

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

ESCUELA DE POSGRADO

DOCTORADO EN AGRICULTURA SUSTENTABLE



**“IDENTIFICACIÓN DE LÍNEAS TOLERANTES EN POBLACIONES
SEGREGANTES DE ARROZ COMO ALTERNATIVA EN EL
MANEJO SUSTENTABLE DE SUELOS DEGRADADOS POR
SALINIDAD”**

Presentada por:

FERNANDO JAVIER COBOS MORA

TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE DOCTOR

***DOCTORIS PHILOSOPHIAE* EN AGRICULTURA SUSTENTABLE**

Lima - Perú

2022

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

ESCUELA DE POSGRADO

DOCTORADO EN AGRICULTURA SUSTENTABLE

**"IDENTIFICACIÓN DE LÍNEAS TOLERANTES EN
POBLACIONES SEGREGANTES DE ARROZ COMO
ALTERNATIVA EN EL MANEJO SUSTENTABLE DE SUELOS
DEGRADADOS POR SALINIDAD"**

TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE DOCTOR

DOCTORIS PHILOSOPHIAE (Ph.D.)

Presentada por:

FERNANDO JAVIER COBOS MORA

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Ph.D. Walter Apaza Tapia
PRESIDENTE

Dra. Luz Gómez Pando
ASESOR

Dr. Walter Reyes Borja
CO-ASESOR

Ph.D. Julio Alegre Orihuela
MIEMBRO

Dr. Jorge Jiménez Dávalos
MIEMBRO

Ph.D. Faustino Sanjinez Salazar
MIEMBRO EXTERNO

DEDICATORIA

A Dios por permitirme llegar a este momento, a mis queridos padres Elias Cobos y Mariana Mora, a mi amada esposa Michelle Muñoz a mis hijos Alexander y Joshep; a mi hermana Jacqueline Cobos, quienes me acompañaron y apoyaron para culminar con éxito todos mis estudios.

A mis amigos de toda la vida

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios todo poderoso y a la Virgen María, por su infinita bondad y amor, por haberme permitido llegar hasta este punto de mi vida y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante toda mi vida.

A los primeros que debo darles las gracias es a mis padres, un agradecimiento infinito hacia la inagotable generosidad, bondad y apoyo incondicional (en todos los sentidos), siempre han dedicado su vida a darnos lo mejor a mi hermana y a mí, a sacrificarse por nosotros para que tuviéramos todo lo necesario para ser felices. Gracias de todo corazón, sin ustedes nada de esto hubiera sido posible.

A mi directora de Tesis, Dra. Luz Gómez Pando, por su generosidad al brindarme la oportunidad de recurrir a su capacidad y experiencia científica en un marco de confianza, afecto y amistad, fundamentales para la concreción de este trabajo.

Mi agradecimiento al Ph.D. Walter Reyes Borja, co-asesor de esta tesis doctoral, por la colaboración, paciencia, apoyo brindado desde siempre y sobre todo por esa gran amistad que me brindó y me brinda.

Como lo que no está escrito no existe, quiero agradecer a mi amigo Edwin Hasang por brindarme su amistad, apoyo, ánimo y colaboración en todo momento durante estos años de estudio.

Quiero agradecer al grupo de estudio que han vivido conmigo la realización de esta tesis doctoral, desde los más profundo de mi corazón les agradezco el haberme brindado todo el apoyo, colaboración, ánimo y sobre todo cariño y amistad.

Finalmente, con todo mi amor, a Michelle Muñoz y a mis hijos, por su paciencia, comprensión y solidaridad con este proyecto, por el tiempo que me han concedido. Sin su apoyo este trabajo nunca se habría escrito y, por eso, este trabajo es también el suyo.

Por último, quisiera agradecer a todas aquellas personas que sin querer olvido, ¡muchas gracias de todo corazón!

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	3
	2.1. Generalidades del cultivo.....	3
	2.2. Clasificación taxonómica del arroz.....	3
	2.3. Aspectos botánicos y fisiológicos.....	4
	2.4. Crecimiento y desarrollo de la planta de arroz	6
	2.5. Crecimiento y desarrollo de la planta	8
	2.6. Factores agroambientales del cultivo.....	8
	2.7. Superficie cosechada y producción en ecuador	9
	2.8. Zonas y sistemas de producción de arroz en ecuador	10
	2.9. Estrés en cultivos	11
	2.10. Estrés salino	13
	2.11. Salinidad en la cuenca baja del río guayas	14
	2.12. Evaluación de la salinidad	15
	2.13. Efecto de la salinidad en las plantas	15
	2.14. Mecanismos de respuesta al estrés salino en plantas.....	18
	2.15. Mejora genética de cultivos tolerantes a la salinidad	20
	2.16. Las especies silvestres como recursos genéticos	21
	2.17. Impactos en la producción de arroz	22
	2.18. Consideraciones de la sustentabilidad agrícola	23
	2.19. Dimensiones de la sustentabilidad.....	23
	2.20. Indicadores de sustentabilidad	23
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	25
	3.1. Evaluar la sustentabilidad en dos sistemas de producción de arroz, con diferentes niveles de salinidad en la zona de yaguachi y en el sector de CEDEGE.....	25
	3.2. Identificar el estado fenológico en el cual el cultivo de arroz es más susceptible al estrés salino, medido en su efecto en los componentes agronómicos y rendimiento	37
	3.3. Seleccionar y caracterizar líneas de arroz, tolerantes a la salinidad en poblaciones segregantes provenientes de cruces de <i>Oryza sativa</i> L. ssp. japonica X <i>Oryza rufipogon</i> G.....	45

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	56
4.1. Evaluación de la sustentabilidad de dos sistemas de producción de arroz, con diferentes niveles de salinidad en la zona de yaguachi y en el sector de CEDEGE.	56
4.2. Identificación del estado fenológico en el cual el cultivo de arroz es más susceptible al estrés salino, medido en su efecto en los componentes agronómicos y rendimiento	76
4.3. Selección y caracterización de líneas de arroz, tolerantes a la salinidad en poblaciones segregantes provenientes de cruces de <i>Oryza sativa</i> L. ssp Japónica X <i>Oryza rufipogon</i> G.....	110
V. CONCLUSIONES	154
VI. RECOMENDACIONES	156
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	157
VIII. ANEXOS	174

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Etapas del crecimiento del arroz.....	7
Tabla 2. Requerimientos agroambientales del arroz.....	8
Tabla 3. Producción y superficie del cultivo de arroz 2015 – 2020.	9
Tabla 4. Rangos de clasificación de suelos salinos.	14
Tabla 5. Datos y coordenadas geográficas de zonas de muestreo para determinar las características del suelo y la calidad del agua empleada en el cultivo del arroz en San Jacinto de Yaguachi y CEDEGE.....	26
Tabla 6. Principales Indicadores para evaluar la sustentabilidad usando la metodología de Sarandón (2002).	30
Tabla 7. Características de la variedad INIAP 14.	38
Tabla 8. Distribución de grados de libertad.....	39
Tabla 9. Fases fenológicas del cultivo (Factor A) y niveles de salinidad (Factor B) en condiciones de invernadero.	40
Tabla 10. Análisis del agua utilizada en el experimento.	41
Tabla 11. Detalles de los cruces y códigos de poblaciones segregantes en F5, parentales y variedad comercial.	46
Tabla 12. Variables evaluadas en fase de invernadero y campo.	48
Tabla 13: Análisis de varianza fase invernadero.....	49
Tabla 14: Detalles y códigos de poblaciones segregantes en F6, parentales y variedad comercial.	50
Tabla 15: Análisis de varianza fase campo	54
Tabla 16: Textura de suelos muestreados en el cultivo del arroz en San Jacinto de Yaguachi y CEDEGE.	57
Tabla 17: Macro y microelementos de suelos muestreados en el cultivo del arroz en San Jacinto de Yaguachi y CEDEGE.....	58
Tabla 18: Valores de pH y CE de los suelos muestreados en el cultivo del arroz en San Jacinto de Yaguachi y CEDEGE.....	59
Tabla 19: Valores de compactación (Psi) de los suelos muestreados en el cultivo del arroz en San Jacinto de Yaguachi y CEDEGE.....	60
Tabla 20: Valores de pH y CE de las muestras de las aguas colectadas en el cultivo del arroz en San Jacinto de Yaguachi y CEDEGE.	61

Tabla 21: Valores medios y pruebas de significación Tukey ($\alpha= 0.05$) de vigor de planta, altura de planta (cm), N° de macollos y longitud radicular (cm) de tratamientos salinos en fases fenológicas de la variedad INIAP-14, en diferentes niveles de estrés salino.	77
Tabla 22: Valores medios y pruebas de significación Tukey ($\alpha= 0.05$) de días de floración, días a la maduración, esterilidad de panícula (%) de tratamientos salinos en fases fenológicas de la variedad INIAP-14, en diferentes niveles de estrés salino.....	79
Tabla 23: Valores medios y pruebas de significación Tukey ($\alpha= 0.05$) de longitud de panícula (cm), N° de granos por panícula, peso de granos por panícula (g) de tratamientos salinos en fases fenológicas de la variedad INIAP-14, en diferentes niveles de estrés salino	81
Tabla 24: Valores medios y pruebas de significación Tukey ($\alpha= 0.05$) de biomasa fresca de la raíz (g), biomasa seca de la raíz (g), biomasa fresca de la parte aérea (g), biomasa seca de la parte aérea (g) de tratamientos salinos en fases fenológicas de la variedad INIAP-14, en diferentes niveles de estrés salino.....	83
Tabla 25: Valores medios y pruebas de significación Tukey ($\alpha= 0.05$) de Clorofila a los 30, 45, 60 y 75 días de tratamientos salinos en fases fenológicas de la variedad INIAP-14, en diferentes niveles de estrés salino.....	86
Tabla 26: Valores medios y pruebas de significación Tukey ($\alpha= 0.05$) de vigor, altura de planta (cm); N° de macollos y longitud de raíz (cm) de 12 líneas avanzadas F5, provenientes de cruces interespecíficos de <i>Oryza rufipogon</i> G. x <i>Oryza sativa</i> L. ssp. apónica.; 12 líneas japónicas; 5 parentales y una variedad comercial SFL-011 de arroz en diferentes niveles de salinidad	112
Tabla 27: Valores medios y pruebas de significación Tukey ($\alpha= 0.05$) de días a floración, días a la maduración y % esterilidad de 12 líneas avanzadas F5, provenientes de cruces interespecíficos de <i>Oryza rufipogon</i> G. x <i>Oryza sativa</i> L. ssp. japónica.; 12 líneas japónicas; 5 parentales y una variedad comercial SFL-011 de arroz en diferentes niveles de salinidad.....	116
Tabla 28: Valores medios y pruebas de significación Tukey ($\alpha= 0.05$) de longitud de panícula (cm), N° granos por panícula; Peso de granos por planta (g) 14% y N° panículas de 12 líneas avanzadas F5, provenientes de cruces interespecíficos de <i>Oryza rufipogon</i> G. x <i>Oryza sativa</i> L. ssp. japónica.; 12 líneas japónicas; 5 parentales y una variedad comercial SFL-011 de arroz en diferentes niveles de salinidad.....	119

- Tabla 29:** Valores medios y pruebas de significación Tukey ($\alpha= 0.05$) de longitud de hoja bandera (cm), ancho de hoja bandera (cm), longitud de la hoja 2 (cm) y ancho de la hoja 2 (cm) de 12 líneas avanzadas F5, provenientes de cruces interespecíficos de *Oryza rufipogon* G. x *Oryza sativa* L. ssp. japónica.; 12 líneas japónicas; 5 parentales y una variedad comercial SFL-011 de arroz en diferentes niveles de salinidad..... 123
- Tabla 30:** Valores medios y pruebas de significación Tukey ($\alpha= 0.05$) de biomasa fresca de la raíz (g), biomasa seca de la raíz (g), biomasa fresca de la parte aérea (g) y biomasa seca de la parte aérea (g) de 12 líneas avanzadas F5, provenientes de cruces cruces interespecíficos de *Oryza rufipogon* G. x *Oryza sativa* L. ssp. japónica.; 12 líneas japónicas; 5 parentales y una variedad comercial SFL-011 de arroz en diferentes niveles de salinidad. 126
- Tabla 31:** Valores medios y pruebas de significación Tukey ($\alpha= 0.05$) de clorofila a los 30, 45, 60 y 75 días de 12 líneas avanzadas F5, provenientes de cruces interespecíficos de *Oryza rufipogon* G. x *Oryza sativa* L. ssp. japónica.; 12 líneas japónicas; 5 parentales y una variedad comercial SFL-011 de arroz en diferentes niveles de salinidad..... 129
- Tabla 32:** Valores medios y prueba de significación Tukey ($\alpha= 0.05$) de vigor de planta, N° de hojas, altura de planta (cm), N° de macollos, longitud de raíz (cm), días a la floración, días a la maduración y % de esterilidad de cuatro líneas avanzadas F6 de de arroz provenientes de cruces interespecíficos de *Oryza rufipogon* G. x *Oryza sativa* L. ssp. japonica; 2 líneas japónicas; 4 parentales y dos variedades comerciales en condiciones de campo con problemas de sales (7.44 dS/m)..... 137
- Tabla 33:** Valores medios y prueba de significación Tukey ($\alpha= 0.05$) de vigor de planta, N° de hojas, altura de planta (cm), N° de macollos, longitud de raíz (cm), días a la floración, días a la maduración y % de esterilidad de cuatro líneas avanzadas F6 de arroz provenientes de cruces interespecíficos de *Oryza rufipogon* G. x *Oryza sativa* L. ssp. japonica.; 2 líneas japónicas; 4 parentales y dos variedades comerciales en condiciones de campo con problemas de sales (7.44 dS/m) 139
- Tabla 34:** Valores medios y prueba de significación Tukey ($\alpha= 0.05$) de vigor de planta, N° de hojas, altura de planta (cm), N° de macollos, longitud de raíz (cm), días a la floración, días a la maduración y % de esterilidad de cuatro líneas avanzadas F6 de arroz provenientes de cruces interespecíficos de *Oryza rufipogon* G. x *Oryza sativa*

L. ssp. japonica.; 2 líneas japónicas; 4 parentales y dos variedades comerciales en condiciones de campo con problemas de sales (7.44 dS/m) 141

Tabla 35: Valores medios y prueba de significación Tukey ($\alpha= 0.05$) de clorofila a los 30, 45, 60 y 75 días de cuatro líneas avanzadas F6 de arroz provenientes de cruces interespecíficos de *Oryza rufipogon* G. x *Oryza sativa* L. ssp. japonica.; 2 líneas japónicas; 4 parentales y dos variedades comerciales en condiciones de campo con problemas de sales (7.44 dS/m)..... 143

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Morfología de la planta de arroz	4
Figura 2. Morfología del grano de arroz	5
Figura 3. Fase Vegetativa	6
Figura 4. Fase Reproductiva.....	6
Figura 5. Producción de arroz por provincia (miles Tm)	9
Figura 6. Distribución de productores arroceros por tamaño.	10
Figura 7. Causas de estrés abiótico en plantas	12
Figura 8. Superficie afectada por salinidad.	13
Figura 9. Ubicación de la zona de estudio.....	25
Figura 10. Diversificación Yaguachi y CEDEGE.....	63
Figura 11. Ingresos Yaguachi y CEDEGE	63
Figura 12. Producción Yaguachi y CEDEGE.	64
Figura 13. Crédito Yaguachi y CEDEGE.....	65
Figura 14. Plagas y enfermedades Yaguachi y CEDEGE.....	66
Figura 15. Aplicaciones Yaguachi y CEDEGE.....	66
Figura 16. Conocimiento y Conciencia Ecológica Yaguachi.....	68
Figura 17. Conocimiento y Conciencia Ecológica CEDEGE.	68
Figura 18. Indicador económico Yaguachi: 1.7	69
Figura 19. Indicador económico CEDEGE: 1.6.....	69
Figura 20. Indicador ecológico Yaguachi: 1.2	70
Figura 21. Indicador ecológico CEDEGE: 2.0.....	70
Figura 22. Indicador sociocultural Yaguachi: 2.9	71
Figura 23. Indicador sociocultural CEDEGE: 2.8.....	71
Figura 24. Valor de los indicadores económico, ecológico y sociocultural para la zona de Yaguachi.....	73
Figura 25. Valor de los indicadores económico, ecológico y sociocultural para la zona de CEDEGE.....	73
Figura 26. Variación del vigor obtenido por cada tratamiento.....	88
Figura 27. Diferencia porcentual con respecto al testigo para la variable altura de planta.....	89
Figura 28. Diferencia porcentual con respecto al testigo para la variable macollos por planta.	91

Figura 29. Diferencia porcentual con respecto al testigo para la variable longitud de la raíz.	92
Figura 30. Variación de los días a floración obtenido por cada tratamiento.....	94
Figura 31. Variación del ciclo vegetativo por cada tratamiento.....	95
Figura 32. Variación de la esterilidad de panícula obtenido por cada tratamiento.	96
Figura 33. Diferencia porcentual con respecto al testigo para la variable longitud de la panícula.....	97
Figura 34. Diferencia porcentual con respecto al testigo para la variable granos por panícula.	98
Figura 35. Diferencia porcentual con respecto al testigo para la variable peso de grano por panícula.....	100
Figura 36. Diferencia porcentual con respecto al testigo para la variable biomasa fresca de la raíz.	101
Figura 37. Diferencia porcentual con respecto al testigo para la variable biomasa seca de la raíz.	103
Figura 38. Diferencia porcentual con respecto al testigo para la variable biomasa fresca de la parte aérea.	104
Figura 39. Diferencia porcentual con respecto al testigo para la variable biomasa seca de la parte aérea.....	105
Figura 40. Variación del contenido de clorofila a los 30, 45, 60 y 75 con 3.5 dS/m de salinidad.....	109
Figura 41. Variación del contenido de clorofila a los 30, 45, 60 y 75 con 7.0 dS/m de salinidad.....	109
Figura 42. Correlación existente entre algunas variables, determinado por el análisis de componentes Principales.	132
Figura 43. Agrupación de las líneas de arroz que presentan similitud en las características, a través del análisis de conglomerado (Distancia Euclidiana-Ward).	133
Figura 44. Resultado del análisis de variabilidad relativa en líneas F5 (%).	134
Figura 45. Correlación entre las variables más relevantes, determinado por el análisis de componentes Principales en líneas F6 de arroz.	145
Figura 46. Agrupación de las líneas de arroz que presentan similitud en las características, a través del análisis de conglomerado (Distancia Euclidiana-Ward).	146
Figura 47. Análisis de variabilidad relativa (%) en líneas F6.	146

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Encuesta.....	174
Anexo 2. Reunión con dirigentes arroceros	180
Anexo 3. Reunión con PhD. Manuel Carrillo, responsable del Departamento de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Tropical Pichilingue, INIAP (Especialista en salinidad).....	180
Anexo 4. Evaluación de compactación en campo	181
Anexo 5. Evaluaciones en laboratorio.....	181
Anexo 6. Diagrama de campo Objetivo 2	182
Anexo 7. Distanciamiento de siembra Objetivo 2.....	183
Anexo 8. Preparación de unidades experimentales en invernadero	183
Anexo 9. Equipos de trabajo para medición de clorofila y conductividad.....	184
Anexo 10. Campo experimental.....	184
Anexo 11. Evaluaciones de conductividad.....	185
Anexo 12. Selección y caracterización de líneas de arroz F5 en invernadero.	185
Anexo 13. Selección y caracterización de líneas de arroz F6 en campo.	186

LISTA DE ABREVIATURAS

$^1\text{O}^2$: Oxígeno singlete
Ca	: Calcio
CE	: Conductividad eléctrica.
CEDEGE	: Comisión de Estudios para el Desarrollo de la Cuenca del Río Guayas
CEe	: Conductividad eléctrica en un extracto de saturación.
CIAT	: Centro Internacional de Agricultura Tropical
dds	: Días después de la siembra
dS/m	: deciSiemens por metro
EDTA	: Ácido etilendiaminotetraacético
EROs	: Especies reactivas de oxígeno
ESPAC	: Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua.
FAO	: Food and Agriculture Organization
FAOSTAT	: The Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database
H₂O₂	: Peróxido de hidrógeno
HO₂	: Hidroperoxilo
INAMHI	: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
INEC	: Instituto Nacional de Estadística y Censos
INIAP	: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias
IRRI	: International Rice Research Institute
Mg	: Magnesio
Na	: Sodio
NaCl	: Cloruro de sodio
O₂	: Radical superóxido
O₃	: Ozono
OH	: Radical hidroxilo
QTLs	: Quantitative trait loci
RO	: Alcoxilo
RO₂	: Peroxilo
SOS	: Salt Overly sensitive
UPAs	: Unidades Productivas Agropecuarias

RESUMEN

El arroz (*Oryza sativa* L.), es un cultivo básico para el Ecuador, por lo que es importante incrementar la producción y para lograrlo se requiere reducir los daños originados por una serie de factores que ocasionan bajos rendimientos y entre ellos destaca la salinización de los suelos dedicados al cultivo. El objetivo de este estudio fue identificar líneas avanzadas de arroz con tolerancia a sales, en poblaciones segregantes derivadas de cruces interespecíficos entre *Oryza sativa* L. ssp. japonica x *Oryza rufipogon* G. y de cruces de líneas de tipo japónicas, como alternativa para el manejo sustentable de suelos degradados por salinidad. La investigación incluye: la caracterización de las unidades productivas de arroz, con diferentes niveles de salinización de los suelos, en la zona de San Jacinto de Yaguachi, provincia de Guayas y CEDEGE, provincia del Guayas (Ecuador). Mediante información colectada en una encuesta estructurada con 39 preguntas; la determinación del Índice de Sustentabilidad General (ISGen), calculada empleando los datos de los indicadores: económico (IK), ecológico (IE) y sociocultural (ISC) y la determinación del efecto de tres niveles de salinidad: testigo (agua normal), 3.5 dS/m (nivel de salinidad media) y 7.0 dS/m (nivel de salinidad alta) en las fases fenológicas, componentes agronómicos y de rendimiento en condiciones de invernadero y campo con el material genético de arroz seleccionado para este estudio compuesto de testigos referenciales y líneas avanzadas desarrolladas mediante cruces interespecíficas del género *Oryza*. La información fue procesada empleando el análisis de la variabilidad relativa (%) y otras características morfológicas y de rendimiento. El ISGen para Yaguachi y CEDEGE fue de 1.92 y 2.12, respectivamente. El nivel de salinidad de 7.0 dS/m fue muy perjudicial afectando varias características evaluadas. Además, tuvo efectos negativos en las fases fenológicas del cultivo como germinación, plántula, macollamiento y crecimiento de tallo y floración. En la selección de genotipos, se identificaron dos líneas avanzadas Puyón/JP003 P11-103115 y Puyón/JP003 P11-106716, con mejores rendimientos en condiciones de salinidad, superando al testigo comercial (SFL-011).

Palabras claves: Arroz, productividad, sustentabilidad, genotipos, indicadores.

ABSTRACT

Rice (*Oryza sativa* L.) is a basic crop for Ecuador, so it is important to increase production and to achieve this it is necessary to reduce the damage caused by a series of factors that cause low yields and among them the salinization of soils dedicated to cultivation. The objective of this study was to identify advanced lines of rice with tolerance to salts, in segregating populations derived from interspecific crosses between *Oryza sativa* L. ssp. japonica x *Oryza rufipogon* G. and of japonica-type line crosses, as an alternative for the sustainable management of soils degraded by salinity. The research includes: the characterization of the rice production units, with different levels of salinization of the soils, in the San Jacinto de Yaguachi area, Guayas province and CEDEGE, Guayas province (Ecuador). Through information collected in a structured survey with 39 questions; the determination of the general sustainability index (ISGen), calculated using the data of the indicators: economic (IK), ecological (IE) and sociocultural (ISC) and the determination of the effect of three levels of salinity: control (normal water), 3.5 dS / m (medium salinity level) and 7.0 dS / m (high salinity level) in the phenological phases, agronomic components and performance under greenhouse and field conditions with the rice genetic material selected for this composite study of referential witnesses and advanced lines developed through interspecific crosses of the genus *Oryza*. The information was processed using the analysis of relative variability (%) and other morphological and performance characteristics. The ISGen for Yaguachi and CEDEGE was 1.92 and 2.12, respectively. The salinity level of 7.0 dS / m was very damaging, affecting several evaluated characteristics. In addition, it had negative effects on the phenological phases of the crop such as germination, seedling, tillering, and stem and flowering growth. In the selection of genotypes, two advanced lines Puyón / JP003 P11-103115 and Puyón / JP003 P11-106716 were identified, with better yields under salinity conditions, surpassing the commercial control (SFL-011).

Key words: Rice, productivity, sustainability, genotypes, indicators.

I. INTRODUCCIÓN

Uno de los principales cereales básicos utilizados para la alimentación humana es el arroz, el mismo que en 2021, según proyectó la FAO, tendría una producción mundial de 518 tm, lo que supone un aumento interanual del 0,9 %. El uso predominante del arroz es para el consumo humano con 80 %, el 7 % se dedica a alimentación animal y el 14 % para usos industriales y semillas, con un consumo mundial per cápita de 69 kg (FAOSTAT 2021). Las exportaciones de arroz van en aumento y alcanzarán en el 2022 un total de 51.4 millones de toneladas (11.4 millones de tm más que en 2018/19) (FAOSTAT 2021).

Se prevé un aumento de la población en 30 años de unos 2 300 millones de personas, alcanzando los 9 700 millones en 2050, lo que requeriría producir un 70 % más de alimentos (IICA 2020). Esto requiere no solo la sobreexplotación de áreas ya cultivadas, sino también la expansión a nuevas áreas, particularmente en regiones áridas y semiáridas, que representan el 40 % de la superficie mundial (Hanin *et al.* 2016).

Este cultivo se ha visto afectado en los últimos años por ambientes desfavorables, como es la sequía y la salinidad, que son dos de los factores ambientales que más inciden sobre la productividad y limitan el uso potencial de las nuevas áreas de cultivo.

La degradación del suelo por efecto de las sales, es un problema a nivel global que afecta aproximadamente a un tercio del área agrícola. Este proceso se potencia en las regiones secas, donde la escasez de lluvias reduce la posibilidad de lavar el exceso de sales y se agrava por el uso de agua de mala calidad para el riego. Esta agua tiene una alta concentración de sales (2 a 8 dS / m), que a menudo excede los límites de tolerancia a la sal de muchos cultivos, afectando la producción (Ramírez y Hernández 2016).

Por sus características, el arroz puede ser cultivado en diferentes ambientes y zonas. En Ecuador se realiza casi en su totalidad en el litoral, el 97 % de la producción y se distribuye principalmente en tres provincias: Guayas, Los Ríos y Manabí (Moreno y Salvador 2015).

La Cuenca del Río Guayas del Ecuador mantiene una superficie aproximada de 34 500 km², equivalente al 12.57 % del territorio nacional, representando así el 40.4 % del área irrigada del país, con un caudal de 8 847 m³/año. Lamentablemente estos suelos se encuentran en proceso de degradación por acumulación de sales debido a la intrusión de agua salina del río Babahoyo, que ingresa por esteros y canales de riego, a esto se suma al drenaje deficiente y las malas prácticas agrícolas (Pozo *et al.* 2010).

El mejoramiento genético es una herramienta que permite desarrollar variedades tolerantes a la sal, que pueden ser cultivadas en zonas degradadas por salinidad. De las alternativas o métodos de mejoramiento viables, destacan las cruzas amplias o cruzas interespecíficas con parientes silvestres tolerantes a la salinidad (Arzate *et al.* 2008). Estos genotipos son agronómicamente inferiores al arroz convencional; no obstante, tienen genes de tolerancia a factores abióticos como las sales e igualmente contienen genes que pueden mejorar características relacionadas con el rendimiento. Existen antecedentes de segregación transgresiva para el rendimiento en los cruzamientos entre especies cultivadas y silvestres (Sánchez 2013).

Por lo expuesto, en la presente investigación se plantearon los siguientes objetivos:

- Evaluar la sustentabilidad de dos sistemas de producción de arroz, con diferentes niveles de salinidad en la zona de Yaguachi y en el sector de CEDEGE.
- Identificar el estado fenológico en el cual el cultivo de arroz es más afectado por el estrés salino, en los componentes agronómicos y rendimiento.
- Seleccionar y caracterizar líneas de arroz, tolerantes a la salinidad en poblaciones segregantes provenientes de cruces de (*Oryza sativa* L. ssp *japonica*) x (*Oryza rufipogon* G).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. GENERALIDADES DEL CULTIVO

El cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) comenzó hace aproximadamente 10 000 años en diversas regiones húmedas de Asia tropical y subtropical (Acevedo 2019). El arroz, maíz y trigo, contribuyen con más del 90 % de las calorías provenientes de cereales y representan poco más del 50 % del promedio mundial de calorías dietéticas *per cápita* (FINUT 2020).

El arroz es el cultivo de grano más importante para el consumo humano en los países tropicales de la región Andina y el Caribe, ya que proporciona más calorías a la dieta de los habitantes de esa región que el trigo, el maíz, la yuca, la papa y otros alimentos. Brinda a los consumidores de escasos recursos económicos, más calorías que cualquier otro cultivo de primera necesidad. En este sector de rápido crecimiento urbano, el fuerte atractivo del arroz se debe a su conveniencia y sus muchas bondades alimenticias (CIAT 2015).

2.2. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL ARROZ

Torró (2011), menciona que el arroz es una planta monocotiledónea perteneciente a la familia de las Poaceas, su clasificación taxonómica es:

Reino	Plantae
Subreino	Tracheobionta
Superdivisión	Spermatophyta
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Subclase	Commelinidae
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Sub Familia	Ehrhartoidea
Género	<i>Oryza</i>
Especie	<i>sativa</i>

2.3. ASPECTOS BOTÁNICOS Y FISIOLÓGICOS

Torró (2011), indica que la morfología del arroz es similar a otros cereales. Presenta un tallo cilíndrico y está compuesto por nudos y entre nudos. La altura final de las plantas oscila entre los 0.5 y 1.5 m dependiendo de las variedades. Los entrenudos son huecos, de longitud y grosor variable. Cada nudo tiene una hoja en cuya axila se encuentra una yema que puede originar un macollo. El número de macollos es variable en función del genotipo, de las condiciones edafo-climáticas y de las prácticas de cultivo (**Figura 1**).



Figura 1. Morfología de la planta de arroz

Fuente: Schöpke (2009).

Las plantas de arroz emiten dos tipos de raíces: las seminales (o temporales) y las adventicias (o permanentes). Las raíces seminales son poco ramificadas, viven poco tiempo después de la germinación. Las raíces adventicias brotan de los nudos subterráneos del tallo. En las primeras etapas de crecimiento son blancas, escasamente ramificadas y relativamente gruesas; a medida que la planta crece, las raíces se vuelven más largas, delgadas, blandas y ramificadas (Gonzales 2015).

El tallo está formado por nudos y entrenudos, en la región de los nudos se forman una hoja y una yema. La yema se encuentra entre el nudo y la base de la vaina de la hoja. Los entrenudos maduros son huecos, con pequeños surcos. Su superficie exterior es brillante y su brillo y color depende de la variedad. La longitud de los entrenudos varía, siendo mayor que la longitud de los entrenudos en la parte superior del tallo. Los entrenudos en la base del tallo son cortos y rígidos, hasta que forman una sección sólida (CIAT 2010).

Las hojas están distribuidas en forma alterna de un lado al otro a lo largo del tallo. En una hoja se diferencian las siguientes partes: vaina, cuello y la lámina. La vaina, o base de la hoja, sale de un nudo y envuelve el entrenudo superior llegando, en algunos casos, hasta el siguiente nudo. El cuello es la unión de la vaina y la lámina; en él se encuentran la lígula y las aurículas (Gonzales 2015).

Las flores del arroz se consolidan en inflorescencias llamada panícula. En la panícula se consideran el raquis o eje principal, las ramificaciones primaria y secundaria. La espiguilla, está unida a la ramificación por el pedicelo. Las espiguillas contienen tres flores o florecillas. una espiguilla consta de la raquilla, las florecillas y dos lemmas estériles. Las espiguillas contienen tres flores y esta su vez consta de la raquilla, las florecillas y dos lemmas estériles. Las lemmas estériles, llamadas glumas rudimentarias, son dos brácteas que se alargan desde el pedicelo. La raquilla es un eje que sostiene la florecilla; las lemmas estériles rodean la raquilla por debajo. En la espiguilla se ubican dos brácteas superiores, llamadas glumas florales o simplemente glumas (Mota 2014).

CIAT (2010), menciona que el grano de arroz incluye la cascara estructurada por la púa y la lemma, la raquilla y el endosperma y el embrión dispuesto en la superficie ventral de la semilla. Debajo de la púa y la lemma se encuentran tres capas de células que forman el pericarpio; debajo hay dos capas, el tegmento y la aleurona (**Figura 2**).

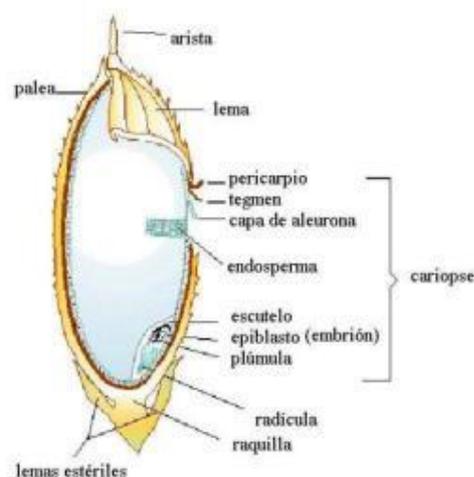


Figura 2. Morfología del grano de arroz

Fuente: Huiracocha (2018).

2.4. CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LA PLANTA DE ARROZ

El crecimiento y desarrollo de la planta de arroz se divide en tres etapas: vegetativa, reproductiva y maduración.

2.4.1. Fase vegetativa

Empieza con la germinación de la semilla hasta inicio de la floración (**Figura 3**).

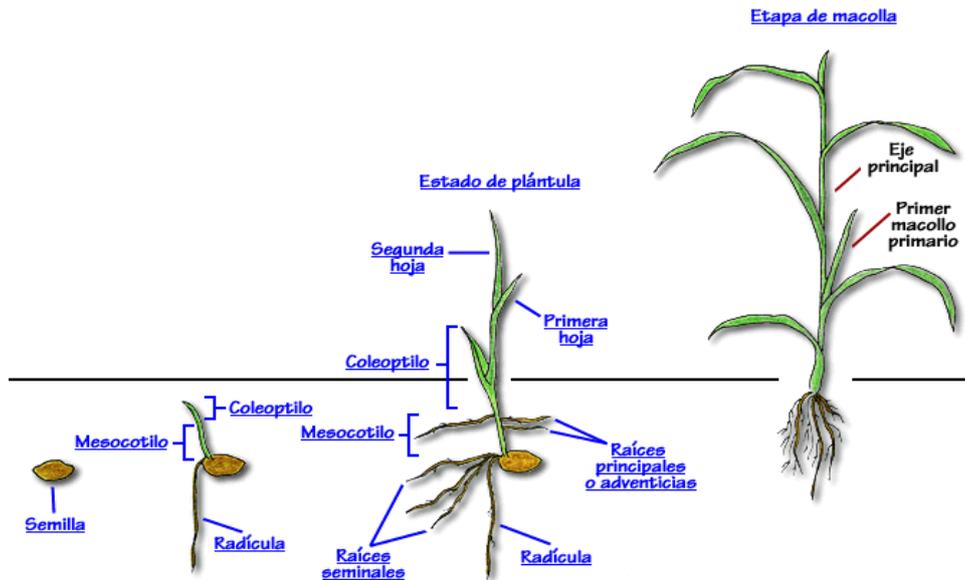


Figura 3. Fase Vegetativa

Fuente: Huiracocho (2018).

2.4.2. Fase reproductiva

Desde la iniciación de la panícula hasta la floración (**Figura 4**).

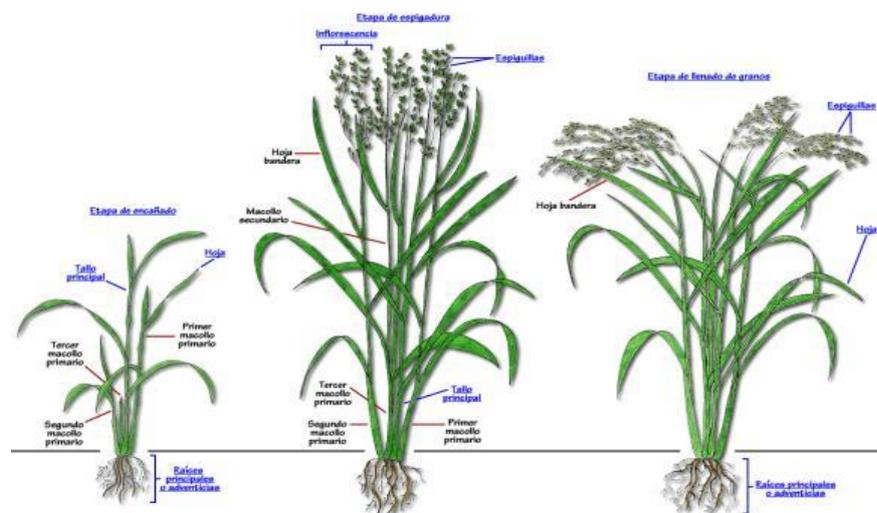


Figura 4. Fase Reproductiva

Fuente: Huiracocho (2018).

2.4.3. Fase maduración

Inicia desde la floración hasta la madurez integral de los granos. En ambientes tropicales la fase reproductiva tiene un período de 30 días y la maduración entre 30 y 35 días (Mota 2014).

Estas fases se subdividen en diez etapas o periodos fisiológicos distintos, como se puede observar en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Etapas del crecimiento del arroz

Etapas	Descripción	Código
Germinación	Esta etapa va de la siembra a la aparición de la primera hoja a través del coleóptilo.	1
Plántula	Esta etapa va desde la emergencia hasta justo antes de que la plántula empiece a macollar.	2
Macollamiento	Inicia con la aparición del primer hijo o macolla y termina cuando la planta desarrolla un número máximo de hijos.	3
Elongación del tallo	Esta fase comienza cuando el cuarto entrenudo del tallo principal, situado debajo de la panícula, comienza a hacerse notorio por su longitud, y termina cuando ese entrenudo está totalmente elongado (o cuando empieza la siguiente etapa).	4
Embuchamiento	Esta etapa comienza cuando la panícula ya diferenciada es visible y finaliza cuando el extremo de las florecillas está justamente debajo del cuello de la hoja bandera.	5
Floración	Esta etapa inicia cuando la panícula sale de la vaina de la hoja bandera.	6
Polinización y antesis	En este punto, las anteras derraman el polen e inicia el proceso de fecundación de las espiguillas.	7
Grano lechoso	Esta etapa tiene lugar desde la antesis y la fecundación del ovario hasta que el contenido de los granos sea un líquido lechoso blanco.	8
Grano pastoso	En este periodo, el contenido del grano inicia como un líquido lechoso blanco y su consistencia se hace gradualmente pastosa suave, hasta que el grano se endurece. El color de la pasta se transforma en amarillo verdoso.	9
Madurez fisiológica	El arroz en el trópico llega a la madurez aproximadamente 30 días después de la floración.	10

Fuente: CIAT (2010).

2.5. CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LA PLANTA

El arroz es un cultivo herbáceo semiacuático anual, el cual crece en una amplia gama de suelos y aguas (Beighley 2010). Para su desarrollo normal requiere una temperatura entre los 22 a 30°C y una precipitación por ciclo de entre 800 a 1 240 mm de agua, y una cantidad de 1 000 horas de sol (heliofania) durante su ciclo vegetativo (INIAP 2011).

La mayor parte del arroz cultivado crece en campos inundados y en zonas alimentadas por la lluvia. Este sistema de producción, se divide en grupos según la película de agua: de poca profundidad, el arroz se encuentra de 0 a 30 cm de profundidad; agua profunda, el arroz se encuentra de 30 a 100 cm de profundidad. La producción de arroz en zonas secas, se produce cuando el arroz se cultiva en suelo a capacidad de campo (Beighley 2010). El cultivo inundado se caracteriza por una baja erosión, pérdida de fertilidad del suelo, cultivo continuo, alto contenido mineral y rendimiento (12 t/ha) por unidad de área. Se reporta una producción rentable en regiones cálidas y húmedas (Huiracocha 2018).

2.6. FACTORES AGROAMBIENTALES DEL CULTIVO

La **Tabla 2** muestra los factores agroambientales que influyen en la obtención de buenos rendimientos:

Tabla 2. Requerimientos agroambientales del arroz

FACTOR	VARIABLE	ÓPTIMA	MODERADA	MARGINAL	NO APTA
SUELO	Pendiente	0 a 5 %	5 a 25 %	25 - 50 %	> 50 %
	Textura	Arcilloso (> 60 %), Arcilloso, Franco arcilloso (> a 35 %), Franco arcilloso (<	Arcillo arenoso, Arcillo limoso, Franco arcillo arenoso	Franco arenoso, Limoso	Arenosa (fina, media, gruesa), Arenoso franco
		Profundidad	Profundo, Moderadamente	Superficial	(-)
	Pedregosidad	Sin	Pocas	Frecuentes	Abundantes
	Drenaje	Bueno, Moderado	Mal drenado	Excesivo	(-)
	Nivel freático	Profundo, Medianamente	Superficial	(-)	(-)
	pH	Neutro	Ligeramente ácido, moderadamente	Ácido	Muy ácido / alcalino
	Toxicidad	Sin o nula	Ligera	Media	Alta
	Materia Orgánica	Muy alto, Alto, Medio	Muy bajo	Bajo	(-)
	Salinidad	Sin, Ligera	Media	Alta	Muy alta
	Fertilidad	Alta, Media	Baja	Muy Baja	(-)
	Precipitación (mm/año)	1000 - 2000	800-1000, 2000-3000	3000-4000, 500-800	< 500, > 4000
	CLIMA	Temperatura (°C)	22 -30	20-22	18-20
Altitud (m.s.n.m.)		0 – 500	500 -1000	1000-1500	>1500

Fuente: INIAP (2012).

2.7. SUPERFICIE COSECHADA Y PRODUCCIÓN EN ECUADOR

En Ecuador las áreas arroceras se concentran en un 97 % en las provincias de Guayas, Los Ríos y Manabí con valores 68.49 %, 26.17 % y 2.94 %, respectivamente (**Figura 5**). Debido a las características climatológicas y geográficas favorables de las zonas arroceras en el Ecuador, algunas veces se puede realizar hasta tres ciclos de cultivo anualmente (INEC 2017).

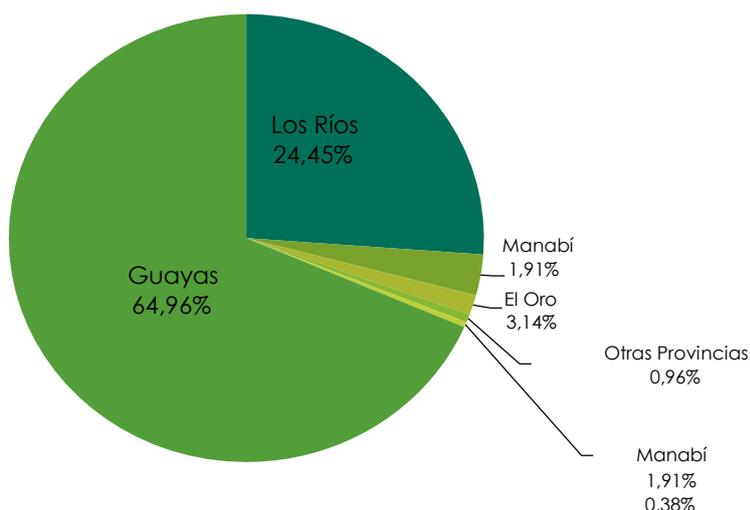


Figura 5. Producción de arroz por provincia (miles Tm)

Fuente: INEC - ESPAC (2021).

En el Ecuador, el cultivo de arroz es el de mayor extensión, representa una tercera parte del total de la superficie destinada a productos transitorios. Durante el 2020, se destinaron en promedio 315 023 ha a la cosecha de arroz y con un rendimiento promedio de 4.94 tm (ESPAC 2021) (**Tabla 3**).

Tabla 3. Producción y superficie del cultivo de arroz 2015 – 2020.

Año	Superficie (ha)		Producción (Tm)	Ventas (Tm)
	Sembrada	Cosechada		
2015	399.535	375.117	1.652.793	1.534.476
2016	385.039	366.194	1.534.537	1.432.318
2017	370.406	358.100	1.066.614	1.017.087
2018	301.853	298.298	1.350.093	1.251.638
2019	261.770	257.273	1.099.686	1.054.862
2020	315.023	312.876	1.336.502	1.305.990

Fuente: INEC – ESPAC (2015 – 2020).

La mayor superficie arrocera del país está en manos de pequeños agricultores con la aplicación de diversas tecnologías relacionadas con la disponibilidad de recursos económicos, acceso a capacitación e incentivos sobre los precios del mercado (INEC 2011).

Según el censo agropecuario del año 2000, el arroz es básicamente un cultivo de pequeños a medianos productores, sin embargo, existen superficies de más de 200 ha. Conforme a estos resultados, el 65 % de agricultores subsisten en 10 ha o menos y representan el 33 % del sector arrocero. Si se habla de agricultores de menos de 20 ha, estos representan 81 % de las UPAs ocupando 50 % del suelo arrocero y con menos de 50 ha, se ubican el 93 % de las UPAs en 68 % del suelo arrocero.

La **Figura 6** muestra la distribución de productores por tamaño. A pesar de ser datos del año 2000, se estima que la misma se mantiene hasta la actualidad ya que no existe una consolidación significativa de parcelas (INEC 2011).

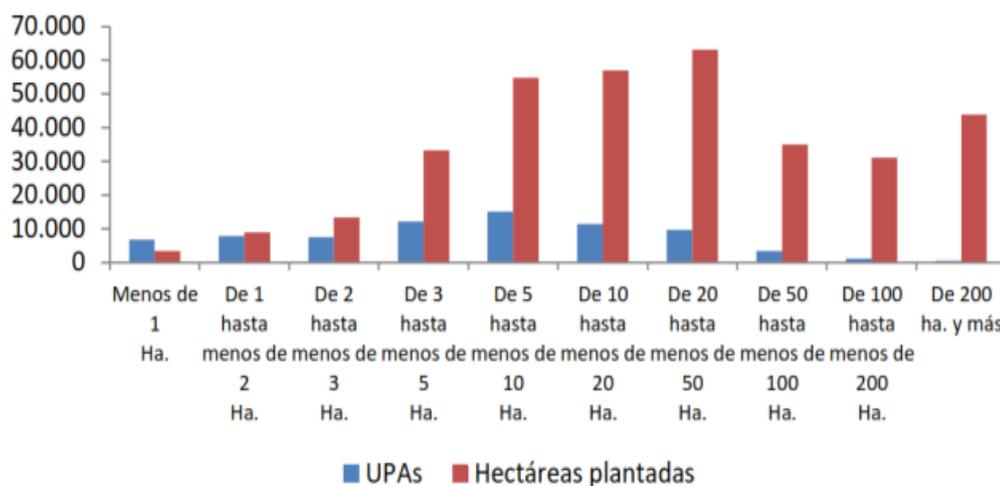


Figura 6. Distribución de productores arroceros por tamaño.

Fuente: Censo agropecuario (2000).

2.8. ZONAS Y SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE ARROZ EN ECUADOR

Se estima que el 60 % del área sembrada es de seco y el 40 % bajo riego. Los niveles de productividad de las zonas de siembra en el sistema de seco son de 2.5 t/ha (Manabí) y 4 t/ha (Los Ríos); mientras que en el sistema de riego se consiguen rendimientos de 5 t/ha (Daule) y 6.5 t/ha (Macará) (INIAP 2012).

El agua es el recurso que influye directamente sobre las condiciones en que se desarrolla el cultivo. Su disponibilidad, forma de permanencia en el suelo y su manejo, determinan las diferencias de las áreas arroceras en zonas de secano y zonas de riego.

2.9. ESTRÉS EN CULTIVOS

Desde el punto de vista biológico, el estrés es un factor externo capaz de provocar efectos negativos a un organismo. En el contexto de la fisiología vegetal, el estrés es definido como cualquier factor biótico o abiótico que provoca un cambio en la fisiología de una planta y puede resultar potencialmente dañino. Este concepto asociado a la tolerancia al estrés, se refiere a la capacidad ("aptitud") para hacer frente a un entorno adverso (Rodríguez 2015). En la literatura, los términos resistencia y tolerancia son comúnmente utilizados para hacer referencia a un estrés de la planta causado por un factor abiótico; sin embargo, el término tolerancia es el más aceptado en sentido amplio y es el que se hará uso en esta investigación.

2.9.1. Tipos de estrés

Considerando los hábitats y la capacidad de adaptación de las plantas, es comprensible que estén constantemente expuestas a situaciones estresantes. En conjunto, se han identificado dos tipos de estrés, biótico y abiótico. El estrés biótico es ocasionado por efecto de otros organismos vivos como: animales, plantas que compiten con el cultivo, organismos fitopatógenos como hongos, bacterias, nematodos o virus. Mientras que el estrés abiótico, se refiere a las condiciones ambientales en las que se desarrollan las plantas. Este puede ser causado por factores físicos o químicos, que a menudo están interrelacionados. Los estreses físico-químicos más comunes son: déficit o exceso de agua, temperatura (alta o baja, congelación), exceso de sales en el suelo o en el agua de riego (componente osmótico, ion tóxico) y radiación ultravioleta. Además, existen otros factores físicos como: deficiencia de elementos nutricionales y concentración de metales pesados (Rodríguez 2015).

2.9.2. Estrés abiótico

Como se ha señalado, las plantas están constantemente expuestas a diferentes factores que provocan situaciones de estrés, como: salinidad, sequía, rayos U.V. Este tipo de estrés induce daños importantes a nivel celular, como estrés osmótico que se asocia con la reducción de las tasas de crecimiento, la multiplicación celular y la deshidratación de los tejidos; lo que afecta directamente el rendimiento de los cultivos. Los diferentes tipos de estrés abiótico, se detallan a continuación en la **Figura 7**.

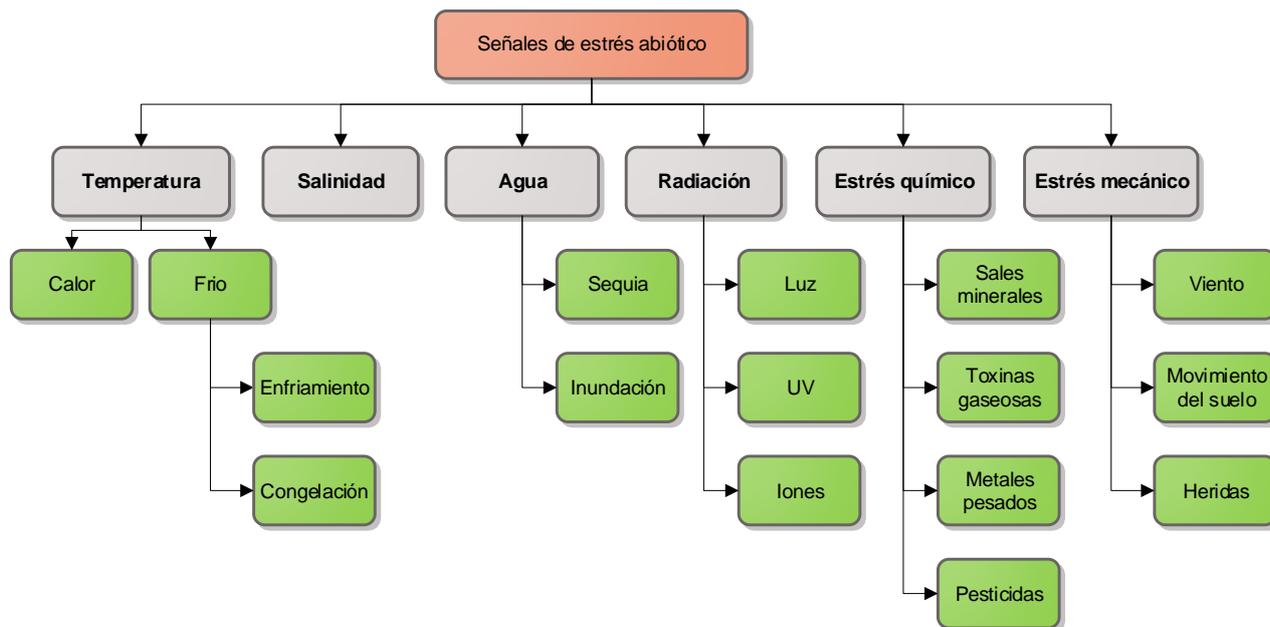


Figura 7. Causas de estrés abiótico en plantas

Fuente: Ramakrishna y Ravishankar (2011).

