

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

Escuela Académico Profesional de Agronomía

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE CONCENTRACIONES NaCl y
Boro EN LA GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO DEL CULTIVO DE
ZAPALLO (*Cucurbita máxima*) ECOTIPO PACHÍA, BAJO
CONDICIONES AMBIENTALES CONTROLADAS**

TESIS

Presentada por:

Bach. JOSÉ LUIS ESPINOZA VILLALOBOS

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TACNA – PERÚ

2012

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE CONCENTRACIONES NaCl y Boro EN LA GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO DEL CULTIVO DE ZAPALLO (*Cucurbita máxima*) ECOTIPO PACHÍA, BAJO CONDICIONES AMBIENTALES CONTROLADAS

TESIS SUSTENTADA Y APROBADA EL 27 DE JULIO DEL 2012,
ESTANDO EL JURADO CALIFICADOR INTEGRADO POR:

Presidente:



.....
Dra. Rosario Zegarra Zegarra

Secretario:



.....
Mgr. Pedro Mario Gálvez Briceño

Vocal:



.....
MSc. Nelly Arévalo Solsol

Asesor:



.....
Dr. Oscar Fernández Cutire

ÍNDICE DE CONTENIDOS

I.	INTRODUCCIÓN	1
	OBJETIVOS	5
	HIPÓTESIS	5
II.	REVISION BIBLIOGRÁFICA	6
2.1.	Clasificación taxonómica del zapallo	6
2.2.	Agro ecología del cultivo	9
2.3.	Variedades importantes zapallos	13
2.4.	Efecto de la salinidad en las plantas	15
2.5.	Efecto del boro en las plantas	24
2.6.	Calidad de agua del río Uchusuma y Caplina	34
2.7.	Análisis de suelo en Calana y Pachía	38
2.8.	Investigaciones	40
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	42
3.1.	Área de estudio	42
3.2.	Material experimental	42
3.3.	Factores de estudio	43
3.4.	Diseño Experimental	45
3.5.	Metodología	45
3.6.	Análisis Estadístico	50

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	51
4.1. EXPERIMENTO EN LABORATORIO	51
4.1.1. Porcentaje de germinación	51
4.1.2. Días a la germinación a los 7 días	57
4.1.3. Longitud de radícula a los 10 días	61
4.1.4. Longitud de radícula a los 20 días	66
4.1.5 Longitud del talluelo a los 10 días	71
4.1.6. Longitud del talluelo a los 20 días	76
4.1.7. Número de hojas a los 15 días	81
4.2. EXPERIMENTO EN VIVERO	82
4.2.1 Días a la germinación	82
4.2.2 Porcentaje de germinación a los 7 días	87
4.2.3 Longitud del talluelo a los 15 días	91
4.2.4 Longitud de raíz a los 15 días	95
4.2.5. Número de hojas a los 15 días	100
V. CONCLUSIONES	104
VI. RECOMENDACIONES	108
VII. BIBLIOGRAFÍA	109
ANEXOS	
GALERÍA FOTOGRÁFICA	

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1:	
Tolerancia relativa a las sales de diversos cultivos agrícolas	19
Cuadro 2:	
Tolerancia relativa al boro de diversos cultivos agrícolas	33
Cuadro 3:	
Análisis físico - químico de agua del río Uchusuma	36
Cuadro 4:	
Características físico – químicas del suelo de Calana	38
Cuadro 5:	
Características físico – químicas del suelo de Pachía	39
Cuadro 6:	
Combinación de los tratamientos en estudio	44
Cuadro 7:	
Análisis de varianza de porcentaje de germinación de zapallo	52
Cuadro 8:	
Prueba de significación de Duncan de porcentaje de germinación para el factor boro	54
Cuadro 9:	
Prueba de significación de Duncan de porcentaje de germinación para el factor NaCl	55
Cuadro 10:	
Análisis de varianza de días a la germinación de zapallo	57

Cuadro 11: Prueba de significación de Duncan de días a la germinación para el factor boro	58
Cuadro 12: Prueba de significación de Duncan de días a la germinación para el factor NaCl	59
Cuadro 13: Análisis de varianza de longitud de la radícula de zapallo	61
Cuadro 14: Prueba de significación de Duncan de longitud de radícula para boro	62
Cuadro 15: Prueba de significación de Duncan longitud de la radícula para NaCl	64
Cuadro 16: Análisis de varianza de la radícula (cm) de la talluelo de zapallo	66
Cuadro 17: Prueba de significación de Duncan de longitud de la raíz para boro	67
Cuadro 18: Prueba de significación de Duncan de longitud radicular para NaCl	68
Cuadro 19: Análisis de varianza de longitud de talluelo (cm) de zapallo	71
Cuadro 20: Prueba de significación de Duncan de longitud del talluelo para el factor boro	72
Cuadro 21: Prueba de significación de Duncan de longitud del talluelo para el factor NaCl	73

Cuadro 22:	
Análisis de varianza de longitud del talluelo (cm) de zapallo	76
Cuadro 23:	
Prueba de significación de Duncan de longitud del talluelo para el factor boro	77
Cuadro 24:	
Prueba de significación de Duncan de longitud del talluelo para el factor NaCl	78
Cuadro 25:	
Análisis de varianza de número de hojas para zapallo	81
Cuadro 26:	
Análisis de varianza de días a la germinación de zapallo	82
Cuadro 27:	
Prueba de significación de Duncan de días a la germinación para el factor boro	83
Cuadro 28:	
Prueba de significación de Duncan de días a la germinación para el factor NaCl	84
Cuadro 29:	
Análisis de varianza de porcentaje de germinación de zapallo	87
Cuadro 30:	
Prueba de significación de Duncan porcentaje de germinación para el factor boro	88
Cuadro 31:	
Prueba de significación de Duncan porcentaje de germinación para el factor NaCl	89

Cuadro 32:	
Análisis de varianza de longitud de talluelo de zapallo	91
Cuadro 33:	
Prueba de significación de Duncan de longitud de talluelo para el factor boro	92
Cuadro 34:	
Prueba de significación de Duncan de longitud del talluelo para el factor NaCl	93
Cuadro 35:	
Análisis de varianza de longitud de la raíz (cm) de zapallo	95
Cuadro 36:	
Prueba de significación de Duncan de longitud de la raíz para el factor boro	96
Cuadro 37:	
Prueba de significación de Duncan de longitud de la raíz para el factor NaCl	98
Cuadro 38:	
Análisis de varianza de número de hojas para zapallo	100
Cuadro 39:	
Prueba de significación de Duncan de número de hojas para boro	101
Cuadro 40:	
Prueba de significación de Duncan de número de hojas para NaCl	102

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1:	
Interacción de plantas halofitas y glucofitas	17
Gráfico 2:	
Interacción boro x NaCl para el porcentaje de germinación de zapallo	56
Gráfico 3:	
Interacción boro x NaCl para días a la germinación de zapallo	60
Gráfico 4:	
Interacción boro x NaCl para la longitud de la radícula de zapallo	64
Gráfico 5:	
Interacción boro x NaCl para la longitud de la radícula zapallo	70
Gráfico 6:	
Interacción boro x NaCl para la longitud del talluelo de zapallo	75
Gráfico 7:	
Interacción boro x NaCl para la longitud del talluelo de zapallo	79
Gráfico 8:	
Interacción boro x NaCl para días a la germinación de zapallo	85
Gráfico 9:	
Interacción boro x NaCl para el porcentaje de germinación de zapallo	90
Gráfico 10:	
Interacción boro x NaCl para la longitud de talluelo de zapallo	94
Gráfico 11:	
Interacción boro x NaCl para la longitud de la raíz de zapallo	99
Gráfico 12:	
Interacción boro x NaCl para número de hojas de zapallo	103

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo 1:** Días a la germinación en laboratorio
- Anexo 2:** Porcentaje de germinación en laboratorio a los 7 días
- Anexo 3:** Longitud de la raíz a los 10 días
- Anexo 4:** Longitud de a los 20 días
- Anexo 5:** Longitud del talluelo a los 10 días
- Anexo 6:** Longitud del talluelo a los 20 días
- Anexo 7:** Número de hojas a los 15 días
- Anexo 8:** Días a la germinación
- Anexo 9:** Porcentaje de germinación a los 15 días
- Anexo 10:** Longitud de talluelo a los 15 días
- Anexo 11:** Longitud de la raíz a los 15 días
- Anexo 12:** Número de hojas a los 15 días

RESUMEN

La tesis titulada "EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CONCENTRACIONES NaCl y Boro EN LA GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO DEL CULTIVO DE ZAPALLO (*Cucurbita máxima*) ECOTIPO PACHÍA, BAJO CONDICIONES AMBIENTALES CONTROLADAS, se realizó en el laboratorio de Biotecnología Vegetal, Facultad de Ciencias Agropecuarias, de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann Tacna, ubicado a: Latitud sur: 17° 59' 38"; Latitud oeste : 70° 14' 22"; Altitud: 550 m.s.n.m.

Se utilizó como material experimental semillas de zapallo de Pachía, previamente seleccionadas, sometidas a diferentes concentraciones de Boro: 0 ppm, 1 ppm, 3 ppm, 5 ppm y 7 ppm; y concentraciones de NaCl; 0 ppm, 500 ppm, 1500 ppm y 2500 ppm. Se utilizó el diseño completamente al azar con arreglo factorial de 5 x 4, con una combinación de 20 tratamientos y 5 repeticiones; los resultados fueron:

Para la germinación, el mayor promedio lo obtuvo la concentración de Boro de 1 ppm y 5 ppm obtuvieron 92,50 y 84,50% y para el NaCl la concentración de 1500 ppm con 92,80 %, para vivero la concentración de

Boro de 1 ppm y 5 ppm obtuvieron 93,50%, y 89,50 %, para NaCl las concentraciones de 500 ppm obtuvo el mayor promedio con 93,60 %.

Para días de germinación en laboratorio, la concentración de Boro de 7 ppm obtuvo el mayor promedio con 6,85, para NaCl la concentración de 2500 ppm con 6,72 días, para vivero la concentración de boro de 7 ppm con 7,50 para el NaCl la concentración de 2500 ppm con 7,64 días.

Para la variable longitud del tallo en laboratorio, la concentración 1 ppm de boro obtuvo el mayor promedio con 8,93 cm, para NaCl la concentración de 500 ppm con 8,64 cm, para vivero la concentración de boro de 3 ppm con 9,50, para NaCl 500 ppm obtuvo 9,18 cm.

En lo que respecta a la longitud de la raíz en laboratorio, la concentración de boro de 1 ppm obtuvo el mayor promedio con 4,14, para NaCl la concentración de 500 ppm logró 3,88, para vivero la concentración de Boro de 1 ppm obtuvo 4,00; para NaCl la concentración de 500 ppm con 3,87 cm. En cuanto al número de hojas, no se halló significación estadística en condiciones de laboratorio y en vivero sí se halló significación estadística.

I. INTRODUCCIÓN

El efecto que ejercen las sales sobre los cultivos agrícolas son determinantes para el desarrollo de un cultivo, éstas a concentraciones perjudiciales pueden limitar severamente el ciclo biológico y productivo del mismo, en este caso el Cloruro de Sodio que se encuentra ampliamente en los suelos del mundo y el Boro que a bajas concentraciones llega a ser perjudicial; ambos factores causan efectos significativos en los cultivos de la región de Tacna, donde por sus características especiales ambos son constantes en los suelos de la localidad; sin embargo, la actividad agrícola en la región ha producido distintos cultivos capaces de adaptarse a estas condiciones, entre ellos el Zapallo de Pachía, individuo objeto de este estudio.

El zapallo de Pachía o también llamado zapallo de Carga, era bastante desconocido, se trata de un cultivo de origen tacneño que ha sobrevivido a la competencia de otras variedades de amplia difusión nacional, como es el caso del Liso o el Crespo, pese a ello, su consumo y uso es extendido dentro de la región y se proyecta positivamente dentro del auge culinario peruano, asombrando a distintos chef nacionales y siendo uno

de los productos preferidos y recomendados por el renombrado Chef nacional Gastón Acurio.

En general, el cultivo de zapallo a nivel nacional es una actividad hortícola que posee una significativa importancia económica, al ser uno de los cultivos andinos de mayor difusión a nivel mundial, con un mercado internacional en constante desarrollo. De otro lado, sigue siendo parte importante de la dieta internacional y nacional, personaje indiscutible de la culinaria peruana; en campo, su importancia radica en la demanda constante de este cultivo, así como su rusticidad y la facilidad para transportar sus frutos.

El cultivo de zapallo es una opción interesante para contribuir con la diversificación agrícola, condición que el Perú de por sí posee, condición que permite que su población rural cuente con innumerables recursos agrícolas para alimentarse; de especial manera cuando hablamos de agricultores pequeños, quienes deben dedicar parte de sus cultivos a la producción para autoconsumo. Sin embargo, muchos de estos valiosos recursos no han sido suficientemente estudiados para un entendimiento mejor de sus comportamientos en campo, teniendo en cuenta distintos aspectos de orden económico, social y cultural. Los principales centros de producción nacional se dan desde la región Ancash hasta la región de

Tacna, también podemos encontrarlo en la sierra en la región de Apurímac.

El comportamiento de las sales durante la germinación no ha recibido suficientes estudios en la región; del mismo modo, no hay registro de investigaciones de este tipo aplicadas al cultivo de zapallo, a pesar de que este cultivo generalmente se instala en campo, mediante siembra directa; la presencia de sales durante la germinación puede resultar un factor a considerar para el desarrollo del embrión, la presencia de sales en el suelo agrícola tienden a ser frecuentes en la zona del sur del Perú, donde la salinidad junto con el estrés hídrico son las mayores dificultades que enfrenta la agricultura de desierto, las cuales presentan problemas de drenaje, donde el nivel de presión osmótica de la rizosfera se hace superior, disminuyendo la disponibilidad de agua para las plantas, provocando una mayor presión osmótica que junto con la toxicidad de los iones sodio (Na^+) y cloruro (Cl) dan como resultado un menor rendimiento, que se puede expresar en la rentabilidad económica de los cultivos desarrollados en zonas desérticas.

Uno de los mayores casos de estrés es la salinidad de estas zonas áridas, la sal dominante es el cloruro de sodio de origen continental y marino, encontrándose en el suelo mayormente a niveles elevados que

fluctúan entre 5 y 20 mmhos/cm a una capa arable de 20 cm de profundidad. Este tipo de estrés no sólo reduce los rendimientos de las plantas cultivadas, sino también limita la extensión y explotación racional.

Pueden distinguirse tres efectos de las sales sobre los sistemas agrícolas: a) daños directos sobre los cultivos por salinidad, b) toxicidad específica de algunos iones y c) deterioro de la estructura del suelo. La salinidad de una muestra se mide por su conductividad eléctrica (CE) y puede expresarse en ds/m o mmhs/cm, que son unidades equivalentes.

El boro aparece en el suelo en las tres formas, intercambiable, soluble y no intercambiable, es decir, en forma de ácido bórico H_3BO_3 , boratos cálcicos o magnésicos, y como constituyente de los silicatos. El boro en concentraciones relativamente bajas en la solución del suelo (1-4mg/l) es tóxico para muchos cultivos.

La concentración de estas sales y el respectivo umbral de tolerancia a las mismas durante la germinación son factores determinantes que justifican este estudio; en concordancia con lo señalado hemos planteado como objetivo del presente tema de investigación:

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la respuesta del cultivo de zapallo de Pachía (*Cucurbita máxima*) a la aplicación de diferentes concentraciones de Boro y NaCl bajo condiciones ambientales controladas durante la germinación.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar la influencia que ejerce el Boro sobre el crecimiento de plantas de zapallo en condiciones de laboratorio.

Determinar la influencia que ejercen el NaCl sobre el crecimiento de plantas de zapallo en condiciones de laboratorio.

Determinar la influencia que ejercen el Boro y NaCl sobre el crecimiento de plantas de zapallo en condiciones de laboratorio.

HIPÓTESIS

Al menos una de las dosis de Boro y NaCl tiene efecto significativo en el crecimiento del cultivo de zapallo de Pachía (*Cucurbita máxima*) en condiciones controladas.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. CLASIFICACIÓN TAXÓNOMICA DEL ZAPALLO

Reyno: Vegetal

División: Fanerógamas

Sub división: Angiospermas

Clase: Dicotiledóneas

Orden Cucurbitales

Familia: Cucurbitáceas

Género: Cucúrbita

Especie: Máxima

Nombre científico: *Cucúrbita máxima*

Nombre común: Zapallo de Pachía

2.1.1. Aspectos botánicos del cultivo

Es una planta herbácea de tallo trepador, provisto de zarcillos, existiendo los tipos rastrero y arbustivo. Los tallos y el follaje presentan pubescencia suave; las espículas alternan con pelos finos, el tallo es áspero al tacto, endeble y hueco, presentan pubescencia suave; las ramas crecen en forma simpodial, con guías de 8 a 12 m de longitud, pudiendo formar desde los nudos raíces adventicias.

Las hojas son redondeadas o con lóbulos poco desarrollados, con los bordes ligeramente dentados. la cara superior de la hoja presenta manchas descoloridas, de aspecto plateado. Son alternas, reniformes a cordiformes, de lóbulos poco desarrollados, presenta vaso y nervaduras bien marcadas sobre el limbo, (PARSON *et al.*,1986).

Flor: cáliz y corola de cinco piezas cada uno, se trata de una planta monoica, con cáliz de color verdoso y corola amarilla a blanca. Es actinomorfa, gamopétala, pentámera, diclino monoicas, axilares, de cáliz dialisépalo y persistente, se aprecia la aparición generalmente de las flores masculinas anticipadamente a las femeninas en mayor proporción a

las femeninas, la flor masculina es sinfiandría con anteras pronunciadas, la flor femenina entomófila es de ovario ínfero,(PARSON *et al.*, 1986).

El fruto es una baya grande cuyas paredes externas endurecen y las más internas permanecen suaves y carnosas. la forma del pedúnculo en *C. máxima* es cónico o cilíndrico, sin surcos ni expansión basal, suave y casi esponjoso, con estrías finas longitudinales. la forma, tamaño y color del fruto son muy variables, los cultivares de frutos elipsoidales y oblados u ovoides son comunes, con frutos gigantescos hasta de un metro de longitud.

En el fruto las semillas tienen características muy variables de blanca hasta casi negras, con tonalidades intermedias muy variables de pardo amarillento a pardo oscuro, poseen un tegumento lignificado,(PARSON *et al.*, 1986).

2.2 AGRO ECOLOGÍA DEL CULTIVO

El manejo racional de los factores climáticos de forma conjunta es fundamental para el funcionamiento adecuado del cultivo, ya que todos se encuentran estrechamente relacionados y la actuación de uno de estos incide sobre el resto,(GIACONI, 1988).

2.2.1. Clima

El zapallo es sensible a las heladas y además requiere de un clima temperado para un buen crecimiento, aspectos que determinan su época de siembra, (PARSON, *et al.*, 1986).

2.2.2. Humedad relativa

La gran masa foliar de la planta y el elevado contenido en agua del fruto (alrededor de 95%), indican que se trata de un cultivo exigente en agua, por lo que el rendimiento dependerá en gran medida de la disponibilidad de agua en el terreno. Los excesos de humedad en el suelo impiden la germinación y pueden ocasionar asfixia radicular; y una escasa humedad, puede provocar la deshidratación de los tejidos, la reducción del desarrollo vegetativo, una deficiente fecundación por caída de flores,

redundando en una disminución de la producción y un retraso del crecimiento, (RAMOS, 1995).

2.2.3. Humedad del suelo

El cultivo de zapallo es muy exigente a un balance de humedad del suelo, ya que demanda mucho agua para un buen crecimiento y desarrollo, por lo que es recomendable que la humedad del suelo este fluctuando entre un 70 y 80% de capacidad de campo, (DÍAZ,1990).

2.2.4. Luminosidad

Es una planta muy exigente en luminosidad, por lo que una mayor insolación repercutirá directamente en un aumento de la cosecha.

La luminosidad es importante, especialmente durante los periodos de crecimiento inicial y floración. La deficiencia de luz repercutirá directamente en la disminución del número de frutos en la cosecha, así mismo la intensidad lumínica determinará la relación final de flores estaminadas y pistiladas, observándose que en períodos cortos de luz se

favorece la producción de flores pistiladas, 8 horas fotoperíodo, (RAMOS, 1995).

