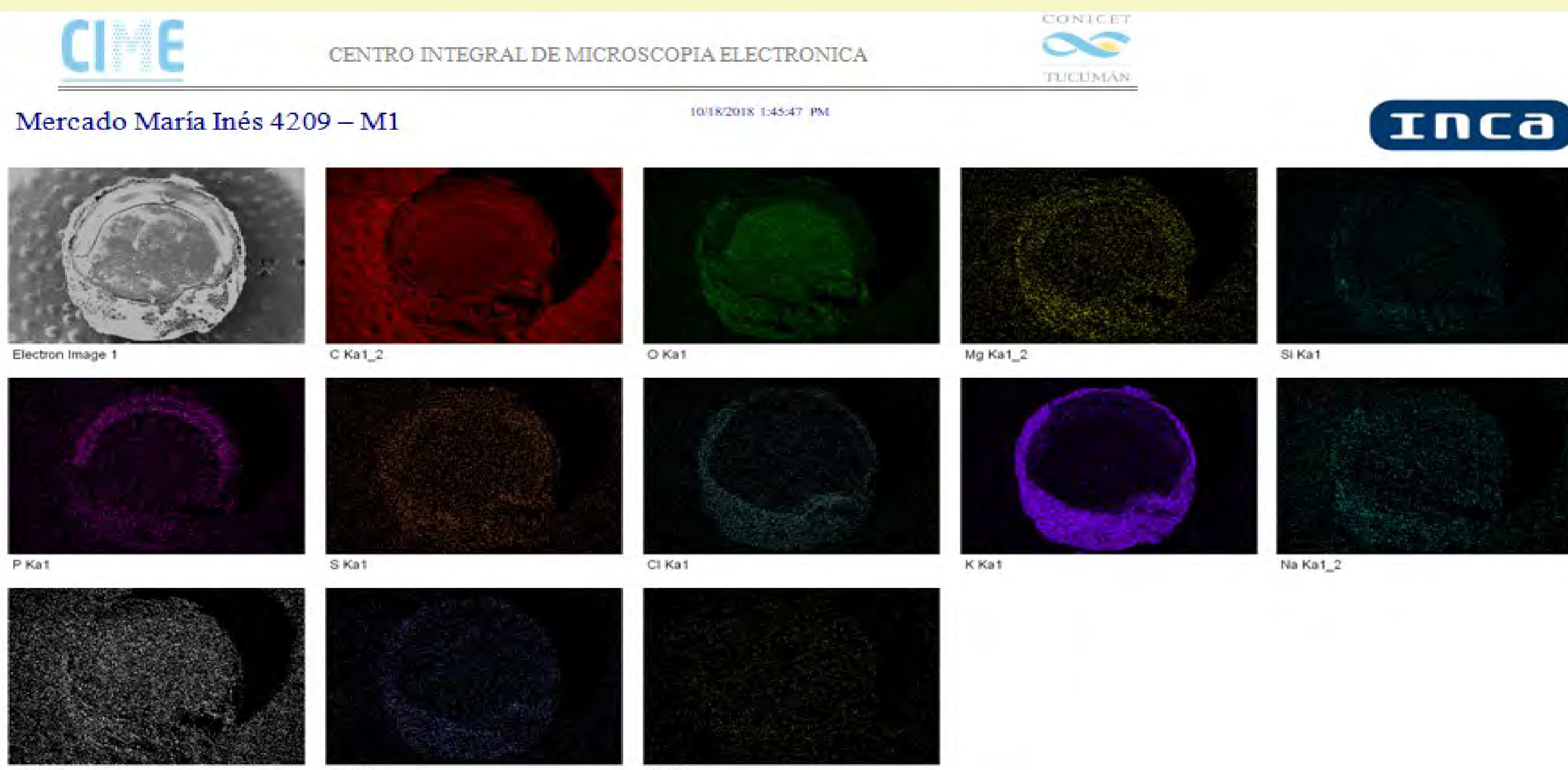


Fig.4. SEM-EDS. Vista de transcurso de granos. Localización de diferentes minerales de interés.