En ambientes estresantes, las plantas desarrollan estrategias de respuesta que varían de acuerdo con la especie, y se conocen como respuesta de evasión o tolerancia. Las estrategias para evitar el estrés abiótico incluyen una variedad de mecanismos que ayudan a retrasar o prevenir los efectos negativos del estrés. Estos incluyen adaptaciones morfológicas y se consideran inherentes y estables en las plantas. Por otro lado, la tolerancia a un ambiente estresante en plantas, se encuentra relacionada a su capacidad de adaptación.

Miller *et al.* (2010), mencionan que las respuestas adaptativas que involucran procesos moleculares, fisiológicos y bioquímicos a menudo desaparecen cuando las condiciones adversas no persisten. La exposición previa y gradual a un factor de estrés, aumenta la tolerancia, mediante un proceso que se denomina aclimatación. La respuesta de tolerancia en plantas suele ser plástica y reversible (Krasensky y Jonak 2012).

La investigación sobre el estrés abiótico es una de las prioridades de la agricultura mundial, con el fin de esclarecer sus efectos sobre las plantas y cómo estas responden a situaciones estresantes. Es conocida la importancia de ciertas hormonas y compuestos que están involucrados en la respuesta de tolerancia al estrés abiótico. Entre los compuestos de importancia se encuentran, el ácido jasmónico, los brasinosteroides, el metil jasmonato, el ácido salicílico, el etileno y el ácido abscísico. El aumento de los niveles de estos compuestos

en los tejidos de la planta o su aplicación exógena puede activar los mecanismos de respuesta para obtener una mayor tolerancia a situaciones de estrés abiótico (Ramakrishna y Ravishankar 2011).

2.10. ESTRÉS SALINO

Soto (2017), reporta que la superficie agrícola mundial representa el 37 % (5 000 millones de ha) de la superficie total (13 400 millones de ha), de las cuales 3 500 millones corresponde a pastizales y 1 500 millones a área cultivable. Sin embargo, es importante mencionar que el 18 % (900 millones de ha) están afectadas por salinidad (**Figura 8**).

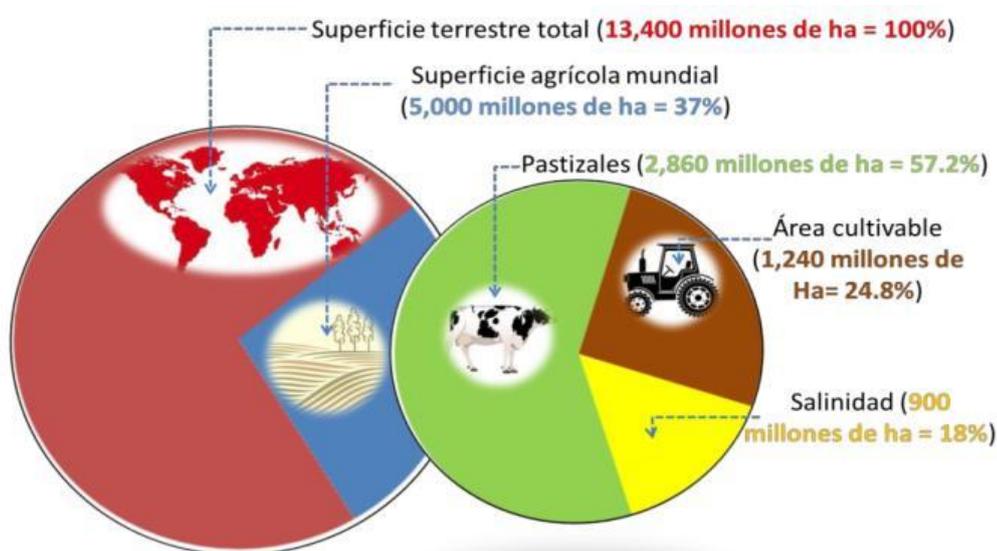


Figura 8. Superficie afectada por salinidad.

Fuente: Soto (2017).

La salinización es un proceso por el cual las sales disueltas en agua se acumulan en el suelo. Esto puede suceder de forma natural o mediante actividades antrópicas tales como el riego y la fertilización. Asimismo, la salinidad se puede originar con sales llevadas por el viento y las nubes originarias de los océanos (Zafar 2008).

Los problemas de suelos salinos tienen su origen en el exceso de NaCl; sin embargo, existen otras mezclas de sales, siendo comunes los cloruros y los sulfatos de Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ (Lamz y González 2013).

La salinización de los suelos interfiere en el desarrollo adecuado en la mayoría de los cultivos y por lo tanto representa uno de los problemas más severos que afronta la agricultura moderna. Este inconveniente tiene efectos negativos sobre el suelo y su entorno, como la reducción de la actividad biológica, la disminución en la disponibilidad de nutrientes, provoca la degradación, genera cambios en la estructura y la desertificación de las tierras, lo que es una limitante para el desarrollo de los cultivos (Zúñiga 2011).

Los suelos salinos se clasifican de acuerdo con la conductividad eléctrica (**Tabla 4**).

Tabla 4. Rangos de clasificación de suelos salinos.

Clasificación	CE (dS/m)
Normales	0 a 2
Ligeramente salinos	2 a 4
Salinos	4 a 8
Fuertemente salinos	8 a 16

Fuente: FAO (2012).

2.11. SALINIDAD EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO GUAYAS

Pozo *et al.* (2010), mencionan que los suelos en los humedales de arroz en la cuenca baja del río Guayas son extremadamente salinos en los horizontes de 0 a 20 cm. Este estudio se realizó por dos años, en el primer año, se tomaron muestras en el límite superior de suelo, con valores iguales a 19.70 dS m⁻¹ y 15.80 dS m⁻¹ y en el límite inferior fue ligeramente salino 4.90 dS m⁻¹ y 4.50 dS m⁻¹. En el segundo año en suelos acondicionados para el cultivo de arroz, se tomaron muestras a profundidades de 0.5 cm y 10 cm, demostrándose la acumulación de sales y su efecto en los cultivos en desarrollo y producción.

Cedeño (2015), mostró que alrededor del 51 % del total de las muestras evaluadas, de áreas de la cuenca baja del río Guayas, no tuvieron problemas de salinización, el 38.4 % presentó niveles de salinidad que variaron de ligera (2.1 - 4.0 dS/m) a media (4.1- 8.0 dS/m) y el 10.4 % de alta (4.1-8 dS/m) a muy alta (8.1 - 16.0 dS/m).

Por otro lado, en el agua recolectada en las zonas influenciadas por el Golfo de Guayaquil, se observó que la CE presentó valores que variaron de 0.17 a 3.77 dS/m. La mayor cantidad de tierras de estos lugares se hallan dedicadas al cultivo de arroz y emplean el agua de los afluentes, con sistemas de drenaje inadecuados y prácticas inadecuadas de nivelación de suelos.

2.12. EVALUACIÓN DE LA SALINIDAD

En los suelos arroceros, la CE se evalúa en la solución del suelo o en un extracto de saturación (CEe). En arroz de secano, a capacidad de campo o debajo de esta, la CE en la solución del suelo es dos veces más alta que la del extracto de saturación (Fairhurst y Witt 2012).

Un indicador aproximado de la reducción del rendimiento por salinidad es la siguiente:

- CEe <2 dS/m: óptima, sin reducción del rendimiento.
- CEe <4 dS/m: leve reducción del rendimiento (10-15 %).
- CEe <6 dS/m: reducción moderada del crecimiento y rendimiento (20-50 %).
- CEe <10 dS/m: >50 % de reducción del rendimiento.

2.13. EFECTO DE LA SALINIDAD EN LAS PLANTAS

La salinidad del agua o del suelo es uno de los principales factores de estrés en la planta y puede afectar la producción del cultivo. Los efectos negativos sobre el crecimiento se relacionan con la disminución del potencial osmótico de la solución del suelo (estrés osmótico), lo cual dificulta la absorción de agua por la raíz, causa un desequilibrio nutricional, el efecto específico de los iones (estrés iónico) o una combinación de todos estos factores. La respuesta de la planta a este fenómeno tiene lugar a través de dos fases, la fase osmótica y la fase iónica (Roy *et al.* 2014).

2.13.1. Daño osmótico

Uno de los efectos de la salinidad es reducir la absorción de agua, que se manifiesta en una reducción de la expansión foliar y pérdida de turgencia; es decir, una célula vegetal expuesta a un ambiente salino equilibrará su potencial hídrico al perder agua, reduciendo el potencial osmótico y de turgencia. Esta situación genera señales químicas (aumento de tamaño intracelular, síntesis de ABA entre otras) que llevan a cabo respuestas adaptativas, estos cambios anatómicos son respuestas morfogénicas para contrarrestar los efectos negativos de las sales, cambios que pueden ser importantes para la eficiencia en el uso del agua y la tolerancia de los cultivos al estrés por salinidad (Horie *et al.* 2012).

2.13.2. Daño iónico

Otro efecto adverso del estrés salino es la acumulación excesiva de iones de sales disueltas, especialmente Na^+ , que altera el equilibrio iónico en la planta. Los cambios fisiológicos variarán dependiendo de dónde se acumulen los iones:

- En el apoplasto, las células pierden agua.
- En el citoplasma, los iones tóxicos pueden inhibir las enzimas necesarias para el metabolismo celular.
- En los cloroplastos, existe daño directo al sistema fotosintético (Hidalgo 2019)

La toxicidad metabólica del Na^+ está relacionada con la alteración de la membrana y la competencia por los sitios de unión de K^+ necesarios para el metabolismo. Las altas concentraciones de Na^+ desplaza los iones Ca_2^+ de los sitios de unión a la membrana celular de la raíz y afecta su permeabilidad, lo que provoca la salida de K^+ de la célula y promueve la entrada de Na^+ (Porcel *et al.* 2012).

Los problemas provocados por el estrés salino, están relacionados por una mayor permeabilidad del suelo y al daño celular provocado por la acumulación excesiva de iones en los tejidos vegetales (Reyes *et al.* 2013a).

El Cl^- es necesario para la regulación de algunas enzimas del citoplasma; Además, es cofactor de la fotosíntesis y participa en la regulación del pH celular. Sin embargo; la toxicidad por Cl^- altera el potencial de membrana reduciendo su funcionalidad, así mismo produce desequilibrios en la regulación de los gradientes de pH celular (Hasanuzzaman *et al.* 2013). También induce clorosis en hojas debido a que afecta a la producción de clorofila (McDonald *et al.* 2010).

2.13.3. Daño oxidativo

De forma secundaria, el estrés salino induce en la planta la formación de especies reactivas de oxígeno (EROs) al crear un desequilibrio y roturas en la cadena de transporte de electrones en cloroplastos y mitocondrias, actuando el O_2 como aceptor de electrones.

Entre las EROs que se acumulan, destacan el peróxido de hidrógeno (H_2O_2), radical hidroxilo (OH^\cdot), radical superóxido (O_2^\cdot), oxígeno singlete ($^1\text{O}^2$), ozono (O_3), alcoxilo (RO), hidroperoxilo (HO_2), peroxilo (RO_2) (Anjum *et al.* 2012). Las EROs pueden inducir un daño

oxidativo en varios componentes celulares como ADN, proteínas y lípidos, produciendo cambios en las funciones celulares. A nivel de proteínas, estos radicales pueden actuar sobre las cadenas laterales de residuos de aminoácidos, cambiando totalmente la estructura y la función de las proteínas. Los ácidos grasos, en especial los fosfolípidos de membrana, son muy susceptibles a sufrir oxidación, generando peróxidos lipídicos. Esto conlleva la alteración de la fluidez, produce cambios en los transportadores y receptores de la membrana y el funcionamiento de esta.

Sobre el ADN, las EROs son capaces de romper y alterar las cadenas del ADN originándose mutaciones. Los radicales más reactivos son OH^\cdot y $^1\text{O}_2$ que actúan a nivel de las bases de nucleótidos, en especial sobre la guanina formando hidroxiguanina. Sin embargo; H_2O_2 y O_2^- no reaccionan con las cadenas de ADN (Hidalgo 2019).

Para describir los efectos de la salinidad, a continuación, se presentan las diferentes etapas en las que se ven afectadas las plantas:

a. Efectos en la germinación y primeras etapas de desarrollo

La germinación es un proceso importante en el establecimiento de la planta y se ve afectada por las condiciones salinas; puede conducir a una reducción significativa en el porcentaje de germinación, lo que a su vez puede afectar el rendimiento del cultivo. La germinación involucra varias etapas, tales como: imbibición de agua, activación y síntesis de enzimas, translocación de sustancias y el crecimiento activo, que son los principales procesos candidatos a ser afectados por condiciones de salinidad (Cortés *et al.* 2014).

Las concentraciones moderadas de sal en el suelo, suelen retrasar la germinación sin afectar su porcentaje, pero las concentraciones altas retrasan este proceso y afectan especialmente las tasas de germinación, dependiendo de las plantas. Los estudios sobre el efecto del estrés hídrico en la germinación han involucrado generalmente semillas embebidas en soluciones de solutos osmóticamente activos de potenciales hídricos conocidos. Un mayor estrés hídrico retrasa la germinación o la reduce por completo, así como también retrasa la emergencia de la radícula (Chávez *et al.* 2012).

b. Efectos en el crecimiento y desarrollo vegetativo

El impacto del estrés salino en los cultivos es significativo, ya que causa un desarrollo vegetativo lento y efectos en el desarrollo reproductivo. Inicialmente la salinidad reduce la formación de hojas nuevas y puntos de crecimiento, etapa conocida como la acumulación de sal en los puntos de crecimiento o fase osmótica; la segunda fase consiste en una inhibición lenta del crecimiento, que puede tardar días o semanas, debido a la acumulación constante de sales especialmente en las hojas más antiguas causando senescencia prematura, esta etapa se conoce como toxicidad iónica o por sal (Roy *et al.* 2014).

Los cultivos de arroz afectados por salinidad, presentan áreas con plantas que dejan de crecer y hojas cloróticas con puntas blancas, que detienen su crecimiento y macollamiento, estos síntomas se inician en las primeras hojas y finalmente en hojas en desarrollo. El arroz es tolerante en la etapa de germinación, pero la sal tiene efectos negativos en el trasplante y se incrementa la esterilidad de las espigas en la etapa de floración, reduciendo el peso del grano y afectando los rendimientos (Dobermann y Fairhurst 2012).

c. Efecto de la salinidad en los procesos fotosintéticos

El crecimiento de las plantas en condiciones salinas, se retarda debido a su influencia negativa en varios procesos fisiológicos, tales como: fotosíntesis, absorción de iones, conductancia estomática, regulación osmótica, síntesis de proteínas, actividad enzimática, síntesis de ácidos nucleicos y desequilibrio hormonal. Esto ocasiona menos células en los meristemas, efectos negativos en el crecimiento; disminuye el proceso de transporte de agua e iones, lo que promueve toxicidad iónica y desequilibrio nutricional (Chávez *et al.* 2012).

La reacción química en el sistema fotosintético se desencadena por la asimilación y absorción de luz por la clorofila dentro de las membranas fotosintéticas. El contenido de clorofila y carotenoides de hojas disminuyen bajo condiciones salinas, sin embargo, este efecto varía según las especies y variedades, ya que a veces el efecto es opuesto (Torabi y Halim 2013).

2.14. MECANISMOS DE RESPUESTA AL ESTRÉS SALINO EN PLANTAS

Las plantas han desarrollado diferentes mecanismos fisiológicos y bioquímicos para tolerar y desarrollarse en ambientes salinos, dependiendo de su adaptabilidad a la sal. Por su respuesta al estrés salino, se pueden clasificar como: halófitas (toleran salinidad) y glicófitas

(no toleran la salinidad), perteneciendo la mayoría de los cultivos a este segundo grupo (Gupta y Huang 2014).

Las adaptaciones genéticas y distintas respuestas frente al estrés salino en las plantas, permiten identificar los mecanismos fisiológicos, genes implicados y sus productos generados para tolerar la salinidad, siendo una herramienta importante en el desarrollo de variedades más tolerantes a la salinidad, como se ha comprobado con *M. truncatula* y *L. japonicus* en condiciones de estrés hídrico (Sańko-Sawczenko *et al.* 2019).

2.14.1. Osmoprotección

La acumulación de sales en el interior de la vacuola provoca un gradiente osmótico que se controla mediante la síntesis y acumulación de solutos orgánicos moleculares (solutos compatibles) en el citosol. Este ajuste osmótico permite mantener el volumen y turgencia celular, evitando la deshidratación celular, estabilizando y protegiendo la estructura de membranas y proteínas (Hidalgo 2019).

Los solutos compatibles son compuestos de bajo peso molecular, sin carga eléctrica, altamente solubles en agua y compatibles con la actividad metabólica de la célula. Entre los componentes más destacados se encuentran azúcares (sacarosa, glucosa, trealosa), polioles (sorbitol, manitol, pinitol), glicina-betaina, prolina (Pro) y otros aminoácidos (Hidalgo 2019).

2.14.2. Detoxificación iónica

Las plantas tienen la capacidad de limitar el exceso de iones mediante dos mecanismos: evitando la entrada de iones tóxicos en el vegetal y contrarrestando la concentración de iones tóxicos en el citosol (Hasanuzzaman *et al.* 2013).

Para la supervivencia de la planta, es esencial mantener la homeostasis iónica en el citoplasma celular. El equilibrio intracelular es esencial para la actividad de muchas enzimas citosólicas, para mantener el potencial de membrana y el potencial osmótico (Hidalgo 2019).

Al ser Na^+ el principal ion tóxico, se requiere un sistema de exclusión y compartimentación de este catión. Se ha estudiado el sistema de transporte Na^+ en la membrana plasmática. Según estudios con *A. thaliana*, estos transportadores están codificados por genes

pertenecientes a la familia SOS (Salt Overly Sensitive). La ruta de señalización SOS consta de tres proteínas, una de ellas (SOS_1) es un transportador antiporte Na^+/H^+ , encargado de la expulsión de Na^+ del citoplasma. Se ha discutido con la posibilidad de que SOS_1 , además de actuar como transportador, sea un detector para el Na^+ , debido a su larga cola citosólica de más de 700 nm, siendo esta ruta de señalización la que confiere tolerancia frente a la salinidad (Gupta y Huang 2014).

El Na^+ puede ser almacenado en la vacuola de las células radicales o exportado a la parte aérea. El tonoplasto contiene transportadores pertenecientes a la familia de genes NHX, que son parecidos a los transportadores antiporte Na^+/H^+ y K^+/H^+ en la membrana plasmática. Su función es secuestrar iones de Na^+ en la vacuola reduciendo los efectos tóxicos sobre el citoplasma. Asimismo, en casos de captación deficiente a causa de un exceso de Na^+ que satura los transportadores HKT de la membrana plasmática, K^+/H^+ transportan iones K^+ al citosol (Hidalgo 2019).

2.14.3. Sistemas antioxidantes

Para la detoxificación de EROs producido por la salinidad, las células vegetales expresan un sistema antioxidante que incluyen enzimas y compuestos no enzimáticos. Estos sistemas aumentan su actividad en situaciones de estrés por sal (Hidalgo 2019).

2.14.4. Exclusión de Na^+

Ocurre a nivel radical, consiste en la exclusión del ion tóxico mediante su no absorción. Se basa en la baja permeabilidad de los iones salinos en la raíz, inclusive en presencia de concentraciones altas de NaCl y en el eflujo de Na^+ al ambiente exterior desde el citoplasma, a través de la membrana plasmática por un antiporte Na^+/H^+ impulsado por una H^+ -ATPasa de membrana (Rodríguez 2015).

2.15. MEJORA GENÉTICA DE CULTIVOS TOLERANTES A LA SALINIDAD

Debido a la cada vez más frecuente salinización del suelo, es necesario el aumento de la tolerancia de los cultivos. Las estrategias para abordar esto son variadas y van desde el uso de la biotecnología más clásica con la transferencia de genes mediante cruces, a las modernas técnicas de transgénesis (Rivera 2019).

Algunas especies de plantas han evolucionado en ambientes secos y/o salinos, por lo que pueden crecer en estas condiciones. Esta adaptación se determina por la capacidad de su mecanismo de respuesta al estrés (Rivera 2019).

Los procesos de tolerancia vienen controlados por numerosos genes conocidos como QTLs o ‘quantitative trait loci’, responsables de los caracteres cuantificables y que varían de manera continua. Los efectos de los QTLs dependen del fondo genético y del ambiente, y pueden estar ligados a otras características que son indeseables. Además, el éxito también viene dado por la capacidad de encontrar una especie donante de genes interesante. Pese a las limitaciones, utilizando estos procesos en proyectos de mejora, se han conseguido avances en la tolerancia a la sequía en algunos cultivos (Ashraf 2010).

Con cultivos más tolerantes a los estreses abióticos como la salinidad, se podría hacer frente a los retos que impone el cambio climático. A esto se le suma la ventaja de que no competirían con los cultivos habituales, puesto que podrían utilizarse superficies para cultivarlos que se consideren inaprovechables (i.e. terreno afectado por salinidad secundaria).

2.16. LAS ESPECIES SILVESTRES COMO RECURSOS GENÉTICOS

Las especies cultivadas suelen tener solo una parte de la diversidad genética que se puede encontrar en sus parientes silvestres. Entre especies silvestres y cultivadas siempre hay un flujo de genes en los lugares en los que coexisten; sin embargo, con el desarrollo de la agricultura esa diversidad genética se ha ido perdiendo (Guarino y Lobell 2011).

Las especies silvestres son una fuente de variabilidad de la que se pueden obtener características de interés para la mejora genética de un cultivo (Mutegi *et al.* 2015). De acuerdo con esto, algunas especies tienen un alto potencial para mejorar y ampliar el fondo genético del cultivo (Plazas *et al.* 2016).

Los parientes silvestres del arroz son fenotípicamente inferiores a genotipos comerciales, en características agronómicas y de rendimiento. Sin embargo, la detección de mutaciones útiles en cruzamientos entre especies silvestres y cultivadas, sugiere que contienen genes que pueden aportar al mejoramiento genético de estos cultivos (Sánchez 2013).

Se considera que solo el 25 % de la variación genética existente en especies silvestres, se ha utilizado para el mejoramiento genético del arroz. Este material genético de otras especies relacionadas puede aportar genes de resistencia a factores bióticos y abióticos, permitiendo así que el arroz u otras especies crezcan en áreas y ambientes marginales que están aumentando con el cambio climático (Lamz & González 2013).

Estos genotipos silvestres, son una fuente importante de genes para aumentar los rendimientos, la calidad y la resistencia a factores bióticos y abióticos del arroz domesticado (Hunter 2012).

La generación de cultivares tolerantes a la salinidad depende de: i) la identificación de material genético de interés y ii) la introgresión de genes relevantes. Los dos pasos requieren métodos relativamente rápidos y económicos, pero eficientes y efectivos (Fita *et al.* 2015). Con el desarrollo de nuevas generaciones de variedades con genes introgresados que aporten tolerancia, se pueden lograr mayores rendimientos a lo largo del tiempo frente a los impactos del cambio climático como la salinidad.

2.17. IMPACTOS EN LA PRODUCCIÓN DE ARROZ

Muchos de los problemas ambientales derivados de la producción de arroz provienen específicamente de la tecnología de producción, esta tecnología ha causado reducciones significativas en la biodiversidad dentro de los campos arroceros (Galera 2017).

En el cultivo de arroz se ha incrementado el uso de plaguicidas y fertilizantes, lo que ha causado un aumento en la contaminación de reservorios y los sistemas de aguas subterráneas, produciendo más gases de efecto invernadero que cualquier otro cultivo agrícola (Umaña 2013).

El uso de tecnologías intensiva en estos cultivos altera las propiedades físicas, químicas y biológicas del sistema agrícola, originando suelos improductivos si no se remedia rápidamente. Diversas actividades humanas producen una alta tasa de pérdida de suelo que excede exponencialmente su tasa de formación, lo que desestabiliza peligrosamente el equilibrio natural (MADR 2013).

2.18. CONSIDERACIONES DE LA SUSTENTABILIDAD AGRÍCOLA

Según Altieri y Nicholls (2013), la agricultura sustentable es una de las alternativas para la adaptación y mitigación al cambio climático. Estas prácticas ayudan directa o indirectamente a secuestrar carbono y prevenir la degradación de suelos y de los recursos naturales.

Palomeque (2016), menciona que la sustentabilidad es la relación entre los sistemas humano y ecológico que permite mejorar e incrementar la calidad de vida, manteniendo simultáneamente, la estructura, las funciones y la diversidad de los sistemas que sustentan la vida. También, se puede considerar como el nivel de consumo y actividad humana que puede sustentar las necesidades actuales sin comprometer los recursos del mañana, a fin de que los sistemas que proporcionen bienes y servicios a los seres humanos persistan indefinidamente.

2.19. DIMENSIONES DE LA SUSTENTABILIDAD

Su multidimensión de escala temporal y espacial determina un abordaje interdisciplinario. Una mayor sustentabilidad depende de cambios en los ingresos y el potencial laboral (económico), la mejora en la calidad de los recursos naturales (ecológico), la inclusión de las poblaciones más pobres y la seguridad alimentaria (social). Existen variaciones en los atributos básicos que debe poseer un sistema para ser considerado sustentable; y debe ser analizado de forma holística y sistémica en sus dimensiones ecológica, económica y social (De Muner 2012).

Un sistema sustentable es aquel que cumple con una serie de procesos de planeación en aspectos económicos, sociales y el ambientales. Debe garantizar el bienestar de la actividad humana con un mínimo agotamiento de los recursos naturales (Porrás 2017).

Es fundamental establecer si un sistema se encuentra en un estado de sustentabilidad o no y si se ha establecido por juicios éticos o de valor. Existen métodos diseñados para su medición a largo plazo, que ayudarán a evaluar la sustentabilidad, mediante indicadores ecológicos, económicos y sociales (Fuentes 2019).

2.20. INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD

Para cualquier estudio de agricultura sustentable surge la pregunta de cómo se puede medir la sustentabilidad agrícola, algunos argumentan que el concepto de sustentabilidad es una

"construcción social" y que aún no se ha puesto en funcionamiento. Por otro lado, se señala que la medición precisa de la sustentabilidad es imposible ya que es un concepto específico del sitio y dinámico hasta cierto punto. Lo que se define como sustentable depende de las perspectivas de los analistas (Cabanillas y Almírcar 2012).

Aunque no es posible medir con precisión la sustentabilidad de un sistema de producción, se pueden seleccionar parámetros o criterios específicos para determinar si ciertas actividades o decisiones son estables o cambian. Las prácticas que erosionan el suelo, eliminan los hábitats de los depredadores de insectos y cortar en lugar de plantar árboles, puede considerarse insostenibles en comparación con las que conservan estos recursos (Foladori y Tommasino 2011).

La sustentabilidad puede medirse examinando los cambios en los rendimientos y la producción agrícola total (Degiovanni *et al.* 2010). Se consideran medidas para propiciar una agricultura sustentable la gestión óptima de los recursos de tierras y aguas y el uso adecuado de pesticidas y fertilizantes orgánicos y el mantenimiento de la diversidad (Toro *et al.* 2015).

Dependiendo del análisis realizado al entorno y según el nivel de conocimiento y profesionalismo del investigador, se pueden realizar modificaciones a los métodos de evaluación planteada por Sarandón y Flores (2010), así como determinar diversos enfoques de indicadores lo cual permite evaluar la sustentabilidad de un sistema. Para esto se identifican un conjunto de variables que representan aproximaciones de la realidad en un subsistema agrario. En estas investigaciones es importante la involucrar a cada uno de los actores de los procesos, ya que ellos conocen las necesidades y permiten con su experiencia determinar el grado de importancia de cada indicador sugerido. En general, las metodologías planteadas para la evaluación de los indicadores son: las encuestas, entrevistas, talleres participativos donde cada interesado responde a una serie de preguntas relacionada con sus intereses (Ríos 2013).

El desarrollo de indicadores de sustentabilidad permite evaluar del nivel de la sustentabilidad agrícola, facilitando la evaluación del nivel de éxito del proceso, o indicando los correctivos necesarios para alcanzar los objetivos esperados y evitar cometer errores en futuros procesos (Ríos 2013).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. EVALUAR LA SUSTENTABILIDAD EN DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE ARROZ, CON DIFERENTES NIVELES DE SALINIDAD EN LA ZONA DE YAGUACHI Y EN EL SECTOR DE CEDEGE

3.1.1. Ubicación del experimento

La investigación fue realizada en la región costa, provincias del Guayas y Los Ríos. Se seleccionaron dos localidades con diferentes niveles de estrés salino (**Figura 9**).



Figura 9. Ubicación de la zona de estudio.

Fuente: GADPLR (2014).

La localidad afectada por sales es el cantón San Jacinto de Yaguachi, provincia del Guayas, con 15 m.s.n.m., temperatura media anual 24.5-26 °C y precipitación media anual 750-1 342 mm. La localidad libre de salinidad está ubicada en el proyecto "CEDEGE", cantón Babahoyo, provincia de Los Ríos a una altura de 8 m.s.n.m. La temperatura media anual es de 25.5 - 26 °C, y precipitación media anual 813,0 mm. (Estación meteorológica UTB 2019).

3.1.2 Metodología

El estudio se desarrolló en dos etapas:

Etapa 1. Evaluación de aspectos físicos - químicos de suelo y agua del sector arrocero de Yaguachi y CEDEGE.

3.1.3 Muestreo de suelos

Se obtuvieron 10 muestras de suelo para los análisis físicos y químicos respectivos en cada zona destinados al cultivo del arroz (una por cada recinto). Las coordenadas geográficas de las zonas de muestreo fueron determinadas con un equipo de geoposicionamiento (GPS-GARMIN) y se describen en la **Tabla 5**.

Tabla 5. Datos y coordenadas geográficas de zonas de muestreo para determinar las características del suelo y la calidad del agua empleada en el cultivo del arroz en San Jacinto de Yaguachi y CEDEGE.

CÓDIGO	RECINTO	PROPIETARIO	SECTOR	PROVINCIA	COORDENADAS GEOGRÁFICAS
P1	Providencia	Huly Ruiz	Yaguachi	Guayas	2°4'21.73''S 79°39'15.52''O
P2	Hcda. Palo largo	Jairo de Jesús	Yaguachi	Guayas	2°0'27.662''S 79°43'21.48''O
P3	Coop. San Jacinto	Víctor Moncada	Yaguachi	Guayas	2°6'45.62''S 79°45'20.13''O
P4	El Chobo	Sr. Noe Zapata	Yaguachi	Guayas	2°8'40.49''S 79°38'0.13''O
P5	Km 5	Jorge Quiroz	Yaguachi	Guayas	2°6'19.68''S 79°40'59.34''O
P6	4 hermanos	César Murillo	Yaguachi	Guayas	2°4'38.40''S 79°42'45.63''O
P7	Rcto. Vuelta Larga	Wilson Quezada	Yaguachi	Guayas	2°9'3.95''S 79°40'29.68''O
P8	Rcto. La Lola	Pedro Contreras	Yaguachi	Guayas	2°3'27.99''S 79°43'5.41''O
P9	Rcto. Las Mercedes	Fernando Espinoza	Yaguachi	Guayas	2°0'5.428''S 79°37'51.48''O
P10	Caimito	Julio Arreaga	Yaguachi	Guayas	2°0'25.19''S 79°38'45.86''O
P11	Sabaneta	Jorge Quiroz	Babahoyo (CEDEGE)	Los Ríos	1°50'43.38''S 79°26'49.00''O
P12	Sabaneta	Sr. José Banderas	Babahoyo (CEDEGE)	Los Ríos	1°51'39.58''S 79°27'37.20''O
P13	Playas	Félix Montero	Babahoyo (CEDEGE)	Los Ríos	1°51'56.26''S 79°25'43.49''O
P14	Playas	Sr. José Valero	Babahoyo (CEDEGE)	Los Ríos	1°51'59.97''S 79°26'28.60''O
P15	Cedege	David Mendoza	Babahoyo (CEDEGE)	Los Ríos	1°53'31.38''S 79°27'27.31''O
P16	La Corona	Raúl Ramírez	Babahoyo (CEDEGE)	Los Ríos	1°53'19.03''S 79°28'3.16''O
P17	San Pablo	Sr. Juan Andrade	Babahoyo (CEDEGE)	Los Ríos	1°52'48.76''S 79°25'51.53''O
P18	El Palmar	Sr. Marco Calero		Los Ríos	1°52'13.25''S

<< Continuación. >>

CÓDIGO	RECINTO	PROPIETARIO	SECTOR	PROVINCIA	COORDENADAS GEOGRÁFICAS
P19	El Palmar	José Velasco	Babahoyo (CEDEGE)	Los Ríos	79°27'4.45''O 1°53'0.50''S
P20	El Palmar	Duval Cabrera	Babahoyo (CEDEGE)	Los Ríos	79°26'40.96''O 1°52'56.79''S

Se utilizó el protocolo descrito por De la Rosa (2008), el cual consta de limpieza de la superficie del sitio donde se toma la muestra de suelo, extracción de las submuestras, con una pala haciendo un hoyo en forma de “V” hasta 20 cm de profundidad, toma de una tajada de suelo de 2 - 3 cm de espesor con un cuchillo o machete, eliminación de los bordes y extracción de la parte central de la tajada (no mayor a 5 cm).

Las muestras se depositaron en un recipiente plástico, para luego mezclarse de forma homogénea y considerar una muestra de 1 kg de suelo (muestra compuesta) enviada al laboratorio.

3.1.4 Análisis de suelos

Los análisis de suelo fueron realizados en un laboratorio acreditado, donde se realizaron las siguientes evaluaciones: contenido de materia orgánica (Walkley 1947; Nelson y Sommers 1982), potencial de hidrógeno (pH) (Fassbender 1987), conductividad eléctrica (CE) (Jackson 1964). Para la determinación de los elementos, fósforo, potasio, calcio, magnesio, zinc, cobre, hierro y manganeso se utilizó el método de Olsen Modificado (bicarbonato de sodio en EDTA a pH 8.5) y para el análisis de fósforo el método de azul de molibdeno (Olsen 1982).

En la determinación de azufre y boro, se utilizó como extractante el fosfato de calcio ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$), 0.008 M, el azufre se cuantificó por el método turbidimétrico y la determinación de boro por un método colorimétrico con curcumina (Kaplan *et al.* 1990).

En lo que respecta a compactación, los sondeos de los puntos de evaluación fueron realizados por el penetrómetro DICKEY-john®. El cual utiliza un vástago metálico, que se hace descender valorando la resistencia a la penetración (Psi) que el suelo produce y se basa en el estándar ASAE S313.3 (DICKEY-john 2017). La profundidad de muestreo se estableció de 0 a 30 cm, con cinco a diez repeticiones en cada subsitio.

La información se codificó como se indica a continuación:

- 0 a 200 psi. 0 a 13,61 atmósferas, buenas condiciones para el cultivo
- 200 a 300 psi. 13,61 a 20,41 atmósferas, condiciones regulares para el cultivo
- 300 psi y más alto. 20,41 atmósferas y más alto, malas condiciones para el cultivo

3.1.5 Muestreo de agua

Para el muestro del agua se seleccionaron 10 sitios (canales de riego y pozos), se seleccionaron utilizando el mapa del cantón Yaguachi y el sector de CEDEGE.

Las muestras se tomaron en la parte superficial de tres sitios diferentes, la cantidad fue de un litro en una botella de polietileno. Esta se llenó hasta al ras del envase, luego fue trasladado a un laboratorio acreditado.

3.1.6 Métodos de Análisis de las muestras de aguas

Las muestras fueron mantenidas en refrigeración a una temperatura de 4°C, donde se determinó el pH y Conductividad Eléctrica (C.E.).

Etapas 2. Análisis de la sustentabilidad de dos sistemas de producción de arroz, uno en condiciones de salinidad en la zona de Yaguachi y otro sin problemas de salinización en el sector de CEDEGE.

Se realizó una encuesta estructurada que se presenta en el **Anexo 1**. La encuesta consistió de 39 preguntas para la obtención de información sociocultural, económica y ecológica. Se siguió la metodología que se describe a continuación:

- a.** Diagnóstico del manejo agrícola del arroz, para lo cual se aplicó una encuesta a dirigentes arroceros de las comunidades en estudio, eligiendo a personas de mayor edad con experiencia y conocimiento de la historia del lugar. Se incluyó preguntas relacionadas a aspectos biofísicos y socioeconómicos fácilmente observables, siguiendo los lineamientos propuestos por Tuesta (2012).
- b.** Colecta y revisión de información secundaria. Esta se realizó con representantes de instituciones de investigación del sector, como el INIAP. Se levantó información sobre los objetivos de la investigación, alcances e importancia.

3.1.7 Población y muestra

Según el SINAGAP (2014), el cantón Yaguachi en la provincia del Guayas posee 2 235 Unidad de producción agropecuaria (Upas) de arroz. Mientras que Babahoyo en la provincia de Los Ríos mantiene actualmente 5 133 Upas de este cultivo. Con el fin de llegar a una muestra representativa, se realizaron 92 encuestas en el cantón Yaguachi y 94 en el sector de CEDEGE con un nivel de confianza del 90 %, que se obtuvo aplicando el método de proporciones empleando la fórmula propuesta por (Scheaffer *et al.* 1987).

$$n = \frac{N \sigma^2}{(N-1) B^2 / 4 + \sigma^2}$$

Dónde:

n : Número de muestras

N: Población

σ^2 : varianza =p*q=0,5

B: Límite de error de estimación (10 %)

4= Nivel de confianza del 90 %

3.1.8 Metodología para evaluar sustentabilidad

La metodología empleada fue la denominada "multicriterio", propuesta por Sarandón (2010), que considera a la vez los lineamientos de Smyth y Dumansky (1995). Se emplearon indicadores, subindicadores y variables cuantificables adaptadas al cultivo de arroz, lo que permitió analizar las dimensiones, económica, ecológica y sociocultural. Las variables tuvieron valores de 0 a 4. Menos sustentable fue 0 y 4 el de mayor sustentabilidad. (Sarandón *et al.* 2006). El indicador económico consideró los siguientes subindicadores: autosuficiencia alimentaria, ingreso neto mensual y riesgo económico. El indicador ecológico, consideró los siguientes subindicadores: conservación de la vida del suelo, riesgo de erosión, manejo de la biodiversidad, plagas, enfermedades y salinidad. El indicador sociocultural consideró los siguientes subindicadores: satisfacción de las necesidades básicas, aceptabilidad de los sistemas de producción, integración social y conocimiento y conciencia ecológica (**Tabla 6**).

El Índice de sustentabilidad general (ISGen), se calculó empleando los datos de los indicadores: económico (IK), ecológico (IE) y sociocultural (ISC).

Tabla 6. Principales Indicadores para evaluar la sustentabilidad usando la metodología de Sarandón (2002).

DIMENSIÓN	INDICADOR	VARIABLES	ESCALA
Económico	A- Autosuficiencia alimentaria	A1. Diversificación de la producción: Es sustentable si la producción alimentaria es diversificada y alcanza para satisfacer el nivel nutricional de la familia.	(4) ≥ 5 productos (3) 4 productos (2) 3 productos (1) 2 productos (0) ≤ 1. productos
		A2. Superficie de producción destinada al autoconsumo: Es sustentable si la superficie destinada a la producción de alimentos para el consumo es adecuada con relación a los integrantes del grupo familiar. Se evalúa superficie de autoconsumo (ha)/N° integrantes de la familia.	(4) ≥ 1 ha (3) 0.8 – 0.9 ha (2) 0.5-0.7 ha (1) 0.2-0.4 ha (0) ≤ 0.1ha.
	B-Ingreso neto mensual por grupo. Es sustentable si puede satisfacer las necesidades económicas del grupo familiar. Estos ingresos son evaluados en UM/mes.	B1. Ingreso neto mensual por grupo. Es sustentable si puede satisfacer las necesidades económicas del grupo familiar. Estos ingresos son evaluados en UM/mes.	(4) ≥ de 384 (3) 300-383 (2) 200-300 (1) 100-200 (0) ≤ de 100.
		C- Riesgo Económico:	C1. Diversificación para la venta. Es sustentable si el productor puede comercializar más de 1 producto, ya que, si sufriera alguna pérdida o daño de este, podría compensarlo con los demás productos que vende.
	C2. Número de vías de comercialización. La diversificación comercial disminuye el riesgo económico.		(4) ≥ 5 canales (3) 4 canales (2) 3 canales (1) 2 canales (0) ≤ 1 canal

<< Continuación >>

DIMENSIÓN	INDICADOR	VARIABLES	ESCALA
			(4) 0 a 20 %
			(3) 20 a 40 %
		C3. Dependencia de insumos externos. Una alta dependencia no es sustentable	(2) 40 a 60 %
			(1) 60 a 80 %
			(0) 80 a 100 %
			(4) ≥ 5 hectáreas
			(3) 4 hectáreas
		C4. Superficie destinada al cultivo de arroz.	(2) 3 hectáreas
			(1) 2 hectáreas
			(0) ≤ 1 hectáreas
			(4) ≥ 7 toneladas
			(3) 5-6 toneladas
		C5. Productividad (toneladas) por hectárea	(2) 4-5 toneladas
			(1) 3-4 toneladas
			(0) ≤ 3
			(4) ≥ 4 fuentes de crédito
			(3) 3 fuentes de crédito
		C6. Acceso a crédito	(2) 2 fuentes de crédito
			(1) 1 fuentes de crédito
			(0) Sin crédito

<< Continuación >>

DIMENSIÓN	INDICADOR	VARIABLES	ESCALA
Ecológica	A-Conservación de la vida de suelo	A1. Manejo de la cobertura vegetal. La misma provee al suelo de una protección contra los agentes climáticos y disminuye el riesgo de erosión.	(4) 100 % (3) 75 a 99 % (2) 50 a 75 % (1) 25 - 50 % (0) < 25 % de cobertura. (4) Rota los cultivos todos los años/Deja descansar un año el lote/incorpora leguminosas o abonos verdes (3) Rota todos los años. No deja descansar el suelo (2) Rota cada 2 ó 3 años (1): Realiza rotaciones eventualmente (0) No realiza rotaciones.
		A 2. Rotación de cultivos.	(4) Establecimiento Totalmente diversificado, con asociaciones entre ellos y con vegetación natural. (3) Alta diversificación de cultivos, con media asociación entre ellos. (2) Diversificación media, con muy bajo nivel de asociación entre ellos. (1) Poca diversificación de cultivos, sin asociaciones (0) Monocultivo
	B- Manejo de la Biodiversidad	B1- Biodiversidad espacial. Diversidad de cultivos en el espacio.	(4) No se observan afectaciones por plagas, enfermedades y arvenses. (3) Afectaciones leves y autorregulables por el sistema. (2) Afectaciones 30 - 40 % de los cultivos, con síntomas de leves y no hay arvenses dominantes. (1) Afectaciones 40 - 50 % de los cultivos, con síntomas de leves a severos. (0) Grandes afectaciones > 50 % plagas, enfermedades en toda el área y presencia de especies de arvenses dominantes.
		C1. Incidencia de plagas (plagas, enfermedades y arvenses).	(4) ≤ 3 aplicaciones (3) 4-5 aplicaciones (2) 6-7 aplicaciones (1) 8-9 aplicaciones
	C. Plagas y enfermedades	C2. Aplicación de agroquímicos	

<< Continuación >>

DIMENSIÓN	INDICADOR	VARIABLES	ESCALA
		D1. Salinidad en el suelo	(0) ≥ 10 aplicaciones (4) Valor de 1 EC (3) Valor de 2 EC (2) Valor de 4 EC (1) Valor de 5 EC (0) Valor mayor a 5 EC
	D. Salinidad	D2. Salinidad en agua	(4) Valor de -0.7 EC (3) Valor de 1 EC (2) Valor de 2 EC (1) Valor de 3 EC (0) Valor mayo a 3 EC
		D3. Compactación	(4) < 100 psi. 6.8 atmósferas (3) 150 a 100 psi 6.8 a 10.2 atmósferas (2) 200 a 150 psi 10.2 a 13.61 atmósferas (1) 250 a 200 psi. 13,61 a 17.0 atmósferas (0) >300 psi. 17.0 a 20.41 atmósferas

<< Continuación >>

DIMENSIÓN	INDICADOR	VARIABLES	ESCALA		
Socio Cultural	A-Satisfacción de necesidades básicas.	A1. Vivienda.	(4) De material noble, muy buena (3) De material noble, buena (2) Regular, sin terminar o deteriorada (1) Mala, sin terminar, deteriorada, piso de tierra (0) Muy mala.		
		A2. Acceso a la educación.	(4): Acceso a educación superior y/o cursos de capacitación (3) Acceso a escuela secundaria (2) Acceso a la escuela primaria y secundaria con restricciones (1) Acceso a la escuela primaria (0) Sin acceso a la educación.		
		A3. Acceso a salud y cobertura sanitaria:	(4) Centro sanitario con médicos permanentes e infraestructura adecuada (3) Centro sanitario con personal temporario medianamente equipado (2) Centro sanitario mal equipado y personal temporario (1) Centro sanitario mal equipado y sin personal idóneo (0) Sin centro sanitario.		
		A4. Servicios	(4): Instalación completa de agua, luz y teléfono cercano (3): instalación de agua y luz (2) Instalación de luz y agua de pozo (1) Sin instalación de luz y agua de pozo (0) Sin Luz y sin fuente de agua cercana		
		B- Aceptabilidad del sistema de producción.		(4): Está muy contento con lo que hace, no haría otra actividad, aunque ésta le reporte más ingresos (3) Está contento, pero antes le iba mucho mejor (2) No está del todo satisfecho, se queda porque es lo único que sabe hacer (1) Poco satisfecho con esta forma de vida, anhela vivir en la ciudad y dedicarse a otra actividad (0) Está desilusionado con la vida que lleva, no lo haría más. Está esperando que se le presente una oportunidad para dejar la agricultura.	
			C- Integración social.	Se evalúa la relación con otros miembros de la comunidad.	(4) Muy alta (3) Alta (2) Media (1) Baja

<< Continuación >>

DIMENSIÓN	INDICADOR	VARIABLES	ESCALA
	D- Conocimiento y Conciencia Ecológica.	Conocimiento y Conciencia Ecológica.	<p>(0) Nula.</p> <p>(4) Concibe la ecología desde una visión amplia, más allá de su finca y conoce sus fundamentos.</p> <p>(3) Tiene un conocimiento de la ecología desde su práctica cotidiana. Sus conocimientos se reducen a la finca con el no uso de agroquímicos más prácticas conservacionistas.</p> <p>(2) Tiene sólo una visión parcializada de la ecología. Tiene la sensación de que algunas prácticas pueden estar perjudicando al medio ambiente.</p> <p>(1) No presenta un conocimiento ecológico ni percibe las consecuencias que pueden ocasionar algunas prácticas. Pero utiliza prácticas de bajos insumos.</p> <p>(0) Sin ningún tipo de conciencia ecológica. Realiza una práctica agresiva al medio por causa de este desconocimiento</p>

Fórmulas empleadas para el cálculo de los indicadores de sustentabilidad:

Indicador económico (IK)

$$IK = \frac{2 \left(\frac{A1 + A2}{2} \right) + B + \left(\frac{C1 + C2 + C3 + C4 + C5 + C6}{6} \right)}{4}$$

Indicador Ecológico (IE)

$$IE = \frac{\left(\frac{A1 + A2}{2} \right) + B + \left(\frac{C1 + C2}{2} \right) + \left(\frac{D1 + D2 + D3}{3} \right)}{4}$$

Indicador Sociocultural (ISC)

$$ISC = \frac{2 \left(\frac{A1 + A2 + A3 + A4}{4} \right) + B + C + D}{5}$$

Índice de sustentabilidad general (ISGen)

Para su cálculo se emplearán los datos de los indicadores económicos (IK), ambientales (IA) y sociales (IS), valorando a las tres dimensiones por igual.

$$ISGen = \frac{IK + IA + IS}{3}$$

Escriba el texto aquí

3.2. IDENTIFICAR EL ESTADO FENOLÓGICO EN EL CUAL EL CULTIVO DE ARROZ ES MÁS SUSCEPTIBLE AL ESTRÉS SALINO, MEDIDO EN SU EFECTO EN LOS COMPONENTES AGRONÓMICOS Y RENDIMIENTO

3.2.1. Ubicación del experimento

El presente trabajo de investigación se realizó en el invernadero ubicado en los predios de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo, ubicada en el km. 7.5 de la vía Babahoyo-Montalvo. Las coordenadas geográficas en UTM son X: 1.7723946; Y:79.7102593. La zona presenta un clima tropical húmedo, con una temperatura que oscila entre los 24 y 26 °C, con humedad relativa de 88 %, precipitación promedio anual de 1262 mm, con altura de 8 msnm y 990 horas de heliofanía de promedio anual (Estación Meteorológica UTB-2019).



Figura 1. Ubicación de la zona de estudio.

Fuente: (GADPLR 2014)

3.2.2. Materiales

a. Material genético

Para el presente estudio se utilizó la variedad comercial INIAP 14, la cual presenta las siguientes características agronómicas (**Tabla 7**).

Tabla 7. Características de la variedad INIAP 14.

Año de Liberación	1999
Origen	IRRI
Rendimiento en kilogramos	3.0 - 3.5 kg/ha
Longitud del grano	7.1 – 7,3 mm
Altura de planta	70 -80 cm
Ciclo Vegetativo	110 - 117 días
Longitud de grano (milímetros)	Largo
Número de panículas/planta	14 - 38
Acame de planta	Resistente
<i>Pyricularia grisea</i> (Cooke) Sacc. (quemazón)	Moderadamente susceptible
Manchado de grano	Moderadamente resistente
Hoja blanca	Moderadamente tolerante

Fuente: Semimor (2013).

b. Otros materiales

- 68 cajas de madera con plástico impermeable.
- Sustrato.
- Agua
- Cloruro de sodio
- Regla graduada o cinta métrica
- Recipientes graduados de plástico.
- Balanzas mecánica y electrónica.
- Etiquetas adhesivas.
- Bolsas de papel.
- Cuaderno de notas.
- Lapicero, lápiz.
- Conductímetro digital.
- Medidor de clorofila

3.2.3. Factores estudiados

- **Variable dependiente:** Comportamiento agronómico y rendimiento del arroz.
- **Variable independiente:** Niveles de salinidad.

3.2.4. Métodos

Se empleó los métodos: análisis – síntesis-; inductivo – deductivo y el experimental.

3.2.5. Diseño Experimental

El experimento se estableció bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial 8 X 3 (A x B) con cuatro repeticiones. El factor A corresponde a 8 fases vegetativas del arroz, el factor B a los tratamientos (tres niveles de salinidad). La unidad experimental constó de una caja con 6 plantas de arroz.

Las variables evaluadas fueron sometidas al análisis de variancia, se empleó la prueba de Tukey al 95 % de probabilidad para determinar la diferencia estadísticas entre las medidas de los tratamientos. Para el análisis estadístico se empleó el paquete InfoStat.

Se utilizó el siguiente modelo lineal: $\gamma_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha_i \beta_j + \varepsilon_{ijk}$; Donde: γ_{ijk} variable observada; μ = Media general; α_i = efecto de la i-ésima etapa fenológica del cultivo; β_j = efecto del j-ésima concentración de NaCl; $\alpha_i \beta_j$ = efecto de la interacción de la i-ésima etapa fenológica del cultivo por la j-ésima concentración de NaCl; ε_{ijk} = error asociado a las ij – ésimas unidades experimentales.

La distribución de grados de libertad para cada fuente de variación puede apreciarse en la **Tabla 8**.

Tabla 8. Distribución de grados de libertad

Fuente de variación	Grados de libertad (G.L)	
A (Etapas fenológicas)	A – 1	7
B (Nivel de salinidad)	B – 1	2
Interacción etapas fenológicas x Nivel de Salinidad	(A – 1) (B – 1)	14
Error experimental	AB (R - 1)	13
Total	AB R – 1	36

3.2.6. Descripción de los tratamientos ensayados

En condiciones de invernadero, se evaluó el efecto de diferentes niveles de salinidad, en las diferentes fases fenológicas del cultivo. Los niveles empleados fueron el testigo (agua normal), 3.5 dS/m (nivel de salinidad media) y 7.0 dS/m (nivel de salinidad alta) (Cedeño 2015) (**Tabla 9**).

Tabla 9. Fases fenológicas del cultivo (Factor A) y niveles de salinidad (Factor B) en condiciones de invernadero.

FACTOR A	FACTOR B					
Germinación a emergencia	Trat-Salinidad					
Plántula		Trat-Salinidad				
Macollamiento			Trat-Salinidad			
Crecimiento de tallo				Trat-Salinidad		
Primordio floral					Trat-Salinidad	
Embuchamiento (emergencia de la panícula)						Trat-Salinidad
Floración						Trat-Salinidad
Estado lechoso del grano						Trat-Salinidad

Se debe destacar que las dosis de salinidad descritas fueron aplicadas al inicio de cada fase mencionada y mantenidas con dichas dosis hasta la cosecha de las plantas. En etapas previas a cada fase, las plantas fueron mantenidas con agua normal.