2.2.5. Suelos

Es poco exigente en suelo, adaptándose con facilidad a todo tipo de suelos, aunque prefiere aquellos de texturas francas, profundas y bien drenadas. Sin embargo, se trata de una planta muy exigente en materia orgánica.

Es una especie medianamente tolerante a la salinidad del suelo y del agua de riego, (menos que el melón y la sandía y más que el pepino), (GIACONI, 1988).

2.2.6. pH

Los valores de pH óptimos oscilan entre 5,6 y 6,8 (suelos ligeramente ácidos aunque puede adaptarse a terrenos con valores de pH entre 5 y 7, (PARSON, *et al.*, 1986).

2.2.7. Riego

Debido a la gran demanda de humedad por parte del cultivo, es necesario regar inmediatamente después de la siembra para garantizar una germinación uniforme y, a partir de este momento, se debe de regar cada 5-7 días, dependiendo del comportamiento del clima, garantizando así una ligera humedad del suelo, hasta que concluyan las cosechas, siendo de gran importancia que el agua no falte en la fase de floración y fructificación, (PARSON, *et al.*, 1986).

2.2.8. Fertilización

La formula de abonamiento se resume de la siguiente manera, 200-225 N; 100-125 P; 250-300 K; en este sentido para este cultivo existe un amplio margen de abonado, el cual dependerá principalmente en función de la extracción del cultivo y en menor grado a la cantidad de nutrientes del suelo. Se reporta que para una producción media de 80,000-100,000 kg por hectárea se aplica 200-225 kg de nitrógeno (N), 100-125 kg de fósforo (P₂O₅) y 250-300 kg de potasio (K₂O) al momento de la siembra, proporcionando una relación aproximada 2-1-2.5, (INFOAGRO, 2011).

2.3. Variedades importantes zapallos

- **Macre:** (Cucurbita maxima) Es la variedad más común que existe tanto en la costa como en la sierra. En los climas templados se desarrollan enormes, algunos llegando a pesar más de 50 kg.; se emplea para el alimento humano, como verdura para diversos potajes.
- **Calabaza común o criolla:** (Cucurbita maxima) En la costa suele ser más insípida, propia para comidas saladas, en cambio en los valles de la sierra producen en cantidad dentro de los maizales; estas calabazas asadas son dulces, su corteza se forma como un mate duro, (UNALM, 2003).
- **Zapallón:** (Cucurbita maxima) Crece en las quebradas de la sierra. Produce una carnosidad dura que se puede utilizar como verdura cuando es tierna, pero madura se emplea para el engorde de cerdos.

- **Zapallito italiano:** (Cucurbita pepo) Se trata de un cultivo de amplia difusión mundial las variedades Zucchini y Cocozelle son las más difundidas dentro de este grupo de variedades, la piel del fruto suele ser confundible con las de Cucurbita máxima aun que su sabor y contenido de fibra son característicos, tiene alto contenido de agua sobre el 90% y es rica en minerales, (UNALM, 2003).
- **Loche:** (Cucurbita moschata) Se trata de un cultivo de importancia significativa en el desarrollo agrícola del norte del Perú, donde su cultivo fue practicado desde antes del nacimiento de la civilización mochica, se caracteriza por presentar una cascara de un verde plomizo con protuberancias longitudinales que cruzan verticalmente el fruto desde la base hasta el pedúnculo, tiene la capacidad de propagarse vegetativamente, (UNALM, 2003).
- **Zapallo Planta:** (Cucurbita spp) Es una cultivo particular propagado exclusivamente por vía vegetativa dado que el polen emitido por las flores masculinas es inviable, los nudos emiten brotes radiculares de los que se puede efectuar trasplante dando como resultado su propagación, su fruto es de sabor agradable de alto contenido de fibra y de fácil digestión, su área de cultivo

tradicional ha sido el valle del Caplina en Tacna al sur del Perú, sin embargo actualmente este cultivo se encuentra en peligro crítico de extinción, (RAMOS, 1995).

2.4. EFECTO DE LA SALINIDAD EN LAS PLANTAS

Desde el punto de vista agrícola se considera un suelo como salino si su conductividad eléctrica es igual o superior a 4dS/m. En agricultura hay 380 millones de ha de suelos salinos, de las cuales 240 millones no son tan salinos como para no cultivar plantas tolerantes. Desde el punto de vista ecológico se habla de suelo salino si la [NaCl] es superior a 70mM ya que éste es el límite a partir del cual se observa una flora halófitas (=plantas adaptadas a condiciones salinas) y no sobreviven las no halófitas. Aunque todos los suelos salinos tienen aumentada la [sal], los suelos salinos pueden tener características muy diversas porque pueden ser suelos áridos con aumentos de pH, también pueden haber suelos alcalinos con aumento de la [carbonatos] ó con toxicidad de boro. Suelos costeros con exceso de NaCl y encharcamiento; hipoxia. Suelos salinos ácidos; toxicidad por Fe, Al. Tb hay suelos costeros volcánicos con deficiencia en N, Zn, Co, junto con problemas de toxicidad por encharcamiento,(SIEVEKA, 1966).

2.4.1. Respuestas de las plantas a la salinidad

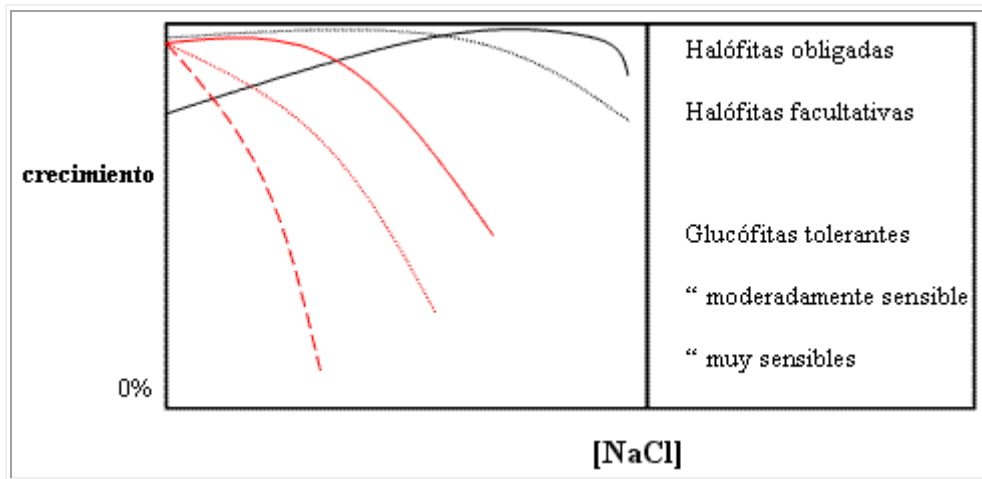
1. Plantas sensibles, muy sensibles ó algo tolerantes: glucófitas.
2. Plantas poco sensibles: halófitas
 - a. Facultativas
 - b. Obligadas: 70mM ó 4dS/m.

La respuesta de cada tipo de planta es diferente y si observamos el crecimiento de diferentes especies vegetales en función de la [NaCl] obtenemos diferentes tipos de respuestas, (SIEVEKA, 1966).

1 **Glucófitas:** para cualquier incremento de [NaCl] en el sustrato ven disminuido su crecimiento, pero según el descenso del crecimiento en función de la tasa de [NaCl] distinguimos.

- a. Muy sensibles disminuyen el crecimiento.
- b. Moderadamente sensibles disminuyen el crecimiento.
- c. Glucófitas tolerantes, ligera disminución del crecimiento.

GRÁFICO 1: Interacción de plantas Halófitas y Glucófitas



Fuente: Sieveka, E. 1966.

En el gráfico 1 se aprecia la relación de halófitas y glucofitas; las halófitas obligadas se observa que en situación de disminución de la $[NaCl]$ crecen menos, las halófitas facultativas no dependen de la $[NaCl]$. Cuando hablamos de daños producidos por la sal nos referiremos a las glucofitas y al descenso del crecimiento, que expresado matemáticamente:

$$Y = \text{Crecimiento relativo} = 100 - B(EC - A)$$

Donde:

Y = crecimiento relativo.

B = descenso del crecimiento por aumento de la $[NaCl]$.

EC = conductividad eléctrica del sustrato.

A = valor umbral de la conductividad eléctrica a partir de la cual se da el descenso del crecimiento. En plantas sensibles el valor de A va de 1 a 1,7 provocando un descenso del crecimiento del 16 al 24% (glucófitas sensibles). En plantas moderadamente sensibles A va de 1.2 a 3 (arroz). En plantas tolerantes A va de 4 a 8, a partir de A=4 se pueden considerar plantas halófitas, crecen bien en suelos salinos,(SIEVEKA, 1966).

2.4.2. Mecanismo de disminución del crecimiento (glucófitas)

El efecto osmótico influye sobre el crecimiento, estas plantas tienen dificultad para absorber agua y sufren EDH (estrés por déficit hídrico) disminuye Ψ_o , sufren los mismos daños que los causados por la disminución de la expansión celular. Además de los efectos hídricos, (SIEVEKA, 1966).

Apreciaremos en el cuadro 1 las diferentes tolerancias de diversos cultivos agrícolas, (MUJERIEGO, 1990).

Cuadro 1: Tolerancia relativa a las sales de diversos cultivos agrícolas.

Tolerantes	<p><u>Cultivos productores de fibras, semillas y azúcar:</u> Cebada (<i>Hordeum vulgare</i>) Algodón (<i>Gossypium hirsutum</i>), Jojoba (<i>Simmondsia chinensis</i>), Remolacha azucarera (<i>Beta vulgaris</i>).</p> <p><u>Pastos y forrajes:</u> Grama (<i>Cynodon dactylon</i>), Agropiro (<i>Agropyron cristatum</i>), Elimo (<i>Elymus angustus</i>),</p> <p><u>Productos hortícolas:</u> Espárragos (<i>Asparagus officinalis</i>).</p> <p><u>Frutales:</u> Palmera datilera (<i>Phoenix dactylifera</i>).</p>
Moderadamente tolerantes	<p><u>Cultivos productores de fibras, semillas y azúcar:</u> Avena (<i>Avena sativa</i>), Cártamo (<i>Carthamus tinctorius</i>), Soja (<i>Glycine max</i>), Trigo tierno (<i>Triticum aestivum</i>),</p> <p><u>Pastos y forrajes:</u> Trébol (<i>Melotus alba</i>), Raygras inglés (<i>Lolium perenne</i>), Sorgo (<i>Sorghum sudanense</i>), Trigo tierno (<i>Triticum aestivum</i>), Agropiro (<i>Agropiron sibiricum</i>), Elimo (<i>Elymus triticoides</i>),</p> <p><u>Productos hortícolas:</u> Alcachofa (<i>Helianthus tuberosus</i>), Remolacha (<i>Beta vulgaris</i>), *Calabacín (<i>Cucurbita pepo</i>).</p> <p><u>Frutales:</u> Higuera (<i>Ficus carica</i>), Aceitunas (<i>Olea europaea</i>), Papaya (<i>Carica papaya</i>), Piña (<i>Ananas comosus</i>), Granada (<i>Punica granatum</i>).</p>

Moderadamente sensibles	<p><u>Cultivos productores de fibra, semillas y azúcar:</u> Haba(<i>Vicia faba</i>), Maíz (<i>Zea mays</i>), Cacahuete (<i>Arachis hypogaea</i>), Arroz (<i>Oryza sativa</i>), Caña de azúcar (<i>Saccharum officinarum</i>), Girasol (<i>Helianthus annuus</i>).</p> <p><u>Pastos y forraje:</u> Alfalfa (<i>Medicago sativa</i>), Trébol (<i>Trifolium hybridum</i>), Maíz, forraje (<i>Zea mays</i>), Avena común forraje (<i>Avena sativa</i>), Trébol (<i>Lotus uliginosus</i>),</p> <p><u>Productos hortícolas:</u> Col (<i>Brassica oleracea capitata</i>), Coliflor (<i>Brassica oleracea brotytis</i>), Apio (<i>Apium graveolens</i>), Maíz tierno (<i>Zea mays</i>), Pepino (<i>Cucumis sativus</i>), Lechuga(<i>Letuca sativa</i>), Melón (<i>Cucumis melo</i>), Pimiento (<i>Capsicum annum</i>), Patata (<i>Solanum tuberosum</i>), *Calabaza (<i>Curcubita maxima</i>) Rábano(<i>Raphanus sativus</i>), Espinacas (<i>Spinacea oleracea</i>), *Calabacín (<i>Curcubita pepo</i>), Boniato (<i>Ipomoea batatas</i>), Tomate(<i>Lycopersicon lycopersicum</i>), Nabo (<i>Brassica rapa</i>), *Sandía (<i>Citrullus lanatus</i>).</p> <p><u>Frutales:</u> Uva (<i>Vitis spp.</i>)</p>
Sensibles	<p><u>Cultivos productores de fibra, semillas y azúcar:</u> Sésamo (<i>Sesamum indicum</i>).</p> <p><u>Productos hortícolas:</u> Zanahoria (<i>Daucus carota</i>), Cebolla (<i>Allium cepa</i>), Guisante (<i>Pisum sativum</i>).</p> <p><u>Frutales:</u> Manzana (<i>Malus sylvestris</i>), Aguacate (<i>Persea americana</i>), Chirimoya (<i>Annona cherimola</i>), Limón (<i>Citrus limon</i>), Mango (<i>Mangifera indica</i>), Naranja (<i>Citrus sinensis</i>), Fruto de la pasión (<i>Passiflora edulis</i>), Melocotón (<i>Prunus persica</i>), Pera (<i>Pyrus communis</i>), Mandarina (<i>Citrus reticulata</i>).</p>

Fuente: Mujeriego, 1990 Manual Práctico de Riego con Agua Residual Municipal Regenerada.

2.4.3. Diagnóstico de la salinidad

El diagnóstico de condiciones salinas en los suelos se basa en la conductividad eléctrica (CE) de extractos de saturación de pastas de suelos. Desde el punto de vista taxonómico, la división tradicional entre suelos salinos y no salinos ha sido de 4 dS/m, límite que sigue vigente a pesar de que algunos cultivos pueden dañarse con valores de (CE) entre 2 y 4 dS/m, e incluso menores, y a que el aumento en la eficiencia del riego tiende a disminuir la cantidad de agua de drenaje. La tolerancia a las sales de los cultivo, están dadas en términos de valores umbrales (valor de C.E. sobre el cual hay disminución de rendimiento) y el porcentaje de disminución de rendimiento por unidad de aumento de la salinidad sobre el nivel umbral; donde la unidad de salinidad es la C.E. del extracto de la pasta saturada de suelo en dS/cm, (SADZAWKA, 2000).

El diagnóstico de problemas existentes o potenciales de salinidad en suelos se realiza usando algunas características químicas de los suelos y de las aguas de riego. Los principales análisis predictivos son la conductividad eléctrica (C.E.), la relación de adsorción de sodio (RAS) o el porcentaje de sodio intercambiable (PSI). Adicionalmente debe considerarse el análisis de boro o de otros elementos en áreas donde se

sospechen problemas de toxicidad específica de algún ion en particular, (CESPEDES, 1999).

Para diagnosticar la probabilidad de un problema de salinidad en los cultivos establecido puede seguirse la siguiente pauta:

- En caso de riego convencional estimar la salinidad promedio por sitio en la profundidad de mayor desarrollo vegetativo. Cuando se usa riego por goteo, se debe estimar el promedio ponderado de la absorción de agua usando un modelo apropiado de extracción de agua de suelo, (SADZAWKA, 2000).
- Determinar la salinidad promedio y los valores extremos del área en estudio. Si hay suficiente número de mediciones (al menos 10), calcular la desviación estándar (DS) y el coeficiente de variación (CV). Si no se permite daño salino en ninguna parte del área, considerar la máxima salinidad medida como el nivel de salinidad del área. Si se permite un daño salino de un 15% del área, considerar la suma promedio y la DS como el nivel de salinidad del área. Si el CV es menor de 15%, puede usarse el promedio como la salinidad del área, (SADZAWKA, 2000).
- Comparar el valor de la salinidad de la muestra con la tolerancia del cultivo. Evidentemente que los niveles dados no proporcionan una medida

exacta de las pérdidas de rendimiento debido a la salinidad para cada situación. Sin embargo, las tablas de tolerancia a las sales son útiles para diagnosticar la probabilidad de problemas salinos y predecir cómo se comportará un cultivo con respecto a otro bajo condiciones salinas, (SADZAWKA, 2000).

2.5. EFECTO DEL BORO EN LAS PLANTAS

El Boro es un oligoelemento esencial para el crecimiento de las plantas, pero en cantidades excesivas se vuelve tóxico. Aunque hay suelos que contienen boro en concentraciones perjudiciales, en la mayoría de los casos de toxicidad por boro, éste ha sido incorporado a la solución del suelo por el agua de riego, (LÄUCHLI, 2002).

El boro es absorbido por las raíces junto con el agua, acumulándose en las hojas y otras partes de las plantas. En muchos cultivos la toxicidad se manifiesta para concentraciones, de boro en las hojas, superiores a 250 - 300 mg/kg, pero algunos cultivos sensibles como frutales de hueso (palto, ciruelo, etc.) o de pepita (peral, manzano, etc.) no acumulan boro, a pesar de ser dañados por dicho anión, (LÄUCHLI, 2002).

Además de las especies arbóreas, el boro puede perjudicar a muchas plantas anuales. Los síntomas típicos se presentan en la punta de las hojas más antiguas, que amarillean o presentan motas o sequedad en los tejidos. Estos síntomas avanzan desde la punta a lo largo de los bordes y hacia el centro de la hoja entre los nervios. En algunos árboles, cuando están seriamente afectados, a veces se produce gomosis o exudación en troncos y ramas, (LÄUCHLI, 2002).

Los estudios de tolerancia han relacionado esta característica con el contenido de boro en el agua de riego y no con la solución del suelo que rodea las raíces, (LÄUCHLI, 2002).

El boro es un elemento esencial en la nutrición mineral de las plantas. Este es absorbido por las raíces como ácido bórico neutro ($B[OH]_3$) y como borato ($B[OH]_4^-$). La absorción se produce por tres mecanismos: difusión pasiva, transporte facilitado a través de canales proteicos y transporte activo por proteínas específicas.

Forma parte de la pared celular y complejos estables en la membrana plasmática y estimula la germinación del polen y la elongación del tubo polínico, (BROWN *et al.*, 2002).

En la mayoría de los cultivos los síntomas de toxicidad se presentan cuando la concentración de boro en las hojas supera 250 a 300 mg kg⁻¹ en peso seco, (AYERS Y WESTCOT, 1989).

Para combatir el exceso de boro, éste se puede lixiviar desde el suelo o ser eliminado desde la fuente de agua. Para lixiviar el boro desde el suelo se requiere una cantidad tres veces mayor de agua que la necesaria para lixiviar la misma cantidad de sodio o cloruro, ya que el boro se mueve lentamente con la solución suelo, al encontrarse altamente adsorbido a

los minerales de arcilla, por ello, además se requiere mayor tiempo de lavado, (HAVLIN *et al.*, 1999).

Los ensayos para retirar el boro desde las fuentes de agua han incluido tecnologías como la ósmosis inversa y el uso de resinas de intercambio, siendo ambos métodos poco eficientes, removiendo menos del 50% del elemento, (SIEVEKA, 1966).

Investigaciones realizadas en la Universidad de Tarapacá han logrado desarrollar un sistema para reducir la concentración de boro en el agua de riego. El sistema desarrollado es capaz de reducir hasta en un 97% la concentración inicial de boro en el agua, (FIGUEROA, 2006).

2.5.1. Diagnostico de la toxicidad con Boro

Además de los peligros de la salinidad y de la sodificación, ciertos cultivos pueden ser sensibles a la presencia de concentraciones moderadas a altas de iones específicos en las aguas de riego o en las soluciones del suelo. El análisis de unión específico generalmente es necesario solamente cuando se sospechan problemas de toxicidad, entre estos cabe mencionar la toxicidad del boro. El Boro es un elemento esencial para las plantas que puede llegar a ser tóxico con concentraciones en la solución de suelo que exceden ligeramente las requeridas para un óptimo crecimiento. La toxicidad puede afectar prácticamente a todos los cultivos, pero como ocurre con la salinidad, la gama de tolerancia es amplia,(SADZAWKA, 2000).