Tabla 2. Valores de minerales calculado por SEM-EDS sobre diferentes superficies de granos de Quinoa obtenidos de plantas cultivadas en condiciones de suelo salino y no salino

Mineral	SALINO				NO SALINO			
	Pericarpio	Embrión	Endosperma	Perisperma	Pericarpio	Embrión	Endosperma	Perisperma
C	50,49 ± 3,71 ^a	57,37 ± 2,35 ^a	66,17 ± 5,26 ^a	74,23 ± 7,08 ^a	51,89 ± 3,20 ^a	61,32 ± 5,66 ^a	61,64 ± 1,41 ^a	68,60 ± 2,76 ^a
O	41,45 ± 1,01 ^a	30,70 ± 1,42 ^a	22,41 ± 3,65 ^a	23,89 ± 4,96 ^a	39,96 ± 1,52 ^a	26,51 ± 5,00 ^a	25,76 ± 1,41 ^a	26,30 ± 2,12 ^a
N	Nd	10,53 ± 0,10 ^a	7,31 ± 1,34 ^a	2,50 ± 0,71 ^b	Nd	9,75 ± 0,28 ^a	11,46 ± 0,05 ^b	4,97 ± 0,01 ^a
Na	0,47 ± 0,03 ^b	Nd	Nd	Nd	0,08 ± 0,04 ^a	Nd	Nd	Nd
Mg	0,34 ± 0,10 ^a	0,39 ± 0,04 ^a	0,38 ± 0,04 ^b	0,02 ± 0,01 ^a	0,23 ± 0,12 ^a	0,38 ± 0,07 ^a	0,16 ± 0,03 ^a	0,01 ± 0,01 ^a
Si	0,21 ± 0,11 ^a	Nd	Nd	Nd	0,26 ± 0,13 ^a	Nd	Nd	Nd
P	0,08 ± 0,04 ^a	0,65 ± 0,06 ^a	1,23 ± 0,05 ^b	Nd	0,06 ± 0,01 ^a	1,01 ± 0,07 ^b	0,17 ± 0,01 ^a	Nd
S	0,22 ± 0,18 ^a	0,15 ± 0,01 ^a	0,69 ± 0,14 ^b	0,06 ± 0,01 ^a	0,19 ± 0,07 ^a	0,45 ± 0,07 ^b	0,11 ± 0,01 ^a	0,02 ± 0,01 ^a
Cl	1,24 ± 0,36 ^a	0,02 ± 0,01	Nd	0,30 ± 0,28 ^a	0,60 ± 0,18 ^a	Nd	0,07 ± 0,02	0,08 ± 0,03 ^a
K	5,46 ± 3,18 ^a	0,22 ± 0,01 ^a	1,31 ± 0,15 ^b	0,26 ± 0,05 ^a	6,18 ± 3,01 ^a	0,59 ± 0,05 ^b	0,52 ± 0,07 ^a	0,12 ± 0,10 ^a
Ca	0,16 ± 0,11 ^a	Nd	0,04 ± 0,01 ^a	Nd	0,31 ± 0,17 ^a	Nd	0,12 ± 0,01 ^b	Nd
Fe	0,06 ± 0,04 ^a	0,01 ± 0,00	Nd	Nd	0,08 ± 0,05 ^a	Nd	Nd	Nd
Br	0,13 ± 0,12 ^a	Nd	Nd	Nd	0,09 ± 0,09 ^a	Nd	Nd	Nd
Al	0,03 ± 0,03 ^a	Nd	Nd	Nd	0,05 ± 0,04 ^a	Nd	Nd	Nd
Cu	Nd	Nd	Nd	Nd	0,05 ± 0,04	Nd	Nd	Nd

Referencias: los valores se expresan como porcentajes relativos, promedio de tres repeticiones medidas en una misma unidad de superficie. Se analizaron diferencias significativas mediante test de Tukey con un valor de significancia de $p > 0,05$, comparando minerales dentro de un mismo tejido. Abreviaturas; Nd, no detectado

CONCLUSION

El estudio demostró la tolerancia de la variedad CICA a dos situaciones edáficas contrastantes, revelando una fuerte interacción genotipo x ambiente, manifiesta en el rendimiento y tamaño de granos y en la acumulación diferencial de minerales en los diferentes tejidos de los mismos. A partir de estos resultados preliminares se concluye que la Var. CICA puede ser un cultivo complementario en las tierras marginales salinas en Egipto.