3.2.7. Metodología y procedimiento

a. Siembra

El sistema hidropónico se acondicionó utilizando cajas de madera con 60 cm de ancho y 80 cm de largo, revestidas con polietileno para el establecimiento de las plantas de arroz. Se empleó piedra pómez como sustrato inerte, la cual fue homogenizada y lavada. La siembra se realizó el 5 de julio del 2018, sembrándose dos semillas por sitio y 6 plantas por caja para permitir el establecimiento de la unidad experimental, posterior a la germinación, se eliminó una de las plántulas para finalmente dejar seis plantas por caja.

b. Aplicación de tratamientos y riegos

Los tratamientos se aplicaron por medio del agua de riego salinizada hasta alcanzar los niveles seleccionados y el testigo fue regado con agua de riego de la localidad de Babahoyo. Los resultados del análisis químico del agua usada se resumen en la **Tabla 10**.

Tabla 10. Análisis del agua utilizada en el experimento.

Característica	Unidades	Valor
pH	(—)	7.51
C.E.	(dS/m)	0.20
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	(meq/L)	3.81
Cloruro (Cl)	(meq/L)	6.40
Calcio (Ca ²⁻)	(meq/L)	4.98
Magnesio (Mg ²⁺)	(meq/L)	2.14
Potasio (K ⁺)	(meq/L)	1.55
Sodio (Na ⁺)	(meq/L)	2.43
Zinc (Zn)	(meq/L)	0.04

Durante los primeros dos meses del cultivo, los riegos fueron aplicados dos veces por semana manteniendo láminas bajas de agua, con el fin de favorecer un mayor macollamiento. En la etapa reproductiva se aplicó un riego por semana hasta la conclusión del experimento. Dependiendo de la etapa fenológica en estudio, se suministró agua en las concentraciones bajo evaluación con 0.2 dS/m, 3.5 dS/m y 7,00 dS/m para cada tratamiento y repetición. Se salinizó con cloruro de sodio (NaCl) debido a su predominancia en los suelos salinos y su mayor toxicidad. Se controlaron los niveles de sal en cada caja experimental utilizando un medidor combinado BlueLab (BlueLab Corporation Limited, Tauranga 3110, Nueva Zelanda).

c. Fertilización

Se fertilizó con una solución concentrada “A” con los siguientes pasos: se hirvió agua durante 20 minutos; después en tres recipientes, con dos litros de agua tibia cada uno, se agregó 360 g de superfosfato triple, 100 g de nitrato de potasio y 700 g de nitrato de amonio, respectivamente. En un recipiente adicional, las tres soluciones fueron mezcladas adjuntando cuatro litros de agua para completar los 10 litros de agua.

Solución concentrada A: (Cantidad de fertilizantes para 10 litros de agua)

- Superfosfato triple 45 % P₂ O₅ 20 % CaO 360 g
- Nitrato de potasio 13.5 % N 44 % K₂O 1100 g
- Nitrato de amonio 31 % N 5 % SO₄ 700.0 g

La solución “B” fue obtenida siguiendo el mismo protocolo mencionado anteriormente.

Solución concentrada B: (Cantidad de fertilizantes para 5 litros de agua)

- **Sulfato de magnesio 80 % de MgO 150.0 g**
- **Fetrilom Combi 30.0 g**

Magnesio (MgO) 12 g/kg

Azufre (S) 13 g/kg

Hierro (Fe) 40 g/kg

Zinc (Zn) 40 g/kg

Manganeso (Mn) 30 g/kg

Cobre (Cu) 5 g/kg

Molibdeno (Mo) 0,5 g/kg

- **Ácido bórico 3.0 g**

Para su aplicación, se mezcló: 1 litro de agua con 5 mL de solución concentrada “A” y 2 mL de solución concentrada “B” y 1 mL de quelato de hierro.

d. Control de plagas y enfermedades

El control de malezas se realizó de forma manual a lo largo del experimento, eliminando cualquier tipo de planta indeseable en la unidad experimental.

Para el control de insectos plaga, se utilizó el insecticida agrícola Cypermethrin en dosis de 0.27 L/ha, aplicado mediante un atomizador para controlar *Spodoptera* sp. (langosta), que se presentó a los 16 días después del trasplante, se utilizó 1.3 mL/L de agua en la etapa de desarrollo. Para el control preventivo de enfermedades, se aplicó el fungicida Carbendanzim (125 g/L), aplicando una dosis (5 mL/L) de agua, en los estados de desarrollo y la floración.

e. Cosecha

La cosecha se realizó de forma manual cuando los granos alcanzaron su madurez fisiológica. Posteriormente, las semillas fueron colocadas en refrigeración en una funda de papel, identificado el nombre del tratamiento y su repetición.

3.2.8. Variables evaluadas

En este trabajo experimental fueron evaluadas características agronómicas y otros componentes de rendimiento como:

a. Vigor

El vigor de las plantas se determinó a los 50 días de edad del cultivo. Se clasificó de acuerdo a la escala del sistema de evaluación estándar para arroz del CIAT (Jennings *et al.* 1981).

Aplicación de la escala

- 1 =** Plantas muy vigorosas.
- 3 =** Plantas vigorosas.
- 5 =** Plantas intermedias o normales
- 7 =** Plantas menos vigorosas que lo normal.
- 9 =** Plantas muy débiles y pequeñas

b. Altura de planta (cm)

Se tomó al momento que la planta estuvo lista para la cosecha, midiendo desde el nivel del sustrato hasta el ápice de la panícula y fue expresado en cm.

c. Macollos por planta

Se determinó el número de macollos en cada individuo.

d. Longitud de la raíz (cm)

Se registró al momento que la planta estuvo lista para la cosecha, midiendo desde el cuello de raíz hasta la punta de la raíz y fue expresado en cm.

e. Días a floración

Se registraron los días a la floración de acuerdo a los días desde la siembra hasta cuando el 50 % de las plantas de cada población mostraron sus respectivas panículas fuera de la vaina.

f. Ciclo vegetativo (días)

Se estimó de acuerdo a los días transcurridos desde el inicio de la siembra hasta que cada población fue cosechada en su totalidad.

g. Longitud de la panícula (cm)

Se determinó midiendo la distancia comprendida entre el nudo ciliar y el ápice de la panícula, excluyendo las aristas en cada individuo.

h. Granos por panícula

Se contabilizó el número de granos presentes por panícula (3 panículas) de cada uno de los individuos de la población.

i. Esterilidad de panícula (%)

Se contabilizó el número de granos fértiles (llenos) y estériles (vanos) en tres panículas de cada uno de los individuos para determinar el porcentaje de granos estériles.

j. Peso de grano por panícula (g)

Se tomó el peso de los granos provenientes de cada individuo con un porcentaje aproximado al 14 % de humedad.

k. Biomasa fresca de la raíz (g)

Se determinó el peso total del área radicular húmeda al momento de la cosecha.

l. Biomasa seca de la raíz (g)

Se recolectaron las muestras del sistema radicular, las cuales fueron colocadas por 48 h en estufa con circulación forzada de aire a 65 °C, con lo cual se determinó el peso seco y la producción de materia seca.

m. Biomasa fresca de la parte aérea(g)

Se determinó el peso total de la parte aérea húmeda al momento de la cosecha.

n. Biomasa seca de la parte aérea (g)

Se recolectaron las muestras de la parte aérea de las plantas las que fueron colocadas por 48 h en estufa con circulación forzada de aire a 65 °C, esto permitió determinar el peso seco y la producción de materia seca.

o. Contenido de clorofila

La evaluación se realizó en las diferentes etapas fenológicas (30, 45, 60 y 75 dds) tomando dos datos por cada planta, para esto se empleó un método no destructivo, que consistió en tomar lecturas, con un medidor portátil atLEAF+ Chl meter (FT Green LLC, Wilmington, DE, USA); el cual permitió obtener una estimación del contenido de clorofila, utilizando métodos espectrofotométricos. La unidad de esta variable es en $\mu\text{g cm}^{-2}$.

3.3. SELECCIONAR Y CARACTERIZAR LÍNEAS DE ARROZ, TOLERANTES A LA SALINIDAD EN POBLACIONES SEGREGANTES PROVENIENTES DE CRUCES DE (*Oryza sativa* L. ssp. *japonica*) X (*Oryza rufipogon* G)

La tolerancia a salinidad se evaluó en las líneas avanzadas F₅ y F₆ a nivel de invernadero y campo; respectivamente.

Fase 1. Evaluación de la tolerancia a sales de líneas avanzadas F₅

3.3.1. Ubicación del experimento

La evaluación de las Líneas avanzadas F₅ fue realizada en condiciones hidropónicas en el invernadero de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo, cantón Babahoyo, provincia de Los Ríos, con coordenadas geográficas de 79-32' W de longitud y 01-49' S de latitud, elevación de 8 msnm, temperatura 26.3, humedad relativa (%) 78.8, precipitación de 2688.8, evaporación (mm) 1012.4, heliofanía (hs) 830.4, nubosidad 7.1, y velocidad del viento (m/seg) 0,51 (Estación Meteorológica, UTB-2019).

3.3.2. Materiales

a. Material genético

En este experimento se utilizaron un total de 30 genotipos de arroz: 24 líneas avanzadas F₅ de arroz derivadas de cruces interespecíficos entre *Oryza sativa* L. ssp. *japonica* x *Oryza rufipogon* G. 5 líneas parentales (control) y una variedad comercial como lo es la SFL-011 (control) (**Tabla 11**).

Tabla 11. Detalles de los cruces y códigos de poblaciones segregantes en F5, parentales y variedad comercial.

Líneas	F ₅ Genotipo	Descripción	Líneas	F ₅ Genotipo	Descripción
1	Puyón/JP002 P8- 324816	Línea de cruces interespecífica	16	JP001/JP003 P 9 # 15P 629	Cruces entre tipo Japónica
2	Puyón/JP002 P8- 3210919	Línea de cruces interespecífica	17	JP001/JP003 P 3 # 13P 4230	Cruces entre tipo Japónica
3	Puyón/JP002 P8- 32816	Línea de cruces interespecífica	18	JP002/JP001 P * P 5P 1322	Cruces entre tipo Japónica
4	Puyón/JP002 P8- 305511	Línea de cruces interespecífica	19	JP002/JP001 P * P 5P 3621	Cruces entre tipo Japónica
5	Puyón/JP002 P8- 289311	Línea de cruces interespecífica	20	JP003/JP001 P 1 # P 1P 168	Cruces entre tipo Japónica
6	Puyón/JP002 P8- 30552	Línea de cruces interespecífica	21	JP003/JP001 P 1 # P 1P 1530	Cruces entre tipo Japónica
7	Puyón/JP002 P8- 29669	Línea de cruces interespecífica	22	JP003/JP001 P * 2 # 3P 2119	Cruces entre tipo Japónica
8	Puyón/JP002 P8- 323523	Línea de cruces interespecífica	23	DH/JP003 P 1 # 25P 1433	Cruces entre tipo Japónica
9	Puyón/JP002 P8- 294930	Línea de cruces interespecífica	24	DH/JP003 P2 # 40P 425	Cruces entre tipo Japónica
10	Puyón/JP002 P8- 295616	Línea de cruces interespecífica	25	JP001	Línea parental
11	Puyón/JP003 P11- 103115	Línea de cruces interespecífica	26	JP002	Línea parental
12	Puyón/JP003 P11- 106716	Línea de cruces interespecífica	27	JP003	Línea parental
13	JP001/JP003 P1 * 11P 1233	Cruces entre tipo Japónica	28	Puyón	Línea parental
14	JP001/JP003 P1 * 11P 413	Cruces entre tipo Japónica	29	DH	Línea parental
15	JP001/JP003 P 9 # 15P 732	Cruces entre tipo Japónica	30	SFL-011	Cultivar comercial (control)

Otros materiales

- 30 cajas de madera con plástico impermeable.
- Sustrato.
- Agua
- Cloruro de sodio
- Regla graduada o cinta métrica
- Recipientes graduados de plástico.
- Balanzas mecánica y electrónica.
- Etiquetas adhesivas.
- Bolsas de papel.
- Cuaderno de notas.
- Lapicero, lápiz.
- Conductímetro digital.
- Medidor de clorofila
- Mochila de fumigación
- Determinador de humedad
- Estufa
- Cámara fotográfica.

3.3.3. Metodología

a. Tratamientos

El estudio se realizó en un medio hidropónico, empleando cajas de madera de 60 cm de ancho x 80 cm de largo, revestidas con una lámina plástica negra de polietileno y llena con piedra pómez como sustrato inerte, la cual fue homogenizada y lavada.

La caja experimental se dividió en dos partes, en el lado derecho se ubicó el tratamiento salino (7.0 dS/m) y en el lado izquierdo, el tratamiento control (0.2 dS/m). La solución salina fue preparada en baldes de 20 litros, el agua de riego fue salinizada con cloruro de sodio (NaCl). El agua de riego de la localidad de Babahoyo con 0.2 dS/m fue empleada en el tratamiento control. Se eligió dicha sal debido a que es la que predomina en los suelos salinos y presenta mayor toxicidad. Para medir los niveles de sales se empleó el medidor combinado Bluelab (Bluelab Corporation Limited, Tauranga 3110, Nueva Zelanda).

b. Germinación y trasplante

Las semillas del material genético en estudio fueron ubicadas en bandejas germinadoras llenas con piedra pómez como sustrato inerte, colocando una semilla por hoyo. Después de los 20 días de siembra, las plántulas de arroz se trasplantaron en las cajas de madera preparadas con los tratamientos en estudio.

c. Aplicación de tratamientos y riegos

Los riegos fueron aplicados dos veces por semana durante los primeros dos meses del cultivo y posteriormente, un riego por semana hasta la conclusión del experimento manteniendo los niveles de salinidad de los tratamientos. Dependiendo de la etapa fenológica, se suministró agua con alta conductividad eléctrica igual a 7.00 dS/m (salinidad alta) para cada tratamiento y repetición.

d. Fertilización

El procedimiento para la fertilización fue igual al descrito en el punto 3.2.6. Metodología y procedimiento del objetivo 2.

e. Control de plagas y enfermedades

El procedimiento para control de plagas y enfermedades fue igual al descrito en el punto 3.2.6. Metodología y procedimiento del Objetivo 2.

f. Cosecha de las semillas F₅

La cosecha se realizó de forma manual, por cada individuo proveniente de cada tratamiento, cuando los granos alcanzaron su madurez fisiológica, almacenando las semillas en refrigeración en una funda de papel, identificado con el nombre del genotipo y su repetición.

3.3.4 Variables evaluadas en genotipos F₅

En la fase de invernadero, se evaluaron las variables descritas en la **Tabla 12**.

Tabla 12. Variables evaluadas en fase de invernadero y campo.

Variables
Vigor *
Días a floración*
Ciclo vegetativo (días)*
Macollos por planta*
Panículas por planta*
Longitud y ancho de la hoja bandera (cm)*
Longitud de la raíz (cm)*
Altura de planta (cm)*
Longitud de la panícula (cm)*
Granos por panícula*
Esterilidad de panícula (%)*
Rendimiento de grano por planta (g)*
Biomasa fresca de la raíz (g)*
Biomasa seca de la raíz (g)*
Biomasa fresca de la parte aérea(g)*
Biomasa seca de la parte aérea (g)*
Contenido de clorofila

* Estas variables fueron descritas en el Objetivo 2.

3.3.5. Diseño Experimental

El experimento se estableció bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial 30 x 2 (A x B) y seis repeticiones. El factor A correspondió a los 30 genotipos de arroz (24 líneas F₅ de arroz, 5 parentales y una variedad comercial SFL-11); y el factor B a los tratamientos de salinidad: testigo 0.2 dS/m (agua normal) y 7.00 dS/m (nivel de salinidad ajustada con cloruro de sodio - NaCl). La unidad experimental constó de una caja con 6 plantas.

Las variables evaluadas fueron sometidas al análisis de variancia y la prueba de Tukey al 95 % de probabilidad, para determinar las diferencias estadísticas entre las medidas de los tratamientos. Para el análisis estadístico se empleó el paquete InfoStat.

Se utilizó el siguiente modelo lineal: $\gamma_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha_i \beta_j + \varepsilon_{ijk}$; Donde: γ_{ijk} variable observada; μ = Media general; α_i = efecto de la i-ésima genotipos de arroz; β_j = efecto del j-ésima concentración de NaCl; $\alpha_i \beta_j$ = efecto de la interacción de la i-ésima genotipos de arroz por la j-ésima concentración de NaCl; ε_{ijk} = error asociado a las ij – ésimas unidades experimentales.

La distribución de grados de libertad para cada fuente de variación puede apreciarse en la **Tabla 13**.

Tabla 13: Análisis de varianza fase invernadero.

Fuente de variación	Grados de libertad (G.L)	
A (genotipos de arroz)	A – 1	29
B (Nivel de salinidad)	B – 1	1
Interacción etapas fenológicas x Nivel de Salinidad	(A – 1) (B – 1)	29
Error experimental	AB (R - 1)	300
Total	ABR – 1	359

a. Análisis de conglomerados y componentes principales

Se calcularon los coeficientes de variación, para descartar aquellas variables que carecen de poder discriminatorio, y se realizó el análisis de componentes principales, que pueden ser utilizados como variables de clasificación en el análisis de conglomerados, por el método de Ward y como medida de distancia euclidiana cuadrada y gráficas en un dendograma (Coronel de Redolfi y Ortuño 2015).

b. Análisis de la Variabilidad Relativa (%)

La variabilidad relativa (%), fue utilizada para la selección de las líneas con mejor rendimiento por planta. Se consideraron los valores más altos (arriba del promedio) del rendimiento por planta, y los valores más bajos (abajo del promedio) de la variabilidad relativa (%).

Fase 2. Evaluación de la tolerancia a sales de líneas avanzadas F₆

3.3.6 Ubicación del experimento

El experimento se instaló en condiciones de campo en el cantón San Jacinto de Yaguachi, provincia del Guayas. Esta zona presenta un clima tropical húmedo, con una temperatura que oscila entre los 24 y 26 °C, humedad relativa de 88 %, precipitación promedio anual de 1262 mm, con altura de 8 msnm y 990 horas de heliofanía de promedio anual (INAMHI 2019). En esta localidad predominan los suelos salinos por el uso de agua de riego con altas concentraciones de sales. Para el establecimiento del ensayo, se seleccionó un terreno con una conductividad eléctrica (CE) de 7.44 dS/m.

3.3.7. Material genético

Los materiales genéticos de este experimento fueron: 6 líneas avanzadas F₆ de arroz, líneas seleccionadas en las pruebas de invernadero en la Generación F₅, derivadas de cruces interespecíficos entre *Oryza sativa* L. ssp. japonica x *Oryza rufipogon* G., y los genotipos controles fueron 4 parentales y 2 variedades comerciales SFL-011 y Arenillas (**Tabla 14**).

Tabla 14: Detalles y códigos de poblaciones segregantes en F₆, parentales y variedad comercial.

Líneas	F ₆ Genotipos	Descripción
1	Puyón/JP002 P8-30552	Línea de cruces interespecífica
2	Puyón/JP002 P8-294930	Línea de cruces interespecífica
3	Puyón/JP003 P11-106716	Línea de cruces interespecífica
4	Puyón/JP003 P11-103115	Línea de cruces interespecífica
5	JP001/JP003 P1 * 11P 413	Cruces entre tipo Japónica
6	JP002/JP001 P * P 5P 1322	Cruces entre tipo Japónica
7	SFL-011	Cultivar comercial (control)
8	Arenillas	Cultivar comercial (control)
9	JP001	Línea parental
10	JP002	Línea parental
11	JP003	Línea parental
12	Puyón	Línea parental

Otros Equipos y Materiales

- Cinta métrica
- Bolsas de plástico
- Sacos de polipropileno,
- fertilizantes, herbicidas, pesticidas.
- Balanzas mecánica y electrónica.
- Etiquetas adhesivas.
- Bolsas de papel.
- Cuaderno de notas.
- Lapicero, lápiz.
- Conductímetro digital.
- Medidor de clorofila
- Equipo de Arado
- Rastra
- Mochila de fumigación
- Machetes
- Determinador de humedad
- Estufa
- Cámara fotográfica.

3.3.8. Metodología

a. Pre-germinación de semillas de arroz

Para el presente trabajo se utilizaron semillas F₆ y de testigos comerciales de arroz de muy alta calidad. Las semillas se remojaron por 24 horas, al cabo de ese tiempo se colocaron en fundas plásticas y se dejaron por 24 horas adicionales; estas semillas previamente identificadas fueron sembradas al voleo.

b. Preparación de terreno

Se ejecutó un primer pase de fanguado con la ayuda de maquinaria agrícola, se incorporó al terreno 136 kg/ha de DAP y se realizó el segundo pase de fanguado.

c. Trasplante de las plántulas en el sitio definido

Cuando las plántulas del semillero alcanzaron los 21 días de edad, se procedió a trasplantar dos plantas por sitio, a una distancia de 25 x 25 cm, y con una distancia de 1 m entre bloques de cada genotipo de arroz sembrado. El trasplante se realizó en los bloques de las tres repeticiones, cada repetición con un área de 2 m de largo x 3 m de ancho (6 m²), que suman un total de 216 m².

d. Riego

Durante la fase de cultivo, en campo definitivo, se dejó una lámina de agua de 10 cm.

e. Control de malezas

A los 6 dds, se aplicó un herbicida pre-emergente: Pendimethalin 100 g/L en dosis de 2 500 mL/ha, se utilizó 250 mL en 20 litros de agua. Cuando aparecieron las malezas en la plantación, fueron controladas manualmente (eliminando las malezas a mano o con la ayuda de un machete).

f. Fertilización

La fertilización se realizó de acuerdo con el análisis de suelo, para lo cual se aplicó 230 kg/ha de urea, 136 kg/ha de super fosfato triple, 160 kg/ha de sulfato de amonio y 58 kg/ha de sulfato de potasio.

Se realizaron tres aplicaciones de fertilizantes edáficos y dos foliares, la primera aplicación se realizó a los 15 días, utilizando una mezcla de tres fertilizantes (Urea y Sulfato de amonio), la dosis fue calculada de acuerdo con el área del bloque experimental (540 m²). Se aplicó 8.5 kg de Urea y 8.5 kg sulfato de amonio. La segunda aplicación se realizó a los 30 días empleando 3.2 kg de sulfato de potasio y la tercera aplicación se efectuó a los 45 días, utilizando 4.1 kg de Urea.

A los 22 y 47 días del cultivo, se aplicó el fertilizante Inorgánico Completo para darle mayor vigorosidad, en dosis de 1 500 mL/ha, la cantidad aplicada fue de 150 mL en 20 litros de agua.

g. Control de insectos plaga y enfermedades

Durante el ciclo de cultivo, se controló la mosca minadora de la hoja (*Hidrellia griseola*), sogata (*Tagosodes orizicolus*) y la novia del arroz (*Rupela albinella*). A los 22 días se realizó la aplicación de dos productos: Fipronil 200 g/L en dosis de 250 mL/ha, la dosis aplicada fue de 30 mL en 20 litros de agua; mezclado con Lambda Cyhalotrin 106 g/L + thiamethoxam 141 g/L en dosis de 300 mL/ha, la dosis aplicada fue de 30 mL en 20 litros de agua. A los 24 días del cultivo, se aplicó un fungicida a base de azufre 720 g/L en dosis de 1 L/ha, la dosis aplicada fue de 100 mL en 20 litros de agua.

A los 34 días del ciclo del cultivo, se aplicó como fungicida preventivo el fungicida sistémico de acción protectante, Azoxystrobin 250 g/L + Flutriafol 250 g/L en dosis de 160 mL/ha, la dosis aplicada fue de 16 mL en 20 litros de agua.

Por último, a los 41 días después de la siembra para el control de Sogata y Novia del arroz, se realizó la aplicación de Lambda Cyhalotrin 106 g/L + Thiamethoxam 141 g/L en dosis de 300 mL/ha, la dosis aplicada fue de 30 mL en 20 litros de agua. La aplicación de los pesticidas se efectuó mediante una bomba de mochila, asperjando el producto al área foliar del cultivo.

h. Cosecha de las semillas F₆

La cosecha de las plantas se realizó una vez que alcanzaron su madurez fisiológica. Se cosecharon las plantas de cada unidad experimental por separado. Las semillas cosechadas fueron colocadas en sobres de papel con la respectiva identificación del código de tratamiento, repetición y fecha de cosecha.

Para el almacenamiento, las semillas procedentes de cada tratamiento fueron colocadas en sobres de papel y se guardaron en el banco de germoplasma del Laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (UTB), sitio en donde se realizó el conteo de las semillas y posteriormente se realizó el peso de las semillas, utilizando una balanza de precisión. Luego, se colocaron en un medidor, marca John Deere SW5300, para determinar el porcentaje de humedad.

3.3.9. Variables evaluadas

Además de las variables antes descritas para las líneas avanzadas F₅, también se incluyeron las siguientes variables:

a. Número de hojas por planta

Se registró el número de hojas por planta. Esto se realizó a los 65 ddt.

b. Rendimiento del grano

Estuvo determinado por el peso del grano proveniente del área útil de cada tratamiento. El peso se ajustó al 14 % de humedad transformándose a kg/ha. Para uniformizar los pesos se empleó la fórmula:

$$Pu = \frac{Pa(100 - ha)}{(100 - hd)}$$

Donde:

Pu= peso uniformizado

Pa= peso actual

ha= humedad actual

hd=humedad deseada

3.3.10. Diseño Experimental

El experimento se estableció bajo un Diseño de Bloques Completamente al Azar con 12 tratamientos (genotipos) y 3 repeticiones.

Las variables evaluadas fueron sometidas al análisis de variancia y la prueba de Tukey al 95 % de probabilidad para determinar la diferencia estadísticas entre las medidas de los tratamientos. También se realizaron los análisis de componentes principales, análisis de conglomerados y variabilidad relativa (%).

La distribución de grados de libertad puede apreciarse en la **Tabla 15**.

Tabla 15: Análisis de varianza fase campo

Fuente de variación	Grados de libertad
Tratamiento	11
Repeticiones	2
Error experimental	24
Total	37

Las dimensiones del experimento se muestran a continuación:

Largo de la parcela	2 m
Ancho de la parcela	3 m
Área de la parcela	6 m ²
Área total del ensayo	512 m ²

Al igual que en la Fase 1, a más del análisis de variancia y la prueba de Tukey al 95 % también fueron realizados los siguientes análisis: el análisis de conglomerados, el análisis de componentes principales y el análisis de la variabilidad relativa (%). Este último permitió la selección de las líneas con mejor rendimiento por planta.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD DE DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE ARROZ, CON DIFERENTES NIVELES DE SALINIDAD EN LA ZONA DE YAGUACHI Y EN EL SECTOR DE CEDEGE.

4.1.1. Etapa 1. Evaluación de aspectos físicos - químicos de suelo y agua del sector arrocero de Yaguachi y CEDEGE

a. Análisis de suelo y textura

En la **Tabla 16**, se presenta la distribución de las diferentes clases texturales para las dos localidades determinadas en los 20 sitios de muestreo. La clase textural predominante en las muestras estudiadas es la arcillosa, que se presentó en el 70 % de los casos y en todas las profundidades de suelo estudiadas.

La textura es una propiedad física que define otras propiedades físicas del suelo, tales como la estructura, la densidad aparente, la macroporosidad y la retención de humedad, entre otras.

b. Macro y microelementos

En la **Tabla 17** se presenta los resultados respectivos en relación a los macroelementos: fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre. Se puede apreciar mayores valores en Yaguachi que en la zona de CEDEGE. Probablemente la menor altitud de Yaguachi favorece la acumulación de materiales finos arrastrados por las lluvias desde las zonas altas, y esos materiales se encuentran asociados a bases cambiables (Ca, K, Mg).

Con respecto al contenido de micro elementos en las zonas evaluadas, se observa una tendencia contraria a la señalada para los macro elementos, esto es, en el sector de CEDEGE los contenidos de Cu, Fe, Mn y B son mayores que en la zona de Yaguachi. Estos resultados están relacionados con la movilización de los microelementos metálicos (Cu, Mn, Zn, Fe,) los cuales se movilizan preferentemente a través del sistema orgánico en los suelos, mientras que los macro elementos (K, Ca, Mg), lo hacen a través del sistema inorgánico.

Tabla 16: Textura de suelos muestreados en el cultivo del arroz en San Jacinto de Yaguachi y CEDEGE.

CÓDIGO	SECTOR	TEXTURA DEL SUELO	% MO	% ARENA	% LIMO	% ARCILLA
P1	Yaguachi	Arcilloso	3.90	16	26	58
P2	Yaguachi	Arcilloso	2.42	14	26	60
P3	Yaguachi	Arcilloso	6.70	16	24	61
P4	Yaguachi	Arcilloso	3.01	12	48	40
P5	Yaguachi	Arcillo-Limoso	3.23	14	46	40
P6	Yaguachi	Arcilloso	2.46	18	33	49
P7	Yaguachi	Arcilloso	2.09	18	43	39
P8	Yaguachi	Arcillo-Limoso	4.08	14	45	41
P9	Yaguachi	Arcilloso	2.94	18	41	41
P10	Yaguachi	Arcilloso	4.37	12	34	54
P11	Babahoyo (CEDEGE)	Arcilloso	3.46	19	48	33
P12	Babahoyo (CEDEGE)	Arcillo-Limoso	3.08	20	50	30
P13	Babahoyo (CEDEGE)	Arcillo-Limoso	2.14	19	50	31
P14	Babahoyo (CEDEGE)	Arcilloso	2.44	21	48	31
P15	Babahoyo (CEDEGE)	Arcilloso	2.13	18	47	35
P16	Babahoyo (CEDEGE)	Arcillo-Limoso	2.73	16	50	34
P17	Babahoyo (CEDEGE)	Arcilloso	3.54	21	49	30
P18	Babahoyo (CEDEGE)	Arcillo-Limoso	2.14	19	50	31
P19	Babahoyo (CEDEGE)	Arcilloso	2.32	21	49	30
P20	Babahoyo (CEDEGE)	Arcilloso	3.4	19	49	32

Tabla 17: Macro y microelementos de suelos muestreados en el cultivo del arroz en San Jacinto de Yaguachi y CEDEGE.

CÓDIGO	SECTOR	MACROELEMENTOS					MICROELEMENTOS				
		mg/Kg (ppm)	meq/100g			mg/Kg (ppm)	mg/Kg (ppm)				
		P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Mn	B	Fe
P1	Yaguachi	4.21	0.416	19.0	16.0	7.24	4.55	9.78	51.6	0.69	32.6
P2	Yaguachi	6.98	0.488	19.1	20.3	7.45	1.11	10.3	12.2	0.58	9.9
P3	Yaguachi	7.78	0.388	18.5	12.9	6.34	2.31	21.8	44.4	0.91	34.1
P4	Yaguachi	10.2	0.22	14.9	4.5	7.90	3.20	10.12	21.1	0.98	193.0
P5	Yaguachi	16.4	0.13	16	5.78	7.21	3.30	16.8	140.3	1.13	174.4
P6	Yaguachi	13.9	0.751	20.1	16.4	12.20	1.74	8.08	19.8	0.82	8.3
P7	Yaguachi	37.5	0.19	14.33	3.35	7.90	3.10	12.2	140.0	0.98	253.3
P8	Yaguachi	24.98	0.37	20.29	11.4	7.21	3.70	10.7	94.0	0.87	14.2
P9	Yaguachi	97.3	1.58	23.01	12.7	7.81	15.80	10.7	94.0	1.32	14.2
P10	Yaguachi	3.00	0.284	15.9	10.3	12.90	1.02	25.0	128.5	0.38	89.2
P11	Babahoyo (CEDEGE)	24.67	0.19	16.11	3.8	6.90	3.40	13.1	169.2	1.01	190.5
P12	Babahoyo (CEDEGE)	11.73	0.15	12.85	4.18	7.65	2.40	21.3	247.4	0.96	404.2
P13	Babahoyo (CEDEGE)	30.2	0.12	18.39	3.22	6.45	2.30	11.9	81.4	1.05	86.6
P14	Babahoyo (CEDEGE)	14.5	0.15	15.65	5.15	5.83	2.10	17.6	92.4	0.98	168.2
P15	Babahoyo (CEDEGE)	10.08	0.17	15.69	5.14	5.70	1.90	12.2	144.8	0.90	123.1
P16	Babahoyo (CEDEGE)	11.7	0.1	15.8	4.67	6.71	3.10	9.7	78.2	0.97	81.7
P17	Babahoyo (CEDEGE)	3.9	0.09	18.09	5.41	6.41	1.40	20.9	94.5	1.00	116.2
P18	Babahoyo (CEDEGE)	25.2	0.12	18.22	3.22	6.45	3.30	12.5	82.0	1.05	85.3
P19	Babahoyo (CEDEGE)	6.6	0.12	15.62	5.93	5.62	1.40	15.7	167.9	1.07	122.9
P20	Babahoyo (CEDEGE)	4.42	0.15	20.45	9.85	8.31	1.90	23.6	93.7	1.24	31.5

c. pH y conductividad eléctrica

Los resultados se presentan en la **Tabla 18**, tomando en consideración los análisis del pH se puede apreciar que este varía de 5.32 a 7.51. Con respecto a la CE (dS/m) se aprecia un rango de 0.3 a 9.4; correspondiendo los valores más altos de CE al sector Yaguachi. Los suelos de esta última localidad son clasificados como salinos y fuertemente salinos causando efectos negativos en el comportamiento de los cultivos de arroz que se realizan en estos sitios.

Por otro lado, los suelos del sector de CEDEGE, tienen niveles de conductividad eléctrica que en ningún caso supera los 3 dS/m y son clasificados como ligeramente salinos y normales. En la Tabla 18, se presentan los resultados para el pH y conductividad medidos en las dos localidades.

Tabla 18: Valores de pH y CE de los suelos muestreados en el cultivo del arroz en San Jacinto de Yaguachi y CEDEGE.

CÓDIGO	SECTOR	pH	CE (dS/m)	Clasificación del suelo según FAO
P1	Yaguachi	6.53	9.3	Fuertemente salinos
P2	Yaguachi	7.51	5.0	Salinos
P3	Yaguachi	7.28	6.8	Salinos
P4	Yaguachi	6.92	5.4	Salinos
P5	Yaguachi	5.32	6.5	Salinos
P6	Yaguachi	7.20	7.0	Salinos
P7	Yaguachi	6.25	4.2	Salinos
P8	Yaguachi	6.94	9.4	Fuertemente salinos
P9	Yaguachi	7.02	9.2	Fuertemente salinos
P10	Yaguachi	7.49	7.4	Salinos
P11	Babahoyo (CEDEGE)	6.24	1.1	Normales
P12	Babahoyo (CEDEGE)	5.39	1.8	Normales
P13	Babahoyo (CEDEGE)	6.12	1.9	Normales
P14	Babahoyo (CEDEGE)	6	2.0	Normales
P15	Babahoyo (CEDEGE)	5.99	1.7	Normales
P16	Babahoyo (CEDEGE)	6.6	1.1	Normales
P17	Babahoyo (CEDEGE)	5.73	2.7	Ligeramente salinos
P18	Babahoyo (CEDEGE)	6.12	0.3	Normales
P19	Babahoyo (CEDEGE)	6.05	1.8	Normales
P20	Babahoyo (CEDEGE)	6.32	2.2	Ligeramente salinos

d. Compactación

En la **Tabla 19**, se presentan los resultados de la medición de la compactación (resistencia a la penetración) de la zona de Yaguachi y CEDEGE entre los 0 y 30 cm de profundidad del suelo.

Los valores de compactación en Yaguachi presentaron un rango de 180 a 300 Psi, es decir los suelos en general presentan un grado de compactación elevado, el cual tiene un efecto negativo en el desarrollo de las raíces.

En el caso de CEDEGE, los valores variaron de 120 a 180 Psi: estos valores indican que los suelos tienen en general menor grado de compactación, lo cual permite una mayor infiltración y exploración de raíces.

Tabla 19: Valores de compactación (Psi) de los suelos muestreados en el cultivo del arroz en San Jacinto de Yaguachi y CEDEGE

CÓDIGO	SECTOR	(Psi)	Condición
P1	Yaguachi	300	Malo para cultivo
P2	Yaguachi	200	Regular para el cultivo
P3	Yaguachi	230	Regular para el cultivo
P4	Yaguachi	200	Regular para el cultivo
P5	Yaguachi	230	Regular para el cultivo
P6	Yaguachi	260	Regular para el cultivo
P7	Yaguachi	180	Bueno para cultivo
P8	Yaguachi	250	Regular para el cultivo
P9	Yaguachi	270	Regular para el cultivo
P10	Yaguachi	230	Regular para el cultivo
P11	Babahoyo (CEDEGE)	150	Bueno para cultivo
P12	Babahoyo (CEDEGE)	160	Bueno para cultivo
P13	Babahoyo (CEDEGE)	150	Bueno para cultivo
P14	Babahoyo (CEDEGE)	150	Bueno para cultivo
P15	Babahoyo (CEDEGE)	150	Bueno para cultivo
P16	Babahoyo (CEDEGE)	120	Bueno para cultivo
P17	Babahoyo (CEDEGE)	200	Regular para el cultivo
P18	Babahoyo (CEDEGE)	100	Bueno para cultivo
P19	Babahoyo (CEDEGE)	150	Bueno para cultivo
P20	Babahoyo (CEDEGE)	180	Bueno para cultivo

e. Análisis en muestras de agua

Se puede apreciar en la zona de Yaguachi que el pH del agua varió de 6.9 a 8.2 y la conductividad eléctrica (CE) de 1.3 a 2.7 dS/m. De acuerdo con la escala de clasificación las aguas de esta zona, son consideradas como de medio a alto riesgo de salinidad (**Tabla 20**).

Tabla 20: Valores de pH y CE de las muestras de las aguas colectadas en el cultivo del arroz en San Jacinto de Yaguachi y CEDEGE.

CÓDIGO	Sector	pH	CE (dS/m)	Riesgo de salinidad
P1	Yaguachi	7.5	2.1	Alto
P2	Yaguachi	6.9	1.5	Medio
P3	Yaguachi	7.7	1.7	Alto
P4	Yaguachi	7.5	1.9	Alto
P5	Yaguachi	7.5	1.8	Alto
P6	Yaguachi	7.5	1.7	Alto
P7	Yaguachi	7.6	1.4	Medio
P8	Yaguachi	7.8	2.5	Alto
P9	Yaguachi	8.2	2.7	Alto
P10	Yaguachi	7.5	1.3	Medio
P11	Babahoyo (CEDEGE)	7.1	0.5	Bajo
P12	Babahoyo (CEDEGE)	7.2	0.2	Bajo
P13	Babahoyo (CEDEGE)	7.1	0.1	Bajo
P14	Babahoyo (CEDEGE)	7.2	0.5	Bajo
P15	Babahoyo (CEDEGE)	7.9	0.6	Bajo
P16	Babahoyo (CEDEGE)	6.6	0.2	Bajo
P17	Babahoyo (CEDEGE)	7.5	0.9	Medio
P18	Babahoyo (CEDEGE)	7.6	0.2	Bajo
P19	Babahoyo (CEDEGE)	7.5	0.3	Bajo
P20	Babahoyo (CEDEGE)	7.6	0.7	Bajo

Para la zona de CEDEGE el pH varió de 6.6 a 7.9 y la conductividad eléctrica (CE) de 0.2 a 0.9 dS/m. El agua de riego de estas zonas se clasifica como de bajo a medio riesgo de salinidad, con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable. Por lo que puede utilizarse para el riego siempre y con cierto grado de lavado. Las plantas moderadamente tolerantes a las sales pueden producir adecuadamente sin prácticas de control de salinidad.

En general de acuerdo con la clasificación de la FAO, el pH de las aguas muestreadas que llegan a las parcelas se encuentra dentro la amplitud normal (6.6-8.2) de neutro a moderadamente alcalino por lo que no es un factor limitante para el normal desarrollo de las plantas.

4.1.2. Etapa 2. Análisis de la sustentabilidad de dos sistemas de producción de arroz, uno en condiciones de salinidad en la zona de Yaguachi y otro sin problemas de salinización en el sector de CEDEGE

La sustentabilidad de la producción se puede lograr solo considerando el suelo, el agua y el cultivo, y como estos se vinculan con otros elementos del paisaje local y regional, el manejo agronómico y el tipo de agricultor y otros.

En base a lo señalado, se caracterizó las unidades agrícolas de las zonas de estudio para determinar las limitantes que influyen en la sustentabilidad. Los resultados de la caracterización se presentan a continuación

a. Dimensión Económica

Diversificación de la producción. El 42 % y 52 % de los productores de Yaguachi y CEDEGE; respectivamente, mantienen un sistema de monocultivo de arroz, lo que genera pérdidas de ingresos y la falta de diversidad de productos a ser utilizados para la alimentación y venta. Por otro lado, 33 y 34 % de productores de Yaguachi y CEDEGE, respectivamente, además de arroz, mantienen un sistema agrícola diversificado con otros cultivos como son: plátano, cacao, yuca que generalmente son para la alimentación del grupo familiar y una parte para la comercialización (**Figura 10**).

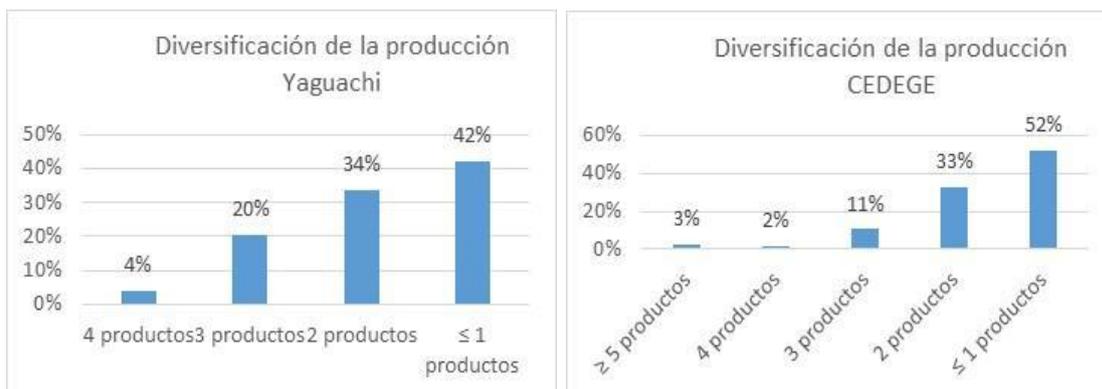


Figura 10. Diversificación Yaguachi y CEDEGE

Superficie de producción destinada al autoconsumo. En los sistemas arroceros de Yaguachi, 65 % de los propietarios destinan 5 ha para el cultivo de arroz, 17 % emplean 3 ha y 11 % destinan 4 ha. Mientras que para CEDEGE, existe un 63 % de productores con 5 ha de arroz, 19 % con 3 ha y 10 % con 4 ha.

Del total de la superficie, cada propietario, en Yaguachi destina de 0.2-0.4 ha para el autoconsumo lo cual representa el 60 %. Con un resultado similar se encuentran los productores de CEDEGE, los cuales dedican en un rango de 0.2-0.4 ha para su autoconsumo lo que representa un 59 % de la superficie.

Diversificación para la venta. Ofertan al mercado solo arroz, el 47 % de los productores de Yaguachi y el 59 % de CEDEGE. Estos resultados muestran que más de mitad del área es de monocultivo. Para el 55 % de los productores de arroz de Yaguachi y el 58 % de los productores de arroz de CEDEGE el ingreso neto mensual supera los 384 USD por mes (**Figura 11**).

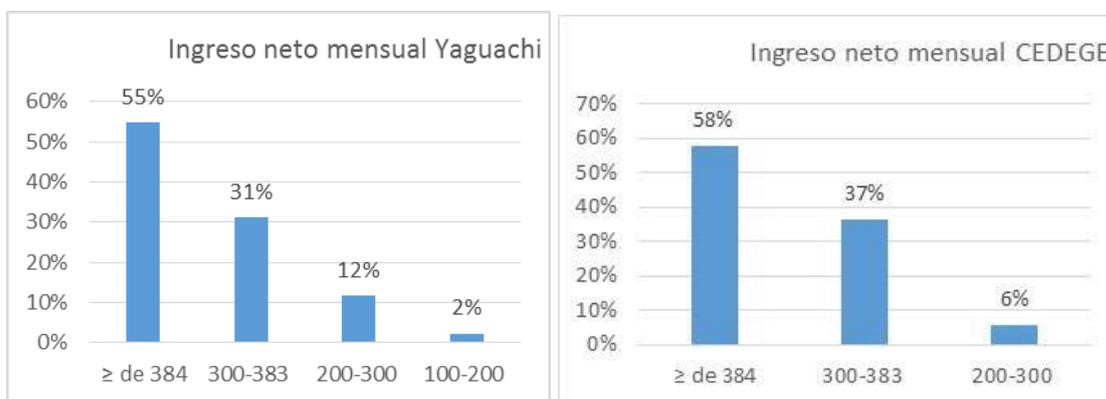


Figura 11. Ingresos Yaguachi y CEDEGE

Vías de comercialización. El 48 % de los arroceros de Yaguachi y un 60 % de los productores de CEDEGE utilizan un solo canal de comercialización.

Dependencia de insumos externos. El 56 % de los productores de Yaguachi y el 63 % de los arroceros de CEDEGE se consideran dependientes de insumos externos.

Productividad / área. En la zona de Yaguachi y CEDEGE, el 35 % y 39 % de los productores arroceros tienen rendimientos en el rango de 4-5 toneladas; respectivamente (Figura 12).

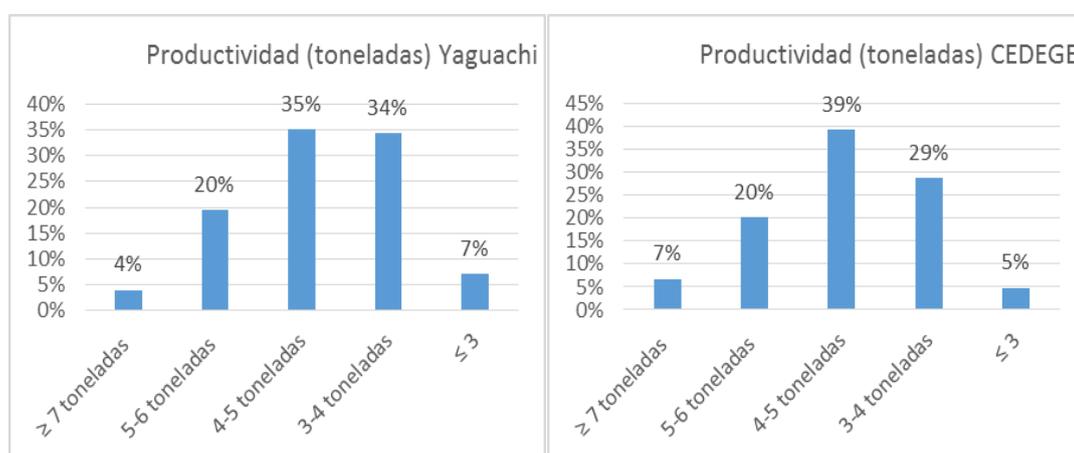


Figura 12. Producción Yaguachi y CEDEGE.

Acceso al crédito. El 70 % y el 66 % de los arroceros de Yaguachi y CEDEGE carecen de líneas de crédito. Los arroceros solo cuentan con 1 fuente de financiamiento informal más conocido en el medio como “fomento”, dicho servicio es brindado por dueños de piladoras o por comerciantes, el cual es proporcionado con la condición de su venta a la fuente financiadora (Figura 13).

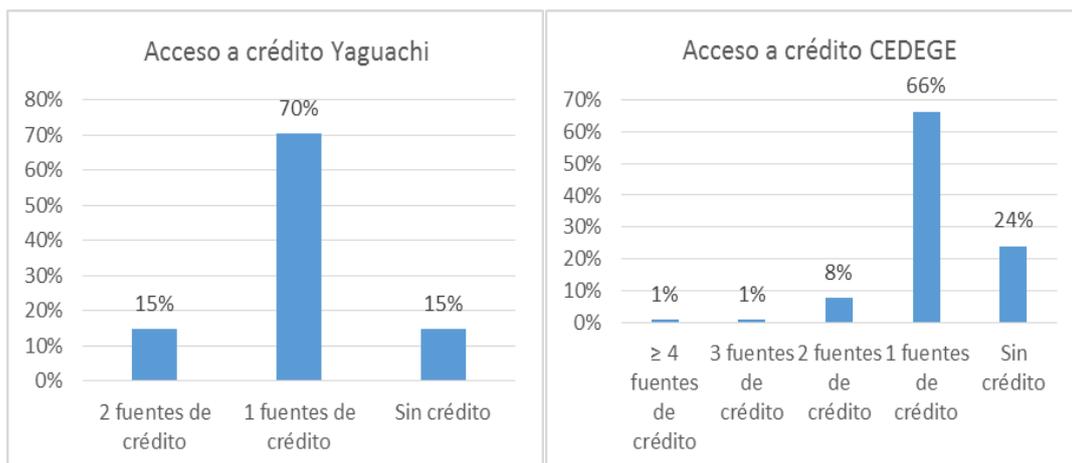


Figura 13. Crédito Yaguachi y CEDEGE.

b. Dimensión Ecológica

Manejo de la cobertura vegetal. El 90 % y el 48 % de los productores de Yaguachi y CEDEGE, respetivamente mantienen en promedio un 25 % de cobertura. La cobertura vegetal se realiza en el borde de los canales y en pequeñas áreas con cultivos como yuca, plátano, cacao.

Rotación de cultivos. El 36 % de los productores de Yaguachi, rotan cada 2 a 3 años con cultivos de ciclo corto, un 27 % rota todos los años, pero no deja descansar el suelo y un 18 % no realiza rotaciones. Por otro lado, en CEDEGE las proporciones son de 33 %, 22 % y 13 %; respetivamente.

Incidencia de plagas. El mayor porcentaje de productores en Yaguachi con un valor de 48 %, reconocen que el cultivo de arroz es afectado por plagas y enfermedades entre 30 - 40 %. Con un valor similar 55 % de los arroceros de CEDEGE señalan 30 a 40 % de daños por plagas en el arroz (**Figura 14**).

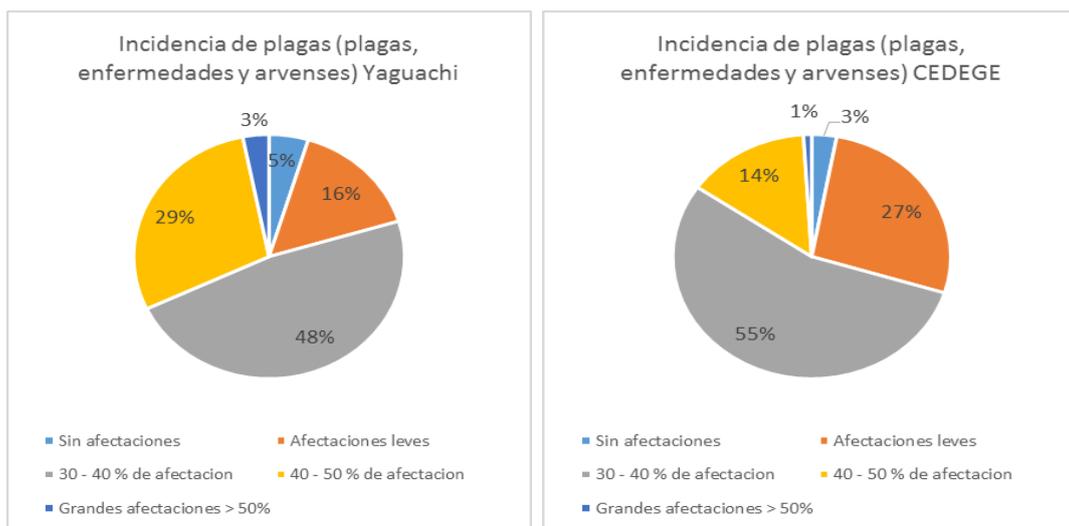


Figura 14. Plagas y enfermedades Yaguachi y CEDEGE.

Aplicación de Agroquímicos. El 62 % y 33 % de los productores de Yaguachi y CEDEGE realizan entre 8-9 aplicaciones de agroquímicos; respectivamente para controlar plagas en el cultivo de arroz (**Figura 15**).