La toxicidad con boro en muchas especies es producto de la formación y del transporte de un complejo del Boro-sorbitol. Estos alcoholes de azúcar que corresponde a productos primarios de la fotosíntesis (dulcitol, manitol, sorbitol), forman fácilmente complejos con ácido bórico sin el requisito enzimático. El complejo de Boro-azúcar será transportado fácilmente a los tejidos apicales. Consecuentemente, el boro será acumulado en las regiones meristemáticas, pero no en las hojas maduras de las especies en las cuales el azúcar está presente. En estas especies, la toxicidad de

boro aparecerá probablemente en los tejidos apicales y tejidos meristemáticos, mientras que será observado los síntomas típicos de la toxicidad con boro, (SADZAWKA, 2000).

El modelo típico de la acumulación de boro en las plantas, indica que las concentración más alta de boro se encuentra en las hojas más viejas, las concentraciones progresivamente más bajas de boro en tejidos más jóvenes. Esta distribución de boro es típica de un elemento con alta movilidad, (FUENTES, 1994).

La movilidad del boro varía drásticamente entre especies. Las variaciones de movilidad ocurren como consecuencia de la presencia de los alcohóles de azúcares en ciertas especies pero no en otras, estas diferencias en movilidad del boro afecta la expresión de los síntomas de toxicidad por este elemento. Veinticuatro especies ornamentales comunes que varían en el contenido de azúcar, fueron seleccionadas para probar su respuesta a la toxicidad de boro, (WARREN, 1999).

Los tratamientos se realizaron con concentraciones 5 a 25 mg/l de boro. Las especies que acumulan azúcar en los tejidos, presentaron los síntomas previamente descritos de la toxicidad de boro, que considere la acumulación de altas concentraciones de boro con necrosis en las extremidad y el margen de hojas viejas, (WARREN, 1999).

El crecimiento del follaje de plántulas de espárragos se incrementa a medida que la concentración de boro en el follaje sube a 50 ppm, alcanzando su máximo rango de 120 a 300 ppm; sin embargo, el crecimiento radicular declina cuando la concentración de boro de las raíces supera las 40 ppm, (KRARUP, 1994)

Para determinar el efecto del boro en el contenido mineral del follaje espárrago, se realizó una experiencia en Nueva Escocia, Canadá. El objetivo era determinar la respuesta del espárrago a diferentes fuentes de abonos inorgánicos. El resultado preliminar reflejó que el cultivo del espárrago, parece asimilar notoriamente las aplicaciones de micronutrientes como boro. La aplicación de 7,2 kg/ha de B aumentó las concentraciones de dicho elemento en la composición mineral de follaje, registrando 46, 54 y 64 gr/kg de B, sin embargo nunca alcanzó los valores de 109 –174 gr/kg B, informado por E. Brasher en 1959, (WARMAN, 1991).

La adsorción de boro depende fuertemente del pH del suelo, siendo máxima entre los valores de 8,5 a 9,0. Las arcillas varían en su capacidad para adsorber boro, siendo la Illita una de las más reactivas. El boro disponible para las plantas está distribuido entre el boro de la solución suelo y el boro adsorbido en las partículas del suelo. Esta distribución

depende del contenido de boro total, el número de sitios de adsorción y la humedad del suelo. Sin embargo, debido a que las plantas responden principalmente a la concentración de boro en la solución del suelo que rodea el sistema radicular, es ésta la que debería evaluarse en relación a la respuesta de las plantas. La concentración de boro en el extracto de saturación se usa principalmente como un índice para estimar la toxicidad de boro en el suelo, (SADZAWKA, 2000).

El boro puede ser lavado del suelo con agua que tenga una menor concentración de sales, pero si las concentraciones iniciales son altas, pueden permanecer cantidades suficientes de boro para causar daño luego que las concentraciones de otras sales se reduzcan a un nivel seguro, (ROMÁN, 2001).

Después que el boro es lavado durante el mejoramiento de un suelo, los niveles de este elemento en la solución tenderán a aumentar con el tiempo debido a que las reacciones de absorción son más lentas que la tasa de remoción. La regeneración del boro se refiere a este aumento en los niveles de boro de la solución del suelo después que la rehabilitación o mejoramiento ha terminado, (OSTER, 1995).

2.5.2. Manejo de suelos con Boro

El método más eficaz para recuperar suelos con cantidades de boro es la lixiviación. El Boro es difícil de lixiviar y requiere aproximadamente una lixiviación 2-3 veces mayor que para lixiviar una cantidad equivalente de cloruros, o de sales en general. Además, la reducción en la concentración de boro en la solución de suelo luego de la lixiviación puede ser solamente temporal debido a la regeneración del boro por liberación lenta del boro adsorbido. En este caso, pueden necesitarse lixivitaciones periódicas para mantener el boro en niveles adecuados. El boro también puede ser inmovilizado en el suelo por procesos de disolución y precipitación con sodio y el calcio de la solución de suelo; con la adsorción sobre las arcillas y los hidróxidos de aluminio y hierro; y con la formación de complejos con materia orgánica, (SADZAWKA, 2000).

La formación de estos complejos hace disminuir la toxicidad del boro, ya que requiere su mineralización para que el boro pueda ser absorbido por las plantas. La incorporación de materia orgánica en suelos con problemas de boro puede tener interés por este motivo, (SADZAWKA, 2000).

Las toxicidades del boro van asociadas a suelos de climas áridos y desérticos. En el suelo el boro se encuentra en forma de ácido bórico, que

es la forma en que es absorbido por las plantas. La adsorción de boro depende fuertemente del pH del suelo, siendo máxima entre los valores de 8,5 a 9,0. Por tanto el manejo del pH del suelo sería otra forma de manejo de suelos con boro, (HONORATO, 1994).

El boro disponible para las plantas está distribuido entre el boro de la solución de suelo y el boro adsorbido en las partículas del suelo. Esta distribución depende del contenido de boro total, el número de sitios de adsorción y la humedad del suelo. Sin embargo, debido a que las plantas responden principalmente a la concentración de boro en la solución del suelo que rodea el sistema radicular, es ésta la que debiera evaluarse en relación a la respuesta de las plantas. La concentración de boro en el extracto de saturación se usa principalmente como para estimar la toxicidad del boro en el suelo, (SADZAWKA, 2000).

Apreciaremos en el cuadro 2 las diferentes tolerancias de diversos cultivos agrícolas a la toxicidad provocada por la presencia del boro, (MUJERIEGO, 1990).

Cuadro 2: Tolerancia relativa al boro de diversos cultivos agrícolas

Muy sensibles (<0.5 mg/ l)	Limón (Citrus limon), Mora (Rubus spp.)
Sensibles (0.5-1.0 mg/ l)	Aguacate (Persea americana), Naranja (Citrus sinensis), Melocotón (Prunus persica), Cerezas (Prunus avium), Ciruela (Prunus domestica), Higo (Ficus carica), Uva (Vitis vinifera), Nueces (Juglans regia), Cebolla (Allium cepa), Ajo (Allium sativum), Boniato (Ipomea batatas), Trigo (Triticum aestivum), Cebada (Hordeum vulgare), Girasol (Helianthus annuus), Fresa (Fragaria spp.), Alcachofa (Helianthus tuberosus), Judía pinta (Phaseolus vulgaris), Judiones(Phaseolus lunatus),
Moderadamente sensibles (1.0-2.0 mg/ l)	Pimiento rojo (Capsicum annum), Guisante (Pisum sativa), Zanahoria (Daucus carota), Rábano(Raphanus sativus), Patata (Solanum tuberosum), Pepino (Cucumis sativus)
Moderadamente tolerantes (2.0-4.0 mg/ l)	Lechuga (Lactuca sativa), Col (Brassica oleracea capitata), Apio (Apium graveolens), Nabo (Brassica rapa), Avena (Avena sativa), Maíz (Zea mays), Alcachofa (Cynara scolymus), Tabaco (Nicotiana tabacum), Calabacín (Cucurbita pepo), Melón (Cucumis melo).
Tolerantes (4.0-6.0 mg/ l)	Sorgo (Sorghum bicolor), Tomate (Lycopersicon lycopersicum), Alfalfa (Medicago sativa), Veza (Vicia benghalensis), Julibert (Petroselinum crispum), Remolacha roja (Beta vulgaris), Remolacha azucarera (Beta vulgaris)
Muy tolerantes (6.0-15.0 mg/ l)	Algodón (Gossypium hirsutum), Espárragos (Asparagus officinalis)

Fuente: Mujeriego, 1990 Manual Práctico de Riego con Agua Residual Municipal Regenerada.

2.6. CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO UCHUSUMA Y CAPLINA

En el ámbito de influencia de la cuenca, desde la cordillera del Barroso hasta la Yarada, existen numerosas fuentes y cuerpos de agua, tanto superficiales como subterráneos y de calidades muy distintas determinadas por factores naturales y antrópicas; entre ellos destacan los factores vulcanológicos (hidrotermales) y agropecuarios. Estos factores han determinado la existencia de cuerpos de aguas limpias y cuerpos de aguas malas por la alta contaminación, que las imposibilita para la mayoría de usos, (MINAG, 2010).

Por otro lado, los usos de las aguas en el ámbito de la cuenca son muy diversos; destinándose para los usos domésticos, agrícolas, pecuarios, agroindustriales, turísticos, piscícolas, biológicos, entre otros, (MINAG, 2010).

Para uso poblacional, en lo referente al río Caplina, las aguas que transporta han sido evaluadas como de calidad mediocre, debido a la acidez que manifiesta en algunos registros (pH 4.00 – 8.13). La referida condición ácida puede ser equilibrada en la planta de tratamiento, (MINAG, 2010).

En términos generales, las aguas que discurren por el sistema (el de abastecimiento hídrico para agricultura y uso domiciliario de la provincia de Tacna) poseen buenas características químicas para cursos de aguas naturales, ya que sus concentraciones de sales se encuentran dentro de los límites inferiores recomendados por la OMS; (CE 0,109 – 1,535 mS/cm), clasificándolas como aguas de abastecimiento doméstico, con tratamiento equivalente a procesos combinados de mezcla y coagulación, sedimentación filtración y cloración, (MINAG, 2010).

Para uso agrícola, las que discurren por el río Caplina, presentan problemas crecientes en lo referente a la salinidad (concentraciones altas de calcio, sulfatos y RAS en el rango de 1,37 – 4,92mS/cm) y toxicidad por Boro presentándose en la cuenca en el rango de 0,03 – 1,12 mg/l, que se deben tener en consideración a fin de que las técnicas de manejo del agua y suelo sean las más apropiadas, (MINAG, 2010).

Como muestra el Cuadro 3, las aguas del sistema Uchusuma no presentan restricciones para sus uso en la agricultura; en cambio, las que discurren por el río Caplina, presentan problemas crecientes en lo referente a la salinidad (concentraciones altas de calcio y sulfatos) y toxicidad por boro, que se deben tener en consideración a fin de que las técnicas de manejo del agua y suelo sean las más apropiadas.

Cuadro 3: Análisis físico - químico de agua del río Uchusuma

COMPOSICIÓN	RESULTADOS
pH	7,36
C.E ms/cm	595,8
Cl (mg/l)	26,8
SO ₄ (mg/l)	151,10
HCO ₃ (mg/l)	114,5
CO ₃ (mg/l)	6,1
Ca (mg/l)	47,6
Mg (mg/l)	17,9
Na (mg/l)	43,1
K (mg/l)	11,0
B (mg/l)	0,422
As (mg/l)	0,134

Fuente: Proyecto Especial Tacna (2010).

2.6.1. Balance Hídrico

El balance hídrico de la sub cuenca del río Caplina se ha efectuado con las disponibilidades hídricas al 75% de persistencia teniendo en cuenta las áreas agrícolas totales de la parte alta de la cuenca, no se está considerando los datos de la sub cuenca de La Yarada, por no ser relevante para el presente diagnóstico.

Es así, que de la información presentada, la sub cuenca del Caplina (regada con aguas superficiales) y que incluye la demanda de agua poblacional es la siguiente, una oferta hídrica de $1.58 \text{ m}^3/\text{s}$ y una demanda hídrica de $2.93 \text{ m}^3/\text{s}$. Lo que nos da como resultado un balance hídrico negativo con una demanda insatisfecha de $- 1.35 \text{ m}^3/\text{s}$, dato que debe ser tomado en cuenta para cualquier proceso de desarrollo en el distrito de Pocollay.

De acuerdo a los niveles de presencia del boro, en los sectores agrícolas del río Caplina se debe hacer una selección de cultivos que sean tolerantes, con la finalidad de mejorar la productividad de la zona, (MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE POCOLLAY, 2009).

2.7. ANÁLISIS DE SUELO EN CALANA Y PACHÍA

Cuadro 4: Características físico – químicas del suelo de Calana

ANÁLISIS FÍSICO	RESULTADOS
Arena	55%
Limo	32%
Arcilla	13%
Clase textural	Franco arenoso
ANÁLISIS QUÍMICO	RESULTADOS
Materia orgánica	1,70 %
Nitrógeno total	0,1072 %
Fósforo (P ₂ O ₅)	80 kg/ha
Potasio (K ₂ O)	180 kg/ha
Conductividad eléctrica	0,91 mmhos/cm
pH	6,5

Fuente: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias laboratorio regional de análisis de Suelos y plantas. (2010)

Como muestra el Cuadro numero 4, los suelos de Calana presentan una clase textural franco arenoso, con una conductividad eléctrica de 0.91 mmhos / cm, denotando un suelo poco salino de condiciones para una amplitud de cultivos

Cuadro 5: Características físico – químicas del suelo de Pachía

Características	Resultados
Análisis físico	
Arena %	45,50
Limo %	28,50
Arcilla %	26,00
Clase textural	Franco arcilloso
Análisis Químico	
Materia orgánica	1,54%
Nitrógeno total	0,08%
Fósforo (P ₂ O ₅)	50,90 kg/ha
Potasio (K ₂ O)	133,3 kg/ha
CaCO ₃	0,52 kg/ha
CE pH	8,30 mmhos / cm
	7,20

Fuente: Universidad Nacional del Altiplano Puno. Facultad de Ciencias Agrarias
Laboratorios de suelos (2004)

En los suelos de Pachía (donde se desarrolla el ecotipo del Cucurbita maxima en cuestión) a diferencia de los de Calana se presenta una realidad diferente, como nos muestra el cuadro numero 5 presentan una clase textural de franco arcilloso, con una elevada conductividad eléctrica a 8,30 mmhos / cm lo que dificulta el desarrollo de cultivos no halófitos.

2.8. INVESTIGACIONES

2.8.1. Cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* mill.) hidropónico con agua desalinizada y desborificada en el valle de Lluta

El ensayo contó con cuatro tratamientos: T1 solución nutritiva preparada con agua del río Lluta (CE 3,96 dS m⁻¹; 7,1 ppm B); T2 solución nutritiva preparada con agua tratada (desalinizada y desborificada) + boro (CE 3,1 dS m⁻¹; 7,1 ppm B); T3 solución nutritiva preparada con agua tratada + sulfato de magnesio (CE 3,96 dS m⁻¹; 0,8 ppm B), y T4 solución nutritiva preparada con agua tratada (CE 3,1 dS m⁻¹; 0,8 ppm B). El diseño fue de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Las plantas se cosecharon hasta el quinto racimo (120 días desde el trasplante), obteniéndose los siguientes rendimientos: T1 = 40 t ha⁻¹, T2 = 39 t ha⁻¹, T3 = 64 t ha⁻¹ y T4 = 61 t ha⁻¹. Se observó que el exceso de boro de los tratamientos T1 y T2 produjo una disminución importante en el rendimiento total de tomate en un 40% y en el rendimiento comercial de un 55%. La totalidad de los tratamientos tuvo un rendimiento mayor al mejor rendimiento informado para los cultivos de tomate al aire libre en el valle de Lluta a 30 Mg ha⁻¹, (ALBORNOZ, 2007).

Se informó que en el cultivo de naranja cv. Navelina al aumentar la concentración de boro en la solución nutritiva disminuía la concentración

de clorofila de las hojas y el tamaño de los cloroplastos, lo que pudo haber ocurrido en este ensayo, ya que al observar las plantas de los tratamientos con exceso de boro versus las plantas de los tratamientos con niveles normales de boro, se hacía evidente la diferencia en el color de las hojas, presentando un color verde amarillento hasta un color pardo en el primer caso, mientras que las plantas con un adecuado suministro de boro tenían un color verde “normal”, (PAPADAKIS *et al.*, 2004).

En el trabajo de investigación titulado “El problema de salinidad en los recursos suelo y agua que afectan el riego y cultivos en los valles de Lluta y Azapa en el norte de Chile”, concluyó que la salinidad del agua de riego está íntimamente relacionada con la salinidad de los suelos de los valles de Lluta y Azapa, afectando los cultivos que en ellos se realizan. Para el caso del valle de Lluta la salinidad de los suelos se hace manifiesta, agravándose en el sector bajo del valle que tiene problemas de drenaje. En Azapa, la salinidad del agua de riego es inferior a la de Lluta, pudiéndose cultivar una mayor variedad de cultivos con rendimientos muy superiores a los del valle de Lluta. La agricultura del Norte requiere que el problema de salinidad sea conocido y resuelto. En este trabajo se presentan antecedentes de la agricultura, los suelos y el agua de riego de los valles de Lluta y Azapa, (TORRES, 2007).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Área de estudio

El presente trabajo de investigación se realizó en los ambientes laboratorio de Biotecnología Vegetal, de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, perteneciente a la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna situado en el Centro Experimental Agrícola (CEA III) “ Los Pichones “ siendo sus coordenadas geográficas:

Latitud sur : 17° 59' 38''

Latitud oeste : 70° 14' 22''

Altitud : 550 m.s.n.m.

3.2. Material experimental

Como material vegetal se utilizó semillas de Zapallo Pachía sometida a diferentes concentraciones de NaCl y Boro.

3.3. Factores de estudio

Los factores en estudio utilizados en la presente investigación fueron los siguientes y su respectiva interacción será descrita en el cuadro número 6 de combinación de tratamientos en estudio:

Factor A: Concentraciones de Boro (H_3B0_3)

a_0 : 0 ppm

a_1 : 1 ppm

a_2 : 3 ppm

a_3 : 5 ppm

a_4 : 7 ppm

Factor B: Concentraciones de NaCl

b_0 : 0 ppm

b_1 : 500 ppm

b_2 : 1500 ppm

b_3 : 2500 ppm

Cuadro 6: Combinación de los tratamientos en estudio

Boro	NaCl	Tratamientos
a ₀ : 0 ppm	b ₀ : 0 ppm	T ₁
	b ₁ : 500 ppm	T ₂
	b ₂ : 1500ppm	T ₃
	b ₃ : 2500ppm	T ₄
a ₁ : 1 ppm	b ₀ : 0 ppm	T ₅
	b ₁ : 500 ppm	T ₆
	b ₂ : 1500 ppm	T ₇
	b ₃ : 2500 ppm	T ₈
a ₂ : 3 ppm	b ₀ : 0 ppm	T ₉
	b ₁ : 500 ppm	T ₁₀
	b ₂ : 1500 ppm	T ₁₁
	b ₃ : 2500 ppm	T ₁₂
a ₃ : 5 ppm	b ₀ : 0 ppm	T ₁₃
	b ₁ : 500 ppm	T ₁₄
	b ₂ : 1500 ppm	T ₁₅
	b ₃ : 2500 ppm	T ₁₆
a ₄ : 7 ppm	b ₀ : 0 ppm	T ₁₇
	b ₁ : 500 ppm	T ₁₈
	b ₂ : 1500 ppm	T ₁₉
	b ₃ : 2500 ppm	T ₂₀

Fuente: Elaboración propia.

3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental utilizado para laboratorio y vivero fue el diseño completamente al azar con estructura factorial de dos factores: factor A (Boro) a 4 niveles y el factor B (NaCl) a 3 niveles con un total de combinaciones de 20 tratamientos y 5 repeticiones. Se procesaron los datos en el paquete estadístico Stargraphics Plus version 5.1.

3.5. METODOLOGÍA

3.5.1. Experimento en laboratorio

Se sembraron 10 semillas de zapallo en placas Petri de 70 x 10 mm, sobre 2 capas de papel absorbente, en 5 repeticiones, a las cuales se les añadirá 20 ml de solución salina NaCl (0,0g/l; 5 g/l; 7 g/l y 10 g/l), las mismas que se prepararán a partir de NaCl químicamente puro.

Las soluciones de NaCl y H_3BO_3 fueron preparadas con agua destilada, las mismas que se llevaron a una fiola de un litro para cada solución. Se tomó la medida de la conductividad eléctrica del agua.

Asimismo, las placas respectivas que contienen las semillas fueron colocadas bajo temperatura ambiente por 10 días, iniciándose la evaluación a partir del tercer día, tanto para la salinidad y toxicidad de boro.

Las respuestas de la variedad de zapallo al estrés de salinidad y toxicidad de boro se evaluaron basándose en observaciones directas. Los tratamientos en estudio fueron sometidos a 3 niveles de salinidad (NaCl) y 4 niveles de toxicidad de boro (H_3BO_3) en laboratorio.

3.5.2. Experimento en vivero

a. Preparación del sustrato

El sustrato es la mezcla de suelo, en donde se sembró la semilla de zapallo. El sustrato es muy importante porque es aquí donde nacerán las nuevas plantas; se utilizó como sustrato; sustrato comercial (PROMIX)

b. Selección de semilla

Se utilizó semillas de zapallo Pachía provenientes de lotes limpios de impurezas y que procedan de plantas que estén libres de plagas y enfermedades. La semilla debió ser entera, seca y tener por lo menos un 85 % de poder germinativo.

c. Lavado

Las semillas fueron lavadas con el objeto de eliminar el polvo que contienen, ya que en ella se encuentra una gran cantidad de microorganismos, este lavado se realizó sumergiendo las semillas en agua limpia con hipoclorito de sodio al 10% y agitándolas por diez minutos, para luego enjuagar.

d. Desinfección

Las semillas, fueron desinfectadas con el objeto de eliminar microorganismos de la putrefacción y esporas de hongos, para evitar problemas durante el proceso de germinación y producción. Este proceso se realizó sumergiendo las semillas en una solución de agua con fungicidas específicos.

e. Remojo

Las semillas fueron puestas en remojo con agua de 10 horas, con el objetivo de romper la latencia de la semilla e iniciar su actividad enzimática; además de ablandar la cutícula que recubre al zapallo y facilitar la salida de la raíz.

f. Oreo

Terminado el proceso de remojo, las semillas fueron enjuagadas con agua y fueron puestas en un depósito permeable que presente orificios en la parte inferior para facilitar el drenaje del agua, este proceso se realizó bajo sombra para evitar pérdida excesiva de humedad por espacio de 4 a 6 horas y luego realizó la siembra en las bandejas.

g. Siembra

Esta etapa se inició, con la siembra de las semillas a razón de 2 semillas por cada bolsa de germinación con el sustrato respectivo.

h. Riego

El riego se realizó dotando de las diferentes concentraciones de sales a razón de los veinte tratamientos. La frecuencia de riego fue de día por medio con la finalidad de mantener húmedo el sustrato y facilitar la emergencia.

3.5.3. VARIABLES DE RESPUESTA

a. Evaluación del porcentaje de germinación

Para esta evaluación se tomo el total de semillas germinadas de cada uno de los tratamientos para luego llevarlas al porcentaje.

b. Días a la germinación

Se procedió a contar los días de cada una de las plantas germinadas para cada tratamiento.

c. Longitud de talluelo (cm)

Se evaluó seleccionándose 10 muestras en forma aleatoria para cada uno de los tratamientos en estudio cada 15 días.

d. Longitud de radícula (cm)

Para esta evaluación seleccionó 8 muestras en forma aleatoria para cada uno de los tratamientos en estudio cada 30 días

e. Número de hojas

Se contó el número de hojas de 8 muestras de cada uno de los tratamientos en forma aleatoria cada 30 días.

3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizó la técnica del análisis de varianza a una probabilidad $\alpha = 0,05$ y para la comparación de medias entre tratamientos se utilizó la prueba de significación de Duncan a una probabilidad $\alpha = 0,05$.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. EXPERIMENTO EN LABORATORIO

4.1.1. Porcentaje de germinación.

La germinación constituye el proceso en el que se inicia con la toma de agua por parte de la semilla seca conocida como imbibición y termina cuando el eje embrionario emerge rompiendo estructuras que rodean a este.

La absorción de agua por la semilla se da si las condiciones son óptimas se cumplen tres fases:

En una primera fase la absorción es rápida, una segunda fase de estabilidad relativa y una tercera de nuevo incremento de la adsorción debido al proceso de elongación del embrión y de la radícula

La prolongación dependerá de las características de la semilla de las condiciones externas tales como la temperatura, contenido de humedad, composición del sustrato del suelo, donde indudablemente debe considerarse la presencia de elementos minerales diversos que están incluidos las que constituyen el material en este caso el Na y B.

Cumplida la fase de adsorción del agua en la semilla se incrementa la actividad enzimática y consecuentemente la respiración; en este último proceso se garantiza la provisión de energía necesaria para la elongación celular y crecimiento de los meristemos radicular y aéreo.

En la práctica con la emergencia radicular se realiza la germinación y se inicia el crecimiento de la plántula.

La germinación expresa el número de plántulas que puede producir una cantidad de semilla dada de semillas lo que finalmente expresa la viabilidad de la semilla.

Cuadro 7 ANÁLISIS DE VARIANZA DE PORCENTAJE DE GERMINACIÓN DE ZAPALLO(7 DÍAS)

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	F tabular	
					0,05	0,01
Boro	4	9326,00	2331,50	44,410	2,486	3,563 **
NaCl	3	2819,00	939,667	17,900	2,719	4,036 **
Boro x Na Cl	12	1986,00	165,500	3,150	1,875	2,415 **
Error	80	4200,00	52,500			
Total	99	18331,0				

CV: 8,40%

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 7 del análisis de varianza de porcentaje de germinación, señala que se encontraron diferencias estadísticas altas para el factor A boro; es decir, que al menos uno de los tratamientos tuvo mayor efecto en la germinación; asimismo, para el factor principal B NaCl se halló alta significación estadística, por lo tanto, una de las concentraciones empleadas ocasionó diferente respuesta en la variable, la interacción resultó altamente significativa; inferimos que ambos factores actuaron conjuntamente sobre la germinación (Ver anexo 1), su coeficiente de variación de 8,395%, lo que indica una consistencia de la información con el modelo estadístico utilizado; por lo tanto, los datos son confiables. Desde el punto de vista teórico y comprobado con resultados de investigación sobre el tema.

CUADRO 8: PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE DUNCAN DE PORCENTAJE DE GERMINACIÓN PARA EL FACTOR BORO. (7 DÍAS)

O.M.	Concentraciones de Boro	Promedio	Significación 0,05
1	0 ppm	96,00	a
2	1 ppm	92,50	a b
3	3 ppm	90,00	b
4	5 ppm	84,50	c
5	7 ppm	68,50	d

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 8 de la prueba de significación de Duncan al 95% de confiabilidad para el factor boro, da conocer que las concentraciones 0 ppm y 1 ppm, obtuvieron los más altos promedios con 96,00 y 92,50% de germinación, no difiriendo estadísticamente en sus promedios; sin embargo, las concentraciones de 5 ppm y 7 ppm obtuvieron los menores con 84,50% y 68,50 %, respectivamente; por lo tanto, inferimos que mayor concentración de boro el porcentaje de germinación disminuye.

De este modo, notamos la manifestación de la presencia de Boro a 7ppm, es así que la germinación se ve comprometida a esta concentración, a 1ppm no es significativa; observamos que la presencia de los efectos negativos de este elemento se acentúa a modo que incrementa su concentración.

CUADRO 9: PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE DUNCAN DE PORCENTAJE DE GERMINACIÓN PARA EL FACTOR NaCl (7 DÍAS)

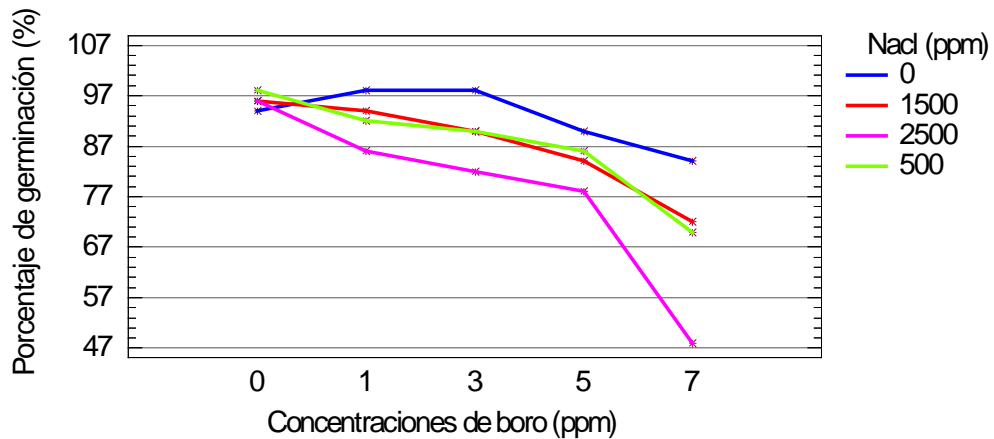
O.M.	Concentraciones de NaCl	Promedio	Significación 0,05
1	0 ppm	92,80	a
2	1500 ppm	87,20	a
3	500 ppm	87,20	a
4	2500 ppm	78,00	b

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 9 de la prueba de significación de Duncan al 95% de confiabilidad para el factor NaCl, da conocer que las concentraciones 0 ppm; 1500 ppm y 500 ppm lograron los mayores promedios con 92,80%; 87,20% de germinación, no difiriendo estadísticamente en sus promedios; sin embargo, la concentración de 2500 ppm obtuvo el menor promedio con 78%, respectivamente; por lo tanto, inferimos que a mayor concentración de NaCl el porcentaje de germinación disminuye.

Del mismo modo que el Boro, el último tratamiento de Cloruro de Sodio de 2500 ppm el porcentaje de germinación se ve comprometido, los demás tratamientos muestran escasa diferencia entre sí, lo que revela saturación por sales y desequilibrio osmótico se deja sentir

GRÁFICO 2: INTERACCIÓN BORO x NaCl PARA EL PORCENTAJE DE GERMINACIÓN DE ZAPALLO (7 DÍAS)



Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 2 de interacción boro x NaCl, para el porcentaje de germinación de zapallo, muestra que el menor porcentaje de germinación corresponde a la combinación de 7 ppm de boro + 2500 ppm de NaCl; en el segundo lugar, se observa la combinación de 7 ppm de boro + 500 ppm de NaCl; sin embargo, las combinaciones de 0 ppm de boro + 500 ppm alcanzó el mayor porcentaje de germinación, también destacan las combinaciones 0 ppm de boro + 1500 de NaCl.

Encontramos una caída entre 5 ppm y 7 ppm de Boro, ésta se acentúa con las 2500 ppm de Cloruro de Sodio.

4.1.2. Días a la germinación

CUADRO 10: ANÁLISIS DE VARIANZA DE DÍAS A LA GERMINACIÓN DE ZAPALLO

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	F tabular	
					0,05	0,01
Boro	4	14,96	3,74	11,69	2,486	3,563 **
NaCl	3	12,51	4,17	13,03	2,719	4,036 **
Boro x Na Cl	12	13,04	1,08	3,40	1,875	2,415 **
Error	80	25,60	0,32			
Total	99	66,11				

CV: 9,17%

Fuente: Elaboración propia.

El cuadro 10 del análisis de varianza de días a la germinación, señala que se encontraron diferencias estadísticas altas para el factor A boro; es decir, que al menos uno de los tratamientos tuvo mayor efecto en los días a la germinación; asimismo para el factor principal B NaCl se halló alta significación estadística, por lo tanto uno de las concentraciones empleadas ocasiono diferente respuesta en la variable, la interacción resultó altamente significativa inferimos que ambos factores actuaron conjuntamente sobre los días a la germinación (Ver anexo 2), su coeficiente de variación de 9,168% lo que indica una consistencia de la información con el modelo estadístico utilizado, por lo tanto los datos son confiables.

CUADRO 11: PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE DUNCANDEDÍASA LA GERMINACIÓN PARA EL FACTOR BORO

O.M.	Concentraciones de Boro	Promedio	Significación 0,05
1	7 ppm	6,85	a
2	5 ppm	6,25	b
3	1 ppm	6,15	b c
4	0 ppm	5,85	c d
5	3 ppm	5,75	d

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 11 de la prueba de significación de Duncan al 95% de confiabilidad de días a la germinación para el factor boro, da conocer que la concentración de 7 ppm, obtuvo el mayor promedio con 6,85, las concentraciones de 5 ppm y 1 ppm obtuvieron promedios de 6,25 y 6,15 días, no difiriendo estadísticamente en sus promedios; sin embargo, las concentraciones de 0 ppm y 3 ppm de boro obtuvieron los menores con 5,85 y 5,75, respectivamente; por lo tanto, inferimos que mayor concentración de boro los días a la germinación tardan más.

A pesar que el tratamiento 7ppm tarda más que los otros tratamientos, la diferencia promedio de un día entre el de menor y el de mayor concentración, supone un efecto no muy determinante para restringir severamente a esas concentraciones la germinación.

CUADRO 12: PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE DUNCAN DE DÍAS A LA GERMINACIÓN PARA EL FACTOR NaCl

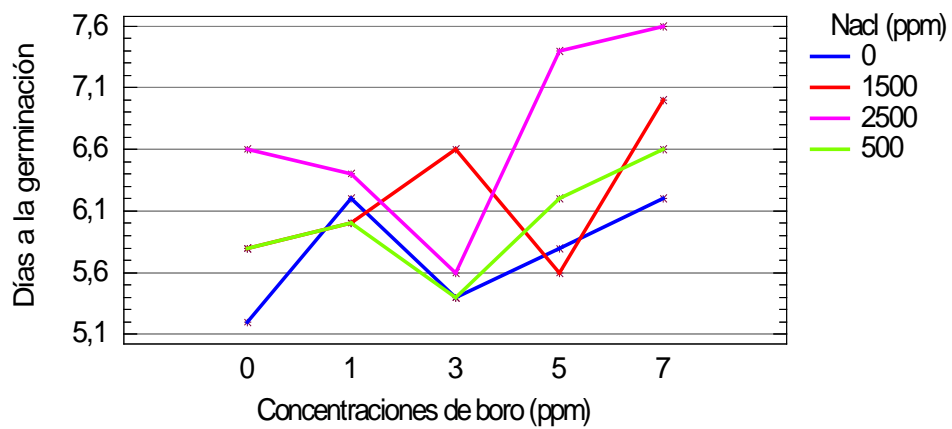
O.M.	Concentraciones de NaCl	Promedio	Significación 0,05
1	2500 ppm	6,72	a
2	1500 ppm	6,20	b
3	500 ppm	6,00	b c
4	0 ppm	5,76	c

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 12 de la prueba de significación de Duncan al 95% de confiabilidad para el factor NaCl, da conocer que la concentración de 2500 ppm supero estadísticamente al resto con un promedio de 6,72 días, las concentraciones de 1500 ppm y 500 ppm obtuvieron promedios de 6,20 y 6,00 días, respectivamente; no difiriendo estadísticamente en sus promedios, sin embargo la concentración de 0,0 ppm obtuvo el menor promedio con 5,76 días, respectivamente; por lo tanto, la energía germinativa se ve afectada.

Como en el caso del Boro las concentraciones en estudio para Sodio guardan una distancia de un día entre la concentración más alta y la más baja, concentraciones más altas serían probablemente restrictivas, notamos que a 7 ppm hay mayor significación estadística.

GRÁFICO 3: INTERACCIÓN BORO x NaCl PARA DÍAS A LA GERMINACION DE ZAPALLO



Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 3 de interacción boro x NaCl y para los días a la germinación de zapallo, muestra que los mayores días a la germinación corresponde a la combinación de 7 ppm de boro + 2500 ppm de NaCl; en el segundo lugar, se observa la combinación de 7 ppm de boro + 1500 ppm de NaCl; sin embargo, las combinaciones de 0 ppm de boro + 0 ppm de NaCl y la combinación de 0 ppm y 500 ppm de NaCl, lograron menores días de germinación.

Encontramos un retraso mayor a los 7 ppm de Boro, esta acentúa el retraso, lo cual muestra que los efectos de los tratamientos anteriores empiezan a saltar a las 3 ppm y 5 ppm expresándose a 7 ppm.

4.1.3. Longitud de radícula a los 10 días

CUADRO 13: ANÁLISIS DE VARIANZA DE LONGITUD DE LA RADÍCULA DE ZAPALLO (10 DÍAS)

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	F tabular 0,05 0,01
Boro	4	7,024	1,756	177,390	2,486 3,563 **
NaCl	3	1,612	0,537	54,900	2,719 4,036 **
Boro x Na Cl	12	0,460	0,038	3,870	1,875 2,415 **
Error	80	0,792	0,009		
Total	99	9,888			

CV: 3,62 %

Fuente: Elaboración propia.

El cuadro 13 del análisis de varianza de longitud de talluelo, señala que se encontraron diferencias estadísticas altas para el factor A boro, es decir que al menos uno de los tratamientos tuvo mayor efecto en la longitud del talluelo, asimismo Para el factor principal B NaCl se halló alta significación estadística, (Ver anexo 3) por lo tanto, uno de las concentraciones empleadas ocasiono diferente respuesta en la variable, la interacción resultó altamente significativa inferimos que ambos factores actuaron conjuntamente sobre la longitud de la radícula, (Ver anexo 3), su coeficiente de variación de 3,622%, lo que indica una consistencia de la información con el modelo estadístico utilizado; por lo tanto, los datos son confiables.

CUADRO 14: PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE DUNCAN DE LONGITUD DE RADÍCULA PARA EL FACTOR BORO (10 DÍAS)

O.M.	Concentraciones de Boro	Promedio (cm)	Significación 0,05
1	0 ppm	3,065	a
2	1 ppm	2,985	a
3	3 ppm	2,720	b
4	5 ppm	2,645	b
5	7 ppm	2,320	c

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 14 de la prueba de significación de Duncan al 95% de confiabilidad de longitud de la radícula para el factor boro, da conocer que las concentraciones 0 ppm y 1 ppm obtuvieron lo más altos promedios 3,065 y 2,985 cm, no difiriendo estadísticamente en sus promedios; sin embargo, las concentraciones de 5 ppm y 7 ppm obtuvieron los menores promedios con 2,645 y 2,320, respectivamente; por lo tanto, inferimos que mayor concentración de boro la longitud de la raíz disminuye.

Encontramos en este tercer análisis una tendencia de restricción de la energía germinativa al 7 ppm, no sólo por ser la concentración más alta estudiada, sino podemos notar que a esa concentración los efectos son más perceptibles y no guarda cercanía con 5ppm la concentración más cercana, que sí se muestran con frecuencia acercamiento en la significación entre 5ppm y 3ppm, no ocurriendo entre 7ppm y 5ppm, lo que nos sugiere una cierta movilidad del Boro hasta 5ppm.