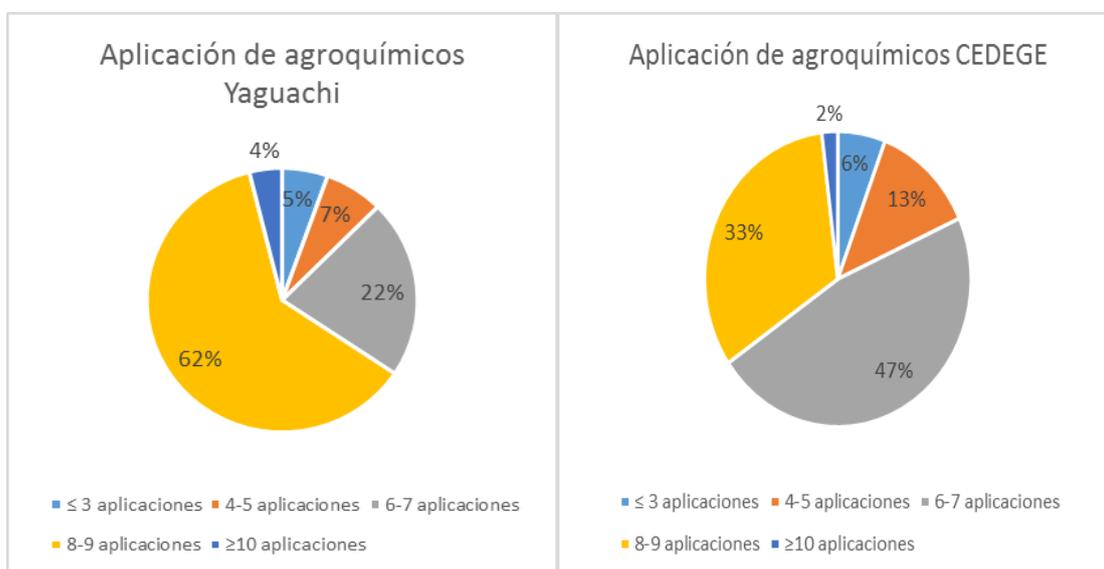


Figura 15. Aplicaciones Yaguachi y CEDEGE.

c. Dimensión sociocultural

Vivienda. El 79 % y el 59 % de los productores de Yaguachi y CEDEGE; respectivamente tienen viviendas con características buenas.

Acceso a la educación. Tienen acceso a colegios y capacitación el 37 y 39 % de los productores de Yaguachi y CEDEGE; respectivamente. Además, el 18 % y 23 % de productores de Yaguachi y CEDEGE cuentan con educación superior.

Acceso a salud y cobertura sanitaria. El 40 % y el 30 % de los productores de Yaguachi y CEDEGE cuentan con un centro sanitario con personal temporario medianamente equipado. Un 16 % y 13 % de encuestados en las dos zonas de estudio cuentan con un centro sanitario con médicos permanentes e infraestructura adecuada.

Servicios. Igualmente, en los dos sistemas analizados, Yaguachi y CEDEGE, para la variable de servicios básicos, el 72 % y el 71 % de los arroceros cuentan con instalación de luz y agua de pozo. Una minoría cuenta con instalación completa de agua, luz y teléfono cercano (5 y 7 %, respectivamente).

Aceptabilidad del sistema de producción. Del total de agricultores encuestados sobre el sistema de producción agrícola arrocera que realizan como medio de vida, el 48 % y el 43 % de Yaguachi y CEDEGE respectivamente, manifestaron estar satisfechos. En el mismo orden, el 12 % y el 26 % de los productores de las zonas de estudio señalaron no estar satisfechos y siguen en el sistema de producción de arroz por ser la única actividad que conocen.

Integración social. El 66 % y 54 % de los agricultores de Yaguachi y CEDEGE respectivamente; consideran muy alta la integración y relaciones con sus vecinos y otros agricultores.

Conocimiento y conciencia ecológica. Los porcentajes del grado de conocimientos y la conciencia ecológica de los agricultores se presentan en las **Figuras 16 y 17**. Se puede apreciar que el 8 % y el 16 % de los agricultores de Yaguachi y CEDEGE manifestaron tener conocimiento de ecología y sus fundamentos.

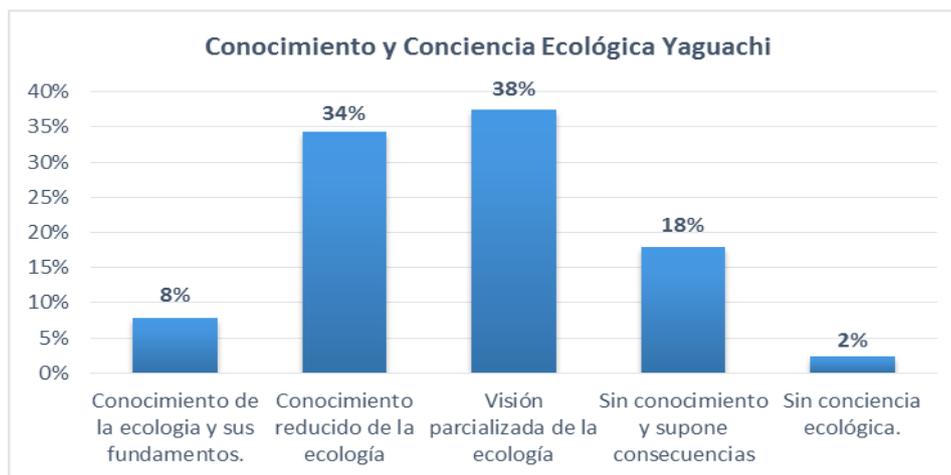


Figura 16. Conocimiento y Conciencia Ecológica Yaguachi.

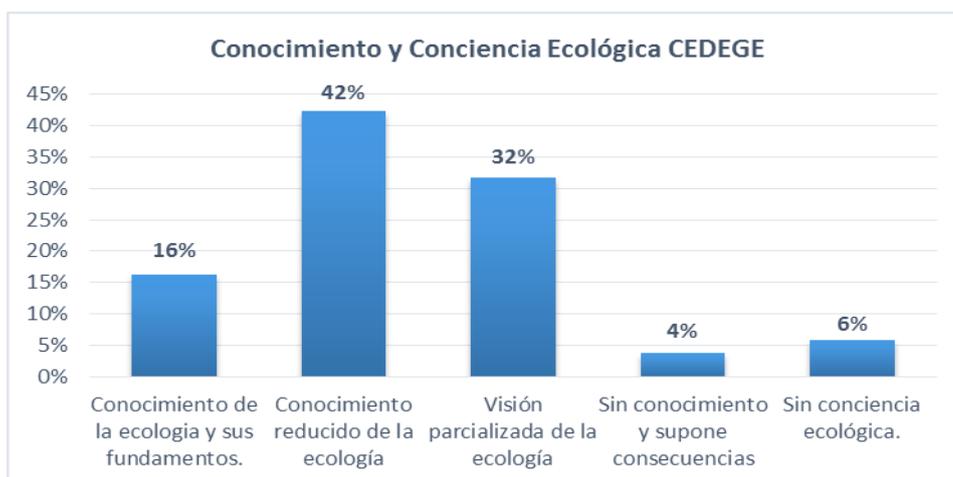


Figura 17. Conocimiento y Conciencia Ecológica CEDEGE.

d. Evaluación de la sustentabilidad

Las **Figuras 18 a 23**, muestran el resultado del análisis de la información obtenida de la investigación. Utilizando los indicadores y sub indicadores ya establecidos, se procedió a valorar según la escala propuesta a cada uno de ellos, empleando la fórmula respectiva para las dimensiones social, ecológica y económica, obteniendo los índices de sustentabilidad, graficados en esquemas tipo ameba donde se establecen los puntos críticos de sustentabilidad inferiores o iguales a 2 y los indicadores con sustentabilidad alta, igual o superior a 3:

A1	A2	B	C1	C2	C3	C4	C5	C6
0.86	1.01	3.38	0.74	0.77	1.53	3.34	1.79	1.00

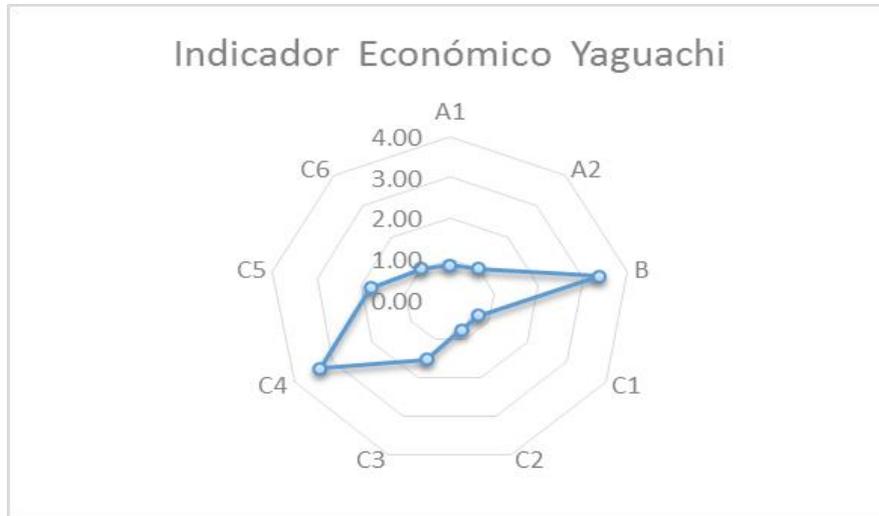


Figura 18. Indicador económico Yaguachi: 1.7

A1	A2	B	C1	C2	C3	C4	C5	C6
0.71	0.77	3.52	0.62	0.54	1.52	3.25	1.95	0.88

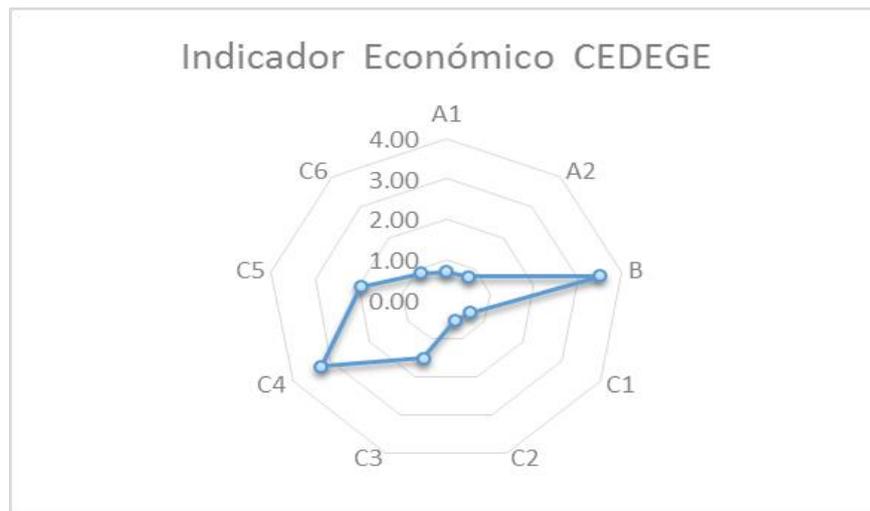


Figura 19. Indicador económico CEDEGE: 1.6

A1	A2	B	C1	C2	D1	D2	D3
0.13	1.83	0.86	1.90	1.48	0.20	2.70	1.20

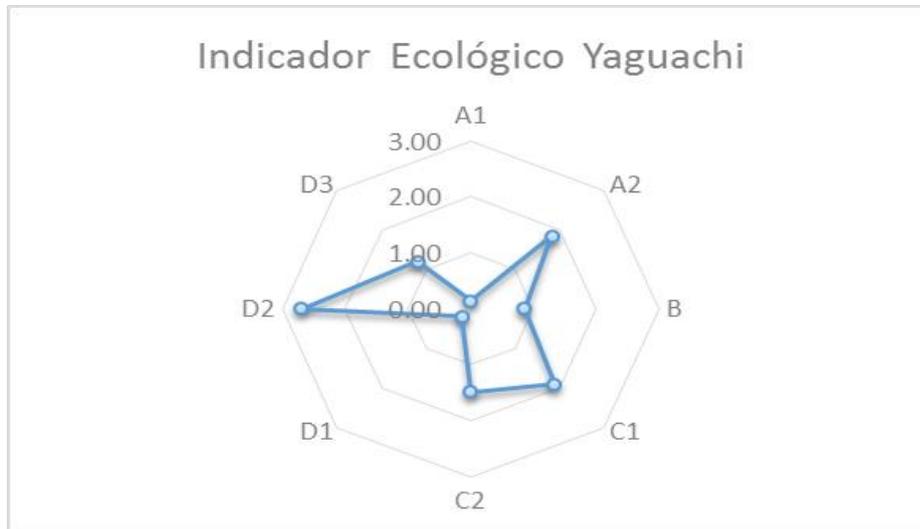


Figura 20. Indicador ecológico Yaguachi: 1.2

A1	A2	B	C1	C2	D1	D2	D3
0.71	1.64	1.22	2.16	1.88	3.70	4.00	2.80

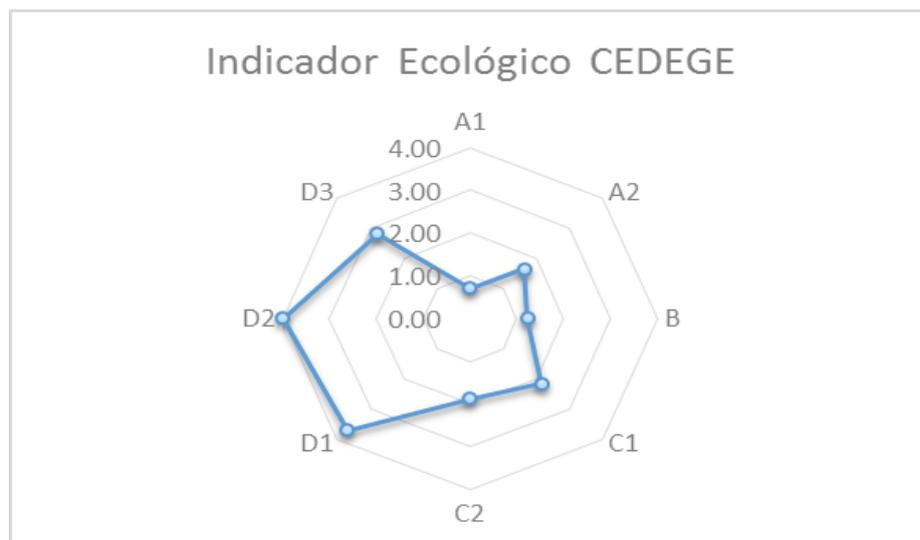


Figura 21. Indicador ecológico CEDEGE: 2.0

A1	A2	A3	A4	B	C	D
3.14	2.45	2.42	2.27	3.23	3.64	2.27

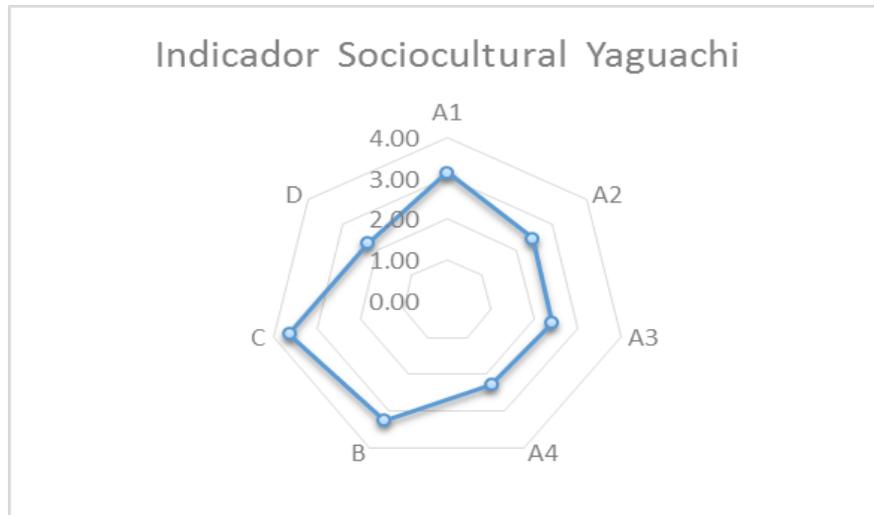


Figura 22. Indicador sociocultural Yaguachi: 2.9

A1	A2	A3	A4	B	C	D
2.86	2.51	1.95	2.32	2.90	3.47	2.60

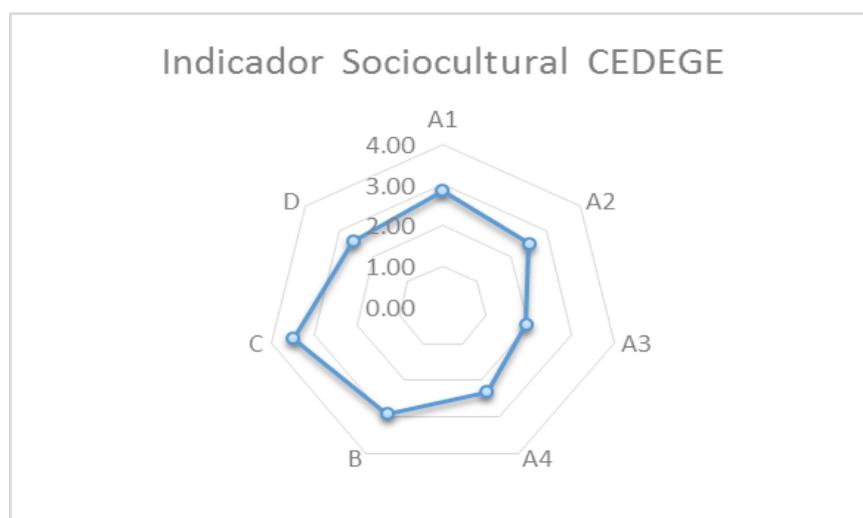


Figura 23. Indicador sociocultural CEDEGE: 2.8

El Índice de Sustentabilidad General de Yaguachi obtenido es 1.92, observando que los valores críticos de baja sustentabilidad económica con índices de 1 a 2 corresponden a los sub indicadores de diversificación de la producción, superficie de producción de autoconsumo, diversificación para la venta, canales de comercialización, dependencia de insumos externos y acceso a crédito (A1, A2, C1, C2, C3 y C6).

En el caso de los indicadores de la dimensión ecológica, a excepción del referido a nivel de salinidad en agua (D2), todos son críticos con valores menores a 2. En cuanto a la dimensión sociocultural, todos los valores son superiores a 2.

El Índice de Sustentabilidad General de CEDEGE obtenido es de 2.12 con similares valores bajos en los sub indicadores económicos, en cuanto a los valores críticos de baja sustentabilidad ecológica con valores de 1 a 2 corresponden a los sub indicadores: manejo de la cobertura vegetal, rotación de cultivos, biodiversidad espacial y aplicación de agroquímicos. Por otro lado, en la dimensión sociocultural, los sub indicadores con menor valor son el acceso a salud y cobertura sanitaria (A3).

Para considerar a una finca como sustentable el Índice de Sustentabilidad General (ISGen) debe ser mayor a 2 y, además; ninguna de las tres dimensiones evaluadas debe tener un valor menor a 2 (Sarandón *et al.* 2006).

En el caso de los sistemas arroceros evaluados de Yaguachi y CEDEGE, los dos sistemas alcanzan un (ISGen) de 1.92 y 2.12, respectivamente. Sin embargo, no se consideran sustentables, debido a que en los dos sistemas existen indicadores con valores menores a 2 (**Figuras 24 y 25**).

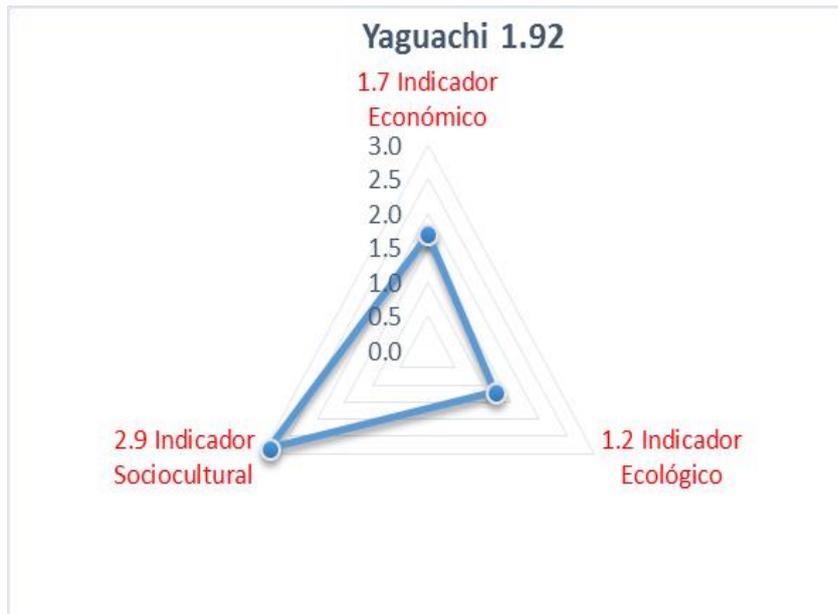


Figura 24. Valor de los indicadores económico, ecológico y sociocultural para la zona de Yaguachi.

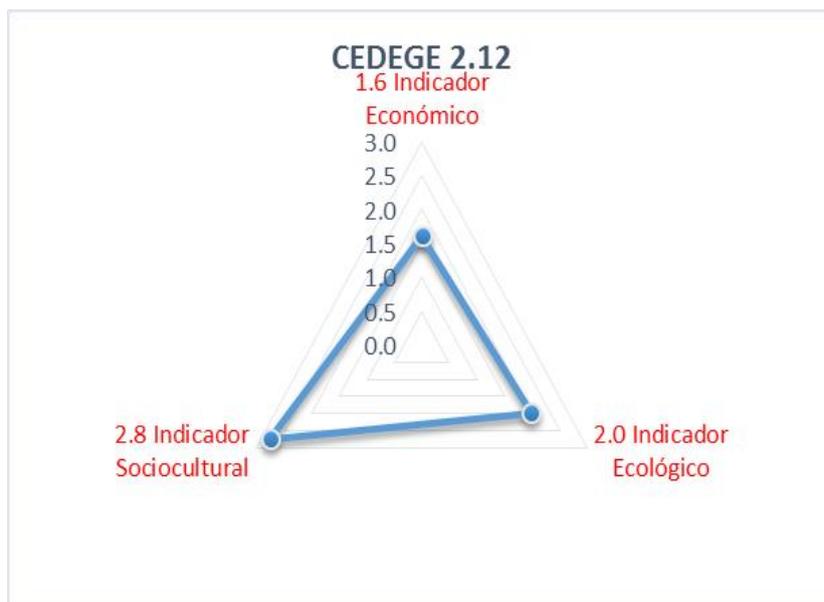


Figura 25. Valor de los indicadores económico, ecológico y sociocultural para la zona de CEDEGE.

4.1.3. Discusión

Los resultados obtenidos en la caracterización de los sistemas de producción arroceros en condiciones de ambientes con problemas de suelos salinizados (Yaguachi) y sin problemas de salinización (CEDEGE) muestran que el sistema de producción arrocero sin salinidad es más sustentable; considerando los valores del Índice de Sustentabilidad General (ISGen) de

1.92 y 2.12, respectivamente. Sin embargo, no se consideran sustentables, debido a que en los dos sistemas existen indicadores con valores menores a 2; de acuerdo con lo señalado por Sarandón *et al.* (2006).

La metodología utilizada resultó útil para determinar la sustentabilidad en sus tres dimensiones socio-económicas y ambientales. El uso de indicadores multidimensionales y el abordaje holístico contribuyó a dar una mirada integral de estos sistemas, e identificar a aquellos indicadores que hacen menos sustentables los sistemas arroceros de las provincias del Guayas y Los Ríos del Ecuador.

Estos resultados concuerdan con lo informado por Sanjinez (2019), quien en su investigación determinó que, la mayoría de las unidades agrícolas de arroz, en los tres sistemas de producción evaluados en Tumbes Perú, no fueron sustentables por un indicador ecológico (IE) con un valor menor a 2 y con valores mayores a 2 para los indicadores económicos (IK) y sociocultural (ISC).

Los suelos afectados por salinidad contienen concentraciones excesivas de sales solubles, y/o sodio intercambiable, que restringen o anulan el crecimiento de los vegetales, y el rendimiento económico de los cultivos o praderas. Los problemas de salinidad de suelos son consecuencia de la acumulación de sales en sectores donde el régimen de humedad del suelo se caracteriza por fuertes pérdidas de agua por evapotranspiración y por reducida lixiviación de sales remanentes. Los problemas de sodicidad aparecen como una consecuencia de cambios en la composición y concentración de dichas sales, con cambios en el equilibrio de cationes intercambiables, que conduce a una relativamente alta acumulación de sodio intercambiable. La salinización y alcalinización están influenciadas por el balance de agua y sales siendo sus orígenes naturales o antrópicos (Imbellone *et al.* 2010).

En la zona de Yaguachi según los análisis de pH, se pudo apreciar que los valores fueron de 5.32 a 7.51. Con respecto a la conductividad eléctrica (CE en dS/m) se aprecia un rango de 0.3 a 9.4, siendo estos los valores más altos de CE. Los suelos de esta localidad son clasificados como salinos y fuertemente salinos causando efectos negativos en el comportamiento de los cultivos de arroz que se realizan en estos sitios. Estos suelos se caracterizan por un pH de carácter alcalino, con contenido sódico elevado (psi > 30 %; psi: libras por pagada cuadrada) (Briones *et al.*, 2010).

Los suelos salino sódicos tienen características intermedias entre suelos salinos y sódicos. Son similares a los suelos salinos, pues contienen apreciables niveles de sales solubles neutras, esto se evidencia en la conductividad eléctrica (CE) superior a 4 dS/m. Pero a su vez tienen un porcentaje de sodio intercambiable alto, (superior a 15) y valores altos de RAS. Según investigaciones de Barriga (2003), el 81% de suelos con problemas de salinización en el sector de Yaguachi, corresponden a suelos salinos, 12% a sódicos y 8% a salinos-sódicos.

Los valores de compactación en Yaguachi, entre los 0 y 30 cm de profundidad del suelo presentaron un rango de 180 a 300 psi; es decir, los suelos en general presentan un grado de compactación elevado, el cual tiene un efecto negativo en el desarrollo de las raíces. El riego, la mecanización, la aplicación de fertilizantes y otras actividades mal balanceadas, es la causa fundamental de la degradación física, manifestadas en compactación, erosión y mal drenaje del suelo (Martínez *et al.* 2019).

En Yaguachi el pH del agua varió de 6.4 a 7.16 y la CE de 2.09 a 3.52 dS/m. En general, de acuerdo a la clasificación de la FAO (1997), el pH de las aguas muestreadas que llegan a las parcelas se encuentra dentro la amplitud normal (6.6 – 8.2) de neutro a moderadamente alcalino por lo que no es un factor limitante para el normal desarrollo de las plantas.

El mal uso del suelo y agua, por una población en crecimiento y desarrollo, la limitada investigación y las aplicaciones empíricas de prácticas de conservación de suelo y agua, son las principales causas de catástrofes, incluso más de las atribuidas al cambio climático. Debido a esto, las consecuencias de la degradación de suelos y su mal manejo tienen similar trascendencia negativa que las del calentamiento global, pérdida de biodiversidad y otros procesos interrelacionados (Pla Sentis 2006a).

Vázquez *et al.* (2017), Vázquez y Zulaica (2013), sugieren realizar un análisis más profundo de los sistemas de producción y que nuevas investigaciones del riesgo de erosión de suelos, impactos sobre el ecosistema, balances de nutrientes, riesgo de contaminación por agroquímicos y pérdida de servicios ecosistémicos podrían complementar un mayor conocimiento de la realidad agrícola.

4.2. IDENTIFICACIÓN DEL ESTADO FENOLÓGICO EN EL CUAL EL CULTIVO DE ARROZ ES MÁS SUSCEPTIBLE AL ESTRÉS SALINO, MEDIDO EN SU EFECTO EN LOS COMPONENTES AGRONÓMICOS Y RENDIMIENTO

En la **Tabla 21**, el análisis de varianza para vigor de planta, altura de planta, N° de macollos y longitud de raíces registró diferencias altamente significativas para los factores: etapa fenológica (<0.0001), nivel de salinidad (<0.0001) e interacciones (<0.0001). El coeficiente de variación para vigor de planta, altura de planta, N° de macollos y longitud de raíces fue de 6.3 %, 2.3 %, 4.2 % y 6.7 %; respectivamente.

El análisis de varianza para días a la floración, días a la madurez y esterilidad de panícula muestra que existe diferencias significativas para para los factores: etapa fenológica (<0.0001), nivel de salinidad (<0.0001) e interacciones (<0.0001) solo para esterilidad de panícula. El coeficiente de variación para días a la floración, días a la madurez y esterilidad de panícula fue de 0.2 %, 0.1 % y 16.1 %; respectivamente (**Tabla 22**).

En la **Tabla 23**, se presentan los resultados del análisis de varianza para longitud de panícula, N° de granos por panícula y para peso de granos de la panícula; según los resultados se observa significación para los factores: etapa fenológica (<0.0001), nivel de salinidad (<0.0001) e interacciones (<0.0001) para las tres variables. El coeficiente de variación para longitud de panícula, N° de granos por panícula y para peso de granos de la panícula fue 6.6 %, 5.9 % y 6.2 %; respectivamente.

Los resultados del análisis de varianza de biomasa fresca de la raíz, biomasa seca de raíz, biomasa fresca de la parte aérea y biomasa seca de la parte aérea. Se registró diferencias altamente significativas para los factores: etapa fenológica (<0.0001), nivel de salinidad (<0.0001) e interacciones (<0.0001) para biomasa fresca de la raíz y biomasa seca de raíz. Por otro lado, se observó diferencias altamente significativas para etapa fenológica (<0.0001), nivel de salinidad (<0.0001) y no significativa para interacciones (0.1012) en la variable biomasa fresca de parte aérea. Respecto a biomasa seca de la parte aérea; se aprecia diferencias significativas para el factor nivel de salinidad (<0.0001) y no significativo para etapa fenológica (0.0002) e interacciones (0.0834). El coeficiente de variación de biomasa fresca de la raíz, biomasa seca de raíz, biomasa fresca de la parte aérea y biomasa seca de la parte aérea fue 5.7 %, 5.2, 9.3 % y 15.1 % (**Tabla 24**).

Tabla 21: Valores medios y pruebas de significación Tukey ($\alpha= 0.05$) de vigor de planta, altura de planta (cm), N° de macollos y longitud radicular (cm) de tratamientos salinos en fases fenológicas de la variedad INIAP-14, en diferentes niveles de estrés salino.

Factor A	Factor B	Vigor de planta		Altura de planta (cm)		# de macollos		Longitud radicular (cm)	
Etapa Fenológica	Nivel de Salinidad (dS/m)								
Germinación		4.7	c	49.5	d	15.2	d	20.2	c
Plántula		4.3	b	54.8	c	15.7	d	21.2	c
Macollamiento		4.3	b	54.6	c	17.3	c	24.0	b
Crecimiento de tallo		4.3	b	61.4	b	17.5	c	24.2	a b
Primordio floral		3.0	a	68.9	a	17.8	b c	24.6	a b
Embuchamiento		3.0	a	69.2	a	18.9	a	25.6	a b
Floración		3.0	a	70.0	a	18.7	a b	25.6	a b
Estado lechoso		3.0	a	69.3	a	19.2	a	26.3	a
	0.2	1.0	a	75.8	a	20.8	a	29.0	a
	3.5	4.0	b	61.3	b	17.9	b	24.6	b
	7.0	6.1	c	49.6	c	13.9	c	18.2	c
Germinación	0.2	1.0	a	75.8	a	20.8	a	29.0	a
Germinación	3.5	5.0	c	49.5	e f	14.5	g h i	21.2	e f g
Germinación	7.0	8.0	e	23.1	h	10.3	i	10.4	h
Plántula	0.2	1.0	a	75.8	a	20.8	a	29.0	a
Plántula	3.5	5.0	c	52.9	e	15.0	f g h	23.3	c d e f g
Plántula	7.0	7.0	d	35.8	g	11.3	j k	11.2	h
Macollamiento	0.2	1.0	a	75.8	a	20.8	a	29.0	a
Macollamiento	3.5	5.0	c	50.6	e f	18.2	b c d e	23.6	b c d e f g
Macollamiento	7.0	7.0	d	37.6	g	12.9	i j k	19.3	g
Crecimiento de tallo	0.2	1.0	a	75.8	a	20.8	a	29.0	a
Crecimiento de tallo	3.5	5.0	c	60.0	d	18.5	b c d	24.1	b c d e f
Crecimiento de tallo	7.0	7.0	d	48.4	f	13.3	h i	19.5	g
Primordio floral	0.2	1.0	a	75.8	a	20.8	a	29.0	a

<< Continuación. >>

Factor A	Factor B	Vigor de planta		Altura de planta (cm)		# de macollos		Longitud radicular (cm)	
Etapa Fenológica	Nivel de Salinidad (dS/m)								
Primordio floral	3.5	3.0	b	68.9	b	19.0	a b c	24.7	b c d e
Primordio floral	7.0	5.0	c	62.2	c d	13.7	h i	19.9	f g
Embuchamiento	0.2	1.0	a	75.8	a	20.8	a	29.0	a
Embuchamiento	3.5	3.0	b	68.6	b	19.2	a b	25.9	a b c d
Embuchamiento	7.0	5.0	c	63.2	c d	16.6	d e f	21.9	d e f g
Floración	0.2	1.0	a	75.8	a	20.8	a	29.0	a
Floración	3.5	3.0	b	70.5	b	18.9	a b c	26.6	a b c
Floración	7.0	5.0	c	63.8	c	16.4	e f g	21.1	e f g
Estado lechoso	0.2	1.0	a	75.8	a	20.8	a	29.0	a
Estado lechoso	3.5	3.0	b	69.3	b	19.5	a b	27.8	a b
Estado lechoso	7.0	5.0	c	62.9	c d	17.1	c d e	22.0	d e f g
Promedio General		3.7		62.2		17.5		24.0	
Significancia	Factor a		**		**		**		**
	Factor b		**		**		**		**
	Interacciones		**		**		**		**
Coeficiente de variación									
%		6.4		2.3		4.2		6.7	

Medias con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($p > 0,05$)

** : altamente significativo

Tabla 22: Valores medios y pruebas de significación Tukey ($\alpha= 0.05$) de días de floración, días a la maduración, esterilidad de panícula (%) de tratamientos salinos en fases fenológicas de la variedad INIAP-14, en diferentes niveles de estrés salino.

Factor A	Factor B	Días de floración		Días a la maduración (días)		Esterilidad de panícula (%)	
Etapa Fenológica	Nivel de Salinidad (dS/m)						
Germinación		67.7	a	109.7	a	31.7	d
Plántula		69.3	b	110.3	b	30.1	d
Macollamiento		71.0	c	112.3	c	22.8	c
Crecimiento de tallo		71.0	c	114.0	d	17.8	b
Primordio floral		71.0	c	114.0	d	14.2	a b
Embuchamiento		71.0	c	114.0	d	12.8	a
Floración		71.0	c	114.0	d	12.0	a
Estado lechoso		71.0	c	114.0	d	10.3	a
	0.2	71.0	c	114.0	c	10.1	a
	3.5	70.4	b	112.6	b	17.6	b
	7.0	69.8	a	111.8	a	29.2	c
Germinación	0.2	71.0	b	114.0	d	10.1	a
Germinación	3.5	66.0	a	108.0	b	26.3	f
Germinación	7.0	66.0	a	107.0	a	58.8	h
Plántula	0.2	71.0	b	114.0	d	10.1	a
Plántula	3.5	71.0	b	109.0	c	25.5	e f
Plántula	7.0	66.0	a	108.0	b	54.6	h
Macollamiento	0.2	71.0	b	114.0	d	10.1	a
Macollamiento	3.5	71.0	b	114.0	d	21.1	c d e f
Macollamiento	7.0	71.0	b	109.0	c	37.4	g
Crecimiento de tallo	0.2	71.0	b	114.0	d	10.1	a
Crecimiento de tallo	3.5	71.0	b	114.0	d	19.0	b c d e f
Crecimiento de tallo	7.0	71.0	b	114.0	d	24.2	d e f
Primordio floral	0.2	71.0	b	114.0	d	10.1	a

<< Continuación.>>

Factor A	Factor B	Días de floración		Días a la maduración (días)		Esterilidad de panícula (%)	
Etapa Fenológica	Nivel de Salinidad (dS/m)						
Primordio floral	3.5	71.0	b	114.0	d	14.7	a b c
Primordio floral	7.0	71.0	b	114.0	d	17.7	a b c d e
Embuchamiento	0.2	71.0	b	114.0	d	10.1	a
Embuchamiento	3.5	71.0	b	114.0	d	12.1	a b
Embuchamiento	7.0	71.0	b	114.0	d	16.3	a b c d
Floración	0.2	71.0	b	114.0	d	10.1	a
Floración	3.5	71.0	b	114.0	d	11.8	a b
Floración	7.0	71.0	b	114.0	d	14.3	a b c
Estado lechoso	0.2	71.0	b	114.0	d	10.1	a
Estado lechoso	3.5	71.0	b	114.0	d	10.3	a
Estado lechoso	7.0	71.0	b	114.0	d	10.6	a
Promedio general		70.4		112.8		19.0	
Significancia	Factor a		ns		ns		**
	Factor b		ns		ns		**
	Interacciones		ns		ns		**
Coeficiente de variación %			0.2		0.1		16.1

Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($p > 0,05$)

** : altamente significativo

Tabla 23: Valores medios y pruebas de significación Tukey ($\alpha= 0.05$) de longitud de panícula (cm), N° de granos por panícula, peso de granos por panícula (g) de tratamientos salinos en fases fenológicas de la variedad INIAP-14, en diferentes niveles de estrés salino

Factor A	Factor B	Longitud de panícula (cm)		N° de granos por panícula		Peso de granos por panícula (g)	
Etapas Fenológicas	Nivel de Salinidad (dS/m)						
Germinación		17.7	b	98.7	c	1.3	c
Plántula		18.6	b	103.8	c	1.3	c
Macollamiento		21.9	a	115.4	b	1.5	b
Crecimiento de tallo		22.4	a	120.2	a b	1.5	b
Primordio floral		22.6	a	123.3	a b	1.6	a b
Embuchamiento		22.8	a	125.3	a	1.6	b
Floración		23.0	a	126.9	a	1.6	a b
Estado lechoso		23.7	a	128.5	a	1.7	a
	0.2	25.4	a	140.3	a	1.8	a
	3.5	22.9	b	123.1	b	1.5	b
	7.0	16.5	c	89.9	c	1.3	c
Germinación	0.2	25.4	a	140.3	a	1.8	a
Germinación	3.5	19.7	b c d e	100.7	e f g	1.2	d
Germinación	7.0	8.0	f	55.1	h	0.8	e
Plántula	0.2	25.4	a	140.3	a	1.8	a
Plántula	3.5	22.3	a b c d	107.3	d e f g	1.4	b c d
Plántula	7.0	8.0	f	63.8	h	0.8	e
Macollamiento	0.2	25.4	a	140.3	a	1.8	a
Macollamiento	3.5	22.1	a b c d	115.8	b c d e	1.4	b c
Macollamiento	7.0	18.2	e	89.9	g	1.3	c d
Crecimiento de tallo	0.2	25.4	a	140.3	a	1.8	a
Crecimiento de tallo	3.5	22.9	a b c	125.8	a b c d	1.5	a b c
Crecimiento de tallo	7.0	18.9	d e	94.6	f g	1.3	c d
Primordio floral	0.2	25.4	a	140.3	a	1.8	a

<< Continuación >>

Factor A	Factor B	Longitud de panícula (cm)	N° de granos por panícula	Peso de granos por panícula (g)			
Etapa Fenológica	Nivel de Salinidad (dS/m)						
Primordio floral	3.5	23.0	a b c	127.7	a b c	1.5	a b c
Primordio floral	7.0	19.5	c d e	101.8	e f g	1.4	c d
Embuchamiento	0.2	25.4	a	140.3	a	1.8	a
Embuchamiento	3.5	23.4	a b	136.9	a	1.5	b c
Embuchamiento	7.0	19.4	c d e	98.8	e f g	1.4	b c d
Floración	0.2	25.4	a	140.3	a	1.8	a
Floración	3.5	23.9	a	130.3	a b	1.5	b c
Floración	7.0	19.7	b c d e	110.2	c d e f	1.5	b c
Estado lechoso	0.2	25.4	a	140.3	a	1.8	a
Estado lechoso	3.5	25.7	a	140.2	a	1.6	a b
Estado lechoso	7.0	20.0	b c d e	105.0	e f g	1.6	a b
Promedio general			21.6		117.8		1.5
	Factor a		**		**		**
Significancia	Factor b		**		**		**
	Interacciones		**		**		**
Coeficiente de variación %			6.6		5.9		6.2

Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($p > 0,05$)

** : altamente significativo

Tabla 24: Valores medios y pruebas de significación Tukey ($\alpha= 0.05$) de biomasa fresca de la raíz (g), biomasa seca de la raíz (g), biomasa fresca de la parte aérea (g), biomasa seca de la parte aérea (g) de tratamientos salinos en fases fenológicas de la variedad INIAP-14, en diferentes niveles de estrés salino.

Factor A	Factor B	Biomasa fresca de la raíz (g)		Biomasa seca de la raíz (g)		Biomasa fresca de la parte aérea (g)		Biomasa seca de la parte aérea (g)	
Etapa Fenológica	Nivel de Salinidad (dS/m)								
Germinación		20.3	f	6.1	c	58.0	b	21.0	b
Plántula		20.9	e f	6.2	c	63.9	a b	21.9	b
Macollamiento		22.0	d e	6.7	b	64.1	a b	23.1	a b
Crecimiento de tallo		23.1	c d	6.9	a b	66.6	a	24.3	a b
Primordio floral		24.1	b c	7.0	a b	67.8	a	25.1	a b
Embuchamiento		23.9	b c	7.0	a b	69.0	a	25.4	a b
Floración		25.0	a b	7.1	a b	68.7	a	27.0	a
Estado lechoso		25.9	a	7.3	a	71.5	a	27.7	a
	0.2	28.3	a	8.0	a	80.5	a	29.0	a
	3.5	23.6	b	6.9	b	69.0	b	26.1	b
	7.0	17.5	c	5.4	c	49.1	c	18.2	c
Germinación	0.2	28.3	a	8.0	a	80.5	a	29.0	a
Germinación	3.5	19.9	e f g	6.1	e f g h	54.8	c d e	21.0	a b c d e
Germinación	7.0	12.7	j	4.2	i	38.8	f	13.1	e
Plántula	0.2	28.3	a	8.0	a	80.5	a	29.0	a
Plántula	3.5	20.2	e f g	6.5	c d e f g	63.8	b c d e	21.8	a b c d e
Plántula	7.0	14.3	i j	4.3	i	47.4	e f	14.9	d e
Macollamiento	0.2	28.3	a	8.0	a	80.5	a	29.0	a
Macollamiento	3.5	22.4	c d e	6.8	b c d e f	65.2	a b c d	24.3	a b c d
Macollamiento	7.0	15.2	h i j	5.4	h	46.5	f	15.9	c d e
Crecimiento de tallo	0.2	28.3	a	8.0	a	80.5	a	29.0	a

<< Continuación.>>

Factor A	Factor B	Biomasa fresca de la raíz (g)		Biomasa seca de la raíz (g)		Biomasa fresca de la parte aérea (g)		Biomasa seca de la parte aérea (g)	
Etapa Fenológica	Nivel de Salinidad (dS/m)								
Crecimiento de tallo	3.5	23.9	b c d	7.0	a b c d e	69.1	a b c	27.3	a b
Crecimiento de tallo	7.0	17.3	g h i	5.7	g h	50.0	d e f	16.7	c d e
Primordio floral	0.2	28.3	a	8.0	a	80.5	a	29.0	a
Primordio floral	3.5	25.1	a b c	7.1	a b c d	72.2	a b	27.7	a b
Primordio floral	7.0	18.9	f g	5.8	g h	50.6	d e f	18.7	b c d e
Embuchamiento	0.2	28.3	a	8.0	a	80.5	a	29.0	a
Embuchamiento	3.5	25.0	a b c	7.1	a b c d	73.9	a b	28.9	a
Embuchamiento	7.0	18.3	f g h	5.9	f g h	52.7	c d e f	18.1	b c d e
Floración	0.2	28.3	a	8.0	a	80.5	a	29.0	a
Floración	3.5	25.7	a b c	7.4	a b c	73.9	a b	29.1	a
Floración	7.0	21.1	d e f	6.0	f g h	51.6	d e f	22.8	a b c d e
Estado lechoso	0.2	28.3	a	8.0	a	80.5	a	29.0	a
Estado lechoso	3.5	26.9	a b	7.6	a b	79.1	a b	28.7	a
Estado lechoso	7.0	22.7	c d e	6.3	d e f g h	54.8	c d e f	25.5	a b c
Promedio general		23.2		6.8		66.2		24.4	
	Factor a		**		**		**		**
Significancia	Factor b		**		**		**		**
	Interacciones		**		**		**		**
Coeficiente de variación %		5.7		5.2		9.3		15.1	

Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($p > 0,05$)

** : altamente significativo

En la **Tabla 25**, se reportan el análisis de varianza para contenido de clorofila a los 30, 45, 60 y 75 días; según los resultados se registró diferencias altamente significativas a los 30 y 45 días, para los factores etapa fenológica (<0.0001), nivel de salinidad (<0.0001) y no significativa para interacciones con 0.0112 y 0.0001 respectivamente. En cuanto a los 60 días, se registró diferencias altamente significativas para el factor nivel de salinidad (<0.0001) y no significativa para etapa fenológica (0.0015) e interacciones 0.0335). Para la variable clorofila a los 75 días, se registró diferencias altamente significativas para los factores: etapa fenológica (<0.0001), nivel de salinidad (<0.0001) y no significativa para el factor interacciones (0.0251). El coeficiente de variación fue 6.43 %. (30 días), 7.6 %. (45 días), 10.81 %. (60 días), 8.88 %. (75 días).

4.2.1. Vigor de planta

Los valores de vigor de planta para los tratamientos salinos en las fases fenológicas, en promedio de las concentraciones de sales, fueron para germinación igual a 4.7, para plántula, macollamiento y crecimiento de tallo igual a 4.3 y para primordio floral, embuchamiento, floración y estado lechoso igual a 3.0. Es importante señalar que el valor de 1 califica plantas con muy alto vigor y de 8 y 9, plantas débiles y pequeñas (Tabla 21).

De igual modo el vigor de planta para los tratamientos de sales, en promedio de los tratamientos salinos en las fases fenológicas, fueron iguales a 1.0, 4.0 y 6.1 para los tratamientos de 0.2, 3.5 y 7.0 dS/m; respectivamente. En ambos casos los valores de vigor de planta difieren estadísticamente.

En el nivel de salinidad 1 (0.2 dS/m) o control; el vigor de las plantas observado en todas las etapas fenológicas (germinación, plántula, macollamiento, crecimiento de tallo, primordio floral, embuchamiento, floración y estado lechoso) fue igual a 1.0, por lo que no difieren estadísticamente entre sí y este valor de vigor de planta fue superior a los valores de vigor de planta observados en los otros tratamientos con sales.

En el nivel de salinidad 2 (3.5 dS/m); el vigor de plantas en los tratamientos salinos en las fases fenológicas germinación, plántula, macollamiento y crecimiento de tallo tuvieron un valor igual a 5.0. Por otro lado, en los tratamientos salinos en las fases primordio floral, embuchamiento, floración y estado lechoso el vigor de planta se calificaron con un valor de 3.0, entre estos valores existe diferencias significativas.

Tabla 25: Valores medios y pruebas de significación Tukey ($\alpha= 0.05$) de Clorofila a los 30, 45, 60 y 75 días de tratamientos salinos en fases fenológicas de la variedad INIAP-14, en diferentes niveles de estrés salino.

Factor A	Factor B	Clorofila (30 días)		Clorofila (45 días)		Clorofila (60 días)		Clorofila (75 días)	
Etapa Fenológica	Nivel de Salinidad (dS/m)								
Germinación		37.0	c	29.7	c	23.2	b	19.5	c
Plántula		38.5	b c	33.2	b	24.2	a b	21.3	b c
Macollamiento		39.0	b c	33.6	b	25.0	a b	21.7	a b c
Crecimiento de tallo		40.3	a b	34.4	a b	25.3	a b	22.6	a b
Primordio floral		40.3	a b	35.2	a b	26.5	a b	23.4	a b
Embuchamiento		41.6	a b	35.8	a b	27.2	a	23.8	a b
Floración		42.5	a	36.1	a b	27.1	a	23.9	a
Estado lechoso		43.5	a	37.0	a	27.5	a	23.5	a b
	0.2	44.9	a	38.2	a	29.3	a	24.9	a
	3.5	40.5	b	33.2	b	24.8	b	22.3	b
	7.0	35.6	c	31.7	b	23.2	b	20.2	c
Germinación	0.2	44.9	a	38.2	a	29.3	a	24.9	a
Germinación	3.5	35.5	b c d e	29.2	b	22.9	a b c d	18.4	d e
Germinación	7.0	30.4	e	21.7	c	17.5	d	15.4	e
Plántula	0.2	44.9	a	38.2	a	29.3	a	24.9	a
Plántula	3.5	38.0	a b c d	32.1	a b	23.7	a b c d	20.6	a b c d e
Plántula	7.0	32.5	d e	29.3	b	19.4	c d	18.4	d e
Macollamiento	0.2	44.9	a	38.2	a	29.3	a	24.9	a
Macollamiento	3.5	38.2	a b c d	32.5	a b	24.9	a b c d	21.4	a b c d
Macollamiento	7.0	34.0	c d e	29.9	b	20.8	b c d	18.8	c d e
Crecimiento de tallo	0.2	44.9	a	38.2	a	29.3	a	24.9	a
Crecimiento de tallo	3.5	41.1	a b	33.1	a b	24.3	a b c d	23.4	a b c d
Crecimiento de tallo	7.0	35.0	b c d e	31.9	a b	22.3	a b c d	19.5	b c d e
Primordio floral	0.2	44.9	a	38.2	a	29.3	a	24.9	a

<< Continuación. >>

Factor A	Factor B	Clorofila (30 días)		Clorofila (45 días)		Clorofila (60 días)		Clorofila (75 días)	
Etapa Fenológica	Nivel de Salinidad (dS/m)								
Primordio floral	3.5	41.4	a b	33.2	a b	25.6	a b c	23.8	a b c
Primordio floral	7.0	34.6	b c d e	34.1	a b	24.4	a b c d	21.5	a b c d
Embuchamiento	0.2	44.9	a	38.2	a	29.3	a	24.9	a
Embuchamiento	3.5	41.4	a b	33.4	a b	25.2	a b c	23.5	a b c d
Embuchamiento	7.0	38.4	a b c d	35.6	a b	27.0	a b	23.1	a b c d
Floración	0.2	44.9	a	38.2	a	29.3	a	24.9	a
Floración	3.5	43.4	a	34.5	a b	25.1	a b c	24.2	a b
Floración	7.0	39.1	a b c d	35.7	a b	27.0	a b	22.5	a b c d
Estado lechoso	0.2	44.9	a	38.2	a	29.3	a	24.9	a
Estado lechoso	3.5	44.9	a	37.7	a	26.4	a b c	23.4	a b c d
Estado lechoso	7.0	40.8	a b c	35.1	a b	26.9	a b	22.3	a b c d
Promedio general		40.3		34.4		25.8		22.5	
Significancia	Factor a		**		**		**		**
	Factor b		**		**		**		**
	Interacciones		**		**		**		**
Coeficiente de variación %		6.4		7.6		10.8		8.9	

Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($p > 0,05$)

** : altamente significativo

En el nivel de salinidad 3 (7.0 dS/m); el vigor de planta en el tratamiento salino en germinación fue igual a 8.0, en los tratamientos salinos en plántula, macollamiento y crecimiento de tallo fue igual a 7.0 y en primordio floral, embuchamiento, floración y estado lechoso fue igual a 5.0; de igual forma existen diferencias significativas entre estos valores.

En la **Figura 26**, se grafica los resultados observados para el vigor de las plantas en los diferentes niveles de salinidad estudiados.