CUADRO 15: PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE DUNCAN DE LA LONGITUD DE LA RADÍCULA PARA EL FACTOR NaCl (10 DÍAS)

O.M.	Concentraciones de NaCl	Promedio	Significación 0,05
1	0 ppm	2,916	a
2	500 ppm	2,776	b
3	1500 ppm	2,536	b
4	2500 ppm	2,560	c

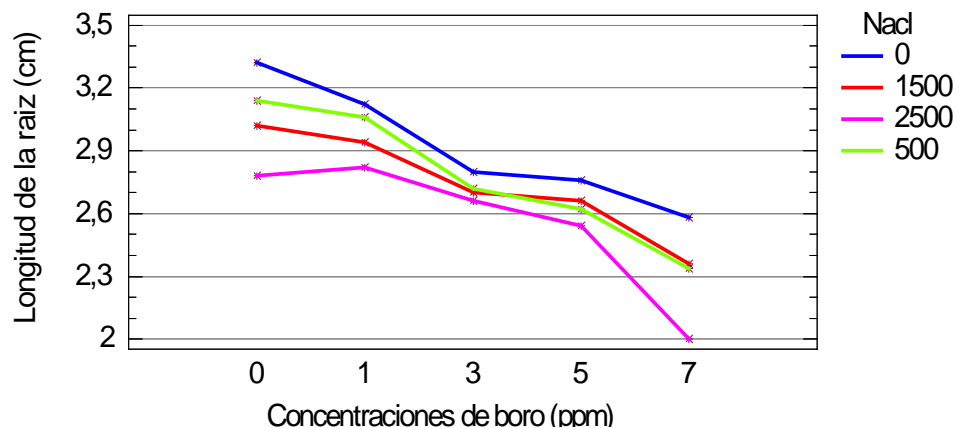
Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 15 de la prueba de significación de Duncan al 95% de confiabilidad para la longitud de la radícula para factor NaCl, se observa que la concentración de 0 ppm logró el mayor promedio con 2,916 destacando estadísticamente sobre resto, le siguen la concentraciones

de 500 ppm y 1500 ppm con promedios de 2,776 y 2,536 cm, no difiriendo estadísticamente en sus promedios; sin embargo, la concentración de 2500 ppm obtuvo el menor promedio con 2,560 cm, por lo tanto inferimos que mayor concentración de NaCl la longitud de la raíz disminuye.

Encontramos que la presencia de Cloruro de Sodio retrasa el desarrollo de la germinación desde los 500ppm y se acentúa a 2500 ppm, esto se debe a las limitaciones en la absorción de agua a causa del desequilibrio hídrico que los iones de Na y Cl ejercen sobre las células del tejido.

GRÁFICO 4: INTERACCIÓN BORO x NaCl PARA LA LONGITUD DE LA RADÍCULA DE ZAPALLO (10 DÍAS)



Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 4 de interacción boro x NaCl para la longitud de la radícula de zapallo, muestra que la mayor longitud del talluelo corresponde a la combinación de 0 ppm de boro + 0 ppm de NaCl; en el segundo lugar, se observa la combinación de 0 ppm de boro + 500 ppm de NaCl; sin embargo, las combinaciones de 7 ppm de boro + 2500 ppm alcanzó la menor longitud, también destacan las combinaciones 7 ppm de boro + 500 ppm de NaCl. Se muestra dos caídas entre 3 ppm y 7 ppm de Boro, esta última, aún más acentuada demostrando nuevamente que a 7 ppm el boro pierde cierta movilidad en el sistema; de este modo, al no fluir en el sistema deja notar sus efectos negativos sobre la longitud de la radícula, el Cloruro de Sodio en cambio muestra cierta regularidad entre las distancias de sus tratamientos.

4.1.4. Longitud de la radícula a los 20 días

CUADRO 16: ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA RADÍCULA (cm) DE ZAPALLO (20 DÍAS)

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Calculado	F tabular	
					0,05	0,01
Boro	4	34,874	8,718	324,720	2,486	3,563 **
NaCl	3	4,990	1,663	61,960	2,719	4,036 **
Boro x Na Cl	12	1,431	0,119	4,440	1,875	2,415 **
Error	80	2,148	0,026			
Total	99	43,443				

CV: 1,95%

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 16 , del análisis de varianza de la longitud de la raíz, señala que se encontraron diferencias estadísticas altas para el factor A boro; es decir, que al menos uno de los tratamientos tuvo mayor efecto en la longitud de la raíz; asimismo, para el factor principal B NaCl se halló alta significación estadística, por lo tanto, una de las concentraciones empleadas ocasionó diferente respuesta en la variable, la interacción resultó altamente significativa; inferimos que ambos factores actuaron conjuntamente sobre la longitud del tallo (Ver anexo 4). Su coeficiente de variación de 1,949%, que indica una consistencia de la información con el modelo estadístico utilizado, por lo tanto, los datos son confiables.

CUADRO 17: PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE DUNCAN DE LONGITUD DE LA RADÍCULA PARA EL FACTOR BORO (20 DÍAS)

O.M.	Concentraciones de Boro	Promedio (cm)	Significación 0,05
1	1 ppm	8,925	a
2	0 ppm	8,915	a
3	3 ppm	8,625	b
4	5 ppm	8,230	c
5	7 ppm	7,340	d

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 17 de la prueba de significación de Duncan al 95% de confiabilidad para longitud de la raíz del factor boro, da conocer que las concentraciones 0 ppm y 1 ppm obtuvieron lo más altos promedios con 8,925 y 8,915 cm, no difiriendo estadísticamente en sus promedios; sin embargo, las concentraciones de 5 ppm y 7 ppm obtuvieron los menores con 8,230 y 7,340, respectivamente; por lo tanto, inferimos que mayor concentración de boro la longitud de la raíz disminuye.

Como vemos en el cuadro 17 diez días posteriores al análisis del cuadro 14 observamos que a 3ppm a 5ppm y a 7ppm hay diferencias significativas entre ellos, pero en los promedios sigue existiendo mayores diferencias entre 5ppm y 7ppm que las que existen entre 3ppm y 5ppm, manteniendo la tendencia en la que a 7ppm hay un decrecimiento en el desarrollo del tejido frente a los otros tratamientos, los iones de Boro a 7ppm parecen resultar perjudiciales en el elongamiento de la radícula limitando la división celular propia de la germinación.

CUADRO 18: PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE DUNCAN DE LONGITUD DE LA RADÍCULA PARA EL FACTOR NaCl (20 DÍAS)

O.M.	Concentraciones de NaCl	Promedio	Significación 0,05
1	0 ppm	8,640	a
2	500 ppm	8,560	a
3	1500 ppm	8,368	b
4	2500 ppm	8,060	c

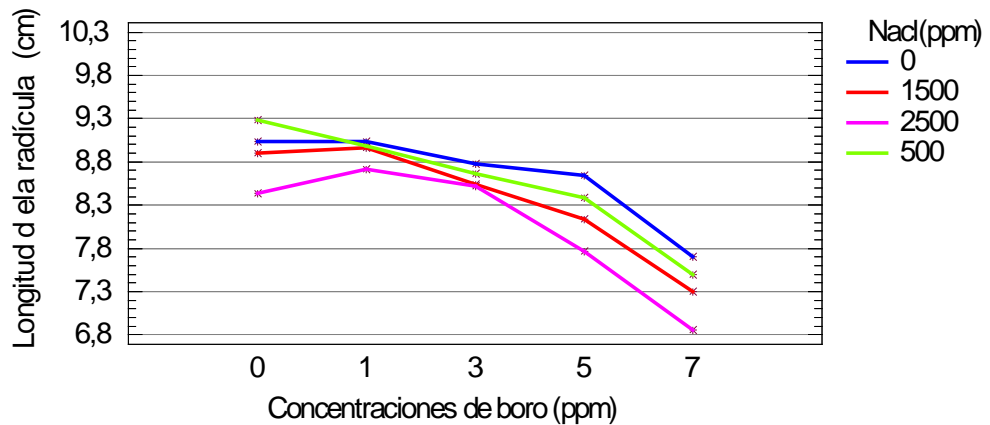
Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 18 de la prueba de significación de Duncan al 95% de confiabilidad para el factor NaCl, da conocer que las concentraciones 0

ppm; y 500 ppm lograron los mayores promedios con 8,640 y 8,560 cm, no difiriendo estadísticamente en sus promedios; sin embargo, la concentración de 2500 ppm obtuvo el menor promedio con 8,060 cm, por lo tanto, inferimos que mayor concentración de NaCl la longitud de la raíz disminuye.

Como viene sucediendo en los análisis anteriores (cuadro 15), encontramos que las concentraciones más bajas de Cloruro de Sodio a 500 ppm y 0 ppm, no guardan significación estadística entre ambas, notándose a 1500 ppm una reacción negativa en el desarrollo radicular que es menor en comparación a los dos tratamientos previos; esta situación se acentúa a medida que incrementamos la concentración sobre 1500 ppm; del mismo modo, a 2500 ppm se acentúan los efectos del Cloruro de Sodio, existiendo cierta regularidad entre las diferencias de los tratamientos, salvo la diferencia entre los dos primeros tratamientos.

GRÁFICO 5: INTERACCIÓN BORO x NaCl PARA LA LONGITUD DE LA RADÍCULA ZAPALLO (20 DÍAS)



Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 5 de interacción boro x NaCl para la longitud del talluelo de zapallo muestra que la mayor longitud corresponde a la combinación de 0 ppm de boro + 500 ppm de NaCl, en el segundo lugar se observa la combinación de 0 ppm de boro + 0 ppm de NaCl; sin embargo, las combinaciones de 7 ppm de boro + 2500 ppm alcanzo la menor longitud, también destaca la combinaciones 7 ppm de boro + 2500 de NaCl. Se mantiene la tendencia decreciente acentuada a las 7 ppm de Boro, como en los gráficos anteriores, llevándonos a deducir la reducción de la movilidad a esa concentración; del mismo modo, se mantiene cierta regularidad entre las diferencias de concentraciones de NaCl existiendo cercanía de resultados en las concentraciones más bajas.

4.1.5 Longitud del talluelo (cm) a los 10 días

CUADRO 19: ANÁLISIS DE VARIANZA DE LONGITUD DE TALLUELO (cm) DE ZAPALLO (10 DÍAS)

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	F tabular 0,05 0,01	
Boro	4	17,0154	4,2538	272,680	2,486	3,563 **
NaCl	3	2,4747	0,8249	52,880	2,719	4,036 **
Boro x Na Cl	12	0,2798	0,0233	1,490	1,875	2,415 NS
Error	80	2,2480				
Total	99	21,0179				

CV: 5,38%

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 19 del análisis de varianza de longitud del talluelo, señala que se encontraron diferencias estadísticas altas para el factor A boro, es decir que al menos uno de los tratamientos tuvo mayor efecto en la longitud; asimismo, para el factor principal B NaCl se halló alta significación estadística, por lo tanto uno de las concentraciones empleadas ocasionó diferente respuesta en la variable, la interacción resultó no significativa inferimos que ambos factores actuaron independientemente sobre la longitud (Ver anexo 5), su coeficiente de variación de 5,376 % lo que indica una consistencia de la información con el modelo estadístico utilizado, por lo tanto los datos son confiables.

CUADRO 20: PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE DUNCAN DE LONGITUD DEL TALLUELO PARA EL FACTOR BORO (10 DÍAS)

O.M.	Concentraciones de Boro	Promedio (cm)	Significación 0,05
1	1 ppm	3,250	a
2	0 ppm	3,225	a
3	3 ppm	3,000	b
4	5 ppm	2,515	c
5	7 ppm	2,205	d

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 20 de la prueba de significación de Duncan al 95% de confiabilidad para el factor boro, da conocer que las concentraciones 0 ppm y 1 ppm obtuvieron lo más altos promedios con 3,250 y 3,225 cm, no difiriendo estadísticamente en sus promedios; sin embargo, las concentraciones de 5 ppm y 7 ppm obtuvieron los menores con 2,515 y 2,205, respectivamente; por lo tanto inferimos que mayor concentración de boro la longitud del talluelo disminuye.

Observamos que sobre las 3 ppm, 5 ppm y 7 ppm, se ve afectado en su desarrollo a medida que incrementa su concentración. Esta vez, el punto de inflexión del desarrollo del talluelo se encuentra a 3ppm aunque también observamos a 7 ppm.

En cuanto al desarrollo del talluelo, en el presente estudio deducimos que el meristemo apical se ve afectado por la concentración de boro en las células que incrementan la densidad de la célula y ocasionan un desbalance del equilibrio osmótico, que afecta la división celular a pesar de ser el boro parte importante de la síntesis de proteínas y la división celular.

CUADRO 21: PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE DUNCAN DE LONGITUD DEL TALLUELO PARA EL FACTOR NaCl (10 DÍAS)

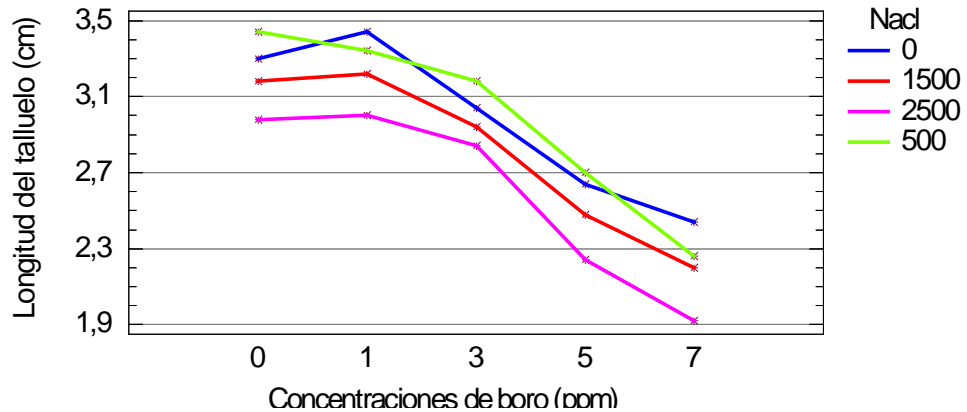
O.M.	Concentraciones de NaCl	Promedio	Significación 0,05
1	500 ppm	2,984	a
2	0 ppm	2,972	a
3	1500 ppm	2,804	b
4	2500 ppm	2,596	c

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 20 de la prueba de significación de Duncan al 95% de confiabilidad para longitud del talluelo, para el factor NaCl, da a conocer que las concentraciones 500 ppm y 0 ppm, lograron los mayores promedios con 2,984 y 2,972, no difiriendo estadísticamente en sus promedios; sin embargo, la concentración de 2500 ppm obtuvo el menor promedio con 2,596, respectivamente; por lo tanto, inferimos que a mayor concentración de NaCl, la longitud del talluelo disminuye.

De la misma forma, como aconteció con el Boro, hay una retracción en el desarrollo del talluelo, por la presencia del Cloruro de Sodio; en este estudio a 1500 ppm, se restringió la elongación del talluelo como en los anteriores análisis de la Cloruro de Sodio, produciéndose un decaimiento en la energía germinativa; en este caso, la longitud de talluelo se ve afectada a esta concentración.

GRÁFICO 6: INTERACCIÓN BORO x NaCl PARA LA LONGITUD DEL TALLUELO DE ZAPALLO (10 DÍAS)



Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 6 de interacción boro x NaCl, para la longitud del talluelo de zapallo, muestra que la mayor longitud corresponde a la combinación de 0 ppm de boro + 500 ppm de NaCl, en el segundo lugar, se observa la combinación de 0 ppm de boro + 0 ppm de NaCl; sin embargo, las combinaciones de 7 ppm de boro + 2500 ppm alcanzaron la menor longitud, también destacan las combinaciones 7 ppm de boro + 1500 de NaCl.

Existe la tendencia decreciente a medida que se acentúa la concentración, ésta se deja notar a 3 ppm de Boro, en el caso del Sodio, mantuvo la tendencia de los análisis anteriores, afectándose a 1500 y guardando cierta regularidad entre las distancias de sus tratamientos.

4.1.6. Longitud del talluelo (cm) a los 20 días

CUADRO 22: ANÁLISIS DE VARIANZA DE LONGITUD DEL TALLUELO DE ZAPALLO (20 DÍAS)

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	F tabular 0,05 0,01
Boro	4	8,560	2,140	95,120	2,486 3,563 **
NaCl	3	1,381	0,460	20,460	2,719 4,036 **
Boro x Na Cl	12	1,093	0,091	4,050	1,875 2,415 **
Error	80	1,800	0,022		
Total	99	12,834			

CV: 3,94 %

Fuente: Elaboración propia.

El cuadro 22 del análisis de varianza de longitud del talluelo, señala que se encontraron diferencias estadísticas altas para el factor A boro; es decir, que al menos uno de los tratamientos tuvo mayor efecto en la germinación; asimismo, para el factor principal B NaCl, se halló alta significación estadística para longitud de talluelo; por lo tanto, uno de las concentraciones empleadas ocasionó diferente respuesta en la variable, la interacción resultó altamente significativa; inferimos que ambos factores actuaron conjuntamente sobre la longitud, (Ver anexo 6), su coeficiente de variación de 3,942 %; lo cual indica una consistencia de la información con el modelo estadístico utilizado; por lo tanto, los datos son confiables.

CUADRO 23: PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE DUNCAN DE LONGITUD DEL TALLUELO PARA EL FACTOR BORO (20 DÍAS)

O.M.	Niveles de Boro	Promedio	Significación 0,05
1	1 ppm	4,135	a
2	0 ppm	3,970	b
3	3 ppm	3,835	c
4	5 ppm	3,550	d
5	7 ppm	3,320	e

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 23 de la prueba de significación de Duncan al 95% de confiabilidad para el factor boro, da a conocer que las concentraciones 1 ppm y 0 ppm, obtuvieron los más altos promedios con 4,135 y 3,970 cm, difiriendo estadísticamente en sus promedios; sin embargo, las concentraciones de 5 ppm y 7 ppm obtuvieron los menores con 3,550 cm y 3,320 cm, respectivamente; por lo tanto, inferimos que mayor concentración de boro la longitud del talluelo, disminuye.

Observamos que cada una de las aplicaciones guarda diferencias estadísticas entre sí, en el caso de 1ppm y 0 ppm son algo más cercanas en sus promedios, pero a 3 ppm, 5 ppm y 7 ppm hay una retracción en el desarrollo más acentuada, distinto a lo que observamos en la formación de radícula, donde los tratamientos 3 ppm y 5 ppm habían sido relativamente cercanos, en este factor longitud de talluelo; muestran de esta manera una distancia estadística entre cada uno de los tratamientos, de cual se infiere en el presente estudio, que las diferencias de concentración de Boro en la parte aérea de la planta son más perceptibles que en la zona radicular.

CUADRO 24: PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE DUNCAN DE LONGITUD DEL TALLUELO PARA EL FACTOR NaCl (20 DÍAS)

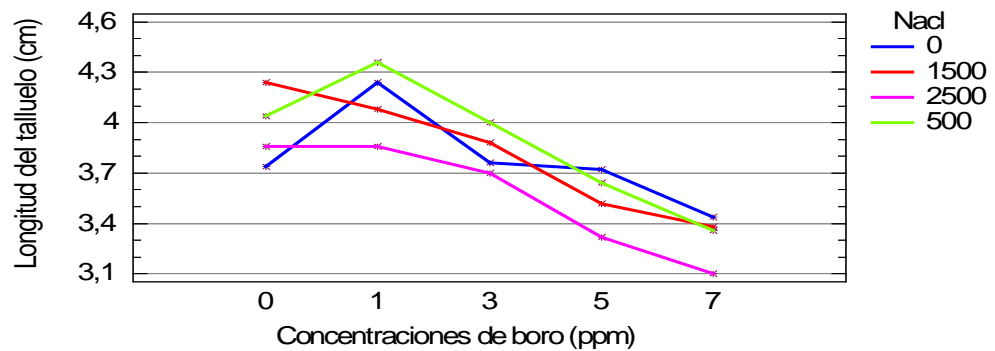
O.M.	Concentraciones de NaCl	Promedio	Significación 0,05
1	500 ppm	3,880	a
2	1500 ppm	3,820	a b
3	0 ppm	3,780	b
4	2500 ppm	.3,568	c

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 24 de la prueba de significación de Duncan al 95% de confiabilidad, para longitud del talluelo para el factor NaCl, da a conocer que las concentraciones 500 ppm y 1500 ppm lograron los mayores promedios con 3,880 y 3,820, no difiriendo estadísticamente en sus promedios; sin embargo, las concentraciones de 0 ppm de 2500 ppm obtuvieron los menores promedios con 3,780 cm y 3,568 cm, respectivamente; por lo tanto, inferimos que mayor concentración de NaCl la longitud del talluelo disminuye.

La concentración de Cloruro de Sodio a 2500 ppm es significativa frente a las concentraciones menores, 10 días después del análisis anterior las restricciones propias de la placa petri, afectan el desarrollo del talluelo pero se aprecian ya las emergencias de hojas del cotiledón.