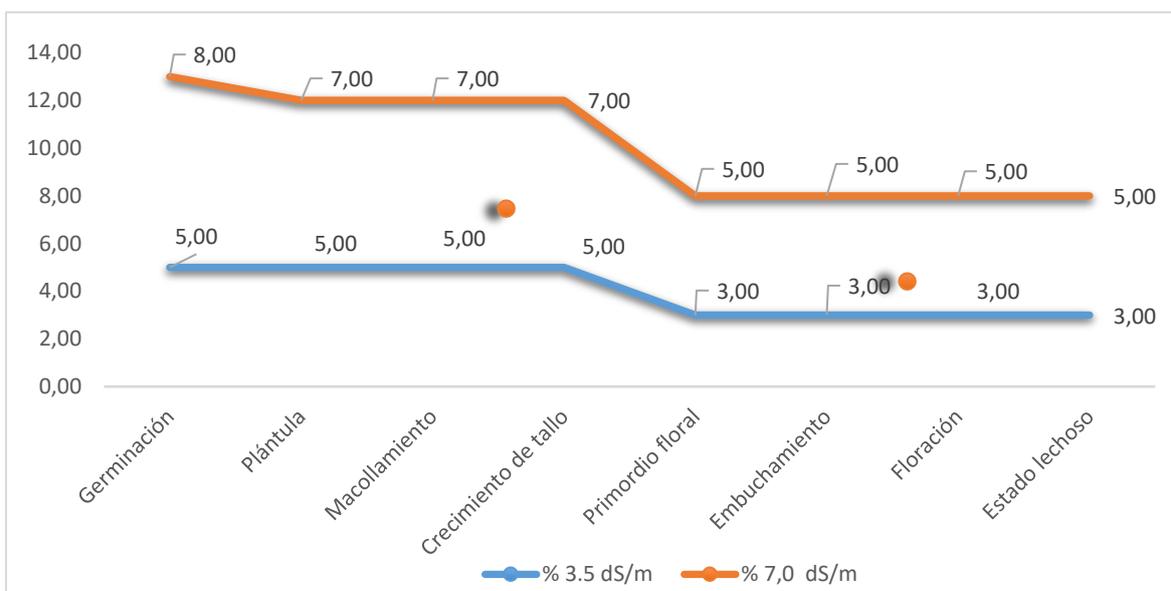


Figura 26. Variación del vigor obtenido por cada tratamiento.

4.2.2. Altura de planta

Los valores de altura de planta (Tabla 21) para los tratamientos salinos en las fases fenológicas, en promedio de las concentraciones de sales, variaron de 49.5 cm a 70 cm, correspondiendo el valor más bajo a la fase de germinación y el más alto a la fase de floración y entre estos valores existe diferencias significativas. Los valores de altura de planta para las fases de primordio floral, embuchamiento, floración y estado lechoso no difieren estadísticamente.

De igual modo la altura de planta para los tratamientos de sales, en promedio de los tratamientos salinos en las fases fenológicas, fueron significativamente diferentes e iguales a 75.8 cm, 61.3 cm y 49.6 cm para los tratamientos de 0.2, 3.5 y 7.0 dS/m; respectivamente.

En el nivel de salinidad 1 (0.2 dS/m) o control; la altura de las plantas observado en todas las etapas fenológicas (germinación, plántula, macollamiento, crecimiento de tallo, primordio floral, embuchamiento, floración y estado lechoso) fue igual a 75.8 cm, por lo que no difieren estadísticamente entre sí y este valor de altura de planta fue superior a los valores de altura de planta observado en los otros tratamientos con sales.

En el nivel de Salinidad 2 (3.5 dS/m); la altura de planta varió de 49.5 cm a 70.5 cm y el valor más bajo fue observado en el tratamiento salino en la fase de germinación y el más alto en el tratamiento salino en la fase de floración. Existen diferencias significativas entre los valores de los tratamientos salinos en las fases fenológicas germinación, plántula, macollamiento con la altura de planta de los tratamientos salinos en la fase crecimiento de tallo y de esta con las observadas en primordio floral, embuchamiento, floración y estado lechoso.

En el nivel de salinidad 3 (7.0 dS/m); la altura de planta varió de 23.1 cm a 63.8 cm, el valor más bajo corresponde al tratamiento salino en la fase de germinación y el más alto al tratamiento salino en la fase de floración y entre estos valores hay diferencias significativas.

En la **Figura 27**, se grafica los resultados observados para la altura de planta en los diferentes niveles de salinidad estudiados.

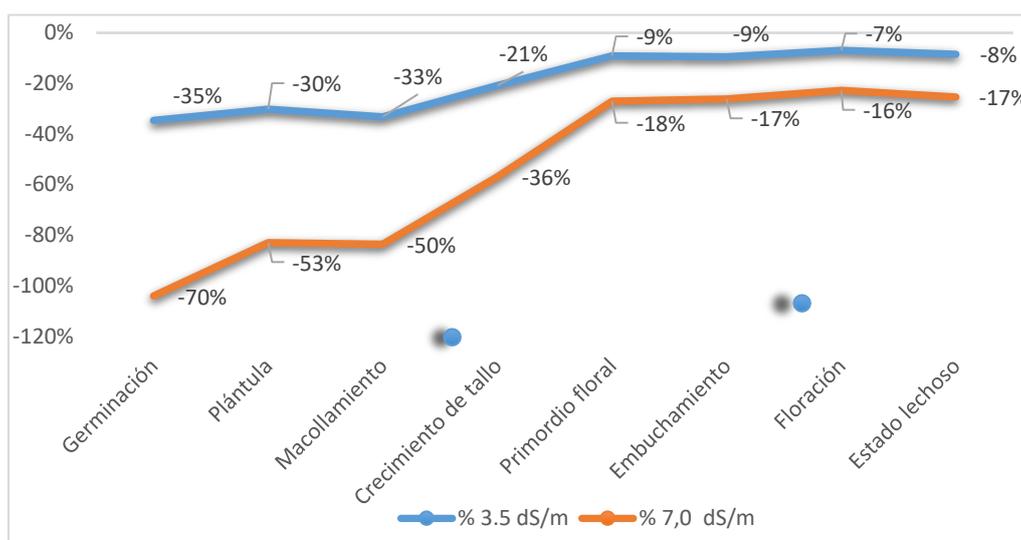


Figura 27. Diferencia porcentual con respecto al testigo para la variable altura de planta.

4.2.3. Número de macollos por planta

El N° de macollos por planta (Tabla 21) de los tratamientos salinos en las fases fenológicas, en promedio de las concentraciones de sales, varió de 15.2 a 19.5, correspondiendo el valor más bajo al tratamiento salino en la fase de germinación y el más alto al tratamiento salino en la fase de estado lechoso y entre estos valores existe diferencias significativas. Se aprecia un incremento del N° de macollos por planta en las fases más avanzadas en las cuales se aplicó el estrés salino.

De igual modo el N° de macollos por planta para los tratamientos de sales, en promedio de los tratamientos salinos en las fases fenológicas, fueron significativamente diferentes e iguales a 20.8, 17.9 y 13.9 para los tratamientos de 0.2, 3.5 y 7.0 dS/m; respectivamente.

En el nivel de salinidad 1 (0.2 dS/m) o control; el N° de macollos por planta observado en todas las etapas fenológicas (germinación, plántula, macollamiento, crecimiento de tallo, primordio floral, embuchamiento, floración y estado lechoso) fue igual a 20.8, por lo que no difieren estadísticamente entre sí y este valor de N° de macollos por planta fue superior a los valores observados en los otros tratamientos con sales.

En el nivel de Salinidad 2 (3.5 dS/m); N° de macollos por planta varió de 14.5 a 19.5 y el valor más bajo fue observado en el tratamiento salino en la fase de germinación y el más alto en el tratamiento salino en la fase de estado lechoso. Existen diferencias significativas entre los valores de los tratamientos salinos en las fases fenológicas germinación y plántula y las fases de macollamiento, crecimiento de tallo y de esta con las observadas en primordio floral, embuchamiento, floración y estado lechoso.

En el nivel de salinidad 3 (7.0 dS/m); N° de macollos por planta varió de 10.3 a 17.1, el valor más bajo corresponde al tratamiento salino en la fase de germinación y el más alto al tratamiento salino en la fase de grano lechoso y entre estos valores hay diferencias significativas.

En la **Figura 28** se presenta el porcentaje de reducción en el número de macollos por efecto del tratamiento salino.

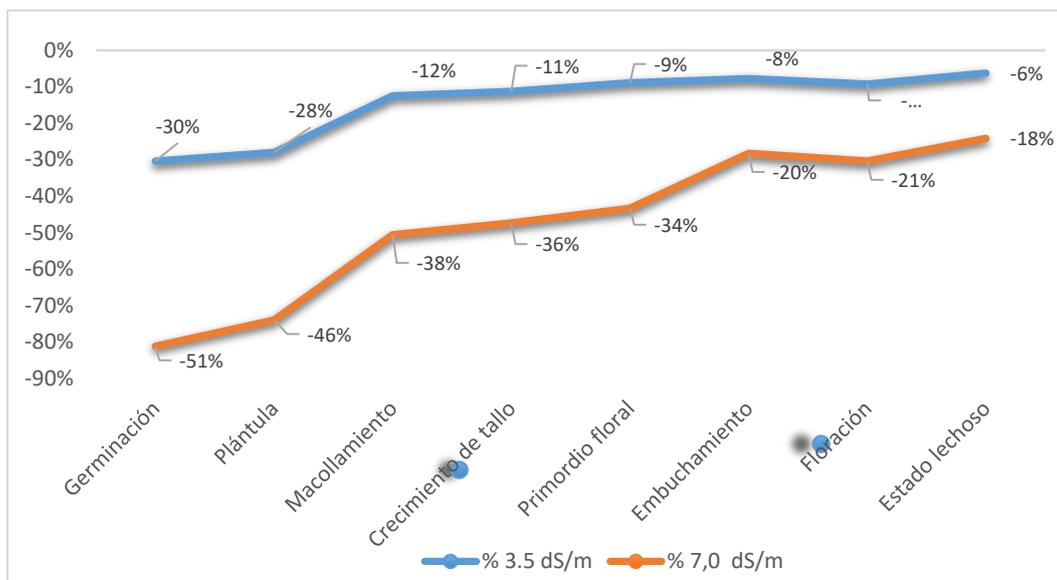


Figura 28. Diferencia porcentual con respecto al testigo para la variable macollos por planta.

4.2.4. Longitud de la raíz (cm)

La longitud de raíz (Tabla 21) en los tratamientos salinos de las fases fenológicas, en promedio de las concentraciones de sales, varió de 20.2 cm a 26.3 cm, correspondiendo el valor más bajo al tratamiento salino en la fase de germinación y el más alto al tratamiento salino en la fase de estado lechoso y entre estos valores existe diferencias significativas. Se aprecia un incremento en la longitud de la raíz en las fases fenológicas más avanzadas del estrés salino.

De igual modo la longitud de raíz para los tratamientos de sales, en promedio de los tratamientos salinos de las fases fenológicas, fueron significativamente diferentes e iguales a 29.0 cm, 24.6 cm y 18.2 cm para los tratamientos de 0.2, 3.5 y 7.0 dS/m; respectivamente.

En el nivel de salinidad 1 (0.2 dS/m) o control; la longitud de raíz observado en todas las fases fenológicas (germinación, plántula, macollamiento, crecimiento de tallo, primordio floral, embuchamiento, floración y estado lechoso) fue igual a 29.03 cm, por lo que no difieren estadísticamente entre sí y esta longitud de raíz fue superior a los valores observados en los otros tratamientos con sales.

En el nivel de salinidad 2 (3.5 dS/m); la longitud de raíz varió de 21.2 cm a 27.8 y el valor más bajo fue observado en el tratamiento salino de la fase de germinación y el más alto en el tratamiento salino en la fase de estado lechoso. Existen diferencias significativas entre los valores de longitud de raíz para los tratamientos salinos en la fase fenológica germinación con las fases de plántula, macollamiento, crecimiento de tallo, primordio floral, embuchamiento, floración y estado lechoso.

En el nivel de salinidad 3 (7.0 dS/m); la longitud de raíz varió de 10.4 cm a 22.0 cm, el valor más bajo corresponde al tratamiento salino en la la fase de germinación y el más alto al tratamiento salino en la fase de grano lechoso y entre estos valores hay diferencias significativas.

En la **Figura 29** se presenta el porcentaje de reducción de la longitud del sistema radicular por efecto del tratamiento salino.

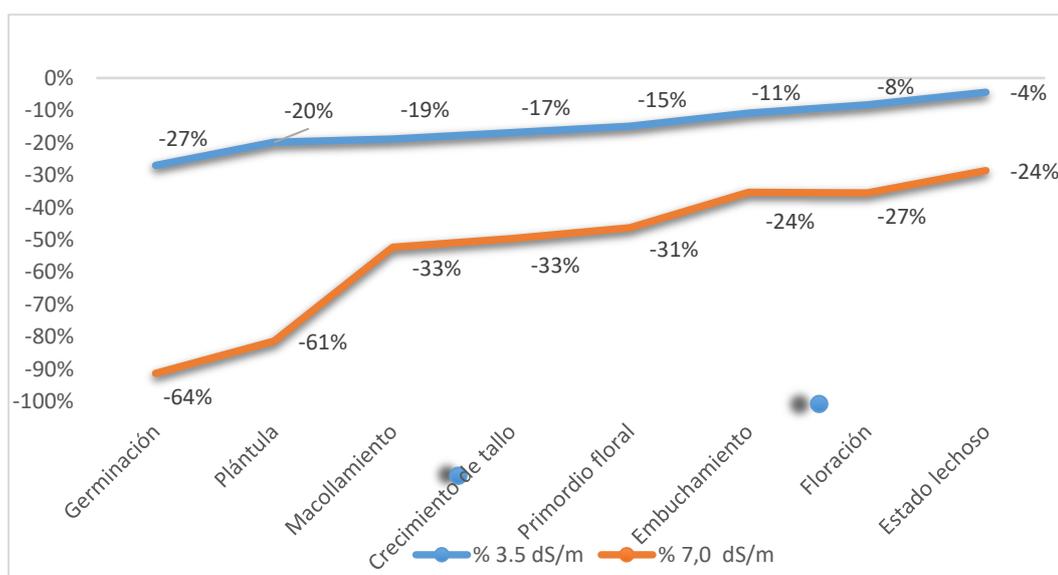


Figura 29. Diferencia porcentual con respecto al testigo para la variable longitud de la raíz.

4.2.5. Días a floración

Los días a la floración (**Tabla 22**) de los tratamientos salinos en las fases fenológicas, en promedio de las concentraciones de sales, varió de 67.7 a 71.0 días, correspondiendo el valor más bajo al tratamiento salino en la fase de germinación y el más alto al tratamiento salino en las fases de macollamiento, crecimiento del tallo, primordio floral, embuchamiento, floración y estado lechoso y entre estos valores existe diferencias significativas.

De igual modo los días a la floración para los tratamientos de sales, en promedio de los tratamientos salinos en las fases fenológicas, fueron significativamente diferentes e iguales a 71.0 días, 70.4 días y 69.8 días para los tratamientos de 0.2, 3.5 y 7.0 dS/m, respectivamente.

En el nivel de salinidad 1 (0.2 dS/m) o control; los días a la floración observados en todas las etapas fenológicas (germinación, plántula, macollamiento, crecimiento de tallo, primordio floral, embuchamiento, floración y estado lechoso) fue igual a 71 días, por lo que no difieren estadísticamente entre sí.

En el nivel de Salinidad 2 (3.5 dS/m); los días a la floración varió de 66.0 días a 71.0 días y el valor más bajo fue observado en el tratamiento salino en la fase de germinación y el más alto en los tratamientos salinos en las fases de plántula, macollamiento, crecimiento de tallo, primordio floral, embuchamiento, floración y estado lechoso y estos valores difieren estadísticamente.

En el nivel de salinidad 3 (7.0 dS/m); los días a la floración varió de 66.0 a 71.0 días, el valor más bajo corresponde a los tratamientos salinos en las fases de germinación y plántula y el más alto a los tratamientos salinos en las fases de macollamiento, crecimiento de tallo, primordio floral, embuchamiento, floración y estado lechoso y entre estos valores hay diferencias significativas.

En la **Figura 30** se presenta la variación en los días de floración en los diferentes niveles salinos estudiados.

4.2.6. Ciclo vegetativo

El ciclo vegetativo (Tabla 22) de los tratamientos salinos en las fases fenológicas, en promedio de las concentraciones de sales, varió de 109.7 a 114.0 días, correspondiendo el valor más bajo al tratamiento salino en la fase de germinación y el más alto al tratamiento salino en las fases de crecimiento del tallo, primordio floral, embuchamiento, floración y estado lechoso y entre estos valores existe diferencias significativas.

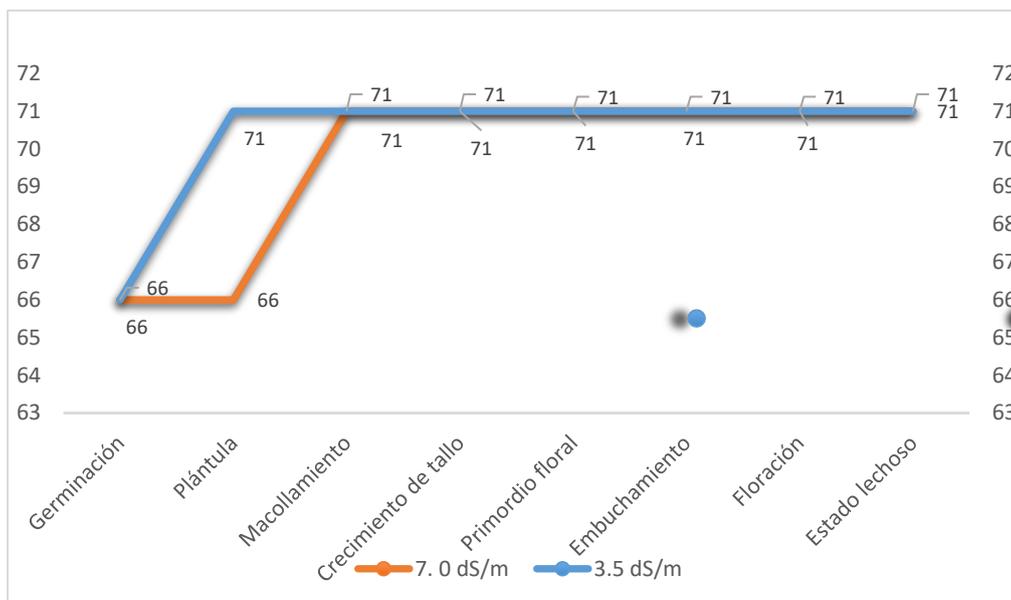


Figura 30. Variación de los días a floración obtenido por cada tratamiento.

De igual modo los días a la maduración para los tratamientos de sales, en promedio de los tratamientos salinos en las fases fenológicas, fueron significativamente diferentes e iguales a 114.0 días, 112.6 días y 111.8 días para los tratamientos de 0.2, 3.5 y 7.0 dS/m; respectivamente.

En el nivel de salinidad 1 (0.2 dS/m) o control; los días a la maduración observados en todas las etapas fenológicas (germinación, plántula, macollamiento, crecimiento de tallo, primordio floral, embuchamiento, floración y estado lechoso) fue igual a 114.0 días, por lo que no difieren estadísticamente entre sí.

En el nivel de salinidad 2 (3.5 dS/m); los días a la maduración varió de 108.0 días a 114.0 días y el valor más bajo fue observado en el tratamiento salino en la fase de germinación y el más alto en los tratamientos salinos en las fases de macollamiento, crecimiento de tallo, primordio floral, embuchamiento, floración y estado lechoso y estos valores difieren estadísticamente.

En el nivel de salinidad 3 (7.0 dS/m); los días a la maduración varió de 107.0 a 114.0 días, el valor más bajo corresponde al tratamiento salino en la fase de germinación y el más alto a los tratamientos salinos en las fases de crecimiento de tallo, primordio floral, embuchamiento, floración y estado lechoso y entre estos valores hay diferencias significativas.

En la **Figura 31** se presenta la variación en el periodo de maduración de los tratamientos salinos.

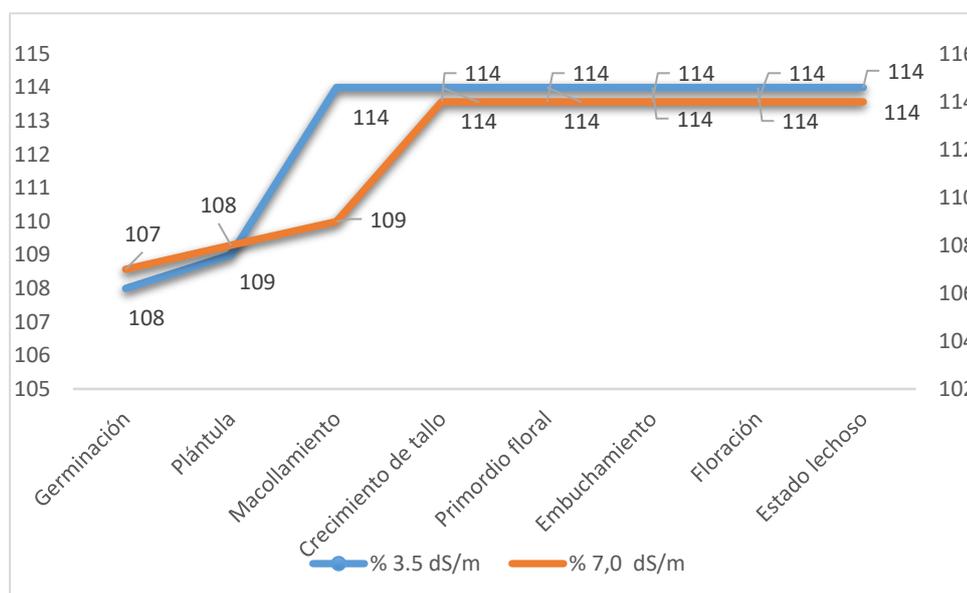


Figura 31. Variación del ciclo vegetativo por cada tratamiento.

4.2.7. Porcentaje de Esterilidad de panícula

La esterilidad de panícula (Tabla 22) para los tratamientos salinos en las fases fenológicas, en promedio de las concentraciones de sales, varió de 10.3 a 31.7 %, correspondiendo el valor más alto al tratamiento salino en la fase de germinación y el más bajo al tratamiento salino en la fase de estado lechoso y entre estos valores existe diferencias significativas.

De igual modo, la esterilidad de panícula para los tratamientos de sales, en promedio de los tratamientos salinos en las fases fenológicas, fueron significativamente diferentes e iguales a 10.6 %, 17.6 % y 29.2 % para los tratamientos de 0.2, 3.5 y 7.0 dS/m; respectivamente.

En el nivel de salinidad 1 (0.2 dS/m) o control; la esterilidad de panículas observados en todas las etapas fenológicas (germinación, plántula, macollamiento, crecimiento de tallo, primordio floral, embuchamiento, floración y estado lechoso) fue igual a 10.1 %, por lo que no difieren estadísticamente entre sí.

En el nivel de salinidad 2 (3.5 dS/m); la esterilidad por panícula varió de 10.3 a 26.3 % y el valor más alto fue observado en el tratamiento salino en la fase de germinación y el más bajo en el tratamiento salino en la fase de estado lechoso y estos valores difieren estadísticamente.

En el nivel de salinidad 3 (7.0 dS/m); la esterilidad de panícula varió 10.6 a 58.8 %, el valor más alto corresponde al tratamiento salino en la fase de germinación y el más bajo al tratamiento salino en la fase de estado floración y entre estos valores hay diferencias significativas.

En la **Figura 32** se presenta la variación en esterilidad de la panícula en los diferentes tratamientos salinos.

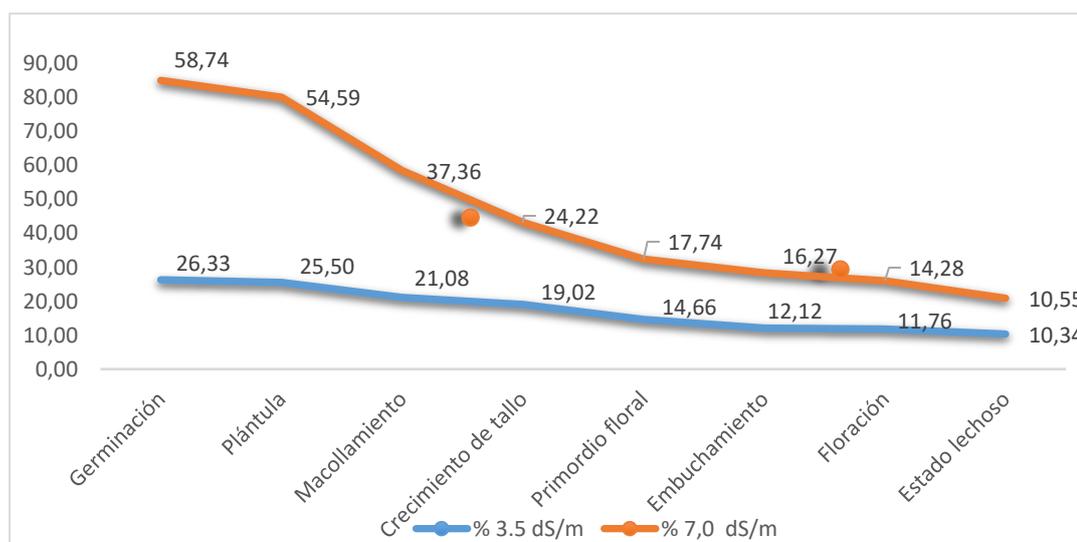


Figura 32. Variación de la esterilidad de panícula obtenido por cada tratamiento.

4.2.8. Longitud de la panícula

La longitud de la panícula (Tabla 23) para los tratamientos salinos en las fases fenológicas, en promedio de las concentraciones de sales, varió de 17.7 cm a 23.7 cm, correspondiendo el valor más bajo al tratamiento salino en la fase de germinación y el más alto al tratamiento salino en la fase de estado lechoso y entre estos valores existe diferencias significativas.

De igual modo la longitud de panícula para los tratamientos de sales, en promedio de los tratamientos salinos en las fases fenológicas, fueron significativamente diferentes e iguales a 25.4 cm, 22.9 cm y 16.5 cm para los tratamientos de 0.2, 3.5 y 7.0 dS/m; respectivamente.

En el nivel de salinidad 1 (0.2 dS/m) o control; la longitud de panículas observados en todas las etapas fenológicas (germinación, plántula, macollamiento, crecimiento de tallo, primordio floral, embuchamiento, floración y estado lechoso) fue igual a 25.4 cm, por lo que no difieren estadísticamente entre sí.

En el nivel de salinidad 2 (3.5 dS/m); la longitud de panículas varió de 19.7 cm a 25.7 cm y el valor más bajo fue observado en el tratamiento salino en la fase de germinación y el más alto en el tratamiento salino en la fase de estado lechoso y estos valores difieren estadísticamente.

En el nivel de salinidad 3 (7.0 dS/m); la longitud de panícula varió de 8.0 a 20.0 cm, el valor más bajo corresponde al tratamiento salino en las fases de plántula y el más alto al tratamiento salino en la fase de estado lechoso y entre estos valores hay diferencias significativas.

La **Figura 33** muestra el porcentaje de reducción de la longitud de la panícula en los diferentes tratamientos salinos.

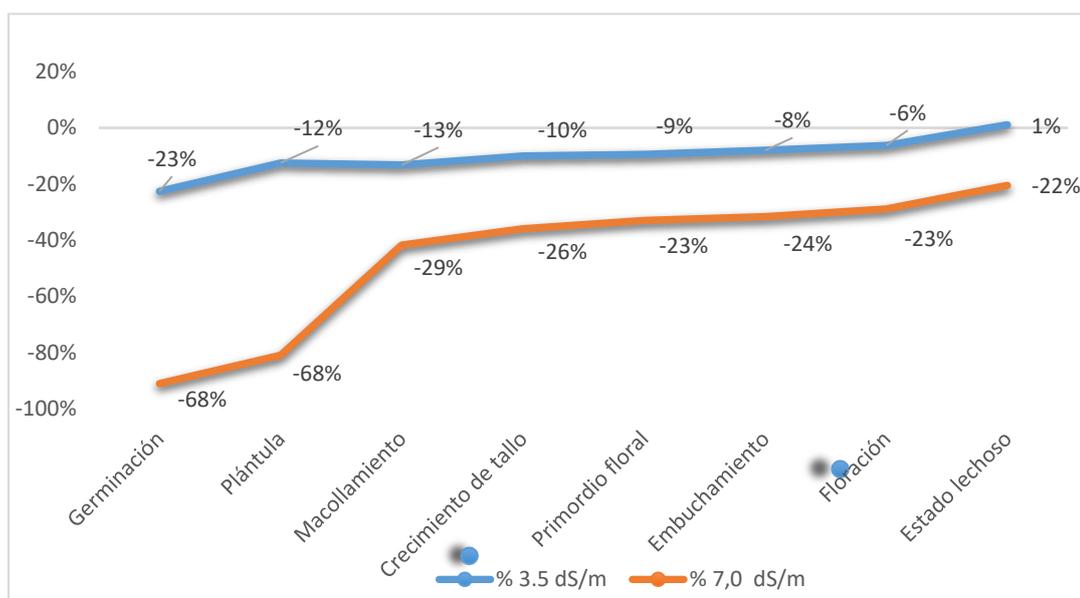


Figura 33. Diferencia porcentual con respecto al testigo para la variable longitud de la panícula.

4.2.9. Número de granos por panícula

El número de granos por panícula (Tabla 23) para los tratamientos salinos en las fases fenológicas, en promedio de las concentraciones de sales, varió de 98.7 a 128.5, correspondiendo el valor más bajo al tratamiento salino en la fase de germinación y el más alto al tratamiento salino en la fase de estado lechoso y entre estos valores existe diferencias significativas.

De igual modo, el número de granos por panícula para los tratamientos de sales, en promedio de los tratamientos salinos en de las fases fenológicas, fueron significativamente diferentes e iguales a 140.3, 123.1 y 89.9 para los tratamientos de 0.2, 3.5 y 7.0 dS/m; respectivamente.

En el nivel de salinidad 1 (0.2 dS/m) o control; el número de granos por panícula observados en todas las etapas fenológicas (germinación, plántula, macollamiento, crecimiento de tallo, primordio floral, embuchamiento, floración y estado lechoso) fue igual a 140.3, por lo que no difieren estadísticamente entre sí.

En el nivel de Salinidad 2 (3.5 dS/m); el número de granos por panícula varió de 100.7 a 140.2 y el valor más bajo fue observado en el tratamiento salino en la fase de plántula y el más alto en el tratamiento salino en la fase de estado lechoso y estos valores difieren estadísticamente.

En el nivel de salinidad 3 (7.0 dS/m); el número de granos por panícula varió de 55.1 a 110.2, el valor más bajo corresponde al tratamiento salino en la fase de plántula y el más alto al tratamiento salino en la fase de estado floración y entre estos valores hay diferencias significativas.

La **Figura 34** muestra el porcentaje de reducción de la longitud de granos por panícula en los diferentes tratamientos salinos.

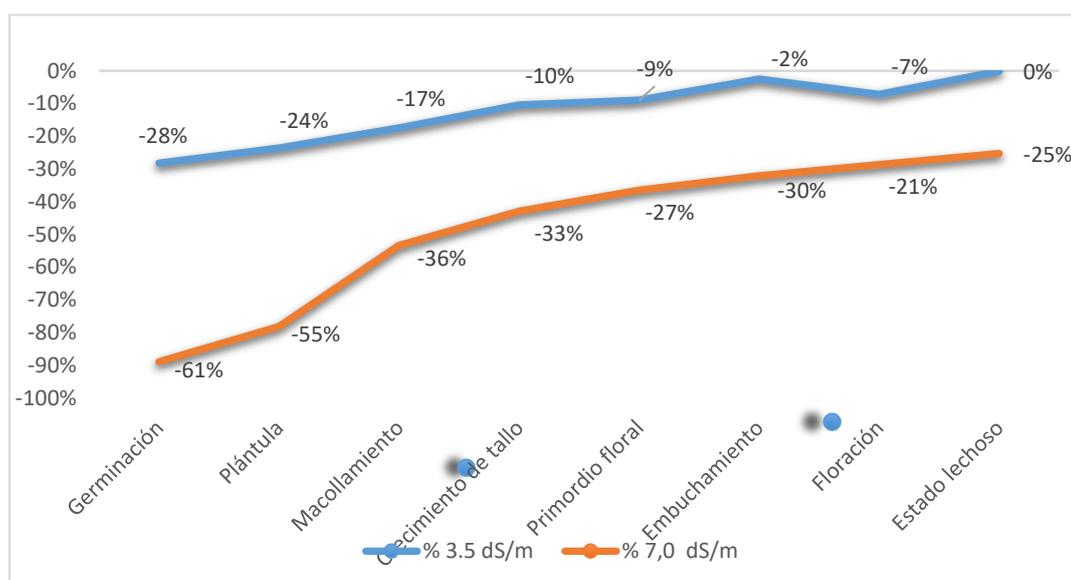


Figura 34. Diferencia porcentual con respecto al testigo para la variable granos por panícula.

4.2.10. Peso de grano por panícula

El peso de granos por panícula (Tabla 23) para los tratamientos salinos en las fases fenológicas, en promedio de las concentraciones de sales, varió de 1.3 g a 1.7 g, correspondiendo el valor más bajo al tratamiento salino en la fase de germinación y el más alto al tratamiento salino en la fase de estado lechoso y entre estos valores existe diferencias significativas.

De igual modo, el peso de granos por panícula para los tratamientos de sales, en promedio de los tratamientos salinos en las fases fenológicas, fueron significativamente diferentes e iguales a 1.8 g, 1.5 g y 1.3 g para los tratamientos de 0.2, 3.5 y 7.0 dS/m; respectivamente.

En el nivel de salinidad 1 (0.2 dS/m) o control; el peso de granos por panícula observados en todas las etapas fenológicas (germinación, plántula, macollamiento, crecimiento de tallo, primordio floral, embuchamiento, floración y estado lechoso) fue igual a 1.8 g, por lo que no difieren estadísticamente entre sí.

En el nivel de salinidad 2 (3.5 dS/m); el peso de granos por panícula varió de 1.2 g a 1.6 g y el valor más bajo fue observado en el tratamiento salino en la fase de germinación y el más alto en el tratamiento salino en la fase de estado lechoso y estos valores difieren estadísticamente.

En el nivel de salinidad 3 (7.0 dS/m); el peso de granos por panícula varió, de 0.8 g a 1.6 g, el valor más bajo corresponde al tratamiento salino en las fases de germinación y plántula y el más alto al tratamiento salino en la fase de estado floración y entre estos valores hay diferencias significativas.

En la **Figura 35** se presenta el porcentaje de reducción del peso de granos de la panícula por efecto de los tratamientos salinos.

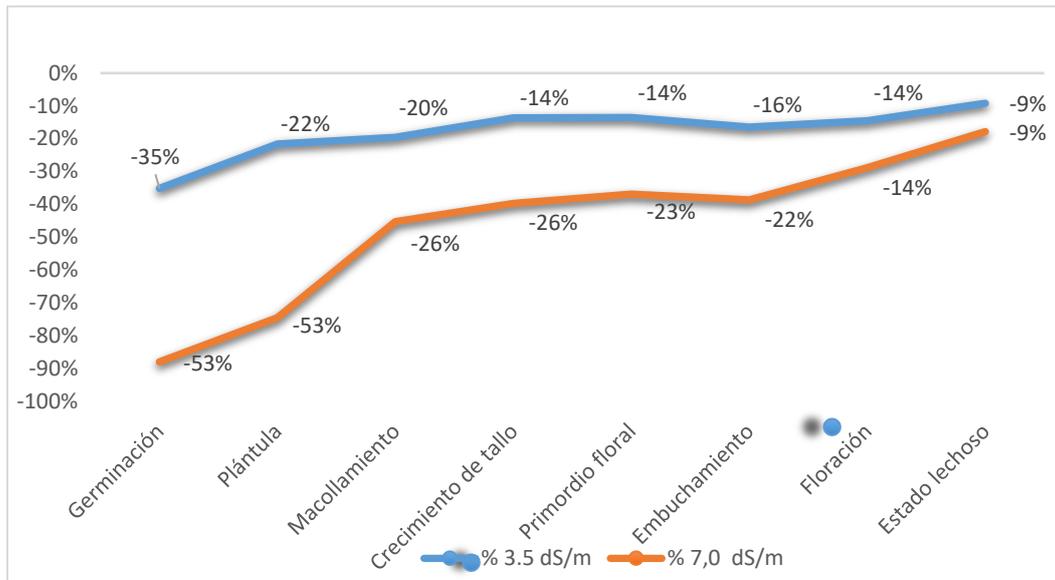


Figura 35. Diferencia porcentual con respecto al testigo para la variable peso de grano por panícula.

4.2.11. Biomasa fresca de la raíz

La biomasa fresca de la raíz (Tabla 24) para los tratamientos salinos en las fases fenológicas, en promedio de las concentraciones de sales, varió de 20.3 gr a 25.9 gr, correspondiendo el valor más bajo al tratamiento salino en la fase de germinación y el más alto al tratamiento salino en la fase de estado lechoso y entre estos valores existe diferencias significativas. Se aprecia un incremento de la biomasa fresca de la raíz a medida que el estrés fue aplicado en las fases más avanzadas.

De igual modo la biomasa fresca de la raíz para los tratamientos de sales, en promedio de los tratamientos salinos en las fases fenológicas, fueron significativamente diferentes e iguales a 28.3 gr, 23.6 gr y 17.5 gr para los tratamientos de 0.2, 3.5 y 7.0 dS/m; respectivamente.

En el nivel de salinidad 1 (0.2 dS/m) o control; la biomasa fresca de la raíz observado en todas las etapas fenológicas (germinación, plántula, macollamiento, crecimiento de tallo, primordio floral, embuchamiento, floración y estado lechoso) fue igual a 28.3 gr, por lo que no difieren estadísticamente entre sí y fue superior a los valores observados en los otros tratamientos con sales.

En el nivel de salinidad 2 (3.5 dS/m); la biomasa fresca de la raíz varió de 19.9 gr a 26.9 gr y el valor más bajo fue observado en el tratamiento salino en la fase de germinación y el más alto en el tratamiento salino en la fase de estado lechoso. No se presentaron diferencias significativas entre los valores de los tratamientos de las fases fenológicas germinación y plántula; de igual forma los tratamientos salinos en las fases primordio floral, embuchamiento y floración son similares entre sí.

En el nivel de salinidad 3 (7.0 dS/m); la biomasa fresca de la raíz varió de 12.7 gr a 22.7 gr, el valor más bajo corresponde al tratamiento salino en la fase de germinación y el más alto al tratamiento salino en la fase de grano lechoso y entre estos valores hay diferencias significativas.

En la **Figura 36** se presenta el porcentaje de reducción en biomasa fresca de la raíz por efecto de los tratamientos salinos.

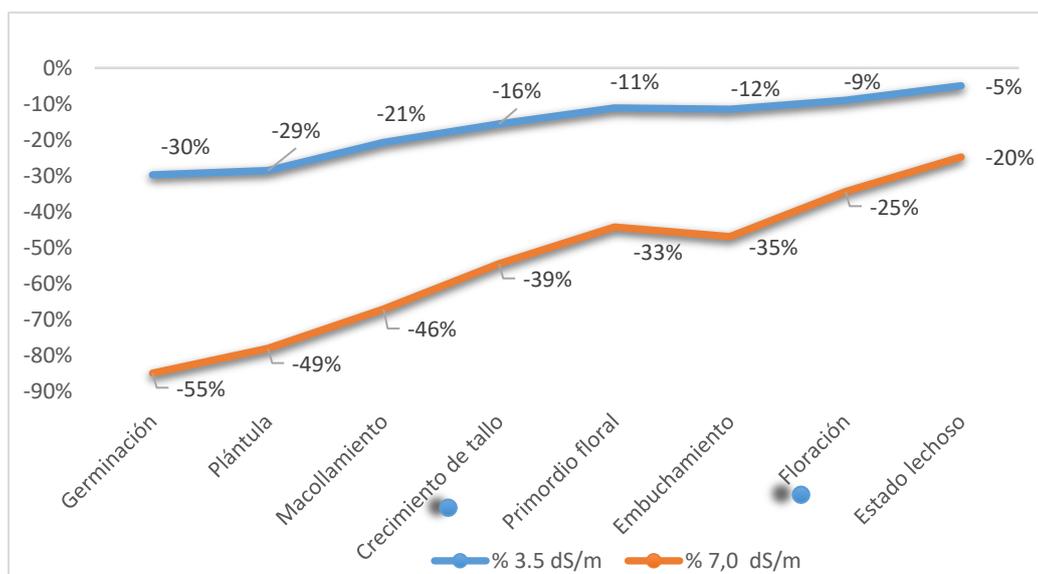


Figura 36. Diferencia porcentual con respecto al testigo para la variable biomasa fresca de la raíz.

4.2.12. Biomasa seca de la raíz

La biomasa seca de la raíz (Tabla 24) de los tratamientos salinos en las fases fenológicas, en promedio de las concentraciones de sales, varió de 6.1 gr a 7.3 gr, correspondiendo el valor más bajo al tratamiento salino en la fase de germinación y el más alto al tratamiento salino en la fase de estado lechoso y entre estos valores existe diferencias significativas.

De igual modo la biomasa seca de la raíz para los tratamientos de sales, en promedio de los tratamientos salinos de las fases fenológicas, fueron significativamente diferentes e iguales a 8.0 gr, 6.9 gr y 5.4 gr para los tratamientos de 0.2, 3.5 y 7.0 dS/m; respectivamente.

En el nivel de salinidad 1 (0.2 dS/m) o control; la biomasa seca de la raíz observado en todas las etapas fenológicas (germinación, plántula, macollamiento, crecimiento de tallo, primordio floral, embuchamiento, floración y estado lechoso) fue igual a 8.0 gr, por lo que no difieren estadísticamente entre sí y esta longitud de raíz fue superior a los valores observados en los otros tratamientos con sales.

En el nivel de salinidad 2 (3.5 dS/m); la biomasa seca de la raíz de 6.1 gr a 7.6 gr y el valor más bajo fue observado en el tratamiento salino en la fase de germinación y el más alto en el tratamiento salino la fase de estado lechoso. Existen diferencias significativas entre los valores del tratamiento salino en la fase fenológica germinación con los tratamientos salinos en las fases de plántula, macollamiento, crecimiento de tallo, primordio floral, embuchamiento, floración y estado lechoso.

En el nivel de salinidad 3 (7.0 dS/m); la biomasa seca de la raíz varió de 4.2 gr a 6.28, el valor más bajo corresponde al tratamiento salino en la fase de germinación y el más alto al tratamiento salino en la fase de grano lechoso y entre estos valores hay diferencias significativas.

En la **Figura 37** se presenta el porcentaje de reducción en biomasa seca de la raíz por efecto de los tratamientos salinos.

4.2.13. Biomasa fresca de la parte aérea

La biomasa fresca de la parte aérea (Tabla 24) para los tratamientos salinos en las fases fenológicas, en promedio de las concentraciones de sales, varió de 58.0 gr a 71.5 gr, correspondiendo el valor más bajo al tratamiento salino en la fase de germinación y el más alto al tratamiento salino en la fase de estado lechoso y entre estos valores existe diferencias significativas.

De igual modo la biomasa fresca de la parte aérea para los tratamientos de sales, en promedio de los tratamientos salinos en las fases fenológicas, fueron significativamente diferentes e iguales a 80.5 gr, 69.0 gr y 49.1 gr para los tratamientos de 0.2, 3.5 y 7.0 dS/m; respectivamente.

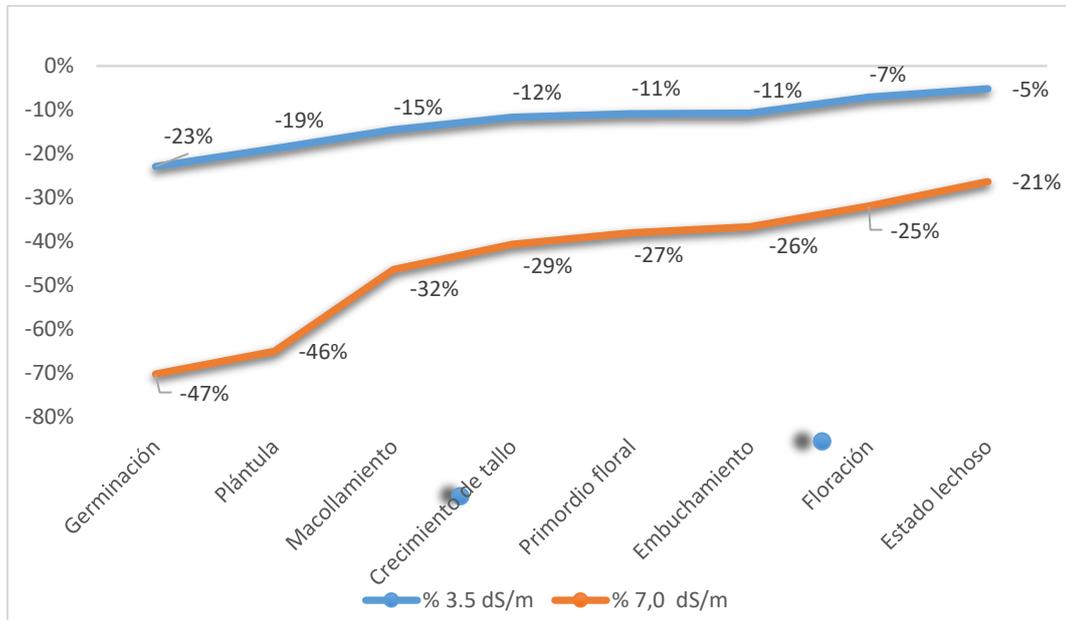


Figura 37. Diferencia porcentual con respecto al testigo para la variable biomasa seca de la raíz.

En el nivel de salinidad 1 (0.2 dS/m) o control; la biomasa fresca de la parte aérea observado en todas las etapas fenológicas (germinación, plántula, macollamiento, crecimiento de tallo, primordio floral, embuchamiento, floración y estado lechoso) fue igual a 80.5 gr, por lo que no difieren estadísticamente entre sí y fue superior a los valores observados en los otros tratamientos con sales.

En el nivel de salinidad 2 (3.5 dS/m); la biomasa fresca de la parte aérea varió de 54.8 gr a 79.1 gr y el valor más bajo fue observado en el tratamiento salino en la fase de germinación y el más alto en el tratamiento salino en la fase de estado lechoso. No se presentaron diferencias significativas entre los valores de los tratamientos salinos en las fases fenológicas primordio floral, embuchamiento, floración y estado lechoso.

En el nivel de salinidad 3 (7.0 dS/m); la biomasa fresca de la parte aérea varió de 38.8 gr a 54.8 gr, el valor más bajo corresponde al tratamiento salino en la fase de germinación y el más alto al tratamiento salino en la fase de grano lechoso y entre estos valores hay diferencias significativas.

En la **Figura 38** se presenta el porcentaje de reducción en la biomasa fresca de la parte aérea en los tratamientos con sal.

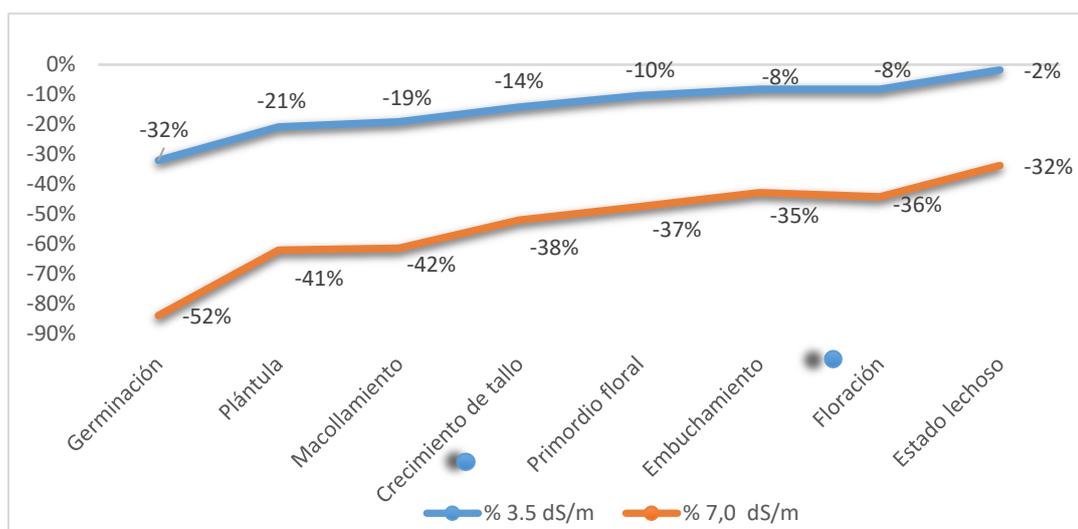


Figura 38. Diferencia porcentual con respecto al testigo para la variable biomasa fresca de la parte aérea.

4.2.14. Biomasa seca de la parte aérea

La biomasa seca de la parte aérea (Tabla 24) de los tratamientos salinos en las fases fenológicas, en promedio de las concentraciones de sales, varió de 21.0 gr a 27.3 gr, correspondiendo el valor más bajo al tratamiento salino en la fase de germinación y el más alto al tratamiento salino en la fase de estado lechoso y entre estos valores existe diferencias significativas.

De igual modo la biomasa seca de la parte aérea para los tratamientos de sales, en promedio de los tratamientos salinos en las fases fenológicas, fueron significativamente diferentes e iguales a 29.0 gr, 26.1 gr y 18.2 gr para los tratamientos de 0.2, 3.5 y 7.0 dS/m; respectivamente.

En el nivel de salinidad 1 (0.2 dS/m) o control; la biomasa seca de la parte aérea observado en todas las etapas fenológicas (germinación, plántula, macollamiento, crecimiento de tallo, primordio floral, embuchamiento, floración y estado lechoso) fue igual a 29.0 gr, por lo que no difieren estadísticamente entre sí y esta variable fue superior a los valores observados en los otros tratamientos con sales.

En el nivel de salinidad 2 (3.5 dS/m); la biomasa seca de la parte aérea de 21.0 gr a 28.7 gr y el valor más bajo fue observado en el tratamiento salino en la fase de germinación y el más alto en el tratamiento salino en la fase de estado lechoso. Los tratamientos salinos en las fases fenológicas estado lechoso, floración y embuchamiento, presentaron resultados similares y fueron estadísticamente superiores al resto de interacciones.

En el nivel de salinidad 3 (7.0 dS/m); la biomasa seca de la parte aérea varió de 13.1 gr a 25.5 gr, el valor más bajo corresponde al tratamiento salino en la fase de germinación y el más alto al tratamiento salino en la fase de grano lechoso y entre estos valores hay diferencias significativas.

En la **Figura 39** se presenta el porcentaje de reducción en la biomasa seca de la parte aérea en los tratamientos con sal.

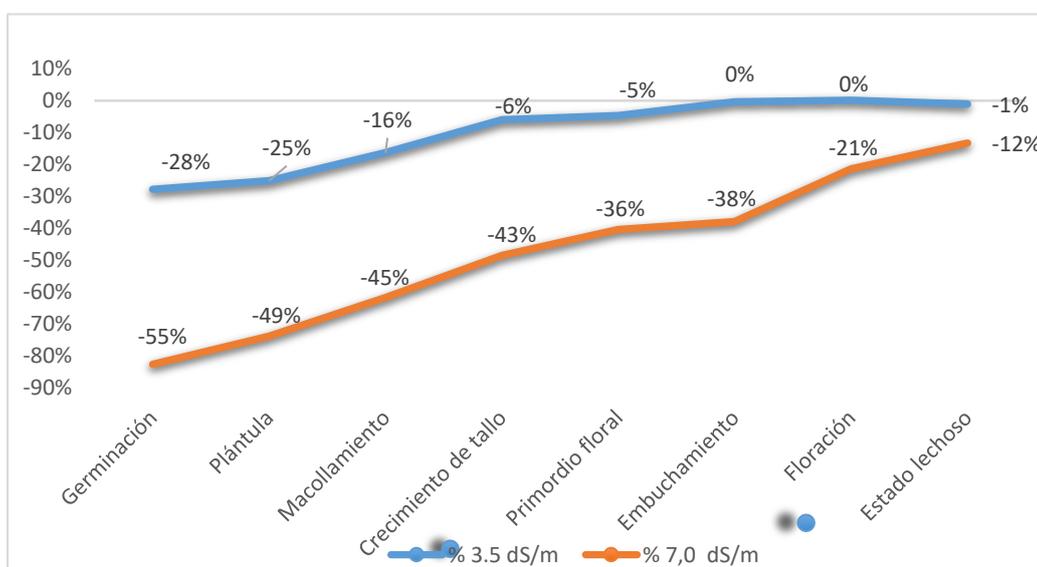


Figura 39. Diferencia porcentual con respecto al testigo para la variable biomasa seca de la parte aérea.

4.2.15. Contenido de clorofila (30 días)

El contenido de clorofila a los 30 días de los tratamientos salinos en las fases fenológicas, en promedio de las concentraciones de sales, varió de 37.0 a 43.5 $\mu\text{g cm}^{-2}$, correspondiendo el valor más bajo al tratamiento salino en la fase de germinación y el más alto en la fase de estado lechoso, entre estos valores existe diferencias significativas (Tabla 25).

De igual modo el contenido de clorofila a los 30 días para los tratamientos de sales, en promedio de los tratamientos salinos en las fases fenológicas, fueron significativamente diferentes e iguales a 44.9, 40.5 y 35.6 $\mu\text{g cm}^{-2}$ para los tratamientos de 0.2, 3.5 y 7.0 dS/m; respectivamente.