GRÁFICO 7: INTERACCIÓN BORO x NaCl PARA LA LONGITUD DEL TALLUELO DE ZAPALLO (20 DÍAS)



Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 7 de interacción boro x NaCl para la longitud del talluelo de zapallo, muestra que la mayor longitud corresponde a la combinación de 1 ppm de boro + 500 ppm de NaCl; en el segundo lugar se observa la combinación de 0 ppm de boro + 1500 ppm de NaCl, sin embargo, las combinaciones de 7 ppm de boro + 2500 ppm alcanzaron la menor longitud, también destacan las combinaciones 7 ppm de boro + 1500 de NaCl, la en la interacción de estos elementos hay una respuesta favorable a 1 ppm frente a ninguna aplicación de Boro, notamos un decaimiento a las 3 ppm y su acentuación a los 7 ppm, como había venido mostrándose el Boro, deducimos que el empleo de Boro para procesos de división celular, pudo dar como resultado el incremento a 1 ppm y no tener efecto negativo; del mismo modo, se sigue observando la movilidad del elemento y su manifestación a las 7 ppm.

4.1.7. Número de hojas

Cuadro 25: ANÁLISIS DE VARIANZA DE NÚMERO DE HOJAS PARA ZAPALLO (15 DÍAS)

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	F tabular 0,05 0,01
Boro	4	0,640	0,160	0,490	2,486 3,563 NS
NaCl	3	0,590	0,196	0,691	2,719 4,036 NS
Boro x Na Cl	12	4,560	0,380	1,170	1,875 2,415 NS
Error	80	26,00	0,325		
Total	99	31,790			

CV: 16,82%

Fuente: Elaboración propia.

El cuadro 25, del análisis de varianza del número de hojas, señala que no se encontraron diferencias estadísticas para el factor A boro; es decir, tuvieron el mismo efecto, asimismo Para el factor principal B NaCl se halló alta significación estadística para número de hojas; las concentraciones empleadas ocasionaron similar respuesta en la variable, la interacción resultó no significativa; inferimos que ambos factores actuaron independientemente sobre el número de hojas (Ver anexo 7), su coeficiente de variación de 16,816 % lo cual indica una consistencia de la información con el modelo estadístico utilizado; por lo tanto, los datos son confiables.

4.2. EXPERIMENTO EN VIVERO

4.2.1 Días a la germinación

CUADRO 26: ANÁLISIS DE VARIANZA DE DÍAS A LA DE GERMINACIÓN DE ZAPALLO

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	F tabular	
					0,05	0,01
Boro	4	51,340	12,385	35,650	2,486	3,563 **
NaCl	3	40,840	13,613	37,810	2,719	4,036 **
Boro x Na Cl	12	15,460	1,2888	3,580	1,875	2,415 **
Error	80	28,800	0,360			
Total	99	136,440				

CV: 9,00 %

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 26, del análisis de varianza de días a la germinación, señala que se encontraron diferencias estadísticas altas para el factor A boro; es decir, que al menos uno de los tratamientos tuvo mayor efecto en los días a la germinación; asimismo, Para el factor principal B NaCl, se halló alta significación estadística; por lo tanto, una de las concentraciones empleadas ocasiono diferente respuesta en la variable, la interacción resultó altamente significativa; inferimos que ambos factores actuaron conjuntamente sobre la germinación (Ver anexo 8), su coeficiente de variación de 9,00% lo cual indica una consistencia de la información con el modelo estadístico utilizado; por lo tanto, los datos son confiables.

CUADRO 27: PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE DUNCAN DE DÍAS A LA GERMINACIÓN PARA EL FACTOR BORO

O.M.	Concentraciones de Boro	Promedio	Significación 0,05
1	7 ppm	7,50	a
2	5 ppm	7,35	a
3	3 ppm	6,70	b
4	1 ppm	6,15	c
5	0 ppm	5,60	d

Fuente: Elaboración propia.

El cuadro 27 de la prueba de significación de Duncan al 95% de confiabilidad de días a la germinación para el factor boro, da a conocer que las concentraciones de 7 ppm y 5 ppm obtuvieron el mayor promedio, con 7,50 y 7,35, no difiriendo en sus promedios; las concentraciones de 3 ppm y 1 ppm obtuvieron promedios de 6,70 y 6,15 días, difiriendo estadísticamente en sus promedios; sin embargo, las concentración de 0 ppm obtuvo el menor promedio con 5,60 respectivamente, por lo tanto inferimos que a mayor concentración de boro el número de días que tomará la germinación serán más.

Existe, efectivamente, una retracción de la germinación a causa de la presencia del Boro en el sustrato que produce el desequilibrio del potencial osmótico, por lo que la emergencia se ve afectada. Esta retracción se dejó sentir a 5 ppm y 7 ppm, careciendo ambos tratamientos de diferencias significativas teniéndolas si más acentuadas a 7 ppm en el promedio del tratamiento.

CUADRO 28: PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE DUNCAN DE DÍAS A LA GERMINACIÓN PARA EL FACTOR NaCl

O.M.	Concentraciones de NaCl	Promedio	Significación 0,05
1	2500 ppm	7,64	a
2	1500 ppm	6,76	b
3	500 ppm	6,32	c
4	0 ppm	5,92	d

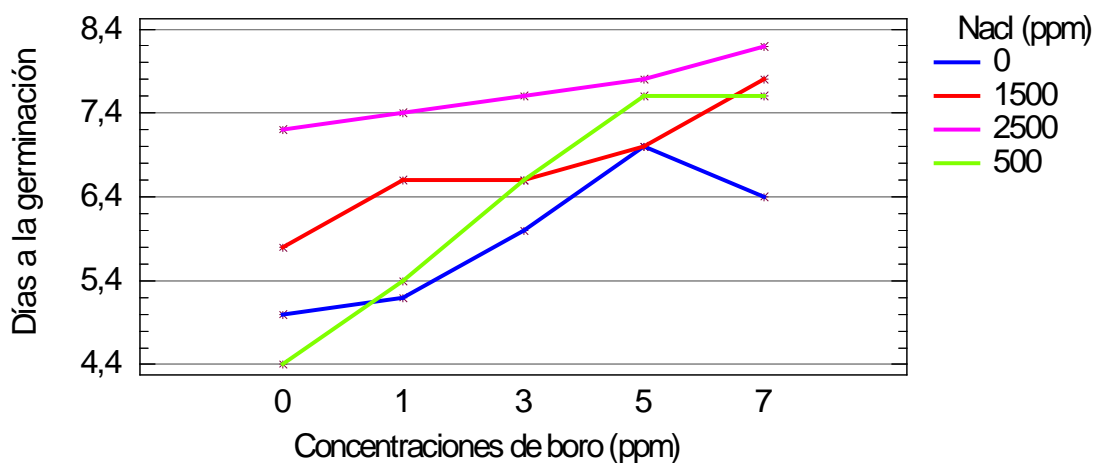
Fuente: Elaboración propia.

El cuadro 28 de la prueba de significación de Duncan al 95 % de confiabilidad para el factor NaCl, da a conocer que la concentración de 2500 ppm superó estadísticamente al resto, con un promedio de 7,64 días, las concentraciones de 1500 ppm y 500 ppm obtuvieron promedios de 6,76 y 6,32 días, respectivamente; difiriendo estadísticamente en sus

promedios; sin embargo, la concentración de 0,0 ppm obtuvo el menor promedio con 5,92 días, respectivamente.

Las concentraciones de Cloruro de Sodio muestran cierta regularidad entre las distancias de sus tratamientos, siendo todas ellas diferencias estadísticamente significativas. Estas concentraciones afectan entre cada una de ellas el proceso germinativo, por producir desbalance en el proceso de ósmosis y éste, se acentúa a medida que se acentúa la concentración de Cloruro de Sodio.

GRÁFICO 8: INTERACCIÓN BORO x NaCl PARA DÍAS A LA GERMINACIÓN DE ZAPALLO



Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 8 de interacción boro x NaCl y para los días a la germinación de zapallo, muestra que el mayor día de germinación corresponde a la combinación de 7 ppm de boro + 2500 ppm de NaCl; en el segundo lugar, se observa la combinación de 7 ppm de boro + 1500 ppm de NaCl, sin embargo, las combinaciones de 0 ppm de boro + 500 ppm de NaCl y la combinación 0 ppm de NaCl lograron menores días de germinación.

En la interacción de ambos elementos, observamos una retracción que se dejó sentir a 5 ppm y 7 ppm acentuadas en éste último. Las concentraciones de Cloruro de Sodio muestran cierta regularidad entre las distancias de sus tratamientos, siendo todas ellas diferencias estadísticamente significativas.

4.2.2 Porcentaje de germinación

CUADRO 29: ANÁLISIS DE VARIANZA DE PORCENTAJE DE GERMINACIÓN DE ZAPALLO (7 DÍAS)

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	F tabular 0,05 0,01	
Boro	4	1720,00	430,00	13,870	2,486	3,563 **
NaCl	3	2747,00	915,667	29,540	2,719	4,036 **
Boro x Na Cl	12	1328,00	110,667	3,570	1,875	2,415 **
Error	80	2480,00	31,00			
Total	99	8275,00				

CV: 6,08 %

Fuente: Elaboración propia.

El cuadro 29 del análisis de varianza de porcentaje de germinación, señala que se encontraron diferencias estadísticas altas para el factor A boro; es decir, que al menos uno de los tratamientos tuvo mayor efecto en la germinación; asimismo, para el factor principal B NaCl, se halló alta significación estadística; por lo tanto, una de las concentraciones empleadas ocasionó diferente respuesta en la variable, la interacción resultó altamente significativa; inferimos que ambos factores actuaron conjuntamente sobre la germinación,(Ver anexo 9);el coeficiente de variación fue de 6,084 % lo cual indica una consistencia de la información con el modelo estadístico utilizado; por lo tanto, los datos son confiables.

CUADRO 30: PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE DUNCAN DE PORCENTAJE DE GERMINACIÓN PARA EL FACTOR BORO (7 DÍAS)

O.M.	Niveles de Boro	Promedio	Significación 0,05
1	0 ppm	98,50	a
2	1 ppm	93,50	b
3	5 ppm	89,50	c
4	3 ppm	89,50	c
5	7 ppm	86,50	c

Fuente: Elaboración propia.

El cuadro 30 de la prueba de significación de Duncan al 95% de confiabilidad, para porcentaje de germinación del factor boro, da a conocer que la concentración 0 ppm, alcanzó el mayor porcentaje con 98,50% superando al resto de tratamientos; en el segundo lugar se ubica la concentración 1 ppm con 93,50, las concentraciones 5 ppm, 3 ppm y 7 ppm obtuvieron promedios de 89,50 y 86,50% respectivamente, siendo sus promedios estadísticamente similares; por lo tanto, inferimos que mayor concentración de boro el porcentaje de germinación disminuye. En este sentido no se aprecian grandes diferencias entre los efectos que producen las diferentes concentraciones de Boro en el sustrato a 3 ppm, 5 ppm y 7 ppm, siendo de todos modos esta última concentración, la que logró un porcentaje de germinación menor dentro del sustrato.

CUADRO 31: PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE DUNCAN DE PORCENTAJE DE GERMINACIÓN PARA EL FACTOR NaCl (7 DÍAS)

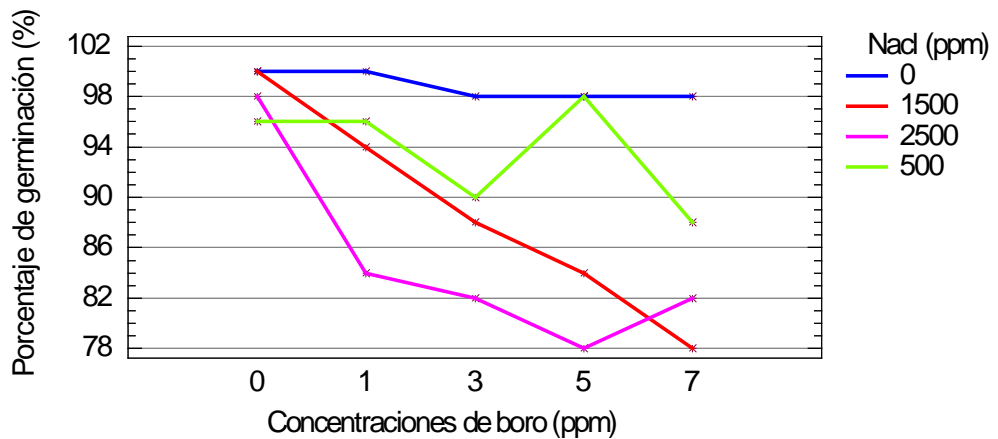
O.M.	Concentraciones de NaCl	Promedio	Significación 0,05
1	0 ppm	98,80	a
2	500 ppm	93,60	b
3	1500 ppm	88,80	c
4	2500 ppm	84,80	d

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 31 de la prueba de significación de Duncan al 95% de confiabilidad para el factor NaCl, se observa que la concentración de 0 ppm obtuvo el mayor porcentaje de germinación con 98,80%, le siguen las concentraciones de 500 ppm y 1500 con 93,60 % y 88,80 % de germinación, difiriendo estadísticamente en sus promedios; sin embargo, la concentración de 2500 ppm obtuvo el menor promedio con 84,80 % respectivamente; por lo tanto, inferimos que mayor concentración de NaCl el porcentaje de germinación disminuye.

El Cloruro de Sodio al igual que en los análisis de laboratorio, muestra una regularidad entre las diferencias de sus respectivos tratamientos, en este caso, el porcentaje de germinación se vio influenciado por cada uno de sus tratamientos.

GRÁFICO 9: INTERACCIÓN BORO x NaCl PARA EL PORCENTAJE DE GERMINACIÓN DE ZAPALLO (7 DÍAS)



Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 9 de interacción Boro x NaCl, para el porcentaje de germinación de zapallo, muestra que el menor porcentaje de germinación corresponde a la combinación de 0 ppm de boro + 0,0 ppm de NaCl, en el segundo lugar se observa la combinación de 0 ppm de boro + 1500 ppm de NaCl; sin embargo, las combinaciones de 7 ppm de boro + 2500 ppm alcanzó el mayor porcentaje de germinación; también destacan las combinaciones 7 ppm de boro + 1500 de NaCl.

4.2.3 Longitud del talluelo

CUADRO 32: ANÁLISIS DE VARIANZA DE LONGITUD DE TALLUELO DE ZAPALLO (15 DÍAS)

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	F tabular	
					0,05	0,01
Boro	4	24,126	6,031	119,32	2,486	3,563 **
NaCl	3	17,037	5,679	112,35	2,719	4,036 **
Boro x Na Cl	12	3,929	0,327	6,480	1,875	2,415 **
Error	80	4,044	0,050			
Total	99	49,136				

CV: 2,45%

Fuente: Elaboración propia.

El cuadro 32 del análisis de varianza de longitud de talluelo, señala que se encontraron diferencias estadísticas altas para el factor A boro; es decir, que al menos uno de los tratamientos tuvo mayor efecto en la longitud del talluelo; asimismo, para el factor principal B NaCl, se halló alta significación estadística; por lo tanto, uno de las concentraciones empleadas ocasionó diferente respuesta en la variable, la interacción resultó altamente significativa, inferimos que ambos factores actuaron conjuntamente sobre la longitud de talluelo (Ver anexo 10), su coeficiente de variación de 2,448 %, lo que indica una consistencia de la información con el modelo estadístico utilizado; por lo tanto, los datos son confiables.

CUADRO 33: PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE DUNCAN DE LONGITUD DE TALLUELO PARA EL FACTOR BORO (15 DÍAS)

O.M.	Concentraciones de Boro	Promedio	Significación 0,05
1	0 ppm	9,67	a
2	3 ppm	9,51	b
3	1 ppm	9,24	c
4	5 ppm	8,97	d
5	7 ppm	8,28	e

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 33 de la prueba de significación de Duncan al 95% de confiabilidad de longitud del talluelo para el factor boro, se observa que la concentración 0 ppm obtuvo el mayor promedio con 9,67 cm, le sigue la concentración 3 ppm con 9,5; sin embargo, las concentraciones de 5 ppm y 7 ppm, obtuvieron los menores promedios con 8,97 y 8,28 cm, respectivamente; por lo tanto, inferimos que mayor concentración de boro la longitud de talluelo disminuye.

Si nos detenemos a observar las diferencias entre los distintos tratamientos, observamos que en los promedios, a pesar de tener diferencias estadísticas significativas, son relativamente cercanos; en cambio, a 7 ppm el promedio decrece de 8,97 cm a 8,27 cm diferencias mayores a las de otros tratamientos, esta conducta a 7 ppm se ha observado en los ensayos en Placas Petri de laboratorio.

CUADRO 34: PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE DUNCAN DE LONGITUD DEL TALLUELO PARA EL FACTOR NaCl (15 DÍAS)

O.M.	Concentraciones de NaCl	Promedio	Significación 0,05
1	0 ppm	9,772	a
2	500 ppm	9,184	b
3	1500 ppm	8,908	c
4	2500 ppm	8,664	d

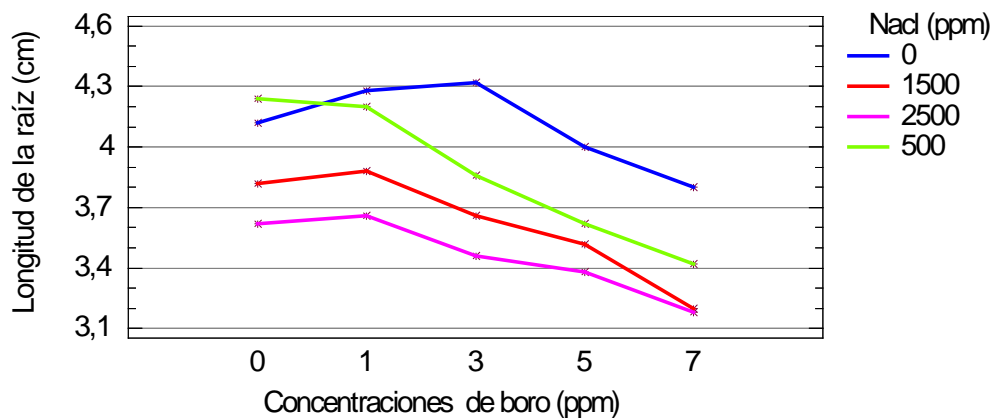
Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 30 de la prueba de significación de Duncan al 95% de confiabilidad para la longitud de talluelo para factor NaCl, se observa que la concentración de 0 ppm, logró el mayor promedio con 9,772, destacando estadísticamente, sobre el resto; le siguen las concentraciones de 500 ppm y 1500 ppm, con promedios de 9,184 y

8,908 cm, difiriendo estadísticamente en sus promedios; sin embargo, la concentración de 2500 ppm obtuvo el menor promedio con 8,664 cm, por lo tanto, inferimos que mayor concentración de NaCl la longitud del talluelo disminuye.

El Sodio, mantiene la conducta de anteriores ensayos mostrando diferencias significativas, entre cada uno de los tratamientos que ejercen influencia en el medio en este caso sustrato.

GRÁFICO 10: INTERACCIÓN BORO x NaCl PARA LA LONGITUD DE TALLUELO DE ZAPALLO (15 DÍAS)



Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 10 de interacción boro x NaCl para la longitud de talluelo de zapallo, muestra que la mayor longitud del talluelo corresponde a la

combinación de 3 ppm de boro + 0 ppm de NaCl; en el segundo lugar, se observa la combinación de 0 ppm de boro + 500 ppm de NaCl, sin embargo, las combinaciones de 7 ppm de boro + 2500 ppm alcanzó la mayor la menor longitud, también destaca la combinaciones 7 ppm de boro + 1500 ppm de NaCl.

Las concentraciones de Cloruro de Sodio muestran regularidad entre las distancias de sus tratamientos, siendo todas ellas diferencias estadísticamente significativas, afectándose a 7 ppm donde se ve una caída en la longitud del tallo.