En el nivel de salinidad 1 (0.2 dS/m) o control; para el contenido de clorofila a los 30 días observados en todas las etapas fenológicas (germinación, plántula, macollamiento, crecimiento de tallo, primordio floral, embuchamiento, floración y estado lechoso) fue igual a 44.9 $\mu\text{g cm}^{-2}$, por lo que no difieren estadísticamente entre sí.

En el nivel de salinidad 2 (3.5 dS/m); para el contenido de clorofila a los 30 días varió de 35.5 a 44.9 $\mu\text{g cm}^{-2}$, el valor más bajo fue observado en el tratamiento salino en la fase de germinación y el más alto en las fases de plántula, macollamiento, crecimiento de tallo, primordio floral, embuchamiento, floración y estado lechoso, estos valores difieren estadísticamente.

En el nivel de salinidad 3 (7.0 dS/m); para el contenido de clorofila a los 30 días varió de 30.4 a 40.8 $\mu\text{g cm}^{-2}$, el valor más bajo corresponde al tratamiento salino en la fase de germinación, el más alto en las fases de plántula, macollamiento, crecimiento de tallo, primordio floral, embuchamiento, floración y estado lechoso, entre estos valores hay diferencias significativas.

4.2.16. Contenido de clorofila (45 días)

Referente al contenido de clorofila a los 45 días de los tratamientos salinos en las fases fenológicas, el promedio de las concentraciones de sales, varió de 29.7 a 37.0 $\mu\text{g cm}^{-2}$, correspondiendo el valor más bajo al tratamiento salino en la fase de germinación y el más alto en la fase de estado lechoso, entre estos valores existe diferencias significativas (Tabla 25).

En cuanto al contenido de clorofila a los 45 días para los tratamientos salinos, en promedio los tratamientos salinos en las fases fenológicas, fueron significativamente diferentes e iguales a 38.2, 33.2 y 31.7 $\mu\text{g cm}^{-2}$ para los tratamientos de 0.2, 3.5 y 7.0 dS/m; respectivamente.

En el nivel de salinidad 1 (0.2 dS/m) o control; para el contenido de clorofila a los 45 días observados en todas las etapas fenológicas (germinación, plántula, macollamiento, crecimiento de tallo, primordio floral, embuchamiento, floración y estado lechoso) fue igual a 38.2 $\mu\text{g cm}^{-2}$, por lo que no difieren estadísticamente entre sí.

En el nivel de salinidad 2 (3.5 dS/m); para el contenido de clorofila a los 45 días varió de 29.2 a 37.7 $\mu\text{g cm}^{-2}$, el valor más bajo fue observado en el tratamiento salino en la fase de germinación y el más alto en la fase de estado lechoso, estos valores difieren estadísticamente.

Respecto al nivel de salinidad 3 (7.0 dS/m); para el contenido de clorofila a los 45 días varió de 21.7 a 35.7 $\mu\text{g cm}^{-2}$, el valor más bajo corresponde al tratamiento salino en la fase de germinación y el más alto en la floración, entre estos valores hay diferencias significativas.

4.2.17. Contenido de clorofila (60 días)

Con respecto al contenido de clorofila a los 60 días en las fases fenológicas, el promedio de las concentraciones de sales, varió de 23.2 a 27.5 $\mu\text{g cm}^{-2}$, correspondiendo el valor más bajo al tratamiento salino en la fase de germinación y el más alto en la fase de estado lechoso, entre estos valores existe diferencias significativas (Tabla 25).

Referente a clorofila a los 60 días para los tratamientos salinos, en promedio los tratamientos salinos en las fases fenológicas, fueron significativamente diferentes e iguales a 29.3, 24.8, 23.2 $\mu\text{g cm}^{-2}$ para los tratamientos de 0.2, 3.5 y 7.0 dS/m; respectivamente.

Para el nivel de salinidad 1 (0.2 dS/m) o control; el contenido de clorofila a los 60 días observados en todas las etapas fenológicas (germinación, plántula, macollamiento, crecimiento de tallo, primordio floral, embuchamiento, floración y estado lechoso) fue igual a 29.3 $\mu\text{g cm}^{-2}$, por lo que no difieren estadísticamente entre sí.

En el nivel de salinidad 2 (3.5 dS/m); para el contenido de clorofila a los 60 días varió de 22.9 a 26.4 $\mu\text{g cm}^{-2}$, el valor más bajo fue observado en el tratamiento salino en la fase de germinación y el más alto en la fase de estado lechoso, estos valores difieren estadísticamente.

Respecto al nivel de salinidad 3 (7.0 dS/m); para el contenido de clorofila a los 60 días varió de 17.5 a 27.0 $\mu\text{g cm}^{-2}$, el valor más bajo corresponde al tratamiento salino en la fase de germinación y el más alto a las etapas embuchamiento y floración, entre estos valores hay diferencias significativas.

4.2.18. Contenido de clorofila (75 días)

El contenido de clorofila a los 75 días en las fases fenológicas, varió de 19.5 a 23.5 $\mu\text{g cm}^{-2}$, correspondiendo el valor más bajo al tratamiento salino en la fase de germinación y el más alto en la fase de estado lechoso, entre estos valores existe diferencias significativas (Tabla 25).

De igual modo el contenido de clorofila a los 30 días para los tratamientos salinos en las fases fenológicas, fueron significativamente diferentes e iguales a 24.9, 22.3, 20.2 $\mu\text{g cm}^{-2}$ para los tratamientos de 0.2, 3.5 y 7.0 dS/m; respectivamente.

En el nivel de salinidad 1 (0.2 dS/m) o control; para el contenido de clorofila a los 75 días observados en todas las etapas fenológicas (germinación, plántula, macollamiento, crecimiento de tallo, primordio floral, embuchamiento, floración y estado lechoso) fue igual a 24.9 $\mu\text{g cm}^{-2}$, por lo que no difieren estadísticamente entre sí.

Referente al nivel de salinidad 2 (3.5 dS/m); para el contenido de clorofila a los 75 días varió de 18.4 a 24.2 $\mu\text{g cm}^{-2}$, el valor más bajo fue observado en el tratamiento salino en la fase de germinación y el más alto en la fase de floración, estos valores difieren estadísticamente.

Con respecto al nivel de salinidad 3 (7.0 dS/m); el contenido de clorofila a los 75 días varió de 15.4 a 22.5 $\mu\text{g cm}^{-2}$, el valor más bajo corresponde al tratamiento salino en la fase de germinación y el más alto en la fase de floración, entre estos valores hay diferencias significativas.

Estos resultados demuestran que la acumulación de sales, produce clorosis marginal de la hoja y con ello una disminución del área fotosintética, lo que determina reducciones en la fotosíntesis neta (Figuras 40 y 41).

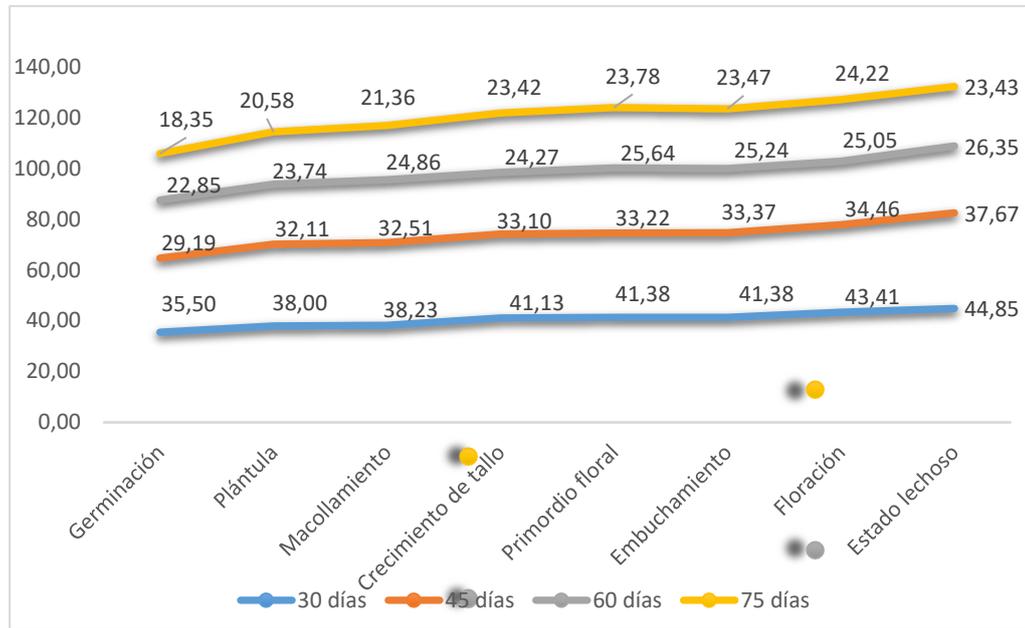


Figura 40. Variación del contenido de clorofila a los 30, 45, 60 y 75 con 3.5 dS/m de salinidad.

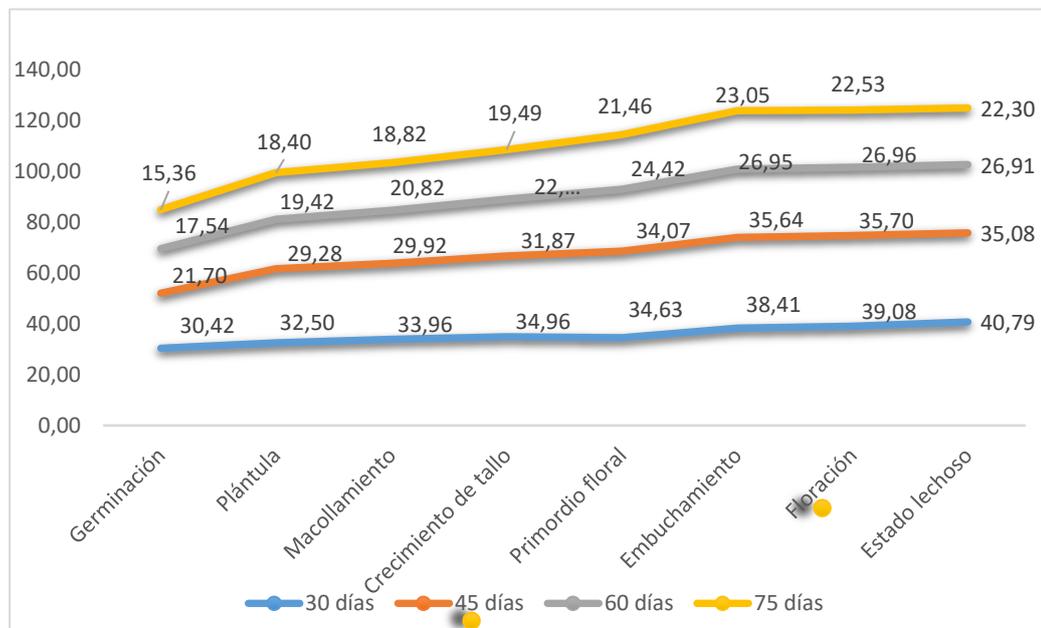


Figura 41. Variación del contenido de clorofila a los 30, 45, 60 y 75 con 7.0 dS/m de salinidad.

4.3. SELECCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LÍNEAS DE ARROZ, TOLERANTES A LA SALINIDAD EN POBLACIONES SEGREGANTES PROVENIENTES DE CRUCES DE (*Oryza sativa* L. ssp Japónica) X (*Oryza rufipogon* G).

El material genético en generación F₅ fue sometido a estrés salino en condiciones hidropónicas y en los niveles de salinidad con 0.2 dS/m y 7.0 dS/m. Se evaluaron caracteres agronómicos y de calidad siguiendo la metodología descrita y en base a los resultados observados se seleccionaron líneas de arroz con mejor comportamiento en condiciones salinas y que dio origen a la Generación F₆. Los resultados se presentan y discuten a continuación.

Fase 1. Evaluación y selección en Líneas avanzadas F₅

En las Tablas 26 a 31, se puede apreciar que el análisis de variancia en los diversos tipos de caracteres evaluados presentó diferencias altamente significativas (<0.0001) para el nivel de salinidad 0.2 dS/m y salinidad de 7.0 dS/m para: vigor, altura de planta, N° de macollos por planta, longitud de raíces, días a la floración, días a la maduración, % de esterilidad por panícula, longitud de panícula, N° de granos por panícula, peso de granos por planta (g) 14 %, N° de panículas, longitud de hoja bandera, ancho de hoja bandera, biomasa fresca de la raíz, biomasa seca de la raíz, biomasa fresca de la parte aérea, biomasa seca de la parte aérea. Respecto a clorofila, se presentó diferencias altamente significativas (<0.0001) para el nivel de salinidad 7.0 dS/m a los 45, 60 y 75 días.

El coeficiente de variación en el nivel de salinidad de 0.2 dS/m para vigor de planta fue igual a 0.1 %, para altura de planta 10.3 %; para N° de macollos por planta de 28.9 %, para longitud de raíces con 26.7 %, días a la floración de 1.5 %, días a la maduración con 0.9 %, esterilidad de panícula de 17.1 %, longitud de panícula de 14.5 %, N° de granos por panícula de 18.8, peso de granos por planta con 23.4, N° de panículas de 39.2 %, longitud de hoja bandera de 18.9 %, ancho de hoja bandera con 21.0 %, biomasa fresca de la raíz con 48.4 %, biomasa seca de la raíz de 55.3 %, biomasa fresca de la parte aérea de 45.4 %, biomasa seca de la parte aérea de 53.3 %, clorofila 30 días con 4.0 %, clorofila 45 días de 10.4 %, clorofila 60 días con 13.0 % y clorofila 75 días de 18.2 %.

Los coeficientes de variación en el nivel de salinidad de 0.2 dS/m para vigor de planta, altura de planta; N° de macollos por planta, longitud de raíces, días a la floración, días a la maduración, esterilidad de panícula, longitud de panícula, N° de granos por panícula, peso de granos por planta, N° de panículas, longitud de hoja bandera, ancho de hoja bandera, biomasa fresca de la raíz, biomasa seca de la raíz, biomasa fresca de la parte aérea, biomasa seca de la parte aérea, clorofila 30 días, clorofila 45 días, clorofila 60 días y clorofila 75 días fueron iguales a: 0.1 %, 10.3 %; 28.9 %, 26.7 %, 1.5 %, 0.9 %, 17.1 %, 14.5 %, 18.8, 23.4, 39.2 %, 18.9 %, 21.0 %, 48.4 %, 55.3 %, 45.4 %, 53.3 %, 4.0 %, 10.4 %, 13.0 % y 18.2 %; respectivamente.

Los coeficientes de variación en el nivel de salinidad de 0.2 dS/m para vigor de planta, altura de planta; N° de macollos por planta, longitud de raíces, días a la floración, días a la maduración, esterilidad de panícula, longitud de panícula, N° de granos por panícula, peso de granos por planta, N° de panículas, longitud de hoja bandera, ancho de hoja bandera, biomasa fresca de la raíz, biomasa seca de la raíz, biomasa fresca de la parte aérea, biomasa seca de la parte aérea, clorofila 30 días, clorofila 45 días, clorofila 60 días y clorofila 75 días fueron iguales a: 0.4 %, 7.6 %, 29.8 %, 21.5 %, 0.2 %, 1.1 %, 9.0 %, 16.0 %, 29.8 %, 38.5 %, 39.7 %, 16.7 %, 10.8 %, 43.3 %, 58.1 %, 38.7 %, 40.7 %, 12.7 %, 14.4 %, 17.4 % y 20.9 %; respectivamente.

4.3.1. Vigor de planta (F₅)

En la **Tabla 26** se aprecian los valores determinados para vigor de planta en el ambiente control y en el salino. Se observan para ambos ambientes, diferencias estadísticas significativas, entre los valores de vigor otorgados al material genético en estudio. Es importante señalar que el valor de 1 califica plantas con muy alto vigor y de 8 y 9, fueron otorgados a plantas débiles y pequeñas.

A nivel del control (0.2 dS/m), los valores variaron de 1 a 5, observando el valor de 1 en la variedad comercial SFL-011 y en las líneas de arroz, JP001/JP003 P1 * 11P1233, DH/JP003 P1 # 25P1433, JP001/JP003 P9 # 15P629, JP002/JP001P * P5P3621, JP003/JP001 P 1 # P1P1530 y JP003/JP001 P * 2 # 3P2119. Los progenitores tuvieron un valor de 3 a excepción del Parental JP002 con un valor de 5.

Tabla 26: Valores medios y pruebas de significación Tukey ($\alpha= 0.05$) de vigor, altura de planta (cm); N° de macollos y longitud de raíz (cm) de 12 líneas avanzadas F5, provenientes de cruces interespecíficos de *Oryza rufipogon* G. x *Oryza sativa* L. ssp. japónica; 12 líneas japónicas; 5 parentales y una variedad comercial SFL-011 de arroz en diferentes niveles de salinidad

Líneas Avanzadas	Vigor		Altura de planta (cm)		N°. Macollos		Longitud de raíz (cm)	
	0.2 (dS/m)	7.0 (dS/m)	0.2 (dS/m)	7.0 (dS/m)	0.2 (dS/m)	7.0 (dS/m)	0.2 (dS/m)	7.0 (dS/m)
Puyón/JP002 P8-324816	3.0 b	5.0 b	109.3 abcdefg	95.5 defgh	8.5 efgh	5.7 efg	26.8 bc	18.2 cdef
Puyón/JP002 P8-3210919	3.0 b	7.0 c	110.0 abcdefg	99.5 bcdefgh	10.0 defgh	10.5 cde	30.8 ab	24.3 abcde
Puyón/JP002 P8-32816	3.0 b	7.0 c	113.0 abcdef	92.7 efghij	13.2 bcde	7.3 efg	35.2 ab	24.7 abcde
Puyón/JP002 P8-305511	3.0 b	7.0 c	119.8 abcd	108.2 abcde	21.5 a	13.8 bcd	32.5 ab	20.5 abcdef
Puyón/JP002 P8-289311	3.0 b	7.0 c	123.3 ab	113.7 abc	16.0 abcd	20.2 a	31.2 ab	26.0 abcde
Puyón/JP002 P8-30552	5.0 c	7.0 c	126.3 ab	113.7 abc	19.8 a	17.3 ab	30.0 bc	25.7 abcde
Puyón/JP002 P8-29669	3.0 b	7.0 c	127.7 a	112.7 abc	17.8 ab	15.8 abc	33.8 ab	26.0 abcde
Puyón/JP002 P8-323523	3.0 b	7.0 c	129.0 a	116.8 a	12.5 bcdef	15.8 abc	29.2 bc	19.0 cdef
Puyón/JP002 P8-294930	5.0 c	5.0 b	126.3 ab	111.5 abcd	16.7 abc	15.3 abc	31.0 ab	28.3 abc
Puyón/JP002 P8-295616	3.0 b	9.0 d	115.5 abcde	98.0 cdefgh	8.3 efgh	10.3 cde	26.2 bc	19.4 bcdef
Puyón/JP003 P11-103115	5.0 c	7.0 c	127.0 ab	114.2 ab	19.7 a	21.3 a	30.7 abc	23.2 abcde
Puyón/JP003 P11-106716	5.0 c	7.0 c	129.3 a	115.3 ab	18.8 ab	19.8 ab	28.8 bc	20.8 abcdef
JP001/JP003 P1 * 11P 1233	1.0 a	5.0 b	107.3 abcdefg	97.8 cdefgh	4.3 h	2.7 g	48.7 a	15.7 ef
JP001/JP003 P1 * 11P 413	3.0 b	3.0 a	94.5 efghi	94.5 efgh	5.5 gh	7.0 efg	33.3 ab	28.9 abc
JP001/JP003 P 9 # 15P 732	3.0 b	7.0 c	94.3 efghi	86.3 hijk	4.3 h	5.7 efg	24.9 bc	25.3 abcde
JP001/JP003 P 9 # 15P 629	1.0 a	3.0 a	104.0 bcdefgh	105.5 abcdef	7.7 efgh	8.8 def	25.3 bc	24.8 abcde
JP001/JP003 P 3 # 13P 4230	3.0 b	5.0 b	89.7 fghi	89.2 ghijk	7.8 efgh	6.5 efg	34.8 ab	30.3 ab
JP002/JP001 P * P 5P 1322	3.0 b	5.0 b	93.2 efghi	92.3 efghij	5.3 gh	5.0 efg	34.6 ab	26.1 abcde
JP002/JP001 P * P 5P 3621	1.0 a	5.0 b	92.8 efghi	94.0 efghi	8.2 efgh	6.5 efg	40.3 ab	27.9 abcd
JP003/JP001 P 1 # P 1P 168	3.0 b	5.0 b	88.0 ghi	88.3 ghijk	6.0 gh	5.0 efg	28.9 bc	17.1 def
JP003/JP001 P 1 # P 1P 1530	1.0 a	5.0 b	88.5 ghi	90.3 fghijk	8.0 efgh	7.2 efg	41.7 ab	26.6 abcde
JP003/JP001 P * 2 # 3P 2119	1.0 a	5.0 b	99.0 cdefgh	94.0 efghi	10.3 cdefgh	6.7 efg	39.3 ab	28.2 abc

<< Continuación >>

Líneas Avanzadas	Vigor		Altura de planta (cm)		N°. Macollos		Longitud de raíz (cm)	
	0.2 (dS/m)	7.0 (dS/m)	0.2 (dS/m)	7.0 (dS/m)	0.2 (dS/m)	7.0 (dS/m)	0.2 (dS/m)	7.0 (dS/m)
DH/JP003 P 1 # 25P 1433	1.0 a	5.0 b	87.5 ghi	76.2 kl	6.0 gh	4.5 efg	25.2 bc	18.7 cdef
DH/JP003 P2 # 40P 425	3.0 b	5.0 b	62.0 jl	65.0 l	4.2 h	4.5 efg	23.1 bc	22.9 abcde
Parental JP001	3.0 b	5.0 b	62.0 jl	88.3 ghijk	6.2 fgh	5.0 efg	23.2 bc	22.0 abcde
Parental JP002	5.0 c	7.0 c	96.7 defghi	78.2 ijkl	4.2 h	3.3 fg	12.2 c	10.0 f
Parental JP003	3.0 b	5.0 b	83.8 hij	77.5 jkl	5.7 gh	4.8 efg	40.1 ab	27.2 abcd
Parental Puyón	3.0 b	7.0 c	130.5 a	110.7 abcd	11.3 cdefg	8.8 def	40.0 ab	30.5 a
Parental DH	3.0 b	7.0 c	74.5 ij	77.2 jkl	8.2 efgh	7.0 efg	39.7 ab	25.1 abcde
SFL-011 (Comercial)	1.0 a	9.0 d	122.0 abc	103.5 abcdefg	9.5 efgh	8.7 defg	40.0 ab	29.0 abc
Promediogeneral	2.9	6.0	104.2	96.7	10.2	9.4	32.0	23.7
Significancia	**	**	**	**	**	**	**	**
CV %	0.1	0.4	10.3	7.6	28.9	29.8	26.7	21.5

Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($p > 0,05$)

** : altamente significativo

En el ambiente salino (7.0 dS/m) los valores de vigor de planta variaron de 3 a 9. Correspondiendo el valor de 3 a las líneas JP001/JP003 P1 * 11P413 y JP001/JP003 P9 # 15P629 y el valor de 9 a Puyón/JP002 P8-295616 y a la variedad comercial SFL-011. Los parentales tuvieron valores de 5 y 7 respectivamente; indicando el efecto negativo de las sales en el vigor de las plantas.

4.3.2. Altura de planta (F₅)

En la Tabla 26 se presentan los valores de altura de planta para el ambiente control y el ambiente salino y se puede observar que existen diferencias estadísticas significativas para las líneas de arroz, los parentales y la variedad comercial.

En el ambiente control (0.2 dS/m) la altura de planta varió de 62.0 cm a 130.5 cm, con el valor más bajo en la línea DH/JP003 P2 # 40P425 y con el valor más alto para el Parental Puyón, con un valor promedio general de 104.2 cm. En el ambiente salino (7 dS/m) el rango de altura observado fue de 65.0 a 116.8 cm, correspondiendo el valor más bajo a DH/JP003 P2 # 40P425 y el más alto al Puyón/JP002 P8-323523, con un valor promedio general de 96.7 cm.

Observando los valores se puede apreciar que las líneas Puyón/JP002 P8-32816 y Puyón/JP002 P8-295616 fueron las más afectadas por las sales para altura de planta con una reducción de 20.3 cm y 17.5 cm respectivamente. Los parentales también figuran entre los más afectados por las sales como el Parental Puyón, el Parental JP002 y la variedad comercial SFL-011 con reducciones en altura de planta de 19.8 cm, 18.5 cm y 18.5 cm; respectivamente. Por otro lado, se aprecia ligeros incrementos de altura de planta en algunos de los genotipos y un incremento significativo de 26.3 cm para el Parental JP001 en el medio salino.

4.3.3. Macollos por planta (F₅)

La variable número de macollos por planta (Tabla 26), en el ambiente control (0.2 dS/m) varió de 4.2 a 21.5, con el valor más bajo en las líneas DH/JP003 P2 # 40P425 y Parental JP002; el valor más alto lo presentó la línea Puyón/JP002 P8-305511 y el valor promedio general fue de 10.2. En el ambiente salino (7 dS/m) el rango para esta variable fue de 2.7 a 21.3 macollos; correspondiendo el valor más bajo a JP001/JP003 P1 * 11P1233 y el más alto al Puyón/JP003 P11-103115, con un valor promedio general de 9.4 macollos.

Según los resultados, se puede observar que las líneas Puyón/JP002 P8-32816 y Puyón/JP002 P8-3210919 fueron las más afectadas por las sales en esta variable, con una reducción de 7.7 y 5.9 macollos respectivamente. Se aprecia ligeros incrementos en número de macollos por planta en algunos de los genotipos como Puyón/JP002 P8-305511 con 4.2.

4.3.4. Longitud de la raíz (F5)

En el ambiente control (0.2 dS/m) la longitud de la raíz varió de 12.2 cm a 48.7 cm, con el valor más bajo el Parental JP002 y con el valor más alto para la línea JP001/JP003 P1 * 11P1233, con un valor promedio general de 32.0 cm. En el ambiente salino (7 dS/m) el promedio para esta variable fue de 10.0 a 30.5 cm, correspondiendo el valor más bajo a Parental JP002 y el más alto a Parental Puyón, con un valor promedio general de 23.7 cm (Tabla 26).

Considerando los resultados, se puede apreciar que la línea JP001/JP003 P1 * 11P1233 fue la más afectada por las sales para longitud de la raíz con una reducción de 32.9 cm. Por otro lado, también figuran entre los genotipos afectados la línea JP003/JP001 P1 # P1P1530 y el Parental Parental DH con de 15.0 cm y 14.6 cm; respectivamente.

4.3.5. Días a floración (F5)

En el ambiente control (0.2 dS/m) los días a floración varió de 68.2 a 130.5 días, con el valor más bajo el Parental DH y con el valor más alto las líneas Puyón/JP002 P8-324816 y Puyón/JP002 P8-3210919, con un valor promedio general de 83.2 días. En el ambiente salino (7 dS/m) el rango de floración observado fue de 67.0 a 98.0 días, correspondiendo el valor más bajo a DH/JP003 P2 # 40P425 y el más alto para Parental Puyón, con un valor promedio general de 80.8 días (**Tabla 27**).

Observando los valores (Tabla 27) se puede apreciar que la línea comercial SFL-011 fue la más afectada por las sales para días a floración con una reducción del 100%. Por otro lado, se aprecia ligeros incrementos en los días de floración en algunos genotipos de 15.2 y 12.8 días para el Parental JP001 y Parental DH en el medio salino.

Tabla 27: Valores medios y pruebas de significación Tukey ($\alpha= 0.05$) de días a floración, días a la maduración y % esterilidad de 12 líneas avanzadas F5, provenientes de cruces interespecíficos de *Oryza rufipogon* G. x *Oryza sativa* L. ssp. japónica.; 12 líneas japónicas; 5 parentales y una variedad comercial SFL-011 de arroz en diferentes niveles de salinidad

Líneas Avanzadas	Días a floración		Días a la maduración				%Esterilidad		
	0.2 (dS/m)	7.0 (dS/m)	0.2 (dS/m)	7.0 (dS/m)	0.2 (dS/m)	7.0 (dS/m)	0.2 (dS/m)	7.0 (dS/m)	
Puyón/JP002 P8-324816	97.5 a	96.0 b	120.3	cd	132.8	a	53.7	k	67.0 efg
Puyón/JP002 P8-3210919	97.5 a	96.0 b	125.7	b	133.7	a	36.2	fghi	100.0 i
Puyón/JP002 P8-32816	89.0 b	89.0 c	127.3	b	126.2	b	34.5	efgh	100.0 i
Puyón/JP002 P8-305511	89.0 b	89.0 c	120.5	cd	126.7	b	39.8	ghij	100.0 i
Puyón/JP002 P8-289311	83.7 c	82.0 e	120.0	cd	120.2	cd	26.3	bcdef	100.0 i
Puyón/JP002 P8-30552	83.7 c	82.0 e	121.3	c	119.7	cde	32.0	defg	32.2 ab
Puyón/JP002 P8-29669	83.2 cd	82.0 e	120.5	cd	119.7	cde	45.3	hijk	100.0 i
Puyón/JP002 P8-323523	83.0 cd	82.0 e	120.3	cd	119.8	cde	41.7	ghij	100.0 i
Puyón/JP002 P8-294930	83.0 cd	82.0 e	121.0	cd	119.7	cde	31.3	defg	29.7 ab
Puyón/JP002 P8-295616	83.0 cd	82.0 e	121.0	cd	121.0	c	16.5	ab	100.0 i
Puyón/JP003 P11-103115	83.3 c	82.0 e	120.0	cd	119.7	cde	23.7	abcde	27.0 a
Puyón/JP003 P11-106716	83.3 c	82.0 e	121.2	cd	119.7	cde	16.5	ab	35.0 abc
JP001/JP003 P1 * 11P 1233	81.8 cd	84.0 d	116.5	fg	116.0	gh	46.0	ijk	76.0 gh
JP001/JP003 P1 * 11P 413	81.3 cd	81.0 f	119.3	cde	118.5	cdefg	27.0	bcdef	46.0 cd
JP001/JP003 P 9 # 15P 732	81.7 cd	81.0 f	116.3	g	115.5	h	22.0	abcd	83.0 h
JP001/JP003 P 9 # 15P 629	81.3 cd	81.0 f	118.8	def	118.0	defgh	46.0	ijk	76.0 gh
JP001/JP003 P 3 # 13P 4230	81.2 cd	84.0 d	119.3	cde	118.5	cdefg	49.0	jk	59.0 def
JP002/JP001 P * P 5P 1322	81.5 cd	81.0 f	119.0	cde	118.5	cdefg	14.0	a	30.0 ab
JP002/JP001 P * P 5P 3621	81.3 cd	84.0 d	119.0	cde	118.5	cdefg	16.0	ab	76.0 gh
JP003/JP001 P 1 # P 1P 168	81.5 cd	81.0 f	119.0	cde	118.0	defgh	24.0	abcde	41.0 bc
JP003/JP001 P 1 # P 1P 1530	81.3 cd	84.0 d	119.3	cde	117.7	defgh	47.0	ijk	63.0 efg
JP003/JP001 P * 2 # 3P 2119	81.0 cd	84.0 d	119.2	cde	117.5	defgh	28.0	cdef	61.0 ef
DH/JP003 P 1 # 25P 1433	81.7 cd	81.0 f	116.5	fg	115.7	h	45.0	hijk	72.0 fgh

<< Continuación >>

Líneas Avanzadas	Días a floración		Días a la maduración				%Esterilidad	
	0.2 (dS/m)	7.0 (dS/m)	0.2 (dS/m)	7.0 (dS/m)	0.2 (dS/m)	7.0 (dS/m)	0.2 (dS/m)	7.0 (dS/m)
DH/JP003 P2 # 40P 425	81.7 cd	67.0 g	116.5 fg	116.5 gh	28.0 cdef	39.0 abc		
Parental JP001	81.7 cd	81.0 f	117.0 efg	116.8 fgh	18.0 abc	38.0 abc		
Parental JP002	82.5 cd	82.0 e	120.7 cd	119.3 cdef	19.0 abc	71.3 fgh		
Parental JP003	80.5 d	84.0 d	119.0 cde	117.2 efgh	28.0 cdef	40.0 abc		
Parental Puyón	82.8 cd	98.0 a	134.7 a	133.2 a	24.3 abcde	100.0 i		
Parental DH	68.2 e	81.0 f	119.3 cde	117.5 defgh	22.0 abcd	56.0 de		
SFL-011 (Comercial)	83.0 cd	0.0 h	134.7 a	0.0 i	18.3 abc	100.0 i		
Promedio general	83.2	80.8	120.8	116.4	30.6	67.3		
Significancia	**	**	**	**	**	**	**	**
CV %	1.5	0.2	0.9	1.1	17.1	9.0		

Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey (p > 0,05)

4.3.6. Días a la maduración (F₅)

Los promedios para días a la maduración se presentan en la Tabla 27. En la cual se observa que para el ambiente control (0.2 dS/m) el ciclo vegetativo varió de 116.3 a 134.7 días, con el valor más bajo la línea JP001/JP003 P9 # 15P732 y con el valor más alto las líneas SFL-011 y Parental Puyón, con un valor promedio general de 120.8 días. En el ambiente salino (7 dS/m) el valor promedio observado fue de 115.5 a 133.7 días, correspondiendo el valor más bajo a JP001/JP003 P9 # 15P732 y el más alto para Puyón/JP002 P8-3210919, con un valor promedio general de 116.4 días.

Según los resultados, se puede apreciar que la línea comercial SFL-011 fue la más afectada por las sales para días a la maduración, con una reducción del 100 %. Por otro lado, se aprecia ligeros incrementos en ciclo vegetativo para algunos genotipos de 12.5 y 8.0 días para Puyón/JP002 P8-324816 y Puyón/JP002 P8-3210919 respectivamente en el medio salino.

4.3.7. Esterilidad de panícula (F₅)

En el ambiente control (0.2 dS/m) el resultado varió de 14.0 % a 53.7 %, con el valor más bajo JP002/JP001 P * P5P1322 y con el valor más alto la línea Puyón/JP002 P8-324816, con un valor promedio general de 30.6 %. En el ambiente salino (7 dS/m) el rango promedio fue de 27.0 % a 100.0 %, correspondiendo el valor más bajo a Puyón/JP003 P11-103115 y el más alto para Puyón/JP002 P8-3210919, Puyón/JP002 P8-32816, Puyón/JP002 P8-305511, Puyón/JP002 P8-289311, Puyón/JP002 P8-29669, Puyón/JP002 P8-323523, Puyón/JP002 P8-295616, SFL-011, y Parental Puyón, con un valor promedio general de 67.3 %.

Según los resultados, se aprecia que las líneas Puyón/JP002 P8-295616 y SFL-011 fueron las más afectadas por las sales para esterilidad de panícula con una reducción del 100 % (sin formación de granos). Por otro lado, se aprecia una ligera disminución en la esterilidad para Puyón/JP002 P8-294930 con 1.6 % en el medio salino (Tabla 24).

4.3.8. Longitud de panícula (F₅)

Con respecto a longitud de panícula (**Tabla 28**), en el ambiente control (0.2 dS/m) varió de 10.9 cm a 27.0 cm, con el valor más bajo en la línea Parental JP001; el valor más alto lo presentó la línea SFL-011 y el valor promedio general fue de 18.7 cm. En el ambiente salino (7 dS/m) el rango para esta variable fue de 0.0 cm a 21.8 cm; correspondiendo el valor más bajo a SFL-011 1 y el más alto a Puyón/JP002 P8-323523, con un promedio general de 14.3.

Tabla 28: Valores medios y pruebas de significación Tukey ($\alpha= 0.05$) de longitud de panícula (cm), N° granos por panícula; Peso de granos por planta (g) 14% y N° panículas de 12 líneas avanzadas F5, provenientes de cruces interespecíficos de *Oryza rufipogon* G. x *Oryza sativa* L. ssp. japónica.; 12 líneas japónicas; 5 parentales y una variedad comercial SFL-011 de arroz en diferentes niveles de salinidad

Líneas Avanzadas	Longitud de panícula (cm)		N° granos por panícula		Peso de granos por planta (g) 14%				N° Panículas							
	0.2 (dS/m)	7.0 (dS/m)	0.2 (dS/m)	7.0 (dS/m)	0.2 (dS/m)	7.0 (dS/m)	0.2 (dS/m)	7.0 (dS/m)	0.2 (dS/m)	7.0 (dS/m)						
Puyón/JP002 P8-324816	21.8	abcd	16.0	cdefgh	58.7	ijk	29.3	fgh	25.4	abcdef	14.2	cde	6.7	fghij	4.7	efghij
Puyón/JP002 P8-3210919	21.2	abcde	15.5	efghi	66.5	hijk	0.0	j	20.6	defgh	0.0	g	9.0	bcdefghij	6.8	cdefghi
Puyón/JP002 P8-32816	20.7	bcdef	15.8	defgh	123.8	abc	0.0	j	25.1	abcdef	0.0	g	11.7	abcdef	4.7	efghij
Puyón/JP002 P8-305511	22.5	abc	16.7	bcdefg	111.0	bcde	0.0	j	28.3	abcde	0.0	g	17.2	a	8.7	abcdefg
Puyón/JP002 P8-289311	25.2	ab	14.8	efghij	121.7	bcd	0.0	j	25.1	abcdef	0.0	g	14.2	abcde	13.3	a
Puyón/JP002 P8-30552	23.2	ab	19.7	abcde	109.7	bcdef	63.5	bc	34.0	ab	31.2	a	16.0	ab	13.0	ab
Puyón/JP002 P8-29669	24.2	ab	20.8	abc	125.8	abc	0.0	j	21.8	cdefgh	0.0	g	15.0	abcd	12.5	abc
Puyón/JP002 P8-323523	24.0	ab	21.8	a	110.8	bcde	0.0	j	25.6	abcdef	0.0	g	11.0	abcdefgh	10.0	abcde
Puyón/JP002 P8-294930	24.7	ab	20.5	abcd	132.8	ab	85.8	a	35.5	a	31.7	a	10.5	abcdefghi	9.7	abcdef
Puyón/JP002 P8-295616	21.2	abcde	16.7	bcdefg	85.7	efghi	0.0	j	20.8	defgh	0.0	g	8.2	defghij	8.5	abcdefgh
Puyón/JP003 P11-103115	25.3	ab	21.3	ab	106.0	bcdefg	81.2	ab	32.9	abc	31.5	a	15.7	abc	12.0	abcd
Puyón/JP003 P11-106716	23.7	ab	18.8	abcdef	134.2	ab	86.8	a	31.7	abcd	27.7	ab	14.3	abcde	12.3	abcd
JP001/JP003 P1 * 11P 1233	14.8	fghij	13.5	ghijk	73.3	ghijk	54.0	cd	10.8	gh	5.3	efg	3.7	ij	2.7	ij
JP001/JP003 P1 * 11P 413	17.2	cdefgh	13.5	ghijk	87.8	defghi	53.5	cd	22.4	bcdefg	19.2	bc	4.8	fghij	5.5	efghij
JP001/JP003 P 9 # 15P 732	17.0	cdefgh	12.7	ghijk	111.3	bcde	49.5	cdef	19.5	efgh	10.8	cdef	4.2	ghij	4.8	efghij
JP001/JP003 P 9 # 15P 629	16.1	defghij	13.3	ghijk	43.3	k	52.2	cde	19.2	efgh	13.3	cdef	6.3	fghij	7.7	abcdefghi
JP001/JP003 P 3 # 13P 4230	13.5	hij	13.2	ghijk	47.7	jk	33.3	defgh	19.6	efgh	16.3	cd	7.3	efghij	6.2	efghi
JP002/JP001 P * P 5P 1322	16.9	cdefghi	14.1	fghij	74.2	fghijk	79.0	ab	24.0	abcdef	17.7	cd	4.7	fghij	4.8	efghij
JP002/JP001 P * P 5P 3621	12.9	hij	10.0	jkl	55.0	ijk	29.3	fgh	20.4	defgh	13.0	cdef	6.8	fghij	5.7	efghij
JP003/JP001 P 1 # P 1P 168	13.0	hij	13.6	ghijk	83.2	efghij	66.7	abc	15.0	fgh	10.5	cdef	5.2	fghij	4.7	efghij
JP003/JP001 P 1 # P 1P 1530	13.3	hij	10.4	jkl	55.2	ijk	24.2	ghi	20.7	defgh	14.3	cde	6.2	fghij	6.0	efghi
JP003/JP001 P * 2 # 3P 2119	14.6	ghij	11.2	hijkl	62.0	hijk	17.0	hij	23.9	bcdef	13.3	cdef	8.5	cdefghij	6.0	efghi

<<Continuación>>

Líneas Avanzadas	Longitud de panícula (cm)				Nº granos por panícula				Peso de granos por planta (g) 14%				Nº Panículas			
	0.2 (dS/m)		7.0 (dS/m)		0.2 (dS/m)		7.0 (dS/m)		0.2 (dS/m)		7.0 (dS/m)		0.2 (dS/m)	7.0 (dS/m)		
DH/JP003 P 1 # 25P 1433	17.0	cdefgh	13.6	ghijk	55.3	ijk	23.8	ghi	15.0	fgh	9.0	defg	5.2	fghij	4.0	fghij
DH/JP003 P2 # 40P 425	11.1	ij	13.4	ghijk	49.2	jk	39.0	defg	10.4	h	9.0	defg	4.0	hij	3.2	ghij
Parental JP001	10.9	J	7.2	l	69.5	hijk	35.0	defgh	21.6	cdefgh	15.0	cd	5.5	fghij	4.5	efghij
Parental JP002	15.3	efghij	10.8	ijkl	44.3	k	7.3	ij	22.9	bcdef	4.2	fg	3.2	j	2.8	hij
Parental JP003	19.5	bcdefg	11.7	ijkl	96.5	cdefgh	31.5	efgh	21.9	cdefgh	16.9	cd	5.2	fghij	4.2	fghij
Parental Puyón	21.2	abcde	19.2	abcde	140.0	ab	0.0	j	24.9	abcdef	0.0	g	11.3	abcdefg	7.3	bcdefghi
Parental DH	12.2	hij	8.6	kl	45.5	k	40.0	defg	16.3	fgh	12.6	cdef	7.7	efghij	6.7	defghi
SFL-011 (Comercial)	27.0	A	0.0	m	158.5	a	0.0	j	30.3	abcde	0.0	g	9.5	bcdefghij	0.0	j
Promediogeneral	18.7		14.3		88.0		32.7		22.9		11.2		8.6		6.8	
Significancia	**		**		**		**		**		**		**		**	
CV %	14.5		16.0		18.8		29.8		23.4		38.5		39.2		39.7	

Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey (p > 0,05)

** : altamente significativo

Según los resultados se puede observar que la línea SFL-011 fue la más afectada por las sales, con una reducción de 27.0. Se aprecia un ligero incremento en el genotipo DH/JP003 P2 # 40P425 con 2.3.

4.3.9. Granos por panícula (F₅)

En el ambiente control (0.2 dS/m) los granos por panícula (Tabla 28) variaron de 43.3 a 158.5, con el valor más bajo JP001/JP003 P9 # 15 y con el valor más alto la línea SFL-011, con un valor promedio general de 88.0 granos/panícula. En el ambiente salino (7 dS/m) el rango promedio observado fue de 0 a 86.8 granos/panícula, correspondiendo el valor más bajo (0) a Puyón/JP002 P8-3210919, Puyón/JP002 P8-32816, Puyón/JP002 P8-305511, Puyón/JP002 P8-289311, Puyón/JP002 P8-29669, Puyón/JP002 P8-323523, Puyón/JP002 P8-295616, SFL-011, y Parental Puyón; el promedio más alto fue para Puyón/JP003 P11-106716, con un valor promedio general de 32.7 granos/panícula.

Según los resultados, se puede observar que la línea SFL-011 fue la más afectada por las sales, con una reducción de 158.5 granos/panícula. Se aprecia un ligero incremento en el genotipo JP001/JP003 P9 # 15P629 con 8.9 granos/panícula.

4.3.10. Peso de granos por planta (g) 14% de humedad (F₅)

Para la variable peso de granos por planta (Tabla 28), el ambiente control (0.2 dS/m) varió de 10.4 g a 35.5, con el valor más bajo en la línea DH/JP003 P2 # 40P425; el valor más alto fue la línea Puyón/JP002 P8-294930 y el valor promedio general fue de 22.9 granos/planta. En el ambiente salino (7 dS/m), el rango para esta variable fue de 0.0 g a 31.7 granos/planta; correspondiendo el valor más bajo a Puyón/JP002 P8-3210919, Puyón/JP002 P8-32816, Puyón/JP002 P8-305511, Puyón/JP002 P8-289311, Puyón/JP002 P8-29669, Puyón/JP002 P8-323523, Puyón/JP002 P8-295616, SFL-011 y Parental Puyón, el valor más alto lo obtuvo la línea Puyón/JP002 P8-294930, con un promedio general de 11.2 granos/planta.

Según los resultados, se puede observar que las líneas Puyón/JP002 P8-3210919, Puyón/JP002 P8-32816, Puyón/JP002 P8-305511, Puyón/JP002 P8-289311, Puyón/JP002 P8-29669, Puyón/JP002 P8-323523, Puyón/JP002 P8-295616, SFL-011 y Parental Puyón fueron las más afectadas por las sales en esta variable, con una reducción de 20.6, 25.1, 28.3, 25.1, 21.8, 25.6, 20.8, 30.3 y 24.9 de granos/planta; respectivamente. Para esta variable no se aprecia incrementos en el peso de granos por planta.

4.3.11. Número de panículas (F₅)

En el ambiente control (0.2 dS/m) el número de panículas (Tabla 28) varió de 3.2 a 17.2, con el valor más bajo el Parental JP002 y con el valor más alto la línea Puyón/JP002 P8-305511, con un valor promedio general de 8.6 panículas. En el ambiente salino (7 dS/m) el rango para esta variable fue de 0.0 a 13.3 panículas, correspondiendo el valor más bajo a SFL-011 y el más alto para Puyón/JP002 P8-289311, con un valor promedio general de 6.8 panículas.

Observando los resultados, se puede apreciar que las líneas SFL-011 y Puyón/JP002 P8-305511 fueron la más afectadas por las sales con una reducción del 9.5 y 8.5 panículas respectivamente. Por otro lado, se aprecia un ligero incremento de panículas de 1.4 para la línea JP001/JP003 P9 # 15P629 en el medio salino ⁱ.

4.3.12. Longitud de hoja bandera (F₅)

La variable longitud de hoja bandera (**Tabla 29**), en el ambiente control (0.2 dS/m) varió de 10.3 cm a 42.2 cm, con el valor más bajo en la línea Parental JP001 y el valor más alto en la línea Puyón/JP002 P8-324816, el promedio general para este nivel fue de 30.9 cm. En el ambiente salino (7 dS/m) el rango para esta variable fue de 18.3 cm a 36.1 cm; correspondiendo el valor más bajo a Puyón/JP002 P8-295616 y el más alto para la línea JP001/JP003 P1 * 11P1233, con un promedio general de 25.5 cm.

Según los resultados, se puede observar que las líneas Puyón/JP002 P8-3210919, Puyón/JP002 P8-30552, Puyón/JP002 P8-294930 y SFL-011 fueron las más afectadas por las sales en esta variable, con una reducción de 17.2, 14.8, 14.2 y 16.8 cm respectivamente. Se aprecia ligeros incrementos para esta variable, en algunos genotipos relevantes como Parental JP001 y DH/JP003 P2 # 40P425 con 8.1 y 2.9, respectivamente.

4.3.13. Ancho de hoja bandera (F₅)

En el ambiente control (0.2 dS/m) el ancho de hoja bandera varió de 0.4 cm a 2.3 cm, con el valor más bajo el genotipo Parental JP001 y con el valor más alto la línea Puyón/JP002 P8-30552, con un valor promedio general de 1.3 cm. En el ambiente salino (7 dS/m) el rango promedio observado para esta variable fue de 0.6 cm a 1.6 cm, correspondiendo el valor más bajo a JP003/JP001 P * 2 # 3 y el valor más alto a la línea Puyón/JP002 P8-29669, el valor promedio general fue de 1.2 cm (Tabla 29).

Tabla 29: Valores medios y pruebas de significación Tukey ($\alpha= 0.05$) de longitud de hoja bandera (cm), ancho de hoja bandera (cm), longitud de la hoja 2 (cm) y ancho de la hoja 2 (cm) de 12 líneas avanzadas F5, provenientes de cruces interespecíficos de *Oryza rufipogon* G. x *Oryza sativa* L. ssp. japónica.; 12 líneas japónicas; 5 parentales y una variedad comercial SFL-011 de arroz en diferentes niveles de salinidad

Líneas Avanzadas	Longitud de hoja bandera (cm)		Ancho de hoja bandera (cm)	
	0.2 (dS/m)	7.0 (dS/m)	0.2 (dS/m)	7.0 (dS/m)
Puyón/JP002 P8-324816	42.2 a	28.5 abcde	1.7 ab	1.4 abc
Puyón/JP002 P8-3210919	39.2 ab	22.0 cdef	1.7 abc	1.4 ab
Puyón/JP002 P8-32816	31.8 abcd	24.7 bcdef	1.6 bcd	1.4 ab
Puyón/JP002 P8-305511	28.8 bcde	26.0 bcdef	1.7 bc	1.4 ab
Puyón/JP002 P8-289311	32.7 abcd	21.2 def	1.7 abc	1.3 bcde
Puyón/JP002 P8-30552	37.3 ab	22.5 bcdef	2.3 a	1.5 ab
Puyón/JP002 P8-29669	36.8 ab	26.7 bcdef	1.9 ab	1.6 a
Puyón/JP002 P8-323523	28.8 bcde	30.3 abcd	1.8 ab	1.5 ab
Puyón/JP002 P8-294930	36.2 ab	22.0 cdef	1.7 bc	1.3 bcd
Puyón/JP002 P8-295616	21.3 def	18.3 f	1.3 bcdefg	1.4 abc
Puyón/JP003 P11-103115	36.8 ab	26.0 bcdef	1.9 ab	1.5 ab
Puyón/JP003 P11-106716	30.7 abcde	26.8 bcdef	1.7 bc	1.5 ab
JP001/JP003 P1 * 11P 1233	38.2 ab	36.2 a	1.3 bcdefg	1.0 ef
JP001/JP003 P1 * 11P 413	29.8 abcde	30.8 abc	1.0 defgh	1.0 ef
JP001/JP003 P 9 # 15P 732	34.3 abc	31.5 ab	1.0 efghi	1.0 ef
JP001/JP003 P 9 # 15P 629	28.7 bcde	25.8 bcdef	1.0 efghi	1.0 ef
JP001/JP003 P 3 # 13P 4230	27.8 bcde	29.2 abcde	1.0 fghi	0.9 f
JP002/JP001 P * P 5P 1322	30.3 abcde	26.7 bcdef	1.0 defgh	1.0 ef
JP002/JP001 P * P 5P 3621	29.3 bcde	29.7 abcde	0.8 ghi	0.8 fgh
JP003/JP001 P 1 # P 1P 168	27.5 bcde	28.5 abcde	1.0 efghi	1.0 ef
JP003/JP001 P 1 # P 1P 1530	27.8 bcde	25.3 bcdef	0.9 fghi	0.7 gh

<<Continuación.>>

Líneas Avanzadas	Longitud de hoja bandera (cm)		Ancho de hoja bandera (cm)	
	0.2 (dS/m)	7.0 (dS/m)	0.2 (dS/m)	7.0 (dS/m)
JP003/JP001 P * 2 # 3P 2119	31.4 abcd	23.7 bcdef	0.8 ghi	0.6 h
DH/JP003 P 1 # 25P 1433	35.8 ab	23.0 bcdef	1.5 bcdef	1.1 def
DH/JP003 P2 # 40P 425	21.9 cdef	24.8 bcdef	0.7 hi	0.9 fg
Parental JP001	10.3 f	18.4 f	0.4 i	1.0 f
Parental JP002	27.0 bcde	27.7 abcde	1.1 cdefgh	1.1 cdef
Parental JP003	33.7 abcd	22.7 bcdef	1.0 efghi	1.0 f
Parental Puyón	33.8 abcd	25.2 bcdef	1.7 abc	1.4 ab
Parental DH	18.0 ef	20.5 ef	0.9 fghi	1.0 ef
SFL-011 (Comercial)	38.3 ab	21.5 def	1.6 bcde	1.0 ef
Promediogeneral	30.9	25.5	1.3	1.2
Significancia	**	**	**	**
CV %	18.9	16.7	21.0	10.8

Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($p > 0,05$)

** : altamente significativo

Según los resultados, se observa que la línea Puyón/JP002 P8-30552 fue la más afectada por las sales para el ancho de hoja bandera con una reducción de 0.8. Por otro lado, se aprecia ligeros incrementos para esta variable en algunos genotipos relevantes como Parental JP001 con un valor de 0.6 cm en el medio salino.

4.3.14. Biomasa fresca de la raíz (F₅)

Referente a la biomasa fresca de la raíz (**Tabla 30**) en el ambiente control (0.2 dS/m), este varió de 21.4 g a 211.4 g, con el valor más bajo el Parental JP002 y con el valor más alto la línea Puyón/JP002 P8-30552, con un promedio general de 107.1 g. En el ambiente salino (7 dS/m) el rango promedio observado para esta variable fue de 20 g a 176.9 g, correspondiendo el valor más bajo a Parental JP003 y el valor más alto al Puyón/JP002 P8-294930, el promedio general fue de 70.7 cm.

Según los resultados para la variable biomasa fresca de la raíz (Tabla 30), se puede apreciar que la línea Puyón/JP002 P8-289311 fue la más afectada por las sales con una reducción de 115.8 g. Por otro lado, se aprecia ligeros incrementos para esta variable en algunos genotipos relevantes como JP001/JP003 P1 * 11P413 con un valor de 27.0 g en el medio salino.

4.3.15. Biomasa seca de la raíz (F₅)

La biomasa seca de la raíz (Tabla 30) en el ambiente control (0.2 dS/m), varió de 3.7 g a 99.2 g, con el valor más bajo el genotipo Parental JP002 y con el valor más alto la línea JP002/JP001 P * P5P1322, con un valor promedio general de 48.0 g. En el ambiente salino (7 dS/m) el rango promedio observado para esta variable fue de 7.2 g a 67.9 g, correspondiendo el valor más bajo a Parental JP002 y el valor más alto a JP001/JP003 P1 * 11P413, el promedio general fue de 27.6 g.

Se puede apreciar que, para esta variable las líneas Puyón/JP002 P8-289311, JP002/JP001 P * P5P1322 y JP003/JP001 P1 # P1P168 fueron las más afectadas por las sales con una reducción de 49.1, 43.6 y 43.8 g respectivamente. Por otro lado, se aprecia ligeros incrementos para esta variable en algunos genotipos relevantes como Puyón/JP002 P8-30552 con un valor de 7.8 g en el medio salino.

Tabla 30: Valores medios y pruebas de significación Tukey ($\alpha= 0.05$) de biomasa fresca de la raíz (g), biomasa seca de la raíz (g), biomasa fresca de la parte aérea (g) y biomasa seca de la parte aérea (g) de 12 líneas avanzadas F5, provenientes de cruces interespecíficos de *Oryza rufipogon* G. x *Oryza sativa* L. ssp. japónica.; 12 líneas japónicas; 5 parentales y una variedad comercial SFL-011 de arroz en diferentes niveles de salinidad

Líneas Avanzadas	Biomasa fresca de la raíz (g)		Biomasa seca de la raíz (g)		Biomasa fresca de la parte aérea (g)		Biomasa seca de la parte aérea (g)	
	0.2 (dS/m)	7.0 (dS/m)	0.2 (dS/m)	7.0 (dS/m)	0.2 (dS/m)	7.0 (dS/m)	0.2 (dS/m)	7.0 (dS/m)
Puyón/JP002 P8-324816	152.4 abcd	65.0 defg	26.0 cd	11.9 def	282.2 a	151.1 bc	70.4 ab	37.9 bcd
Puyón/JP002 P8-3210919	110.0 abcde	56.8 efg	27.3 bcd	7.9 ef	177.0 abc	128.7 cd	46.6 abcde	33.0 cde
Puyón/JP002 P8-32816	139.9 abcd	56.5 efg	46.0 abcd	10.2 def	215.8 ab	90.5 cdefg	54.8 abcd	22.8 defgh
Puyón/JP002 P8-305511	154.2 abcd	62.7 efg	46.0 abcd	9.4 def	248.1 ab	124.2 cd	61.7 abc	32.1 cde
Puyón/JP002 P8-289311	154.3 abcd	38.5 fg	61.5 abc	12.5 def	188.5 ab	55.9 efghi	47.9 abcde	14.3 efgh
Puyón/JP002 P8-30552	211.4 a	143.9 abc	51.8 abcd	59.6 ab	287.3 a	230.2 a	73.1 a	57.1 ab
Puyón/JP002 P8-29669	121.0 abcde	36.3 g	39.8 bcd	16.1 def	179.2 abc	68.4 defghi	45.8 abcde	17.4 defgh
Puyón/JP002 P8-323523	126.0 abcde	68.2 defg	41.9 abcd	19.6 def	188.4 ab	123.0 cd	47.8 abcde	31.1 cdef
Puyón/JP002 P8-294930	151.4 abcd	176.9 a	50.2 abcd	38.3 abcdef	186.7 ab	198.4 ab	47.5 abcde	50.2 abc
Puyón/JP002 P8-295616	101.8 abcde	75.1 defg	42.4 abcd	19.6 def	137.4 bcd	83.1 defgh	34.6 abcde	20.9 defgh
Puyón/JP003 P11-103115	177.4 ab	144.3 abc	41.3 bcd	33.7 abcdef	242.1 ab	254.6 a	61.7 abc	64.5 a
Puyón/JP003 P11-106716	159.3 abc	129.9 abcd	58.9 abcd	35.9 abcdef	186.7 ab	221.5 a	47.3 abcde	56.1 ab
JP001/JP003 P1 * 11P 1233	57.4 cde	42.6 efg	38.2 bcd	30.1 bcdef	26.6 de	11.2 i	18.6 cde	8.1 gh
JP001/JP003 P1 * 11P 413	132.2 abcde	159.1 ab	84.3 ab	67.9 a	34.2 de	56.2 efghi	17.9 de	16.6 efgh
JP001/JP003 P 9 # 15P 732	81.0 bcde	102.9 bcdef	66.2 abc	42.6 abcde	17.4 e	25.9 ghi	14.5 de	7.8 gh
JP001/JP003 P 9 # 15P 629	56.1 cde	52.5 efg	52.2 abcd	34.2 abcdef	19.4 e	21.0 hi	18.0 de	14.0 efgh
JP001/JP003 P 3 # 13P 4230	72.3 bcde	33.5 g	49.0 abcd	27.7 bcdef	33.8 de	28.3 ghi	17.9 de	21.7 defgh
JP002/JP001 P * P 5P 1322	145.8 abcd	85.0 cdefg	99.2 a	55.6 abc	26.5 de	18.7 hi	10.5 e	15.8 efgh
JP002/JP001 P * P 5P 3621	69.1 bcde	33.0 g	48.8 abcd	25.8 bcdef	50.6 de	19.0 hi	21.4 cde	12.8 efgh
JP003/JP001 P 1 # P 1P 168	103.6 abcde	63.0 efg	72.3 abc	28.5 bcdef	24.1 de	16.6 i	12.1 de	9.3 gh

<< Continuación >>

Líneas Avanzadas	Biomasa fresca de la raíz (g)		Biomasa seca de la raíz (g)		Biomasa fresca de la parte aérea (g)		Biomasa seca de la parte aérea (g)	
	0.2 (dS/m)	7.0 (dS/m)	0.2 (dS/m)	7.0 (dS/m)	0.2 (dS/m)	7.0 (dS/m)	0.2 (dS/m)	7.0 (dS/m)
JP003/JP001 P 1 # P 1P 1530	60.2 cde	33.1 g	47.5 abcd	26.2 bcdef	37.7 de	34.5 fghi	32.5 abcde	24.8 defgh
JP003/JP001 P * 2 # 3P 2119	69.5 bcde	59.9 efg	55.6 abcd	44.0 abcd	54.5 de	34.1 fghi	36.4 abcde	22.9 defgh
DH/JP003 P 1 # 25P 1433	60.0 cde	38.9 efg	41.8 abcd	27.1 bcdef	37.6 de	14.6 i	26.6 cde	10.1 fgh
DH/JP003 P2 # 40P 425	61.9 cde	52.0 efg	47.9 abcd	28.1 bcdef	19.2 e	8.8 i	15.2 de	6.4 h
Parental JP001	68.9 bcde	24.6 g	42.6 abcd	18.1 def	53.9 de	27.5 ghi	26.6 cde	20.7 defgh
Parental JP002	21.4 e	37.0 fg	3.7 d	7.2 f	64.2 cde	65.6 defghi	44.9 abcde	15.5 efg
Parental JP003	104.3 abcde	20.0 g	45.7 abcd	31.9 bcdef	40.2 de	12.8 i	27.6 bcde	9.9 fgh
Parental Puyón	133.8 abcde	62.9 efg	40.2 bcd	21.7 cdef	206.3 ab	96.5 cdef	52.6 abcde	24.5 defgh
Parental DH	44.1 de	63.1 efg	31.2 bcd	20.9 cdef	42.8 de	28.3 ghi	30.9 abcde	15.6 efg
SFL-011 (Comercial)	113.2 abcde	105.0 bcde	40.5 bcd	14.4 def	214.9 ab	110.7 cde	54.5 abcd	27.7 defg
Promedio general	107.1	70.7	48.0	27.6	117.4	78.7	37.3	24.0
Significancia	**	**	**	**	**	**	**	**
CV %	48.4	43.3	55.3	58.1	45.4	38.7	53.3	40.7

Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($p > 0,05$)

** : altamente significativo

4.3.16. Biomasa fresca de la parte aérea (F₅)

La biomasa fresca de la parte aérea (Tabla 30) en el ambiente control (0.2 dS/m), varió de 17.4 g a 287.3 g, con el valor más bajo el genotipo JP001/JP003 P9 # 15 y con el valor más alto la línea Puyón/JP002 P8-30552, con un valor promedio general de 117.4 g. En el ambiente salino (7 dS/m) el rango promedio observado para esta variable fue de 8.8 g a 254.6 g, correspondiendo el valor más bajo a DH/JP003 P2 # 40P425 y el valor más alto a Puyón/JP003 P11-103115, el promedio general fue de 78.7 g.

Según los resultados, se puede apreciar que las líneas Puyón/JP002 P8-324816 y Puyón/JP002 P8-289311 fueron las más afectadas por las sales con una reducción de 131.1 y 132.6 g respectivamente. Por otro lado, se aprecia ligeros incrementos para esta variable en algunos genotipos relevantes como JP001/JP003 P1 * 11 con un valor de 22.0 g en el medio salino.

4.3.17. Biomasa seca de la parte aérea (F₅)

Con respecto biomasa seca de la parte aérea (Tabla 30) en el ambiente control (0.2 dS/m), este varió de 10.5 g a 73.1 g, con el valor más bajo el genotipo JP002/JP001 P * P5P1322 y con el valor más alto la línea Puyón/JP002 P8-30552, con un promedio general de 37.3 g. En el ambiente salino (7 dS/m) el rango promedio observado para esta variable fue de 6.4 g a 64.5 g, correspondiendo el valor más bajo a DH/JP003 P2 # 40P425 y el valor más alto al Puyón/JP003 P11-103115, el promedio general fue de 24.0 cm.

Según los resultados para la variable biomasa fresca de la raíz (Tabla 30), se puede apreciar que la línea Puyón/JP002 P8-289311 fue la más afectada por las sales con una reducción de 33.6 g. Por otro lado, se aprecia ligeros incrementos para esta variable en algunos genotipos relevantes como JP002/JP001 P * P5P1322 con un valor de 5.3 g en el medio salino.

4.3.18. Contenido de clorofila a los 30 días después de la siembra (F₅)

El contenido de clorofila a los 30 días (Tabla 31) en el ambiente control (0.2 dS/m), varió de 40.6 a 45.3 $\mu\text{g cm}^{-2}$, con el valor más bajo el genotipo JP001/JP003 P9 # 15 y con el valor más alto la línea Puyón/JP003 P11-103115, con un valor promedio general de 43.6 $\mu\text{g cm}^{-2}$. En el ambiente salino (7 dS/m) el rango promedio observado para esta variable fue de 28.6 a 40.2 $\mu\text{g cm}^{-2}$, correspondiendo el valor más bajo a JP002/JP001 P * P5P1322 y el valor más alto a Puyón/JP003 P11-106716, el promedio general fue de 35.0 $\mu\text{g cm}^{-2}$.

Tabla 31: Valores medios y pruebas de significación Tukey ($\alpha=0.05$) de clorofila a los 30, 45, 60 y 75 días de 12 líneas avanzadas F5, provenientes de cruces interespecíficos de *Oryza rufipogon* G. x *Oryza sativa* L. ssp. japónica.; 12 líneas japónicas; 5 parentales y una variedad comercial SFL-011 de arroz en diferentes niveles de salinidad

Líneas Avanzadas	Clorofila 30 días		Clorofila 45 días		Clorofila 60 días		Clorofila 75 días	
	0.2 (dS/m)	7.0 (dS/m)	0.2 (dS/m)	7.0 (dS/m)	0.2 (dS/m)	7.0 (dS/m)	0.2 (dS/m)	7.0 (dS/m)
Puyón/JP002 P8-324816	43,59 ab	36 ab	42,2 a	34,5 abcdef	36,8 a	29 abcdef	26 a	26 ab
Puyón/JP002 P8-3210919	44,18 ab	32 ab	40,1 ab	24,7 ghi	35,1 a	19,1 efg	26 a	14 f
Puyón/JP002 P8-32816	44,06 ab	35 ab	36,7 ab	26 defghi	33,8 a	19 fg	26 a	14 def
Puyón/JP002 P8-305511	44,78 a	35 ab	39,3 ab	26,6 cdefghi	35,8 a	24,9 abcdefg	23 a	16 bcdef
Puyón/JP002 P8-289311	43,34 ab	31 ab	39,5 ab	22,9 i	35 a	20,3 cdefg	27 a	14 f
Puyón/JP002 P8-30552	43,58 ab	35 ab	35,5 ab	34,8 abcdef	32,5 a	29,2 abcde	24 a	26 a
Puyón/JP002 P8-29669	43,98 ab	35 ab	37,2 ab	22,9 i	33,5 a	19,9 defg	25 a	15 cdef
Puyón/JP002 P8-323523	43,88 ab	38 ab	37,5 ab	25,7 efgghi	35,8 a	24,4 abcdefg	27 a	15 def
Puyón/JP002 P8-294930	44,37 a	35 ab	39,6 ab	34 abcdefg	33,6 a	30,2 abc	26 a	25 abc
Puyón/JP002 P8-295616	44,33 a	37 ab	39,3 ab	25,2 fghi	34,6 a	20,8 bcdefg	24 a	18 abcdef
Puyón/JP003 P11-103115	45,32 a	37 ab	41,9 a	35,5 abcde	37,4 a	29 abcdef	26 a	26 ab
Puyón/JP003 P11-106716	44,83 a	40 a	41 a	37,5 ab	37,7 a	32,5 a	30 a	27 a
JP001/JP003 P1 * 11P 1233	43,12 ab	38 ab	38,2 ab	32,9 abcdefgh	33,7 a	31,1 a	27 a	22 abcdef
JP001/JP003 P1 * 11P 413	43,7 ab	38 ab	36,8 ab	36,3 ab	32 a	28,3 abcdef	24 a	27 a
JP001/JP003 P 9 # 15P 732	40,56 b	34 ab	36,3 ab	34 abcdefg	31 a	32,9 a	25 a	27 a
JP001/JP003 P 9 # 15P 629	43,77 ab	36 ab	32,2 b	30,5 abcdefghi	34,1 a	29,5 abcd	25 a	26 ab
JP001/JP003 P 3 # 13P 4230	42,88 ab	34 ab	37,2 ab	32,8 abcdefgh	34,2 a	29,8 abcd	26 a	22 abcdef
JP002/JP001 P * P 5P 1322	44,3 ab	29 b	36,3 ab	39,6 a	28,4 a	29 abcdef	25 a	26 a
JP002/JP001 P * P 5P 3621	42,25 ab	32 ab	37,7 ab	32,2 abcdefghi	30,7 a	28,9 abcdef	24 a	25 ab
JP003/JP001 P 1 # P 1P 168	43,01 ab	35 ab	39,4 ab	38,3 ab	34 a	29,2 abcde	27 a	27 a
JP003/JP001 P 1 # P 1P 1530	42,73 ab	37 ab	37,3 ab	33,4 abcdefg	33,6 a	31,1 a	24 a	24 abcde
JP003/JP001 P * 2 # 3P 2119	43,04 ab	33 ab	39 ab	31,7 abcdefghi	33,5 a	28,6 abcdef	25 a	22 abcdef

<<Continuación>>

Líneas Avanzadas	Clorofila 30 días		Clorofila 45 días		Clorofila 60 días		Clorofila 75 días	
	0.2 (dS/m)	7.0 (dS/m)	0.2 (dS/m)	7.0 (dS/m)	0.2 (dS/m)	7.0 (dS/m)	0.2 (dS/m)	7.0 (dS/m)
DH/JP003 P 1 # 25P 1433	43,2 ab	36 ab	38,3 ab	35,9 abc	34,2 a	30,6 ab	25 a	25 ab
DH/JP003 P2 # 40P 425	43,09 ab	37 ab	40,2 ab	35,6 abcd	35,1 a	28,2 abcdef	25 a	26 a
Parental JP001	44,51 a	35 ab	38,5 ab	33,9 abcdefg	30,3 a	27,3 abcdefg	24 a	25 ab
Parental JP002	43,16 ab	36 ab	36 ab	29,4 bcdefghi	34 a	28,2 abcdef	25 a	18 abcdef
Parental JP003	42,7 ab	31 ab	37,1 ab	29,7 bcdefghi	34,2 a	29,1 abcdef	26 a	21 abcdef
Parental Puyón	44,5 a	35 ab	38,3 ab	25,2 fghi	32,1 a	19 fg	26 a	14 ef
Parental DH	42,7 ab	36 ab	36,9 ab	32,4 abcdefghi	34,6 a	30,3 abc	27 a	24 abcd
SFL-011 (Comercial)	44,97 a	34 ab	40,4 ab	23,5 hi	35,1 a	17,7 g	22 a	13 f
Promedio general	43,6	35,0	38,2	31,3	33,9	26,9	25,4	21,6
Significancia	**	**	**	**	**	**	**	**
CV%	4,0	12,7	10,4	14,4	13,0	17,4	18,2	20,9

Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($p > 0,05$)

** : altamente significativo

Según los resultados, se puede apreciar que las líneas Puyón/JP002 P8-3210919, Puyón/JP002 P8-289311 y JP002/JP001 P * P5P1322 fueron las más afectadas por las sales con una reducción de 12.1, 12.4 y 15.7 $\mu\text{g cm}^{-2}$ respectivamente. No se observan incrementos en ninguno de los genotipos evaluados.

4.3.19. Contenido de clorofila 45 días después de la siembra (F5)

El contenido de clorofila a los 45 días (Tabla 31) en el ambiente control (0.2 dS/m), varió de 32.2 a 42.2 $\mu\text{g cm}^{-2}$, con el valor más bajo el genotipo JP001/JP003 P9 # 15P629 y con el valor más alto la línea Puyón/JP002 P8-324816, con un valor promedio general de 38.2 $\mu\text{g cm}^{-2}$. En el ambiente salino (7 dS/m) el rango promedio observado para esta variable fue de 22.9 a 39.6 $\mu\text{g cm}^{-2}$, correspondiendo el valor más bajo a las líneas Puyón/JP002 P8-289311 y Puyón/JP002 P8-29669, el valor más alto correspondió a JP002/JP001 P * P5P1322 y el promedio general fue de 31.3 $\mu\text{g cm}^{-2}$.

En esta investigación, se puede apreciar que las líneas Puyón/JP002 P8-3210919, Puyón/JP002 P8-289311 y SFL-0115 fueron las más afectadas por las sales con una reducción de 15.4, 16.6 y 16.9 $\mu\text{g cm}^{-2}$ respectivamente. Por otro lado, se aprecia ligeros incrementos para esta variable en algunos genotipos relevantes como JP002/JP001 P * P5P1322 con un valor de 3.3 $\mu\text{g cm}^{-2}$ en el medio salino.

4.3.20. Contenido de clorofila 60 días después de la siembra (F5)

El contenido de clorofila a los 60 días (Tabla 31) en el ambiente control (0.2 dS/m), varió de 28.4 a 37.7 $\mu\text{g cm}^{-2}$, con el valor más bajo el genotipo JP002/JP001 P * P5P1322 y con el valor más alto la línea Puyón/JP003 P11-106716, con un valor promedio general de 33.9 $\mu\text{g cm}^{-2}$. En el ambiente salino (7 dS/m) el rango promedio observado para esta variable fue de 17.7 a 32.9 $\mu\text{g cm}^{-2}$, correspondiendo el valor más bajo a la línea SFL-011 y con el valor más alto a JP001/JP003 P9 # 15P732, el promedio general fue de 26.9 $\mu\text{g cm}^{-2}$.

Según los resultados, se puede observar que las líneas Puyón/JP002 P8-3210919 y SFL-011 fueron las más afectadas por las sales con una reducción de 16.0 y 17.4 $\mu\text{g cm}^{-2}$ respectivamente. Por otro lado, se aprecia ligeros incrementos para esta variable en algunos genotipos relevantes como JP001/JP003 P9 # 15P732 con un valor de 1.9 $\mu\text{g cm}^{-2}$ en el medio salino.

4.3.21. Contenido de clorofila 75 días después de la siembra (F₅)

El contenido de clorofila a los 75 días (Tabla 31) en el ambiente control (0.2 dS/m), varió de 22.3 a 29.5 $\mu\text{g cm}^{-2}$, con el valor más bajo el genotipo Parental JP002 y con el valor más alto la línea Puyón/Jp003 P11-106716, con un valor promedio general de 25.4 $\mu\text{g cm}^{-2}$. En el ambiente salino (7 dS/m) el rango promedio observado para esta variable fue de 12.6 a 27.5 $\mu\text{g cm}^{-2}$, correspondiendo el valor más bajo a la línea SFL-011 y el valor más alto a JP001/Jp003 P9 # 15P732, el promedio general fue de 21.6 $\mu\text{g cm}^{-2}$.

En esta investigación, se observó que las líneas Puyón/Jp002 P8-289311 y SFL-011 fueron las más afectadas por las sales con una reducción de 13.3 y 14.8 $\mu\text{g cm}^{-2}$ respectivamente. Por otro lado, se aprecia ligeros incrementos para esta variable en algunos genotipos relevantes como JP001/Jp003 P9 # 15P732 con un valor de 2.6 $\mu\text{g cm}^{-2}$ en el medio salino.

4.3.22. Análisis de componentes principales en líneas F₅ expuestas a salinidad.

En la **Figura 42**, se observa las distancias entre las variables o la similitud entre los mismos, la longitud de los vectores representa a las variables en términos de variabilidad y los ángulos que forman dos vectores en términos de correlación. En el cuadrante superior izquierdo, las variables longitud de panícula (cm), número de panículas, número de macollos y altura de planta (cm). aportan correlación a los factores en la misma dirección. Lo mismo ocurre en el cuadrante superior derecho, para las variables granos por panícula y el peso de granos por panícula.

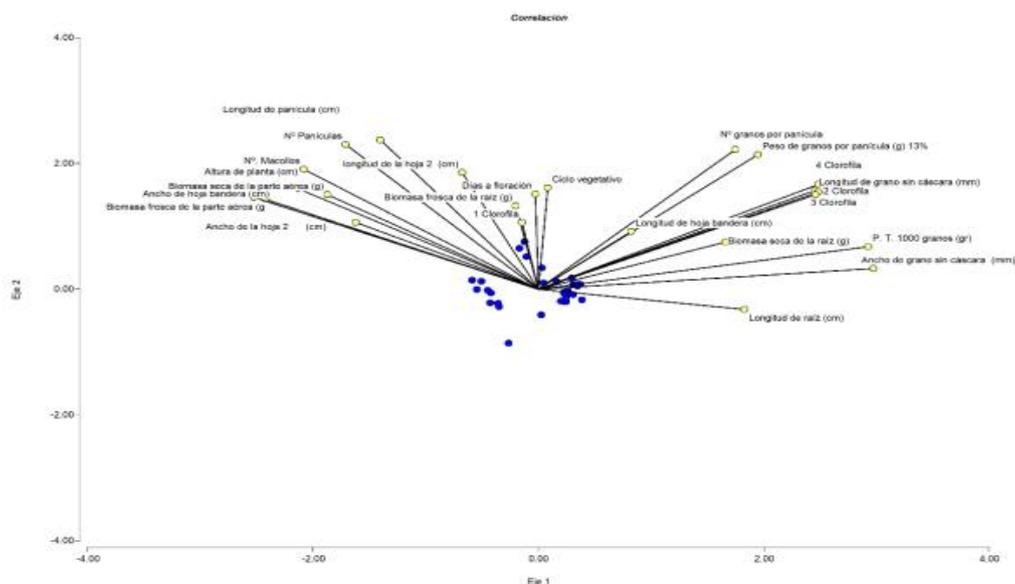


Figura 42. Correlación existente entre algunas variables, determinado por el análisis de componentes Principales.

4.3.23. Análisis de conglomerado en líneas F₅ expuestas a salinidad

El resultado de este análisis permitió agrupar, por similitud en sus características, el material genético en tres clases (**Figura 43**). La clase I (azul), agrupa las líneas Puyón/JP002 P8-323523, Puyón/JP002 P8-29669, Puyón/JP002 P8-289311, Parental Puyón, Puyón/JP002 P8-305511, Puyón/JP002 P8-295616, Puyón/JP002 P8-32816, Puyón/JP002 P8-3210919 y la variedad comercial SFL-011. En la clase II (amarillo) se agrupan las líneas Puyón/JP003 P11-106716, Puyón/JP003 P11-103115, Puyón/JP002 P8-294930, Puyón/JP002 P8-30552. En la Clase III, están agrupadas las líneas DH/JP003 P2 # 40P425, JP001/JP003 P3 # 13P4230, JP003/JP001 P1 # P1P168, JP002/JP001 P * P5P1322, DH/JP003 P1 # 25P1433, JP001/JP003 P1 * 11P1233, JP003/JP001 P 1 # P1P1530, JP002/JP001 P * P5P3621, JP001/JP003 P9 # 15P732, JP001/JP003 P1 * 11P413, JP001/JP003 P9 # 15P629, Puyón/JP002 P8-324816 y los parentales Parental JP003, JP003/JP001 P * 2 # 3P2119, Parental JP001, Parental DH y Parental JP002.

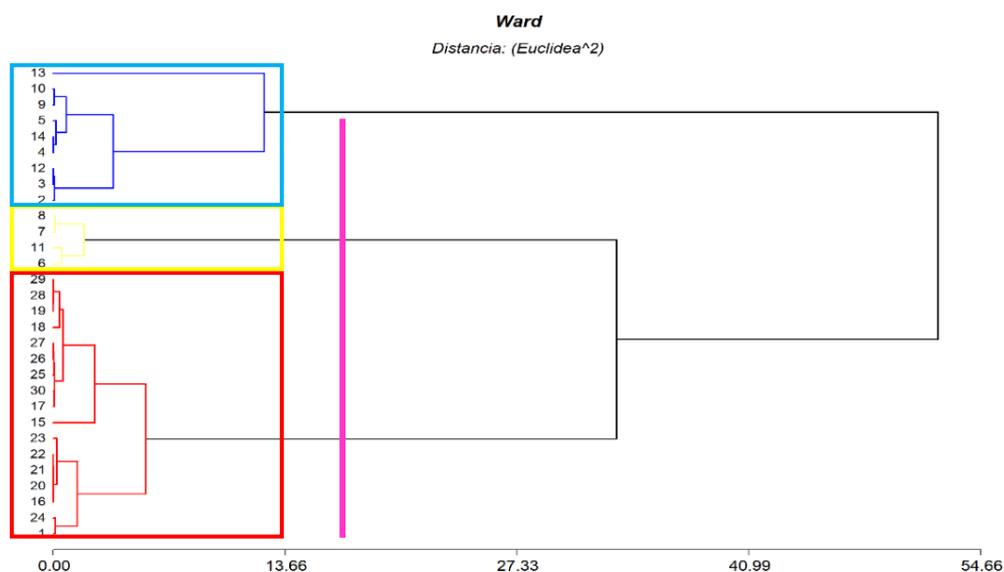


Figura 43. Agrupación de las líneas de arroz que presentan similitud en las características, a través del análisis de conglomerado (Distancia Euclidiana-Ward).

4.3.24. Análisis de la variabilidad relativa (%) en líneas F₅ expuestas a salinidad

Para el análisis de la variabilidad relativa (%), se empleó como factor de selección el rendimiento por planta. En este caso, para la elección de las líneas se consideraron los valores de rendimiento por planta superiores al valor promedio y los valores de rendimiento de planta debajo del promedio de la variabilidad relativa (%). Las líneas que se ubicaron en la

cuadrícula inferior derecha de la **Figura 44**, son: Puyón/JP003 P11-106716, Puyón/JP002 P8-294930, Puyón/JP003 P11-103115, Puyón/JP002 P8-30552, JP001/JP003 P1 * 11P413, JP002/JP001 P * P5P1322; que presentaron valores de rendimiento mayores al promedio, en un rango de 8.92 a 12.67 g y para variabilidad, un rango de 1.65 a 1.16 %.

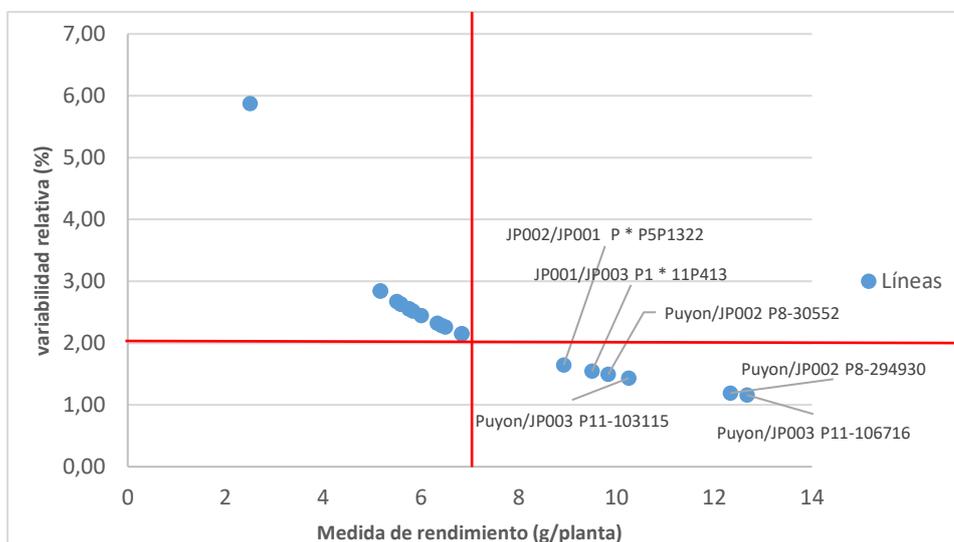


Figura 44. Resultado del análisis de variabilidad relativa en líneas F5 (%).

Fase 2. Evaluación y selección en Líneas avanzadas F6

El experimento fue establecido en el cantón San Jacinto de Yaguachi, provincia del Guayas en un suelo con conductividad eléctrica de 7.44 dS/m.

En la Tabla 25 se presentan el análisis de varianza para los caracteres morfológicos evaluados y en todos a excepción de vigor de planta (0.0163) se registró diferencias significativas (<0.0001). El coeficiente de variación para vigor de planta, número de hojas, altura de planta, número de macollos, longitud de raíz, días a floración, ciclo vegetativo y porcentaje de esterilidad fue igual a 47.7 %, 6.2 %, 4.2 %, 9.2 %, 10.8 %, 3.3 %, 1.8 % y 15.5 %, respectivamente.

En la Tabla 26 se presenta el análisis de varianza para componentes de rendimiento y caracteres de granos; en todas las variables se registró diferencias altamente significativas (<0.0001). El coeficiente de variación para longitud de panícula, granos por panícula, peso de granos por planta, número de panículas, rendimiento Tm/ha, fue igual a 6.9 %, 5.7 %, 6.8 %, 14.0 % y 4.6 %, respectivamente.

En la Tabla 27 se presentan el análisis de varianza para otras variables evaluadas; en todos a excepción de longitud de hoja bandera (0.0034), ancho de hoja bandera (0.0001), se registró diferencias altamente significativas (<0.0001). El coeficiente de variación para longitud de hoja bandera, ancho de hoja bandera, biomasa fresca de la raíz, biomasa seca de la raíz, biomasa fresca de la parte aérea, biomasa seca de la parte aérea, fue igual a 11.8 %, 13.4 %, 10.5 %, 10.1 %, 12.1 % y 12.6 %, respectivamente.

Con respecto a nivel de clorofila, en la Tabla 28 se puede apreciar que el análisis de varianza para todas las evaluaciones a excepción de clorofila a los 45 días (0.0002) registraron diferencias significativas (<0.0001). El coeficiente de variación para nivel de clorofila a los 30, 45, 60 y 75 días después de la siembra fue de 3.9, 5.2, 3.9 y 5.9 %, respectivamente.

4.3.25. Vigor de Planta (F_6)

El vigor de planta varió de 1.0 a 3.7 y de acuerdo a la prueba de significación Tukey ($\alpha=0.05$) no hay diferencias significativas entre estos valores. Las líneas con mayor vigor fueron Puyón/JP003 P11-106716, Puyón/JP003 P11-103115, Puyón/JP002 P8-294930 con un valor de 1. Los parentales presentaron menor vigor que las líneas y entre ellos el Parental JP001, Parental JP002 y Parental JP003 tuvieron un valor de 3.7. El valor medio general fue igual a 2.1 (Tabla 25).

4.3.26. Número de hojas por planta (F_6)

El número de hojas varió de 112.7 a 201.7, observándose el valor más bajo en el Parental JP002 y el valor más alto en la línea Puyón/JP003 P11-103115 y estos valores difieren estadísticamente Tukey ($\alpha=0.05$). Todos los parentales empleados en el estudio muestran los más bajos números de hojas, observándose un incremento en el número de hojas de las líneas probablemente por efecto de la combinación genética de los parentales o progenitores (Tabla 25).

4.3.27. Altura de planta (F_6)

La altura de planta (Tabla 25) varió de 79.3 cm a 152.7 cm y de acuerdo a la prueba de significación Tukey ($\alpha=0.005$) hay diferencias significativas entre estos valores. Con el promedio más bajo en el Parental JP002 y el valor más alto en el Parental Puyón. Con un promedio similar se presentaron las líneas Puyón/JP003 P11-106716 y SFL-011 y Arenillas, el promedio general para esta variable fue de 111.6 cm.

4.3.28. Numero de macollos por planta (F₆)

En la **Tabla 32** se presentan los valores de numero de macollos observados en el experimento. El rango varió de 13.3 a 34.7 y existen diferencias significativas entre estos valores Tukey ($\alpha=0.05$). El Parental JP002 y la línea Puyón/JP003 P11-103115 tienen el menor y mayor número de macollos; respectivamente. Con una mayor y similar capacidad de macollaje también destacan las líneas Puyón/JP003 P11-106716, Puyón/JP002 P8-294930 y el Parental Puyón. La media del experimento fue igual a 24.1 macolllos.

4.3.29. Longitud de la raíz (F₆)

Con respecto a longitud de la raíz (Tabla 32), según los resultados el rango varió de 28.0 cm a 52.0 cm y existen diferencias significativas entre estos valores Tukey ($\alpha=0.05$). El Parental JP002 y el Parental Puyón tienen la menor y mayor longitud de la raíz; respectivamente. Con valores similares destacan las líneas Puyón/JP003 P11-103115, SFL-011 y Parental JP003. La media del experimento fue igual a 38.3 cm.

4.3.30. Días a floración (F₆)

Los días a floración (Tabla 32) varió de 60.7 a 98.0 y de acuerdo a la prueba de significación Tukey ($\alpha=0.05$) existe diferencias significativas. Con el promedio más bajo en el Parental JP002 y el valor más alto para la línea comercial Arenillas. Con un valor similar (97), destacan las líneas Puyón/JP003 P11-106716, Puyón/JP002 P8-30552, Puyón/JP003 P11-103115, Puyón/JP002 P8-294930 y SFL-011, el promedio general para esta variable fue de 90.4 días.

4.3.31. Días a la maduración (F₆)

En la Tabla 32 se presentan los valores para días a la maduración observados en el experimento. El rango varió de 128.0 a 141.7 días y existen diferencias significativas entre estos valores Tukey ($\alpha=0.05$). El Parental JP001 y la línea JP002/JP001 P * P5 tienen el menor y mayor número de días a la maduración; respectivamente. Con valores similares destacan las líneas Puyón/JP003 P11-106716, Puyón/JP002 P8-30552, Puyón/JP003 P11-103115, Puyón/JP002 P8-294930, JP002/JP001 P * P5P1322 y SFL-011. La media del experimento fue igual a 138.3 días.

Tabla 32: Valores medios y prueba de significación Tukey ($\alpha= 0.05$) de vigor de planta, N° de hojas, altura de planta (cm), N° de macollos, longitud de raíz (cm), días a la floración, días a la maduración y % de esterilidad de cuatro líneas avanzadas F6 de arroz provenientes de cruces interespecíficos de *Oryza rufipogon* G. x *Oryza sativa* L. ssp. *japonica*.; 2 líneas japónicas; 4 parentales y dos variedades comerciales en condiciones de campo con problemas de sales

Genotipos	Vigor	Número de hojas por planta	Altura de planta (cm)	Numero de macollos por planta	Longitud de raíz (cm)	Días a floración	Días a la maduración	% Esterilidad
Puyón/JP003 P11-106716	1.0 a	194.7 a b	112.7 b c	34.0 a	40.7 a b c d	97.0 a	141.0 a b	8.0 a b
Puyón/JP002 P8-30552	1.7 a	164.7 c d	110.0 b c	30.3 a b c e	35.3 b c d e	97.0 a	141.0 a b	8.3 a b
Puyón/JP003 P11-103115	1.0 a	201.7 a	109.0 c	34.7 a	41.0 a b c d	97.0 a	141.0 a b	6.0 a
Puyón/JP002 P8-294930	1.0 a	172.3 b c d	110.3 b c	32.7 a	35.7 b c d e	97.0 a	141.0 a b	10.3 a b c
JP002/JP001 P * P5P1322	3.0 a	154.7 c d e	103.7 c	16.3 d e	30.0 d e	93.0 a	141.7 a	13.3 c d
JP001/JP003 P1 * 11P413	2.3 a	149.7 d e	104.7 c	17.3 d	37.3 b c d e	91.3 a	139.7 a b	8.3 a b
SFL-011	1.7 a	157.0 c d e	144.7 a	24.7 b c	42.3 a b c	97.0 a	141.0 a b	17.7 d
Arenillas	1.7 a	166.3 b c d	123.0 b	24.0 c	32.3 c d e	98.0 a	134.0 b c	13.3 c d
Parental Puyón	1.7 a	182.0 a b c	152.7 a	31.0 a b	52.0 a	93.0 a	135.0 a b c	11.3 b c
Parental JP001	3.7 a	132.3 e f	81.0 d	14.3 d e	37.3 b c d e	68.3 b	128.0 c	7.3 a b
Parental JP002	3.7 a	112.7 f	79.3 d	13.3 d e	28.0 e	60.7 b	137.0 a b	11.0 b c
Parental JP003	2.3 a	134.3 e f	108.7 c	17.0 d	47.3 a b	95.3 a	139.0 a b	10.3 a b c
Promedio general	2.1	160.2	111.6	24.1	38.3	90.4	138.3	10.4
Significancia	NS	**	**	**	**	**	**	**
CV %	47.7	6.2	4.2	9.2	10.8	3.3	1.8	15.5

4.3.32. Esterilidad de panícula (F₆)

La esterilidad de panícula (Tabla 32) varió de 6.0 % a 17.7 % y de acuerdo a la prueba de significación Tukey ($\alpha=0.05$) hay diferencias significativas entre estos valores. El valor más bajo lo presento la línea Puyón/JP003 P11-103115 y el valor más alto el genotipo SFL-011. Con un promedio similar se presentaron las líneas JP002/JP001 P * P5P1322 y Arenillas, el promedio general para esta variable fue de 10.4 %.

4.3.33. Longitud de panícula (F₆)

Según los resultados para longitud de panícula (**Tabla 33**), el rango varió de 15.0 cm a 33.0 cm y existen diferencias significativas entre estos valores Tukey ($\alpha=0.05$). El Parental JP001 y el Parental Puyón tienen la menor y mayor longitud de panícula; respectivamente. Con valores similares destacan las líneas Puyón/JP003 P11-106716, Puyón/JP003 P11-103115, SFL-011 y Parental JP003. La media del experimento fue igual a 24.5 cm.

4.3.34. Granos por panícula (F₆)

En la Tabla 33 se presentan los valores para granos por panícula observados en el experimento. El rango varió de 56.3 a 195.0 granos /panícula y existen diferencias significativas entre estos valores Tukey ($\alpha=0.05$). El Parental JP001 y la línea Puyón/JP003 P11-106716 tienen el menor y mayor número de granos por panícula; respectivamente. Con valores similares destacan las líneas Puyón/JP002 P8-30552 y Puyón/JP003 P11-103115. El promedio general para esta variable fue igual a 140.1 granos /panícula.

4.3.35. Peso de granos por planta (g) con 14% de humedad (F₆)

El peso de granos por planta (Tabla 33) varió de 40.3 g a 75.0 g y de acuerdo a la prueba de significación Tukey ($\alpha=0.05$) hay diferencias. El valor más bajo lo presento el Parental JP002 y el valor más alto la línea Puyón/JP003 P11-103115. Con un valor similar se presentaron las líneas Puyón/JP003 P11-106716 y Arenillas, el promedio general para esta variable fue de 51.8.

Tabla 33: Valores medios y prueba de significación Tukey ($\alpha= 0.05$) de vigor de planta, N° de hojas, altura de planta (cm), N° de macollos, longitud de raíz (cm), días a la floración, días a la maduración y % de esterilidad de cuatro líneas avanzadas F6 de arroz provenientes de cruces interespecíficos de *Oryza rufipogon* G. x *Oryza sativa* L. ssp. japonica.; 2 líneas japónicas; 4 parentales y dos variedades comerciales en condiciones de campo con problemas de sales (7.44 dS/m)

Líneas Avanzadas	Longitud de panícula (cm)		Granos por panícula		Peso de granos por planta		Número de panículas		Rendimiento Tm/ha-1 (14%)	
Puyón/JP003 P11-106716	29.0	a b	195.0	a	68.7	a b	32.0	a	10.0	a
Puyón/JP002 P8-30552	26.3	b	163.3	b	49.7	c d e f	26.3	a b c	8.2	b c
Puyón/JP003 P11-103115	29.0	a b	188.7	a	75.0	a	32.0	a	9.1	a b
Puyón/JP002 P8-294930	24.7	b	160.3	b c	48.3	d e f	29.7	a b	8.0	c d
JP002/JP001 P * P5P1322	17.0	c	102.0	d	47.7	d e f	18.7	c d e	6.1	f
JP001/JP003 P1 * 11P413	19.3	c	149.3	b c	52.0	c d e	22.3	b c d e	7.0	d e f
SFL-011	28.3	a b	139.0	c	41.0	f	24.0	a b c d f	6.1	f
Arenillas	28.0	b	161.7	b c	59.3	b c	21.3	b c d e	7.5	c d e
Parental Puyón	33.0	a	156.0	b c	56.0	c d	20.3	b c d e	8.0	c d
Parental JP001	15.0	c	56.3	e	41.3	f	15.0	d e f	4.8	g
Parental JP002	15.3	c	61.7	e	40.3	f	13.3	e f	4.9	g
Parental JP003	28.7	a b	147.7	b c	42.7	e f	16.3	d e f	6.8	e f
Promedio general	24.5		140.1		51.8		22.6		7.2	
Significancia	**		**		**		**		**	
CV %	6.9		5.7		6.8		14.0		4.6	

** : altamente significativo

4.3.36. Número de panículas (F₆)

Según los resultados para número de panículas (Tabla 33), el rango varió de 13.3 a 32.0 y existen diferencias significativas entre estos valores Tukey ($\alpha=0.005$). El Parental JP002 y las líneas Puyón/JP003 P11-106716 con Puyón/JP003 P11-103115 tienen la menor y mayor número de panículas; respectivamente. Con promedios similares se mostraron las líneas Puyón/JP002 P8-30552 y Puyón/JP002 P8-294930. El promedio general del experimento fue igual a 22.6.4.3.49 número de panículas.

4.3.37. Rendimiento t/ha⁻¹ 14% de humedad a cosecha (F₆)

En la Tabla 33 se presentan los valores para rendimiento. El rango varió de 4.8 a 10 toneladas por hectárea y existen diferencias significativas entre estos valores Tukey ($\alpha=0.05$). El Parental JP001 y la línea Puyón/JP003 P11-106716 tienen el menor y mayor rendimiento; respectivamente. Con un valor similar destaca la línea Puyón/JP003 P11-103115 con 9.1 toneladas. El promedio general para esta variable fue igual a 7.2 t/ha.

4.3.38. Longitud de hoja bandera (F₆)

Según los resultados para esta variable (Tabla 34), el rango varió de 30.0 cm a 52.3 cm y existen diferencias significativas entre estos valores Tukey ($\alpha=0.005$). Con el valor más bajo se presentó el Parental JP002 y con el valor más alto el Parental Puyón. Con valores altos se mostraron los genotipos Arenillas y Parental JP003. El promedio general fue igual a 41.6 cm.

4.3.39. Ancho de hoja bandera (F₆)

Con respecto a la variable ancho de hoja bandera, en la Tabla 34 se puede apreciar que el rango varió de 1.0 a 2.0 y existen diferencias significativas entre estos valores Tukey ($\alpha=0.005$). Se observa que los genotipos Puyón/JP003 P11-106716, Puyón/JP002 P8-30552, Puyón/JP003 P11-103115, Puyón/JP002 P8-294930, JP001/JP003 P1 * 11P413, SFL-011, Arenillas, Parental Puyón y Parental JP003 fueron superiores a las otras líneas, con el menor valor se presentó el Parental JP001 y el promedio general para esta variable fue igual a 1.8.

Tabla 34: Valores medios y prueba de significación Tukey ($\alpha= 0.05$) de vigor de planta, N° de hojas, altura de planta (cm), N° de macollos, longitud de raíz (cm), días a la floración, días a la maduración y % de esterilidad de cuatro líneas avanzadas F6 de arroz provenientes de cruces interespecíficos de *Oryza rufipogon* G. x *Oryza sativa* L. ssp. *japonica*.; 2 líneas japónicas; 4 parentales y dos variedades comerciales en condiciones de campo con problemas de sales (7.44 dS/m)

Líneas Avanzadas	Longitud de hoja bandera (cm)	Ancho de hoja bandera (cm)	Biomasa fresca de la raíz (g)	Biomasa seca de la raíz (g)	Biomasa fresca de la parte aérea (g)	Biomasa seca de la parte aérea (g)
Puyón/JP003 P11-106716	44.7 a b	2.0 a	57.3 a b	7.7 a b	131.3 a b	39.3 a b
Puyón/JP002 P8-30552	37.3 b c	2.0 a	46.7 b c	7.3 a b	106.0 a b c	33.7 b
Puyón/JP003 P11-103115	44.7 a b	2.0 a	61.3 a b	8.3 a b	118.3 a b c	36.3 a b
Puyón/JP002 P8-294930	42.0 a b c	2.0 a	53.7 b	7.3 a b	95.0 c	29.7 b
JP002/JP001 P * P5	40.7 a b c	1.3 a b	34.0 c d	5.0 c d	44.0 d	16.3 c
JP001/JP003 P1 * 11	37.3 b c	2.0 a	31.0 d	5.0 c d	39.0 d	12.3 c
SFL-011	41.0 a b c	2.0 a	57.7 a b	8.3 a b	113.0 a b c	40.0 a b
Arenillas	45.7 a b	2.0 a	56.0 a b	8.7 a b	105.3 b c	38.3 a b
Parental Puyón	52.3 a	2.0 a	69.0 a	9.3 a	138.0 a	47.3 a
Parental JP001	38.7 a b c	1.0 b	29.3 d	4.3 d	44.7 d	15.0 c
Parental JP002	30.0 c	1.3 a b	28.7 d	4.0 d	45.3 d	18.0 c
Parental JP003	45.0 a b	2.0 a	49.0 b	7.0 b c	94.0 c	33.0 b
Promedio general	41.6	1.8	47.8	6.9	89.5	29.9
Significancia	*	*	**	**	**	**
CV %	11.8	13.4	10.5	10.1	12.1	12.6

** : altamente significativo

4.3.40. Biomasa fresca de la raíz (F₆)

En la Tabla 34, se observan los promedios para biomasa fresca de la raíz. El rango para esta variable fue de 28.7 g a 69.0 g y existen diferencias significativas entre estos valores Tukey ($\alpha=0.005$). El Parental JP002 y el Parental Puyón tienen la menor y mayor biomasa; respectivamente. Con valores altos destaca la línea Puyón/JP003 P11-103115, el promedio general para esta variable fue de 47.8 gr.

4.3.41. Biomasa seca de la raíz (F₆)

Referente a la variable biomasa seca de la raíz en la Tabla 34, según los resultados el rango varió 4.0 g a 9.3 g y existen diferencias significativas entre estos valores Tukey ($\alpha=0.005$). El Parental JP002 y el Parental Puyón tienen la menor y mayor biomasa seca; respectivamente. Con valores similares destaca la línea comercial Arenillas, el promedio general para esta variable fue de 6.9 g.

4.3.42. Biomasa fresca de la parte aérea (F₆)

Con respecto a la variable biomasa fresca de la parte aérea, en la Tabla 34 se puede apreciar que el rango varió de 39.0 g a 138.0 g y existen diferencias significativas entre estos valores Tukey ($\alpha=0.005$). La línea JP001/JP003 P1 * 11P413 y el Parental Puyón tienen la menor y mayor biomasa fresca; respectivamente. Con un mayor y similar promedio destaca la línea Puyón/JP003 P11-106716, la media del experimento fue igual a 89.5 g.

4.3.43. Biomasa seca de la parte aérea (F₆)

En la Tabla 34, se observan los promedios para biomasa seca de la parte aérea. El rango para esta variable fue de 12.3 g a 47.3 g y existen diferencias significativas entre estos valores Tukey ($\alpha=0.005$). La línea JP001/JP003 P1 * 11P413 y el Parental Puyón tienen la menor y mayor biomasa seca; respectivamente. Con promedios similares se mostraron las líneas Puyón/JP003 P11-106716 y SFL-011. El promedio general del experimento fue 29.9 g.

4.3.44. Contenido de clorofila 30 días después de la siembra (F₆)

El contenido de clorofila a los 30 días (**Tabla 35**) varió de 48.0 a 65.4 $\mu\text{g cm}^{-2}$ y de acuerdo a la prueba de significación Tukey ($\alpha=0.005$) hay diferencias significativas entre estos valores. Con el promedio más bajo se presentó el Parental JP002 y el valor más alto para la línea Puyón/JP003 P11-103115. Con un promedio similar se presentó la línea Puyón/JP003 P11-106716, el promedio general para esta variable fue de 53.7 $\mu\text{g cm}^{-2}$.

Tabla 35: Valores medios y prueba de significación Tukey ($\alpha= 0.05$) de clorofila a los 30, 45, 60 y 75 días de cuatro líneas avanzadas F6 de arroz provenientes de cruces interespecíficos de *Oryza rufipogon* G. x *Oryza sativa* L. ssp. japonica.; 2 líneas japónicas; 4 parentales y dos variedades comerciales en condiciones de campo con problemas de sales (7.44 dS/m)

Líneas Avanzadas	Clorofila 30 días		Clorofila 45 días		Clorofila 60 días		Clorofila 75 días	
Puyón/JP003 P11-106716	62.4	a b	44.0	c	44.9	a b	45.7	a b
Puyón/JP002 P8-30552	50.7	c d	44.6	c	44.4	a b	40.3	b c
Puyón/JP003 P11-103115	65.4	a	53.7	a	48.6	a	47.5	a
Puyón/JP002 P8-294930	49.5	d	48.3	a b c	45.9	a b	42.7	a b c
JP002/JP001 P * P5P1322	48.3	d	46.0	b c	38.7	c d	29.3	d
JP001/JP003 P1 * 11P413	49.0	d	46.7	a b c	37.0	c d	25.0	d
SFL-011	52.3	c d	49.3	a b c	45.0	a b	40.3	b c
Arenillas	53.3	c d	49.3	a b c	41.7	b c	39.3	b c
Parental Puyón	59.7	a b	53.0	a b	46.3	a b	42.7	a b c
Parental JP001	49.0	d	46.0	b c	36.3	d	26.3	d
Parental JP002	48.0	d	44.3	c	35.3	d	29.3	d
Parental JP003	56.7	b c	43.2	c	44.0	a b	39.0	c
Promedio general	53.7		47.4		42.3		37.3	
Significancia	**		NS		**		**	
CV %	3.9		5.2		3.9		5.9	

Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($p > 0,05$)

** : altamente significativo

4.3.45. Contenido de clorofila 45 días después de la siembra (F₆)

Según los resultados para contenido de clorofila a los 45 días (Tabla 35), el rango varió de 43.2 a 53.7 $\mu\text{g cm}^{-2}$ y existen diferencias significativas entre estos valores Tukey ($\alpha=0.005$). El Parental JP003 y la línea Puyón/JP003 P11-103115 tienen el menor y mayor contenido de clorofila; respectivamente. Con valores considerables se presentaron los genotipos Parental Puyón, SFL-011 y Arenillas. La media general del experimento fue igual a 47.4 $\mu\text{g cm}^{-2}$.