4.2.4 Longitud de la raíz (cm)

CUADRO 35: ANÁLISIS DE VARIANZA DE LONGITUD DE LA RAÍZ (cm) DE ZAPALLO (15 DÍAS)

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado Medio	F calculado	F tabular	
					0,05	0,01
Boro	4	4,933	1,2341	62,170	2,486	3,563 **
NaCl	3	6,018	2,006	101,060	2,719	4,036 **
Boro x Na Cl	12	0,753	0,0627	3,160	1,875	2,415 **
Error	80	1,588	0,0198			
Total	99	13,292				

CV: 3,74 %

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 35, del análisis de varianza de longitud de la raíz, señala que se encontraron diferencias estadísticas altas para el factor A boro, es decir que al menos uno de los tratamientos tuvo mayor efecto en la germinación; asimismo, para el factor principal B NaCl, se halló alta significación estadística; por lo tanto, una de las concentraciones empleadas ocasionó una diferente respuesta en la variable; la interacción resultó significativa, inferimos que ambos factores actuaron conjuntamente sobre la longitud (Ver anexo 11), su coeficiente de variación de 3,740 % lo que indica una consistencia de la información con el modelo estadístico utilizado, por lo tanto los datos son confiables.

CUADRO 36: PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE DUNCAN DE LONGITUD DE LA RAÍZ PARA EL FACTOR BORO (15 DÍAS)

O.M.	Niveles de Boro	Promedio	Significación 0,05
1	1 ppm	4,00	a
2	0 ppm	3,95	a
3	3 ppm	3,83	b
4	5 ppm	3,63	c
5	7 ppm	3,40	d

Fuente: Elaboración propia.

El cuadro 36 de la prueba de significación de Duncan al 95% de confiabilidad para el factor boro, da a conocer que las concentraciones 1 ppm y 0 ppm obtuvieron lo más altos promedios con 4,00 y 3,95 cm, no difiriendo estadísticamente en sus promedios; sin embargo, las concentraciones de 5 ppm y 7 ppm obtuvieron los menores con 3,63 y 3,40, respectivamente; por lo tanto, inferimos que mayor concentración de boro la longitud de la raíz disminuye. En este sentido, observamos una repetición en la relación de los tratamientos 0 ppm y 1 ppm de Boro, como habíamos observado en el factor longitud de raíz a los 10 y 20 días en laboratorio, con escasas diferencias entre sus promedios y sin diferencias estadísticas significativas, es deducible a la división celular y a la participación en pocas cantidades del Boro en el proceso.

CUADRO 37: PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE DUNCAN DE LONGITUD DE LA RAÍZ PARA EL FACTOR NaCl (15 DÍAS)

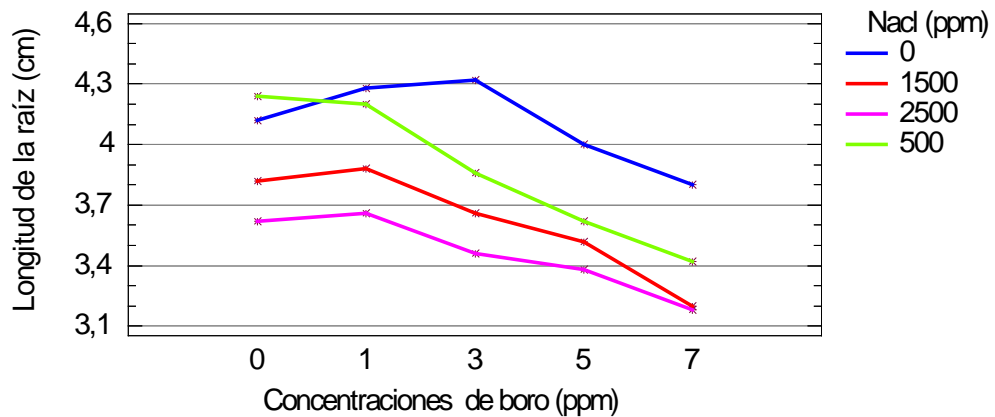
O.M.	Concentraciones de NaCl	Promedio	Significación 0,05
1	0 ppm	4,10	a
2	500 ppm	3,87	b
3	1500 ppm	3,62	c
4	2500 ppm	3,46	d

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 37 de la prueba de significación de Duncan al 95% de confiabilidad para longitud de la raíz para el factor NaCl, se observa que las concentraciones 0 ppm y 500 ppm lograron los mayores promedios con 4,10 y 3,87 difiriendo estadísticamente en sus promedios, sin embargo las concentraciones de 1500 ppm y 2500 ppm obtuvieron el menor promedio con 3,62 y 3,46 cm respectivamente; por lo tanto, inferimos que mayor concentración de NaCl la longitud de la raíz disminuye.

Se observa la regularidad de la conducta del Cloruro de Sodio, en la que sus tratamientos guardan diferencias estadísticas significativas.

GRÁFICO 11: INTERACCIÓN BORO x NaCl PARA LA LONGITUD DE LA RAIZ DE ZAPALLO (15 DÍAS)



Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 11 de interacción boro x NaCl para la longitud de la raíz de zapallo, muestra que la mayor longitud del talluelo corresponde a la combinación de 3 ppm de boro + 0 ppm de NaCl; en el segundo lugar, se observa la combinación de 3 ppm de boro + 0 ppm de NaCl; sin embargo, las combinaciones de 7 ppm de boro + 2500 ppm alcanzo la mayor la menor longitud, tambien destacan las combinaciones 7 ppm de boro + 1500 ppm de NaCl.

Observamos en la gráfica una acentuación en el menor crecimiento en la longitud de raíz a 7 ppm, como había venido sucediendo en los ensayos anteriores, su interacción con 2500 y 1500 ppm de NaCl son muy cercanas.

4.2.5. Número de hojas

Cuadro 38: ANÁLISIS DE VARIANZA DE NÚMERO DE HOJAS PARA ZAPALLO (15 DÍAS)

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	F tabular	
					0,05	0,01
Boro	4	13,640	3,410	10,030	2,486	3,563 **
NaCl	3	23,720	7,906	23,250	2,719	4,036 **
Boro x Na Cl	12	10,680	0,890	2,620	1,875	2,415 **
Error	80	27,200	0,340			
Total	99	75,240				

CV: 17,87%

Fuente: Elaboración propia.

El cuadro 38, del análisis de varianza de número de hojas, señala que se encontraron diferencias estadísticas altas para el factor A boro; es decir, que al menos uno de los tratamientos tuvo mayor efecto en la en el número de hojas. para el factor principal B NaCl, se halló alta significación estadística, por lo tanto, una de las concentraciones empleadas ocasionó diferente respuesta en la variable, la interacción resultó significativa; inferimos que ambos factores actuaron conjuntamente sobre el número de hojas (Ver anexo 12), su coeficiente de variación es de 17,886 % lo que indica una consistencia de la información con el modelo estadístico utilizado; por lo tanto, los datos son confiables.

CUADRO 39: PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE DUNCAN DE NÚMERO DE HOJAS PARA EL FACTOR BORO (15 DÍAS)

O.M.	Concentraciones de Boro	Promedio	Significación 0,05
1	3 ppm	4,00	a
2	0 ppm	3,50	a b
3	5 ppm	3,15	b c
4	1 ppm	2,95	c
5	7 ppm	2,85	c

Fuente: Elaboración propia.

La prueba de significación de Duncan al 95% de confiabilidad para el factor boro, da a conocer que las concentraciones 3 ppm y 0 ppm obtuvieron los más altos promedios con 4,00 y 3,55 hojas, no difiriendo estadísticamente en sus promedios; sin embargo, las concentraciones de 1 ppm y 7 ppm obtuvieron los menores con 2,95 y 2,85 hojas respectivamente.

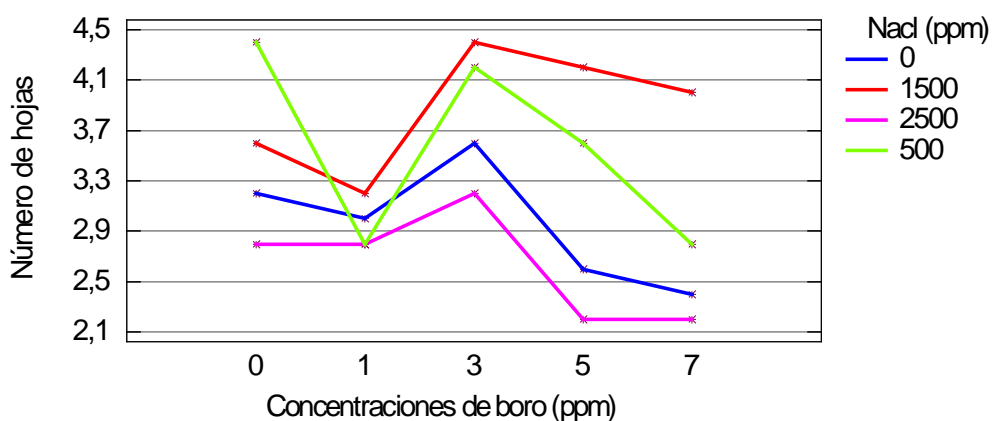
CUADRO 40: PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE DUNCAN DE NÚMERO DE HOJAS PARA EL FACTOR NaCl (15 DÍAS)

O.M.	Concentraciones de NaCl	Promedio	Significación 0,05
1	1500 ppm	3,88	a
2	500 ppm	3,56	a
3	0 ppm	2,96	b
4	2500 ppm	2,64	b

Fuente: Elaboración propia.

En la prueba de significación de Duncan al 95% de confiabilidad para longitud de la raíz, para el factor NaCl, se observa que las concentraciones 1500 ppm y 500 ppm lograron los mayores promedios con 3,88 y 3,56 estadísticamente similares en sus promedios; sin embargo, las concentraciones de 0 ppm y 2500 ppm obtuvieron el menor promedio con 2,96 y 2,64 hojas, respectivamente.

GRÁFICO 12: INTERACCIÓN BORO x NaCl PARA NÚMERO DE HOJAS DE ZAPALLO (15 DÍAS)



Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 12 de interacción boro x NaCl para número de hojas de zapallo, muestra que el mayor número corresponde a la combinación de 0 ppm de boro + 500 ppm de NaCl; en el segundo lugar, se observa la combinación de 3 ppm de boro + 1 500 ppm de NaCl; sin embargo, las combinaciones de 5 y 7 ppm de boro + 2500 ppm obtuvieron la menor longitud.

V. CONCLUSIONES

1. La aplicación de distintas concentraciones de NaCl y Boro tuvieron efectos sobre el desarrollo de la germinación, como señala la bibliografía, se produjo un desbalance hídrico que afectó estadísticamente hablando el desarrollo de la germinación, los iones de Boro y Sodio incrementaron su concentración en la célula, afectando el equilibrio de concentración de sales en las células; de este modo, se vio limitado el proceso de ósmosis que trajo consigo la menor absorción de agua, elemental para el desarrollo de las células en la división celular.
2. El Boro mostró en la mayoría de los casos una incidencia significativa a las 7 ppm, limitando el proceso germinativo; es deducible que al ser un elemento móvil, como señala la bibliografía se encuentre en constante movimiento, dentro del sistema de la planta en especial en los puntos de crecimiento, el Boro puede haber sido aprovechado a concentraciones menores en procesos, tales como: síntesis de proteínas, división celular, cierre de estomas, según sea el caso, pero al incrementar su concentración

afectó el proceso por las ya mencionadas concentraciones de sales.

3. El Cloruro de Sodio mostró regularidad entre sus tratamientos, a mayor concentración saltaban las diferencias significativas entre cada uno de sus tratamientos, lo que denota que en el presente estudio se observó al Sodio menor movilidad que el Boro.

4. Para la germinación, la concentración de 1 ppm y 5 ppm de boro obtuvieron el mayor porcentaje con 92,50 y 84,50% y para el NaCl las concentraciones de 1500 ppm y 500 ppm de NaCl, lograron los mayores promedios con 92,80%; 87,20% en laboratorio; sin embargo, en vivero la concentración de boro de 1 ppm y 5 ppm obtuvieron promedios de 93,50%, y 89,50%, para NaCl las concentraciones de 500 ppm y 1500 obtuvieron el mayor promedio con 93,60 % y 88,80 %, respectivamente.

5. En lo referente a los días de germinación en laboratorio, para el boro la concentración de 7 ppm, obtuvo el mayor promedio con 6,85; para NaCl la concentración de 2500 ppm obtuvo el mayor promedio con 6,72 días; sin embargo, para vivero las concentraciones de Boro de 7 ppm y 5 ppm obtuvieron el mayor promedio con 7,50 y 7,35 días, para el NaCl la concentración de 2500 ppm superó estadísticamente al resto con un promedio de 7,64 días.

6. Para la variable longitud de la raíz para el factor boro, da a conocer que las concentraciones 1 ppm y 5 ppm obtuvieron lo más altos promedios con 8,93 y 8,23 cm; para NaCl las concentraciones de 500 ppm y 2500 ppm lograron los mayores promedios con 8,64 y 8,06 cm; sin embargo, en vivero las concentraciones de boro de 1 ppm y 3 ppm obtuvieron promedios de 4,00 y 3,83 cm, de otro lado para NaCl las concentraciones de 500 ppm y 1500 ppm obtuvieron el mayor promedio con 3,87 y 3,62 cm, respectivamente.

7. Para la longitud del talluelo en laboratorio, las concentraciones de boro de 1 ppm y 3 ppm obtuvieron lo más altos promedios 4,14 y 3,84 cm; para NaCl las concentraciones 500 ppm y 1500 ppm lograron los mayores promedios con 3,88 y 3,82 cm, para vivero las concentraciones de boro de 3 ppm y 5 ppm obtuvieron los rangos más altos con 9,50 y 8,97 cm;también las concentraciones de NaCl 500 ppm y 1500 ppm obtuvieron los más altos promedios con 9,184 y 8,908 cm, respectivamente.

8. En cuanto al número de hojas no se halló significación estadística en condiciones de laboratorio; sin embargo, para laboratorio hubo significación estadística;las concentraciones 3 ppm y 0 ppm obtuvieron los más altos promedios con 4,00 y 3,55 hojas, para el factor NaCl, las concentraciones 1500 ppm y 500 ppm lograron los mayores promedios con 3,88 y 3,56, respectivamente.

VI. RECOMENDACIONES

1. Realizar más investigaciones de este tipo utilizando una mayor amplitud de niveles de NaCl y Boro, sobre todo a mayores concentraciones, a fin de evaluar el comportamiento de la germinación a este nivel, tanto sobre este cultivo como con otros de la familia Cucurbitaceae presentes en la región de Tacna. De este modo, podríamos tener un mayor entendimiento del comportamiento de estos cultivos a niveles mayores de NaCl y Boro.
2. En cuanto a las recomendaciones para campo, se sugiere tener presente las concentraciones perjudiciales de Boro y Cloruro de Sodio, como los retrasos en la germinación, y el crecimiento tanto de la parte aérea como radicular, limitados para el desarrollo óptimo de este cultivo.
3. Se recomienda tener presente que las concentraciones de estos elementos que limitan el desarrollo de los cultivos, pueden ser atenuadas mediante un manejo agronómico correcto, considerando el riego tecnificado, la fertilización orgánica y los cultivos colonizadores como alternativas a considerar por citar ejemplos conocidos.

VII. BIBLIOGRAFÍA

1. ALBORNOZ.(2007). Cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* mill.) hidropónico con agua desalinizada y desborificada en el valle de Lluta, Universidad de Tarapacá- Arica Chile
2. AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. (1989). Water Quality for Agriculture. FAO Irrigation and Drainage paper N° 29. FAO. Roma. 174 p.
3. AZCÓN-BIETO, J. y TALÓN, M. (2001). Fundamentos de la Fisiología Vegetal. Edicions Universitat de Barcelona, 522 pp.
4. BROWN, P.H.; BELLALLOUI, N.; WIMMER, M.A.; BASSIL, E.S.; RUIZ, J.; HU, H.; PFEFFER, H.; DANDEL, F.; RÖMHELD, V. (2002). Boron in Plant Biology. Plant Biology 4: 211-229.
5. COLLAZOS, C., R L. WHITE., H. S. White *et al.* (1975). La composición de los alimentos peruanos. Instituto de Nutrición. Minist. de Salud. Lima. 35 p.

6. CHÁVEZ, R. (2001). Mejoramiento genético de las plantas tuberíferas para zonas árido-salinas. Editorial Art graphics, Tacna-Perú. Pág. 1-60.
7. DANDEL, F.; PFEFFER, H.; RÖMHELD, V. (2002). Update on boron in higher plants-Uptake, primary translocation and compartmentation. *Plant Biology* 4: 193-204.
8. DÍAZ, F. A. (1990). Efecto de la fertilización química y biológica en el rendimiento de calabacita para el norte de Tamaulipas Campo Experimental Río Bravo, INIFAP. México .10 p.
9. DONOSO, P. (2003). Evaluación y selección de clones de Camote *Ipomoea batatas* (L), bajo estrés de salinidad y toxicidad de boro en los Valles de Azapa y Lluta. Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Tarapacá. Arica, Chile, 20 pp.

10. FIGUEROA, L. (2006). En: SEMINARIO "Nuevos escenarios para el desarrollo de la agricultura de desierto en Arica y Parinacota". 18 mayo de 2006. Arica, Universidad de Tarapacá, Facultad de Agronomía.
11. GEORGE, R. (1989). Producción de semillas de plantas hortícolas. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. pp185-191.
12. GIACONI, V. (1988). Cultivo de hortalizas. Sexta edición actualizada. Editorial Universitaria, Santiago Chile, 308 pp.
13. HAVLIN, J.; BEATON, J.; TISDALE, S.; NELSON, W. (1999). Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management. Sexta edición. Prentice Hall. United States of America. 503 p.
14. LEÓN, J. (1987). Botánica de los cultivos tropicales. p. 386. IICA. San José, Costa Rica.
15. LÄUCHLI, A. (2002). Functions of boron in higher plants: recent advances and open questions. *Plant Biology* 4: 190-192.

16. MUJERIEGO, R. (1990). Manual Práctico de Riego con Agua Residual Municipal Regenerada. Ediciones de la Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona.
17. PAPADAKIS, I.E.; DIMASSI, K.N.; BOSABADILIS, A.M.; THERIOS, I.N.; PATAKAS, A.; GIANNAKOULA, A. (2004). Effects of boron excess on some physiological and anatomical parameters of "Navelina" orange plants grafted on two rootstocks. *Environmental and Experimental Botany* 51: 247-257.
18. PARSON, D. B. (1986). Manual para educación agropecuaria. Cucurbitáceas. 5ª Reimpresión Editorial Trillas. Pág. 9.
19. PEINEMANN, N. (1997). Formación, clasificación, manejo y recuperación de suelos salinos y sódicos. Ediciones Sur, México. Pág. 59-63.
20. SADZAWKA R., A., GREZ Z., R., MORA G., M.L., SAAVEDRA R., N., CARRASCO R., M. A. y ROJAS W., C. (2000). Métodos de análisis recomendados para los suelos chilenos. Disponible en: <http://www.inia.cl/~asadzawka/metodos2000-sep.pdf>

21. SERVICIOS EDUCATIVOS RURALES. (s/f). El cultivo de zapallo macre en la Costa Central. SERHUAURA. 25 p: Huaura, Perú.
22. SIEVEKA, E. H. (1966). Reverse osmosis pilot plants. In: MERTEN, U. Desalination by reverse osmosis. The Massachusetts Institute of Technology. Massachusetts, Estados Unidos de América. pp. 239-270.
23. TORRES, A. (2007). El problema de salinidad en los recursos suelo y agua que afectan el riego y cultivos en los valles de Lluta y Azapa en el norte de Chile.
24. VILLALOBOS, F.; MATEOS, L.; ORGAZ, F.; FERERES, E. (2002). Fitotecnia: Bases y tecnología de la producción agrícola. Editorial Nubdi-Prensa, Madrid-España. Pág. 259-268.
25. MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE POCOLLAY. (2009). "Plan de Desarrollo Agropecuario y Agroindustrial Concertado del Distrito de Pocollay 2009-2015".

ANEXOS

**Laboratorio Anexo 1:
Días a la germinación en laboratorio**

Boro	0				1 ppm				3ppm				5 ppm				7 ppm			
Nacl	0	500	1500	2500	0	500	1500	2500	0	500	1500	2500	0	500	1500	2500	0	500	1500	2500
R ₁	5	6	5	7	6	6	7	6	6	5	7	6	5	7	6	8	6	7	7	8
R ₂	4	6	6	6	6	6	6	6	5	6	6	5	6	6	5	8	7	7	7	8
R ₃	6	5	6	6	6	6	5	6	6	5	7	4	6	6	5	7	6	7	7	8
R ₄	6	6	6	7	7	6	6	7	5	6	6	6	6	6	6	7	6	6	7	7
R ₅	5	6	6	7	6	6	6	7	5	5	7	7	6	6	6	7	6	6	7	7
Prom.	5,2	5,8	5,8	6,6	6,2	6	6	6,4	5,4	5,4	6,6	5,6	5,8	6,2	5,6	7,4	6,2	6,6	7	7,6

Fuente: Elaboración propia.

**Anexo 2:
Porcentaje de germinación en laboratorio a los 7 días**

Boro	0				1 ppm				3ppm				5 ppm				7 ppm			
Nacl	0	500	1500	2500	0	500	1500	2500	0	500	1500	2500	0	500	1500	2500	0	500	1500	2500
R ₁	80	90	90	80	100	90	80	80	100	80	100	90	100	80	80	80	80	70	70	60
R ₂	90	100	90	100	100	100	100	100	90	90	90	80	100	80	80	80	90	70	70	50
R ₃	100	100	100	100	90	80	100	80	100	90	80	90	80	90	90	80	90	60	80	40
R ₄	100	100	100	100	100	90	100	90	100	100	80	80	90	90	80	70	80	70	70	50
R ₅	100	100	100	100	100	100	90	80	100	90	100	70	80	90	90	80	80	80	70	40
Prom	94	98	96	96	98	92	94	86	98	90	90	82	90	86	84	78	84	70	72	48

Fuente: Elaboración propia.

**Anexo 3:
Longitud de la raíz a los 10 días**

Boro	0				1 ppm				3ppm				5 ppm				7 ppm			
Nacl	0	500	1500	2500	0	500	1500	2500	0	500	1500	2500	0	500	1500	2500	0	500	1500	2500
R ₁	3,2	3,0	3,1	2,8	3,0	3,2	3,0	2,8	3,0	2,8	2,8	2,8	2,9	2,8	2,7	2,6	2,7	2,4	2,2	2,1
R ₂	3,5	3,1	3,0	2,7	3,1	3,0	2,9	2,9	2,9	2,7	2,7	2,7	2,8	2,6	2,7	2,5	2,6	2,2	2,4	1,9
R ₃	3,3	3,1	2,9	2,8	3,2	3,0	2,9	2,7	2,8	2,7	2,7	2,6	2,8	2,6	2,7	2,6	2,5	2,3	2,3	2,0
R ₄	3,4	3,2	3,0	3,0	3,1	3,1	3,0	2,8	2,7	2,6	2,6	2,6	2,7	2,5	2,6	2,5	2,5	2,4	2,5	2,1
R ₅	3,2	3,3	3,1	2,6	3,2	3,0	2,9	2,9	2,6	2,8	2,7	2,6	2,6	2,6	2,6	2,5	2,6	2,4	2,4	1,9
Prom.	3,32	3,14	3,02	2,78	3,12	3,06	2,94	2,82	2,8	2,72	2,7	2,66	2,7	2,62	2,66	2,54	2,58	2,34	2,36	2

Fuente: Elaboración propia.

**Anexo 4:
Longitud de a los 20 días**

Boro	0				1 ppm				3ppm				5 ppm				7 ppm			
Nacl	0	500	1500	2500	0	500	1500	2500	0	500	1500	2500	0	500	1500	2500	0	500	1500	2500
R ₁	8,8	9,5	8,9	8,2	9,2	9,0	9,2	8,8	8,9	8,8	8,9	8,4	8,6	8,4	8,2	7,9	8,0	7,6	7,5	7,0
R ₂	9,1	9,4	9,0	8,4	9,0	8,9	9,1	8,7	8,9	8,8	8,5	8,7	8,6	8,4	8,1	7,7	7,8	7,5	7,4	6,9
R ₃	8,8	9,4	9,1	8,6	9,0	9,1	8,9	8,7	8,7	8,5	8,6	8,4	8,8	8,3	8,0	7,6	7,6	7,4	7,3	7,1
R ₄	9,2	9,0	8,8	8,6	9,1	9,0	8,8	8,6	8,8	8,6	8,4	8,5	8,7	8,2	8,2	8,0	7,5	7,7	7,2	6,5
R ₅	9,3	9,1	8,7	8,4	8,9	8,9	8,8	8,8	8,6	8,6	8,3	8,6	8,5	8,6	8,2	7,6	7,6	7,3	7,1	6,8
	9,04	9,28	8,9	8,44	9,04	8,98	8,96	8,72	8,78	8,66	8,54	8,52	8,64	8,38	8,14	7,76	7,7	7,5	7,3	6,86

Fuente: Elaboración propia.

**Anexo 5:
Longitud del talluelo a los 10 días**

Boro	0				1 ppm				3ppm				5 ppm				7 ppm			
Nacl	0	500	1500	2500	0	500	1500	2500	0	500	1500	2500	0	500	1500	2500	0	500	1500	2500
R ₁	3,3	3,5	3,2	3,1	3,4	3,4	3,3	3,1	3,3	3,1	3,0	2,9	2,8	2,6	2,5	2,3	2,4	2,1	2,2	2,0
R ₂	3,4	3,6	3,4	2,9	3,5	3,4	3,4	3,0	3,0	3,2	3,0	2,7	2,7	2,6	2,6	2,3	2,6	2,0	2,2	1,9
R ₃	3,3	3,5	3,0	3,2	3,6	3,3	3,2	3,0	3,0	3,3	3,0	2,9	2,6	2,8	2,5	2,1	2,5	2,3	2,1	1,8
R ₄	3,0	3,4	3,1	2,8	3,3	3,3	3,2	3,0	2,9	3,1	2,8	2,9	2,5	2,7	2,4	2,4	2,4	2,4	2,3	2,0
R ₅	3,5	3,2	3,2	2,9	3,4	3,3	3,0	2,9	3,0	3,2	2,9	2,8	2,6	2,8	2,4	2,1	2,3	2,5	2,2	1,9
Prom	3,3	3,44	3,18	2,98	3,44	3,34	3,22	3	3,04	3,18	2,94	2,84	7,32	2,7	2,48	2,24	2,44	2,26	2,2	1,92

Fuente: Elaboración propia.

**Anexo 6:
Longitud del talluelo a los 20 días**

Boro	0				1 ppm				3ppm				5 ppm				7 ppm			
Nacl	0	500	1500	2500	0	500	1500	2500	0	500	1500	2500	0	500	1500	2500	0	500	1500	2500
R ₁	3,6	3,9	4,1	4,0	3,9	4,2	4,0	4,0	3,8	4,0	3,9	3,8	3,8	3,6	3,5	3,4	3,5	3,6	3,4	3,1
R ₂	3,7	3,8	4,2	3,9	4,1	4,5	4,0	3,9	3,9	4,1	4,0	3,7	3,7	3,5	3,4	3,5	3,5	3,3	3,4	3,0
R ₃	3,9	4,0	4,3	3,8	4,5	4,6	4,1	3,7	3,7	4,2	3,8	3,6	3,7	3,6	3,6	3,3	3,4	3,2	3,5	3,2
R ₄	3,8	4,1	4,5	3,7	4,4	4,4	4,1	3,8	3,6	4,0	3,8	3,5	3,8	3,7	3,5	3,0	3,4	3,6	3,2	3,0
R ₅	3,7	4,4	4,1	3,9	4,3	4,1	4,2	3,9	3,8	3,7	3,9	3,9	3,6	3,8	3,6	3,4	3,4	3,1	3,4	3,2
Prom.	3,74	4,04	4,24	3,86	4,24	4,36	4,08	3,86	3,76	4	3,88	3,7	3,72	3,64	3,52	3,32	3,44	3,36	3,38	3,1

Fuente: Elaboración propia.

**Anexo 7:
Número de hojas a los 15 días**

Boro	0				1 ppm				3ppm				5 ppm				7 ppm			
Nacl	0	500	1500	2500	0	500	1500	2500	0	500	1500	2500	0	500	1500	2500	0	500	1500	2500
R ₁	4	3	4	4	3	4	3	4	4	4	3	3	3	3	4	3	3	3	4	4
R ₂	3	4	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	5	3	3	4
R ₃	4	3	4	3	4	3	4	3	3	3	3	4	4	3	5	4	3	3	3	3
R ₄	3	3	3	3	3	4	4	3	3	4	4	4	5	4	4	3	3	3	3	3
R ₅	4	3	3	3	4	3	3	3	3	4	2	3	4	4	3	3	4	3	3	4
Prom .	3,6	3,2	3,4	3,2	3,4	3,4	3,4	3,2	3,2	3,8	3	3,4	3,8	3,4	3,8	3,2	3,6	3	3,2	3,6

Fuente: Elaboración propia.

Vivero

Anexo 8: Días a la germinación

Boro	0				1 ppm				3ppm				5 ppm				7 ppm			
Nacl	0	500	1500	2500	0	500	1500	2500	0	500	1500	2500	0	500	1500	2500	0	500	1500	2500
R ₁	4	5	6	7	5	5	6	8	6	7	7	8	6	7	8	8	6	7	8	9
R ₂	5	5	6	7	5	5	6	8	6	7	7	7	6	7	7	7	7	7	8	8
R ₃	5	4	6	7	6	5	6	7	6	6	7	8	7	8	6	8	6	8	8	8
R ₄	6	3	6	8	5	6	7	7	6	6	6	8	8	8	7	8	7	8	8	8
R ₅	5	5	5	7	5	6	8	7	6	7	6	7	8	8	7	8	6	8	7	8
prom	5	4,4	5,8	7,2	5,2	5,4	6,6	7,4	6	6,6	6,6	7,6	7	7,6	7	7,8	6,4	7,6	7,8	8,2

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 9: Porcentaje de germinación a los 15 días

Boro	0				1 ppm				3ppm				5 ppm				7 ppm			
Nacl	0	500	1500	2500	0	500	1500	2500	0	500	1500	2500	0	500	1500	2500	0	500	1500	2500
R ₁	100	90	100	90	100	100	80	80	100	90	100	90	100	100	80	80	100	90	90	80
R ₂	100	100	100	100	100	100	100	90	90	90	90	80	100	100	80	80	100	90	70	80
R ₃	100	100	100	100	100	80	100	80	100	90	80	90	100	100	90	80	100	90	70	90
R ₄	100	100	100	100	100	100	100	90	100	90	80	80	100	100	80	70	90	80	80	80
R ₅	100	90	100	100	100	100	90	80	100	90	90	70	90	90	90	80	100	90	80	80
prom	100	96	100	98	100	96	94	84	98	90	88	82	98	98	84	78	98	88	78	82

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 10: Longitud de talluelo a los 15 días

Boro	0				1 ppm				3ppm				5 ppm				7 ppm			
Nacl	0	500	1500	2500	0	500	1500	2500	0	500	1500	2500	0	500	1500	2500	0	500	1500	2500
R ₁	10,8	9,9	9,9	8,9	10	9,0	9,1	9,0	10,1	9,5	9,0	8,9	9,4	9,1	9,0	8,9	9,0	8,3	8,0	7,8
R ₂	9,2	9,8	9,7	9,0	10,5	8,9	8,9	8,9	10,3	9,6	9,1	9,0	9,6	9,3	8,4	8,0	9,0	8,2	8,1	7,9
R ₃	9,9	9,7	9,8	9,1	10,2	9,1	8,8	8,8	10,2	9,8	9,1	9,1	9,7	9,4	8,2	8,1	9,1	8,1	8,1	8,0
R ₄	9,8	9,5	9,9	9,4	10,2	9,0	8,8	8,9	10,1	9,7	9,4	9,1	9,8	9,5	8,5	8,7	8,9	8,4	8,5	7,7
R ₅	9,9	9,6	10	9,6	10,3	8,9	8,6	8,9	9,9	9,8	9,3	9,2	9,6	9,3	8,6	8,2	8,8	8,2	7,9	7,5
Prom.	9,92	9,7	9,86	9,2	10,24	8,98	8,84	8,9	10,12	9,68	9,18	9,06	9,62	9,32	8,54	8,38	8,96	8,24	8,12	7,78

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 11: Longitud de la raíz a los 15 días

Boro	0				1 ppm				3ppm				5 ppm				7 ppm			
Nacl	0	500	1500	2500	0	500	1500	2500	0	500	1500	2500	0	500	1500	2500	0	500	1500	2500
R ₁	4,1	4,2	3,9	3,8	4,2	4,1	4,0	3,6	4,1	3,8	3,7	3,5	3,9	3,5	3,5	3,5	4,1	3,3	3,2	2,9
R ₂	4,0	4,3	3,8	3,7	4,3	4,2	3,9	3,5	4,4	3,9	3,6	3,5	4,0	3,8	3,5	3,3	3,8	3,5	3,0	3,5
R ₃	4,2	4,2	3,7	3,5	4,4	4,3	3,8	3,8	4,2	3,9	3,5	3,4	4,0	3,6	3,5	3,3	3,8	3,5	3,0	3,3
R ₄	4,3	4,3	3,9	3,6	4,5	4,2	3,8	3,9	4,2	3,8	3,8	3,4	4,1	3,7	3,6	3,4	3,7	3,3	3,2	3,0
R ₅	4,0	4,2	3,8	3,5	4,0	4,2	3,9	3,5	4,7	3,9	3,7	3,5	4,0	3,5	3,5	3,4	3,6	3,5	3,6	3,2
Prom.	4,12	4,24	3,82	3,62	4,28	4,2	3,88	3,66	4,32	3,86	3,66	3,46	4	3,62	3,52	3,38	3,8	3,42	3,2	3,18

Fuente: Elaboración propia.

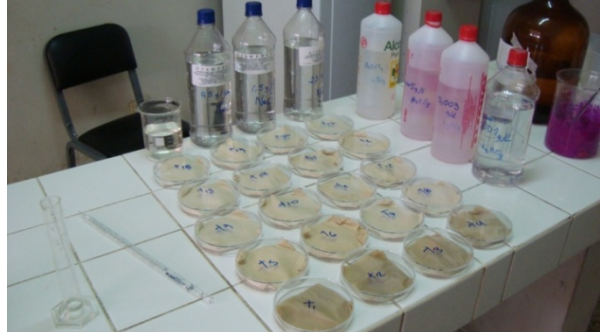
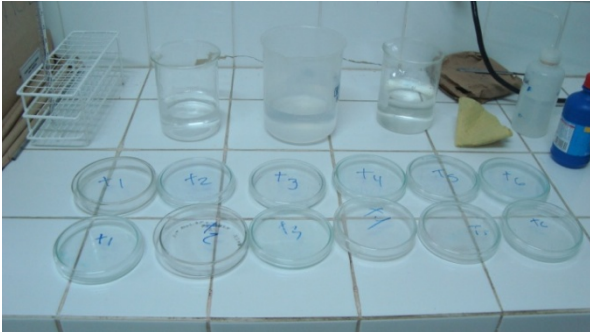
Anexo 12: Número de hojas a los 15 días

Boro	0				1 ppm				3ppm				5 ppm				7 ppm			
Nacl	0	500	1500	2500	0	500	1500	2500	0	500	1500	2500	0	500	1500	2500	0	500	1500	2500
R ₁	3	4	3	2	3	3	4	2	3	4	4	3	2	4	5	3	2	3	4	2
R ₂	3	5	3	3	3	2	3	3	4	4	4	3	3	4	5	2	2	3	5	2
R ₃	4	4	3	2	3	3	3	4	4	5	4	3	2	4	4	2	3	3	4	3
R ₄	3	5	4	3	3	3	3	3	3	4	5	4	3	3	3	2	3	2	3	2
R ₅	3	4	5	4	3	3	3	2	4	4	5	3	3	3	4	2	2	3	4	2
Prom.	3,2	4,4	3,6	2,8	3	2,8	3,2	2,8	3,6	4,2	4,4	3,2	2,6	3,6	4,2	2,2	2,4	2,8	4	2,2

Fuente: Elaboración propia.

GALERIA FOTOGRAFICA

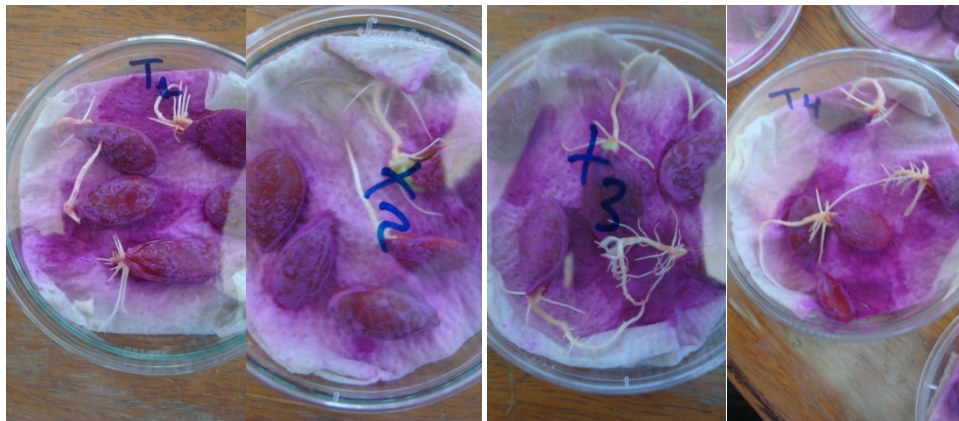
EXPERIMENTO EN LABORATORIO



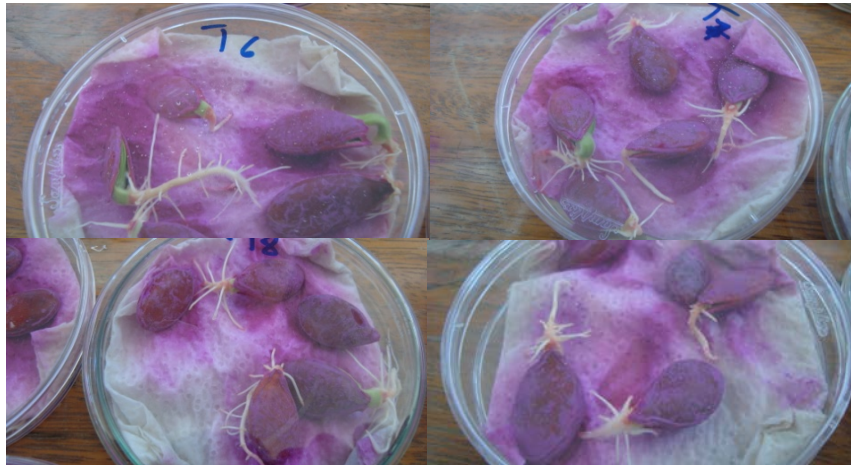
Preparación de soluciones y placas Petri para la instalación de semillas



En imagen frutos de zapallo Pachía



Preparación de soluciones a 0 ppm de Boro sobre distintas concentraciones de NaCl



Preparación de soluciones a 1 ppm de Boro sobre distintas concentraciones de NaCl



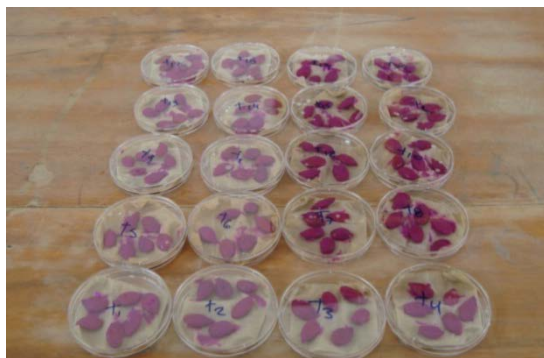
Preparación de soluciones a 3 ppm de Boro sobre distintas concentraciones de NaCl



Preparación de soluciones a 5 ppm de Boro sobre distintas concentraciones de NaCl



Preparación de soluciones a 7 ppm de Boro sobre distintas concentraciones de NaCl



Placas Petri a 20 distintas soluciones de NaCl y Boro

EXPERIMENTO EN VIVERO



Instalación de semillas en bolsas de germinación



Crecimiento de plántulas en diferentes estadios



Señalización de bolsas de germinación respecto a sus distintos tratamientos