4.3.46. Contenido de clorofila 60 días después de la siembra (F₆)

En la Tabla 35 se presentan los valores para contenido de clorofila a los 60 días. El rango varió de 48.6 a 48.6 $\mu\text{g cm}^{-2}$ y existen diferencias significativas entre estos valores Tukey ($\alpha=0.005$). El Parental JP002 y la línea Puyón/JP003 P11-103115 tienen el menor y mayor contenido de clorofila; respectivamente. Por otro lado, con un promedio importante también destacó el Parental Puyón con una media de 46.3, el promedio general para esta variable fue de 42.3 $\mu\text{g cm}^{-2}$.

4.3.47. Contenido de clorofila 75 días después de la siembra (F₆)

El contenido de clorofila a los 75 días (Tabla 35) varió de 25.0 a 47.5 $\mu\text{g cm}^{-2}$ y de acuerdo a la prueba de significación Tukey ($\alpha=0.005$) hay diferencias significativas entre estos valores. Con el promedio más bajo se presentó el genotipo JP001/JP003 P1 * 11 y el valor más alto la línea Puyón/JP003 P11-103115. Con un promedio similar se presentó la línea Puyón/JP003 P11-106716, el promedio general para esta variable fue de 37.3 $\mu\text{g cm}^{-2}$.

4.3.48. Análisis de componentes principales en líneas F₆

En la **Figura 45**, se observa las distancias entre las variables, la longitud representa la variabilidad y los ángulos la correlación. En el cuadrante superior derecho, la correlación altamente significativa entre longitud de la hoja bandera (cm), biomasa seca de la parte aérea (g), biomasa fresca de la parte aérea (g), biomasa fresca de la raíz (g), longitud de panícula (cm) y ancho de la segunda hoja. Lo mismo ocurre en el cuadrante superior derecho, para las variables número de macollos, número de hojas y longitud de grano (mm).

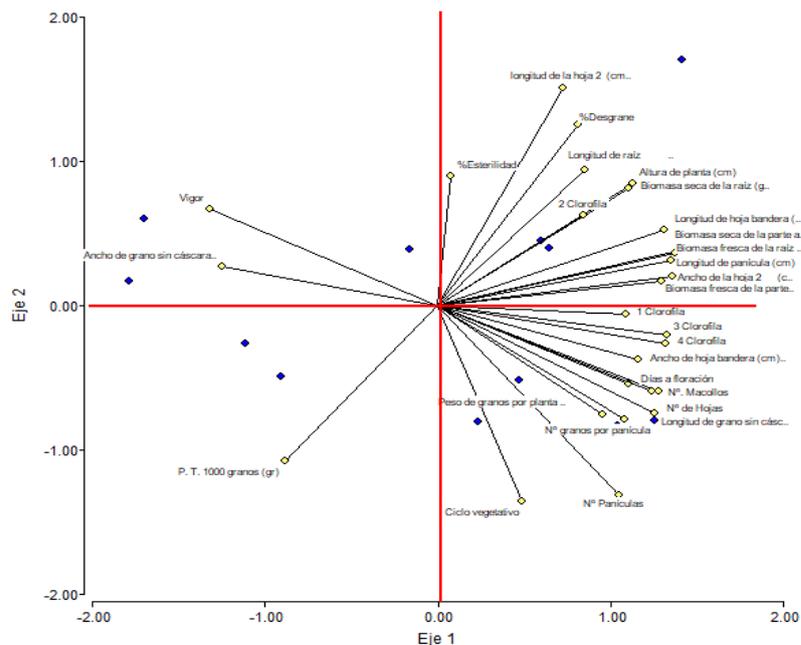


Figura 45. Correlación entre las variables más relevantes, determinado por el análisis de componentes Principales en líneas F6 de arroz.

4.3.49. Análisis de conglomerado en líneas F6 de arroz

Utilizando los datos de las variables evaluadas se determinó el grado de similitud entre los genotipos del material genético estudiado. El resultado de este análisis permitió la agrupación en dos clases (**Figura 46**). En la clase I (azul), las líneas con caracteres similares fueron: Parental JP002, Parental JP001, Parental JP003, JP001/JP003 P1 * 11P413 y JP002/JP001 P * P5P1322; en la clase II (rojo) se encuentran: parental Puyón, Arenillas (Testigo comercial), SFL-011(Testigo comercial), Puyón/JP002 P8-294930, Puyón/JP002 P8-30552, Puyón/JP003 P11-103115 y Puyón/JP003 P11-106716.

4.3.50. Análisis de la variabilidad relativa (%) en líneas F6 expuestas a salinidad

El rendimiento por planta se empleó como criterio de selección en el análisis de la variabilidad relativa (%). De igual modo a la anterior selección se eligieron las líneas con los valores más alto de rendimientos sobre la media del experimento y los valores más bajos (debajo de la media de la variabilidad relativa (%)). Al observar el gráfico, los valores que se ubicaron en la cuadrícula inferior derecha, como se muestra en la **Figura 47**. Son las líneas con mayor potencial y corresponden a: Puyón/JP003 P11-103115, Puyón/JP003 P11-106716, Arenillas (Testigo comercial) y Parental Puyón; que presentaron los mejores

promedios para rendimiento que van desde 56 a 75 g/planta y para variabilidad valores que oscilan entre 1.56 a 2.09 %.

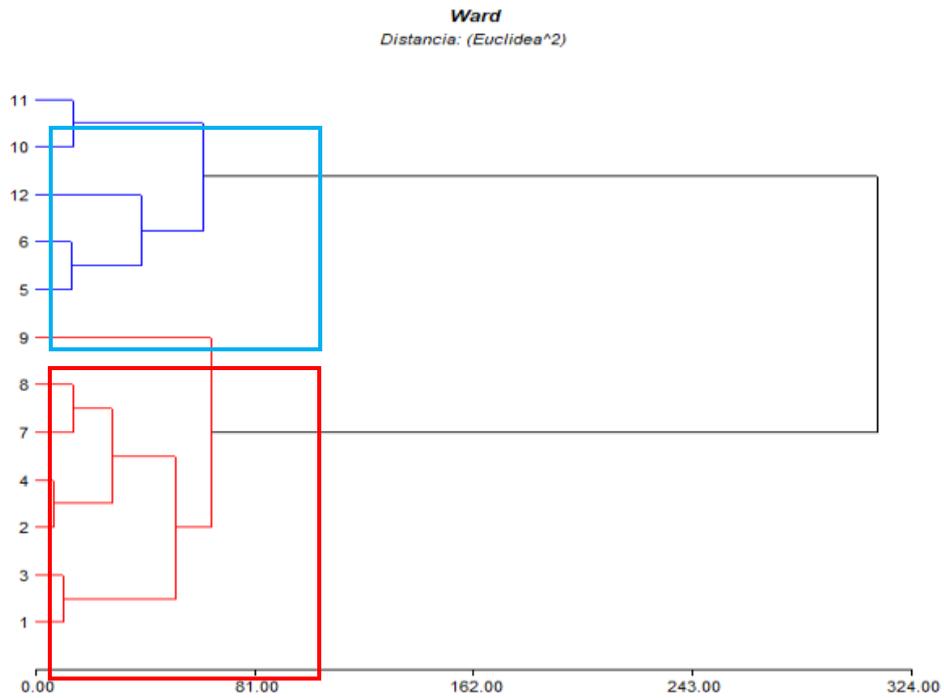


Figura 46. Agrupación de las líneas de arroz que presentan similitud en las características, a través del análisis de conglomerado (Distancia Euclidiana-Ward).

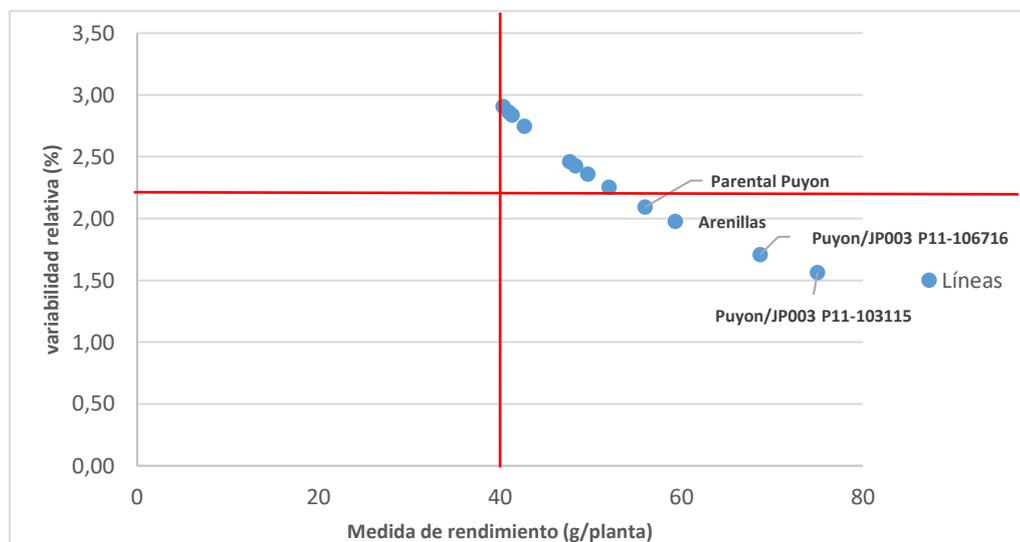


Figura 47. Análisis de variabilidad relativa (%) en líneas F6.

4.3.51. Discusión

La salinidad es uno de los principales factores abióticos que se asocia con grandes pérdidas de cultivos en todo el mundo (Samant y Jawali 2015; Mondal y Borromeo 2016). Alrededor de una quinta parte de la tierra cultivable a nivel mundial se ve afectado por cierto nivel de salinidad (Shrivastava y Kumar 2014). Se espera que el problema de la salinidad se agrave si continúan las tendencias actuales en el cambio climático y las prácticas de manejo del suelo y agua (Munns y Tester 2008; Ismail *et al.* 2010).

Torabi y Halim (2013), mencionan que la salinidad es uno de los principales factores abióticos que afectan los diferentes estados de crecimiento, el rendimiento y la calidad de los cultivos agrícolas a través del estrés que ocasionan. Ashraf y Harris (2013) mencionan que ambientes estresantes como la salinidad y la sequía, provocan alteraciones en una amplia gama de procesos fisiológicos, bioquímicos y moleculares en plantas. Rodríguez *et al.* (2019), señalan que las sales afectan el crecimiento y desarrollo de las plantas, la germinación, el vigor, el crecimiento vegetativo, la floración y desarrollo del fruto.

En referencia con el cultivo de arroz existen muchos informes que señalan que el aumento del nivel de la salinidad en sus diferentes etapas de crecimiento reduce el desarrollo y afecta el rendimiento (Pearson y Bernstein 1959; Kaddah 1963; Flowers y Yeo 1981; Lutts *et al.* 1995).

Autores como Khatun y Flowers (1995), expresan que el efecto de la salinidad en el arroz es múltiple, lo que lleva a la inhibición de la germinación, dificultades en el establecimiento del cultivo, tamaño y desarrollo de la hoja, disminución de la producción de materia seca, retraso en el llenado de semillas e incluso esterilidad. Rao *et al.* (2008), mencionan que la salinidad induce cambios tanto bioquímicos como fisiológicos que causan inhibición del crecimiento y pérdida de rendimiento.

También se ha informado que el arroz es sensible a la sal en sus etapas vegetativa y reproductiva (Moradi y Ismail 2007). Existen referencias que la sensibilidad del cultivo a la salinidad varía dependiendo de su etapa fenológica (Lauchli y Grattan 2007). Tavakkoli *et al.* (2011) señala que el efecto más perjudicial de la salinidad se observa en tratamientos en etapas tempranas de desarrollo.

En la presente investigación, los mayores daños observados fueron en los tratamientos tempranos en las fases de germinación y plántula y con el nivel de salinidad de 7.0 dS/m. El estrés salino afectó negativamente el vigor, crecimiento, la morfología, el desarrollo, rendimiento y componentes de rendimiento y los rangos encontrados están dentro de los reportados por varios investigadores. El vigor de planta disminuyó a medida que se incrementó el nivel de salinidad y los tratamientos salinos en la germinación y plántulas redujeron en forma más significativa el vigor de plantas los que fueron calificadas con valores iguales a 7 y 8 en una escala de 10, donde 1 es muy vigorosa.

Investigadores como Zeng y Shannon (2003) mencionan que, durante la germinación, el arroz es muy tolerante a la salinidad, pero es muy sensible en las fases de plántulas y en las etapas reproductivas y que es menos sensible durante el macollamiento y el llenado de granos. Singh *et al.* (2004), indican que la floración es otra fase de desarrollo altamente sensible en el ciclo de vida del cultivo y que se ve afectada por el estrés a salinidad y que los altos niveles de salinidad en esta etapa, afectan la viabilidad del polen lo que resulta en una polinización deficiente y la consiguiente reducción en el porcentaje de granos llenos y, por lo tanto, en el rendimiento total de la planta.

Nawaz *et al.* (2010) indica que estos daños son el resultado de los trastornos provocados en el metabolismo de las plantas, principalmente por los cambios en el potencial osmótico del suelo, el desbalance nutricional por la interacción entre los iones tóxicos y los nutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo. El estrés de la salinidad, causa graves daños a muchos procesos celulares y fisiológicos, incluida la absorción de nutrientes, la absorción de agua, el crecimiento de las raíces y el metabolismo celular, que obviamente puede conducir a la muerte de la planta (Darwish *et al.* 2009).

Investigaciones de varios autores, indican que el exceso de Na⁺ en las células vegetales, daña directamente los sistemas de membranas y los orgánulos, lo que resulta en una reducción del crecimiento y un desarrollo anormal antes de la muerte de las plantas (Quintero *et al.* 2007; Siringam *et al.* 2011). Si una cantidad excesiva de sal ingresa a la planta, la concentración de sal eventualmente aumentará a un nivel tóxico en las hojas causando senescencia prematura y reduciendo el desarrollo de órganos vegetales a un nivel que no puede sostener el crecimiento (Rad *et al.* 2012a).

Páres y Basso (2013), encontraron en papaya (*Carica papaya* L.) que a mayores niveles de NaCl hay mayor afectación negativa en el crecimiento, debido al efecto negativo de la salinidad en el desarrollo de los cultivos.

La altura de planta se reduce por efecto del estrés salino de 75.8 cm en el control a 23.1 cm en el tratamiento salino en germinación y a 63.8 cm en el tratamiento salino en la fase de floración; significando una reducción de 69.5 % y 15.8 % por efecto del estrés salino. La reducción en la altura de las plántulas debido al efecto inhibitor del sodio, es un fenómeno común de varias especies, incluido el arroz informado en varias investigaciones (Abbas *et al.* 2013; Rajakumar 2013). Resultados similares encontró Batista *et al.* (2017) en plántulas de albahaca que disminuyeron su altura conforme los niveles de NaCl se incrementaron. Saqib *et al.* (2008) mencionan que los efectos destructivos de la salinidad incluyen retraso en el crecimiento de las plantas debido al aumento de la concentración de Na⁺. Muchos investigadores han evidenciado, que la altura de la planta disminuyó progresivamente con el aumento de niveles de salinidad (Mahmmad *et al.* 2009; Falah *et al.* 2015; Rad *et al.* 2011).

De igual modo la longitud de raíces en el control alcanza un valor promedio de 23.03 cm y en el tratamiento salino en germinación el valor más bajo igual a 10.4 cm y en el tratamiento salino en el estado de grano lechoso 22 cm equivalente a 64.17 % y a 24.22 % de reducción; respectivamente. La longitud de panícula muestra una respuesta similar al estrés salino con un valor más alto en el control igual a 25.4 cm y en el tratamiento salino en germinación una longitud de 8 cm y en de estado lechoso de 20.cm y una reducción de 68.5 % y 21.26 %; respectivamente.

El estrés salino afecta la planta y una de las manifestaciones es la reducción del crecimiento, debido a que las sales afectan el crecimiento por cambios en el estado hídrico celular y disturbios en la toma y translocación de nutrientes, interacción entre los iones tóxicos causados por el estrés osmótico (García *et al.*,2009; Nawaz *et al.* 2010; López *et al.* 2018). Varios estudios han reportado efectos severos de la salinidad sobre los caracteres vegetativos (Hakim *et al.* 2010; Abbas *et al.* 2013; Gupta y Huang 2014). Alcaraz (2012), mencionan que la salinidad causa daños morfológicos en las plantas como disminución del tamaño foliar para hacer descender la transpiración, reducción del número de estomas y el nivel fenológico, generando retraso en la floración.

El rendimiento fue afectado negativamente en los tratamientos de sales, en la presente investigación, especialmente con el nivel de salinidad de 7.0 dS/m empleado en la germinación, por una reducción de los componentes del rendimiento como el N° de macollos, el N° de granos por panícula y el peso de granos. Para número de macollos los valores promedios del control fueron 20.8 macollos y del tratamiento salino en germinación 10.3 que determinó una reducción del 50.48 % por efecto del estrés salino. Para granos /panícula en el tratamiento control se observó un promedio de 140.3 granos/ panícula y en el tratamiento salino en germinación fue de 55.5 granos/panícula y en el tratamiento salino en grano lechoso de 110.2 granos por panícula lo que implica una reducción de 60.73 y de 21.45 %; respectivamente. De igual modo para el peso de grano el valor promedio en el control fue igual a 1.8 g y para el tratamiento salino en germinación fue igual a 0.8 g y para el tratamiento salino en grano lechoso igual a 1.6 g eso es equivalente a una reducción de 55.6 y 11.2 %; respectivamente.

Resultados similares son informados por varios investigadores. Grieve *et al.* (1992), concluyeron que la salinidad disminuye significativamente el número de espigas. Además, que las inflorescencias parecen tener florecillas significativamente menos viables en condiciones salinas y como consecuencia de la esterilidad del polen en el arroz (Akbar y Yabuno 1975). El estrés de salinidad tiende a acortar la duración de la diferenciación de las espiguillas, lo que reduce el número de granos por panícula (Maas y Grieve 1990; Grieve *et al.* 1992; Francoise *et al.* 1994). Tavakkoli *et al.* (2011) informan que el estrés salino origina reducción significativa del peso del grano en las líneas evaluadas conforme se incrementó la concentración salina.

El número de granos de la panícula depende mayormente de la viabilidad de las estructuras reproductivas. Los tratamientos salinos en fases fenológicas, germinación y plántula con el nivel de salinidad de 7.0 dS/m afectaron los niveles de fertilidad porque se observaron niveles altos de esterilidad iguales a 58.75 y 54.59 %, respectivamente. Cha-um y Kirdmanee (2010), observaron que el arroz a una salinidad de 6.6S dSm⁻¹; sufre una reducción en la productividad de más del 50 %.

Con respecto a esto, Mohammadi *et al.* (2010), utilizando varios genotipos; determino que la mayoría de las variedades de arroz muestran una viabilidad reducida del polen bajo la salinidad. El estrés salino reduce el rendimiento del arroz al disminuir el número de granos

lentos por panícula como consecuencia de su efecto negativo en la viabilidad del polen en las plantas. Además, afecta la receptividad del polen en el estigma, reduciendo en consecuencia el número de semillas en las flores (Abdullah *et al.* 2001).

En el presente estudio se evaluó el contenido de clorofila en diferentes periodos y se observó una reducción por efecto del estrés salino en todos los genotipos estudiados.

Los resultados mostraron que el tratamiento salino en la etapa fenológica de germinación, a los 30, 45, 60 y 75 días, tuvo los promedios más bajos de clorofila con valores de 36.95, 29.71, 23.24 y 19.53 $\mu\text{g cm}^{-2}$, respectivamente. Muchas hojas de plantas en los tratamientos salinos, adicionalmente, mostraron adicionalmente síntomas de quemaduras. La acumulación de iones en las hojas produce clorosis marginal y con ello, una disminución del área fotosintética, lo que determina reducciones en la fotosíntesis neta.

Estos resultados concuerdan con lo expresado por Sandoval *et al.* (2010) que señalan que su acumulación en las hojas produce clorosis marginal del área foliar y con ello, una disminución del área fotosintética, lo que determina reducciones en la fotosíntesis neta por toxicidad salina. Los cambios en la fluorescencia de la clorofila (F_v / F_m) y la permeabilidad de la membrana son indicadores eficientes y potenciales para comprender el efecto inhibitorio de la sal sobre la eficiencia fotosintética (Netondo *et al.* 2004). De Lucena *et al.* (2012) señalan que a nivel de la célula el exceso de sal causa la deposición de materiales en la pared celular, disminuyendo su elasticidad. Esto no permite el crecimiento celular, afectando el área foliar, factor que regula la capacidad fotosintética de la planta y así altera su capacidad metabólica.

Con respecto a esto, Torabi y Halim (2013) indican que cuando existe altos niveles de salinidad, la absorción de agua por las raíces se reduce mucho, las plantas disminuyen en su crecimiento y llegan a presentar síntomas de sequía, tales como marchitamiento o coloración verde azulada oscura, clorosis y algunas veces hojas cerosas de mayor espesor. Estos síntomas varían según la fenología del cultivo, siendo más notable durante las primeras etapas del crecimiento.

El desequilibrio del contenido de sales en las plantas, afecta los procesos fisiológicos, altera la conductancia del CO₂ a través del mesófilo y las estomas, por lo tanto, reduce la actividad fotosintética debido a la limitación de la disponibilidad del CO₂ (Flexas *et al.* 2007). Ragab y Abd (2015) en su estudio con maíz, comentan que las plantas bajo condiciones de estrés salino disminuyen el contenido de clorofila y la tasa de transpiración, afectando negativamente la actividad fotosintética.

Varios autores mencionan que el efecto tóxico de la acumulación de sal de sodio es mitigado por la planta a través de: (a) exclusión de sal, (b) absorción selectiva de iones y (c) regulación de la relación K⁺ / Na⁺ (García *et al.* 2009; Flowers y Yeo 1986). Aguilar *et al.* (2016) mencionan que el arroz, en condiciones de salinidad controla el transporte de sales a nivel del plasmalema y el tonoplasto y su compartimentalización en los diferentes órganos de la planta.

Es importante por otro lado considerar la respuesta diferencial de los genotipos al estrés salino. En el presente estudio las líneas avanzadas de arroz en poblaciones segregantes derivadas de cruces interespecíficos entre *Oryza sativa* L. ssp. japonica x *Oryza rufipogon* G. y de cruces de líneas de tipo japónicas en poblaciones F5 y F6, tanto en condiciones de invernadero como en campo, fueron diferencialmente afectadas negativamente por el estrés salino, observándose una reducción en los valores de las características evaluadas en el nivel de salinidad 0.2 dS/m (control) y el nivel de salinidad 2 (7.0 dS/m).

En el material genético en generación F5, evaluadas en invernadero, destacaron en el nivel de salinidad de 7.0 dS/m por diversas características las siguientes líneas avanzadas: por mayor vigor igual a 3 las líneas JP001/JP003 P1 * 11P413 y JP001/JP003 P9 # 15P629, por un menor porcentaje de esterilidad la línea Puyón/JP003 P11-103115 con un promedio de 27, con menor reducción en altura de planta la línea Puyón/JP002 P8-323523 con un promedio de 116 cm, los genotipos con mayor número de macollos fueron las líneas Puyón/JP003 P11-103115 y Puyón/JP002 P8-289311 con un promedio de 21 y 20; respectivamente, por una mayor longitud de panícula destaca la línea Puyón/JP002 P8-323523 con un promedio de 21 cm, con mayor número de granos por panícula destacan las líneas Puyón/JP003 P11-106716 y Puyón/JP002 P8-294930 con un promedio de 87 y 86 granos respectivamente, con mayor peso de granos por panícula destacan las líneas Puyón/JP003 P11-106716 y Puyón/JP002 P8-294930 con un promedio de 13 y 12 gramos

respectivamente. Según el análisis de la variabilidad relativa basado en rendimiento, en condiciones hidropónicas en invernadero, las líneas que presentaron mayor tolerancia a salinidad fueron: Puyón / JP003 P11-106716, Puyón / JP002 P8-294930, Puyón / JP003 P11-103115, Puyón / JP002 P8-30552, JP001/JP003 P1 * 11P413, JP002/JP001 P * P5P1322 por presentar los mayores promedios de rendimiento que fueron de 8.9 a 12.7 g /planta.

En condiciones de campo, las líneas F₆ que destacaron fueron: Puyón / JP003 P11-106716, Puyón / JP003 P11-103115, Puyón / JP002 P8-294930 con un promedio de 1 para vigor de planta. Puyón/JP003 P11-103115 por su menor esterilidad igual a 6 %. Puyón/JP003 P11-103115, Puyón/JP003 P11-106716 y Puyón/JP002 P8-294930 con valores promedio de 35, 34 y 33 macollos, respectivamente. Las líneas Puyón/JP003 P11-106716 y Puyón/JP003 P11-103115 con un promedio mayor e igual a 195 y 189 granos por panícula. La línea Puyón/JP003 P11-103115, presentó el mayor promedio de peso de granos por planta con un valor de 75 g. Para contenido de clorofila la línea Puyón/JP003 P11-103115 en todas las evaluaciones realizadas, presentó el mayor promedio de 65. La línea Puyón/JP003 P11-103115 presento el mayor número de hojas con una media igual a 201, superando significativamente al resto de genotipos en condiciones de campo.

Las líneas con mayor potencial de tolerancia al estrés salino en condiciones de campo fueron: Puyón/JP003 P11-103115, Puyón/JP003 P11-106716, que presentaron los mejores promedios desde 56 a 75 g/planta y para variabilidad valores que oscilan entre 1.56 a 2.09 %. Los resultados observados muestran que las líneas derivadas de cruces interespecíficos *Oryza rufipogon* G. (Puyón) x *Oryza sativa* L. ssp. japónica tienen mayor tolerancia al estrés salino que las líneas de cruces intraespecíficos de *Oryza sativa* L. ssp. japónica y los testigos comerciales FI-011 y Arenillas en condiciones del presente experimento.

Estos resultados, muestran las ventajas de emplear nuevas fuentes en el mejoramiento de tolerancia a estrés abióticos y bióticos en arroz para desarrollar variedades para zonas marginales, las cuales se van incrementando con el cambio climático. Lamz & González (2013), consideran que en el mejoramiento genético del arroz solo se ha utilizado un 25 % de la variabilidad genética existente en especies silvestres.

V. CONCLUSIONES

1. El Índice de Sustentabilidad General para Yaguachi y CEDEGE fue de 1.92 y 2.12, respectivamente; valores determinados con los índices de las dimensiones económicas, ecológicas y socioculturales. Aun cuando los valores del indicador socio-cultural (ISC) son relativamente altos, el indicador económico (IK) y ecológico (IE) son los que influyen negativamente para que estos sistemas de producción no sean sustentables, siendo los factores limitantes: la falta de diversificación de la producción (A1), la falta de diversificación para la venta (C1), vías comercio (C2) y por otro lado, la falta de manejo de cobertura vegetal.
2. El arroz se vio afectado por el estrés salino aplicado en las fases tempranas de desarrollo, principalmente en la germinación y desarrollo de plántulas. Los daños fueron menos severos en las fases más avanzadas como grano lechoso. Los daños se manifestaron principalmente por reducción del vigor, altura de planta, longitud de la raíz, número de macollos, peso fresco y seco de biomasa aérea y de raíces, N° de granos por panícula, rendimiento, características del grano (planta y raíz), clorofila y otros caracteres evaluados.; aumentando el daño con el incremento de la salinidad de 0.2, 3 y 7 dS/m.
3. Se caracterizaron y seleccionaron por su tolerancia a sales:
 - En la generación F₅ a: Puyón/JP003 P11-106716, Puyón/JP002 P8-294930, Puyón/JP003 P11-103115, Puyón/JP002 P8-30552, JP001/JP003 P1 * 11P413, JP002/JP001 P * P5P1322; por presentar los mejores rendimientos y superar al testigo comercial (SFL-011) en condiciones salinas (7.0 dS/m)
 - En la generación F₆, en condiciones de campo salino con CE 7.44 dS/m se seleccionaron a Puyón/JP003 P11-106716 y Puyón/JP003 P11-103115.
 - Puyón/JP003 P11-106716 y Puyón/JP003 P11-103115, presentaron mayor número de macollos, mayor número de hojas, menor esterilidad de panícula %),

mayor número de granos por panícula y mayor peso de granos por planta (g) y rendimientos; superando al testigo comercial SFL-011 en un 39% y 30% en condiciones salina; respectivamente.

VI. RECOMENDACIONES

En consideración de los resultados y sus respectivas conclusiones se recomienda:

1. Iniciar estudios para determinar la calidad arroceras de las líneas avanzadas seleccionadas considerando que provienen de la cruce con especies silvestres que si bien contribuyen a mejorar la tolerancia al estrés salino y al rendimiento pueden afectar negativamente la calidad del producto final. calidad.
2. Identificar los factores que restringen el cultivo sustentable de arroz en el Ecuador y recomendar investigaciones para solucionarlos o reducir su impacto especialmente en sistemas de agricultura familiar.
3. Iniciar programas de mejoramiento genético del arroz que permitan desarrollar variedades mejoradas para zonas marginales con limitaciones de clima y suelo. En sectores con problemas de salinidad, recomendar el empleo de los genotipos: Puyón/JP003 P11-103115 y Puyón/JP003 P11-106716; seleccionados por su tolerancia a sales.
4. Continuar con este tipo de investigaciones en otras zonas arroceras, para comparar los resultados obtenidos.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbas, A; Khan, S; Hussain, N; Hanjra, MA; Akbar, S. 2013. Characterizing soil salinity in irrigated agriculture using a remote sensing approach. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C* 55-57, 43-52. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2010.12.004>.
- Abdullah, Z; Khan, M; Flowers, TJ. 2001. Causes of sterility in seed set in rice under salinity stress. *Journal of Agronomy and Crop Science* 18725-32.
- Acevedo, MA; Castrillo, WA; Belmonte, UC. 2019. Origen, evolucion y diversidad del arroz. *Agronomia Tropical*, 56(2), 8-18. doi:ISSN: 0002-192X.
- Aguilar, M; Fernández, J; Aguilar, M; Romero, C. 2016. Agronómica del arroz al riego salino en distintas fases del cultivo. *Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera, Alcalá del Río Sevilla*. 1-25 p.
- Akbar, M; Yabuno, T. 1975. Breeding for salinity resistant varieties of rice. III. Response of F1 hybrids to salinity in reciprocal crosses between Jbona 349 and Mengolia. *Japanese Journal of Breeding*. 25: 215-220.
- Alcaraz, FJ. 2012. Universidad de Murcia. Salinidad y vegetación. Available in: <https://www.um.es/docencia/geobotanica/ficheros/tema18.pdf>.
- Altieri, MA; Nicholls, C. 2013. Agroecología y resiliencia Socio ecológica: adaptándose al cambio climático. Medellín, Red Iberoamericana de Agroecología para el Desarrollo de Sistemas Agrícolas Resilientes al Cambio Climático REDAGRES, SOCLA.
- Arzate, A; Hoyos, A; Vázquez, L; Gutiérrez, M. 2008. Caracterización isoenzimática de nueve variedades botánicas de *Tigridia pavonia* (L. f.) DC. *Agrociencia*, 42:519-528.

- Ashraf, M; Harris, PJ. 2013. Photosynthesis under stressful environments: An overview. *Photosynthetica* 51(2):163-190.
- Ashraf, M. 2010. Inducing drought tolerance in plants: Recent advances. *Biotechnology Advances*, 28(1), 169–183. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2009.11.005>.
- Batista, D; Murillo, B; Nieto, A; Alcaráz, L; Troyo, E; Hernández, L; Ojeda, C. 2017. Mitigación de NaCl por efecto de un bioestimulante en la germinación de *Ocimum basilicum* L. *Terra Latinoamericana*. 35:309-320.
- Barriga, S. 2003. Diagnóstico de la salinidad de los suelos cultivados en las principales áreas bajo riego en el Ecuador. Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador. 93 p.
- Beighley, D. 2010. Growth and production of rice. En *Encyclopedia of Life Support Systems* (Willy H. Verheye, Vol. II). Southeast Missouri State University, Malden, Missouri, USA. Recuperado a partir de <http://www.eolss.net/sample-chapters/c10/E1-05A-15-00.pdf>.
- Briones, C; Proaño, J; Medina, K. 2010. Determinación de las aptitudes físicas y químicas en distintas unidades taxonómicas de suelos en la hacienda campo Alegre (Quilichao), Parroquia Taura, Cantón Naranjal. Provincia del Guayas. XII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo. <http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/11.-Jaime-Proano.-Suelos.-Agraria.pdf>.
- Cabanillas, T; Almírcar, A. 2012. Factores productivos que permiten mejorar la productividad del arroz en el sector Magdalena: Tembladera- Cajamarca. Visitado el 9 de abril de 2019. Disponible en: <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/2869>.
- Cedeño, E. 2015. Enmiendas para disminuir la salinidad y mejorar la fertilidad de tres suelos dedicados al cultivo de arroz de inundación. Universidad Tecnológica Equinoccial. Santo Domingo, Ecuador. 26-27 pp.

- Cha-um, S; Kirdmanee, C. 2010. Effect of glycinebetaine on proline, water use and photosynthetic efficiencies and growth of rice seedlings under salt stress. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 34: 517-527.
- Chávez, LA; Álvarez, Y; Camejo, R; Ramírez, R; Batista, D. 2012. Efecto del estrés salino en la absorción de agua por las semillas y el crecimiento en plántulas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Granma Ciencia*. 1-10 pp.
- CIAT. 2010. Producción Eco-Eficiente del Arroz en América Latina [CD-ROM] Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 487 p. ISBN 978958-694-103-7.
- CIAT. 2015. Producción Eco-Eficiente del arroz en América Latina. Tomo I. 513 p.
- Coronel de Renolfi, M; Ortuño, S. 2015. Tipificación de los sistemas productivos agropecuarios en el área de riego de Santiago del Estero, Argentina. [en línea]. *Problemas del desarrollo. Revista latinoamericana de economía*. Vol. 36 número 140 enero. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/prode>.
- Cortés, V; Alanoca, P; Calle, M. 2014. Efecto de la salinidad sobre la germinación y crecimiento vegetativo de plantas de tomate silvestres y cultivadas. *Interciencia*. 511-517 pp.
- Darwish, E; Testerink, C; Khalil, M; El-Shihy, O; Munnik, T. 2009. Phospholipid signaling responses in salt-stressed rice leaves. *Plant and Cell Physiology*, 50: 986-997.
- De la Rosa, D. 2008. Evaluación agroecológica de suelos para un desarrollo rural sostenible. Madrid: Mundi Prensa-Madrid.
- De Lucena, CC; De Siqueira, DL; Prieto, HE; Cecon, PR. 2012. Salt stress change chlorophyll fluorescence in mango. *Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal – SP*. 34(4): 1245 - 1255.

- De Muner, L. 2012. Sostenibilidad de la caficultura arábica en el ámbito de la Agricultura Familiar en el Estado de Espírito Santo – Brasil. Tesis de doctorado. Universidad de Córdoba. Córdoba, España. 262 p.
- Degiovanni, B; Víctor, M; Martínez, R; César, P; Motta, O. 2010. Producción ecoeficiente del arroz en América Latina. Palmira: CIAT. 110.
- DICKEY-john. 2017. Soil compaction tester. DICKEY-john. Alabama, Estados Unidos.
- Dobermann, A; Fairhurst, T. 2012. Arroz: desordenes nutricionales y manejo de nutrientes. IPNI. 155-156 pp.
- Fairhurst, T; Witt, C. 2012. Guía práctica para el manejo de nutrientes, Potash & Phosphate Institute (PPI), Potash & Phosphate Institute of Canada (PPIC); p. 104.
- Falah, A; Farahmand, Far, E; Moradi, F. 2015. Effect of salinity in different growth stages on some physiological characteristics of rice varieties in greenhouse. Journal of Agriculture. 107: 175-182.
- FAO. 2012. Guidelines for soil description. Rome, FAO. 110 pp. (also available at www.fao.org/3/a-ac339e.pdf).
- FAOSTAT. 2021. Food and Agriculture Organization statistical database. Disponible en: <https://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/es/> (Consultado: 22 diciembre 2021).
- Fassbender, H. 1987. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica, 1987. pp 343-357.
- FINUT (Fundación Iberoamericana de Nutrición). 2020. Papel de los cereales de grano entero en la salud. Granada, España. pp 220. Recuperado a partir de https://www.finut.org/wp-content/uploads/2021/01/Informe-Papel-de-los-CGE-en-la-salud_compressed.pdf.

- Fita, A; Fioruci, F; Plazas, M; Rodríguez-Burruezo, A; Prohens, J. 2015. Drought Tolerance Among Accessions of Eggplant and Related Species. Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Horticulture, 72(2). <https://doi.org/10.15835/buasvmcn-hort:11600>.
- Flexas, J; Diaz, A; Galmés, A; Kaldenhoff, J; Medrano, R; Ribas, H. 2007. Rapid variations of mesophyll conductance in response to changes in CO₂ concentration around leaves. Plant Cell and Environment. 30: 1284–1298.
- Flowers, TJ; Yeo, AR. 1981. Variability in the resistance of sodium chloride salinity within rice (*Oryza sativa* L.) varieties. New Phytol. 88: 363–373.
- Flowers, TJ; Yeo, AR. 1986. Ion relation of plants under drought and salinity. Aust J Plant Physiol 13: 75-91.
- Foladori, G; Tommasino, H. 2011. El Enfoque Técnico y el Enfoque Social de la Sustentabilidad. Visitado el 3 de julio de 2018. Disponible en: http://ipardes.gov.br/pdf/revista_pr/98/guilhermo_foladori.pdf.
- Francoise, LE, Grieve, CM; Maas, EV; Lesch, SM. 1994. Time of salt stress affects growth and yield components of irrigated wheat. J. Agron. 86: 100–7.
- Fuentes, A. 2019. Evaluación de la sustentabilidad en chacras agroecológicas, para la conservación de los recursos naturales en la comunidad Chilcapamba del cantón Cotacachi. Universidad Técnica del Norte, Ibarra- Ecuador: 10-11 pp.
- GADPLR. 2014. Plan de desarrollo Provincial de Los Ríos, Ecuador.
- Galera, MD. 2017. El paradigma de la sostenibilidad: Gobernanza global y el modelo europeo de “desarrollo sostenible”. Visitado el 3 de julio de 2018. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5896474>.
- García, JM; Lenzemo, V; Castellanos, V; Steinkellner, S; Vierheilig, H. 2009. Strigolactones, signals for parasitic plants and arbuscular mycorrhizal fungi. Mycorrhiza. 19:449-459.

- Gonzales, R. 2015. Evaluación agroproductiva de cuatro cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) en el Sur del Jíbaro. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Santa Clara- Cuba. 8-11 pp.
- Grieve, CM; Lesch, SM; Francois, LE; Maas, EV. 1992. Analysis of main spike and yield components in salt stressed wheat. *Crop Sci.* 32: 697-703.
- Guarino, L; Lobell, DB. 2011. A walk on the wild side. *Nature Climate Change*, 1(8), 374–375. <https://doi.org/10.1038/nclimate1272>.
- Gupta, B; Huang, B. 2014. Mechanism of salinity tolerance in plants: Physiological, biochemical, and molecular characterization. *International Journal of Genomics*. Article ID 701596, <https://doi.org/10.1155/2014/701596>.
- Hakim, MA; Juraimi, AS; Begum, M; Hanafi, MM; Ismail, MR; Selamat, A. 2010. Effect of salt stress on germination and early seedling growth of rice (*Oryza sativa* L). *African Journal of Biotechnology*. 9(13): 1911-1918.
- Hanin, M; Ebel, C; Ngom, M; Laplaze, L; Masmoudi, K. 2016. New insights on plant salt tolerance mechanisms and their potential use for breeding. *Frontiers in Plant Science* 7: 1787.
- Hasanuzzaman, M; Nahar, K; Fujita, M. 2013. Plant Response to Salt Stress and Role of Exogenous Protectants to Mitigate Salt-Induced Damages. In: P Ahmad, MM Azooz, MNV Prasad (eds) *Ecophysiology and Responses of Plants under Salt Stress*. Springer New York, New York, NY.
- Hidalgo, J. 2019. Implicación de las poliaminas en la respuesta a la salinidad de la simbiosis rizobio-leguminosa. Universidad de Granada, Granada- España: 17-20 pp.
- Hoang, TM; Tran, TN; Nguyen, TK; Williams, B; Wurm, P; Bellairs, S; Mundree, S. 2016. Improvement of Salinity Stress Tolerance in Rice: Challenges and Opportunities. *Agronomy*, 6(54):1-23.

- Horie, T; Karahara, I; Katsuhara, M. 2012. Salinity tolerance mechanisms in glycophytes: An overview with the central focus on rice plants. *Rice*. 1-11 pp.
- Huiracocha, J. 2018. Evaluación del riesgo toxicológico por cadmio y plomo en granos de arroz (*Oryza sativa*) comercializados en la ciudad de Cuenca. Universidad de Cuenca, Cuenca- Ecuador. 5-6 pp.
- Hunter, H. 2012. Parientes silvestres de los cultivos. Bioersivity International. Roma, Italia. 1:44-45.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2020. Bioeconomía: potencial y retos para su aprovechamiento en América Central y el Caribe: manual de capacitación / Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. – San José, Costa Rica.
- Imbellone, P; Giménez JE; Panigatti, JL. 2010. Suelos de la región pampeana. Procesos de Formación. Argentina. Buenos Aires: Editorial INTA. 288p.
- INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos), 2021. Visualizador de Estadísticas Agropecuarias del Ecuador ESPAC. Recuperado de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec>.
- INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos), 2011. Censo Nacional.
- INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias). 2012. Lista de variedades liberadas por el INIAP. Quito-Ecuador.
- INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias). 2011. Guía práctica para la producción artesanal de semilla de arroz. Recuperado a partir de <http://190.12.16.188/bitstream/41000/1192/1/iniapBolet%C3%ADn%20T%C3%A9cnico%20No%20157.pdf>.

- Ismail, MR; Selamat, A; Karim. SM. 2014. Effect of salt stress on morpho-physiology, vegetative growth and yield of rice. *Journal of Environmental Biology*. 35: 317-326.
- Jackson, M. 1964. *Análisis químico de suelos*. Ediciones Omega S. A. Barcelona. 662 p.
- Jennings, PR; Coffman, WR; Kauffman, HE. 1981. *Mejoramiento de Arroz*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Kaddah, MT. 1963. Salinity effects on growth of rice at the seedling and inflorescence stages of development. *Soil Sci*. 96: 105–111.
- Kaplan, D; Burkman, W; Adriano, D; Mills, G; Sajwan, K. 1990. Determination of boron in soils containing inorganic and organic boron sources. *Soil Sci. Soc, Am. J. V. 54*. pp 708-714.
- Khatun, S; Flowers, TJ. 1995. Effects of salinity on seed set in rice *Plant Cell Environ* 18: 61-67.
- Krasensky, J; Jonak, C. 2012. Drought, salt, and temperature stress-induced metabolic rearrangements and regulatory networks. *Journal of Experimental Botany*, 63 (4):1593–1608.
- Lamz, A; González, MC. 2013. La salinidad como problema en la agricultura: la mejora vegetal una solución inmediata. *Cultivos Tropicales*,34 31-42. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193228546005>.
- Lauchli, A; Grattan, SR. 2007. Plant Growth and Development under Salinity Stress. In: Jenks, M.A., P.M. Hasegawa & S.M. Jain, (Eds.), *Advances in Molecular Breeding Toward Drought and Salt Tolerant Crops*. Springer, Dordrecht, The Netherlands. 1-32 pp.
- López, RC; Gómez, E; Campos, R; Eichler, B; Rodríguez, LA; Guevara, F; Gongora, G. 2018. Afectaciones en el rendimiento de líneas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) provocado por salinidad. *Cultivos Tropicales*. 39(1):74-80.

- Lutts, S; Kinet, JM; Bouharmont, J. 1995. Changes in plant response to NaCl during development of rice (*Oryza sativa* L.) varieties differing in salinity resistance. J. Exp. Bot. 46: 1843–1852.
- Maas, EV; Grieve, CM. 1990. Spike and leaf development in salt stressed wheat. Crop Sci. 30:1309-1313.
- MADR. 2013. El arroz: producción en Colombia, Boletín mensual Insumos Y Factores Asociados A La Producción Agropecuaria N 12. p 92. Disponible en: http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/insumos_factores_de_produccion_junio_2013.pdf.
- Mahmmad, A; Latif, T; Khan, MA. 2009. Effect of salinity on growth, yield and yield components in Basmati rice germplasm. Pakistan Journal of Botany. 41(6): 3035-3045.
- Martínez, M; Osuna, E; Espinosa, M. 2019. Impacto acumulado de la agricultura de conservación en propiedades del suelo y rendimiento de maíz. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 10(4): 765-778. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i4.1640>.
- McDonald, GK; Rengasamy, P; Tavakkoli, E. 2010. High concentrations of Na⁺ and Cl⁻ ions in soil solution have simultaneous detrimental effects on growth of faba bean under salinity stress. Journal of Experimental Botany 61: 4449-4459. doi:10.1093/jxb/erq251.
- Miller, GA; Suzuki, N; Ciftci-yilmaz, S; Mittler, RO. 2010. Reactive oxygen species homeostasis and signalling. Plant, cell and environment, 33 (4): 453-467.
- Mohammadi, G; Singh, RK; Arzanic, A; Rezaiee, AM; Sabourid, H; Gregorio, GB. 2010. Evaluation of salinity tolerance in rice genotypes. Int. J. Plant Prod. 4: 199–207.
- Mondal, S; Borromeo, TH. 2016. Screening of salinity tolerance of rice at early seedling stage. Journal of Bioscience and Agriculture Research. 10 (1): 843-847.

- Moradi, F; Ismail, AM. 2007. Responses of photosynthesis, chlorophyll fluorescence and ROS scavenging systems to salt stress during seedling and reproductive stages in rice. *Annals of Botany*. 99: 1161–1173.
- Moreno, B; Salvador, S. 2015. Rendimientos del arroz en el ecuador segundo cuatrimestre del 2014. Disponible en http://sinagap.agricultura.gob.ec/pdf/estudios_agroeconomicos/rendimiento_arroz_2do_cuatrimestre_2014.pdf.
- Mota, V. 2014. Efecto de distancias de siembra en el rendimiento de cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) sembrados en condiciones de riego por trasplante en la zona de Santa Lucia, provincia del Guayas. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil- Ecuador. 5-6 pp.
- Munns, R; Tester, M, 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*. 59: 651-681.
- Mutegi, E; Snow, AA; Rajkumar, M; Pasquet, R; Ponniah, H; Daunay, MC; Davidar, P. 2015. Genetic diversity and population structure of wild/weedy eggplant (*Solanum insanum* Solanaceae) in southern India: Implications for conservation. *American Journal of Botany*, 102(1), 140–148. <https://doi.org/10.3732/ajb.1400403>.
- Nawaz, K; Hussain, K; Majeed, A; Khan, F; Afghan, S; Ali, K. 2010. Fatality of salt stress to plants: Morphological, physiological and biochemical aspects. *African Journal of Biotechnology*. 5475-5480.
- Nelson, D; Sommers, L.1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. En: PAGE, A. L. (ed) *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Second Edition* A.S.A., S.S.S.A., Madison, Wisconsin, U.S.A., pp 539-579.
- Netondo, GW; Onyango, JC; Beck, E. 2004. Sorghum and salinity: II. Gas exchange and chlorophyll fluorescence of sorghum under salt stress. *Crop Sci* 44: 806-811.

- Olsen, S; Sommers, L. 1982. Phosphorus Methods of Soil Analysis. Chemical and Microbiological Properties. Second Edition A.S.A., S.S.S.A., Madison, Wisconsin, U.S.A. pp 403-430.
- Palomeque, M. 2016. Sustentabilidad en sistemas agrícolas de limón (*Citrus aurantifolia* C.), cacao (*Theobroma cacao* L.) Y bambú (*Guadua angustifolia* K.) en Portoviejo-Ecuador. Universidad Nacional Agraria La Molina. Tesis para optar el Grado Académico de Ph.D. Lima, Perú. 9-10 p.
- Páres, J; Basso, C. 2013. Efecto del cloruro de sodio sobre el crecimiento y estado nutricional de plantas de papaya. *Bioagro*. 25:109-116.
- Pearson, G; Bernstein, L. 1959. Salinity effects at several growth stages of rice. *Agron J*. 51: 654–657.
- Pla Sentis, I. 2017. Anthropogenic and climate change factors in present and future soil and water conservation problems. (Zlatic and Kostadinov, ed.) *Soil and Water Resources Protection in the Changing Environment. Advances in GeoEcology* CatenaVerlag GMBH.
- Plazas, M; Vilanova, S; Gramazio, P; Rodríguez, A; FITA, A; Herraiz, FJ; Prohens, J. 2016. Interspecific Hybridization between Eggplant and Wild Relatives from Different Genepools. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 141(1), 34–44. <https://doi.org/10.21273/JASHS.141.1.34>.
- Porcel, R; Aroca, J; Ruiz-Lozano, M. 2012. Salinity stress alleviation using arbuscular mycorrhizal fungi. A review. *Agron Sustain Dev*.181pp.
- Porras, N. 2017. Una mirada a la sostenibilidad en la gestión de proyectos. *Daena: International Journal of Good Conscience*. 12(3)328-344. Recuperado de [http://www.spentamexico.org/v12-n3/A20.12\(3\)328-344.pdf](http://www.spentamexico.org/v12-n3/A20.12(3)328-344.pdf).

- Pozo, W; Sanfeliu, T; Carrera, G. 2010. Variabilidad Espacial Temporal de la Salinidad del Suelo en los Humedales de Arroz en la Cuenca Baja del Guayas, Sudamérica. Revista Tecnológica ESPOL. 23:73-79.
- Quintero, JM; Fournier, JM; Benloch, M. 2007. Na⁺ accumulation in shoot is related to water transport in K⁺-starved sunflower plants but not in plants with a normal K status. Journal of Plant Physiology. 164: 60-67.
- Rad, HE; Aref, F; Rezaei, M; Amiri, E; Khaledian, MR. 2011. The effects of salinity at different growth stage on rice yield. Ecology Environment & Conservation, 17 (2): 111-117.
- Rad, HE; Aref, F; Rezaei, M. 2012a. Response of Rice to Different Salinity Levels during Different Growth Stages. Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology, 4(17): 3040-3047.
- Ragab, H; Abd, M. 2015. Comparative Response of Salt Tolerant and Salt Sensitive Maize (*Zea mays* L.) Cultivars to Silicon. Journal of Academic. 2(1):1-5.
- Rajakumar, R. 2013. A study on effect of salt stress in the seed germination biochemical parameters of rice (*Oryza sativa* L) under in vitro condition. Asian Journal of Agricultural Resources. 3(6): 20-25.
- Ramakrishna, A; Ravishankar, A. 2011. Influence of abiotic stress signals on secondary metabolites in plants. Plant Signalling and Behavior 6(11): 1720-1731.
- Ramírez, W; Hernández, L. 2016. Tolerancia a la salinidad en especies cespitosas. Pastos y Forrajes. 39: 235-245. Available in: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269149518001>.
- Ramírez, WM; Hernández-Olivera, LA. 2016. Tolerancia a la salinidad en especies cespitosas. Pastos y Forrajes, 39, 235-245. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269149518001>.

- Rao, P; Mishra, B; Gupta, SR; Rathore, A. 2008. Reproductive stage tolerance to salinity and alkalinity stresses in rice genotypes. *Plant Breed* 127:256-261.
- Reyes, P; Murillo, A; Nieto, G; Troyo, D; Reynaldo, E; Rueda, P; García, H. 2013a. Tolerancia a la salinidad en variedades de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) en las etapas de germinación, emergencia y crecimiento inicial. *Universidad y Ciencia*. 101-112 pp.
- Ríos, G. 2013. Propuesta para generar indicadores de sostenibilidad en sistemas de producción agropecuaria, para toma de decisiones. Caso: Lechería Especializada. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.
- Rivera, E. 2019. Respuestas fisiológicas y bioquímicas a la sequía de genotipos de berenjena (*Solanum* spp.). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia- España: 1-24 pp.
- Rodríguez, N; Torres, C; Chaman, M; Hidalgo, J. 2019. Efecto del estrés salino en el crecimiento y contenido relativo del agua en las variedades IR-43 y amazonas de *Oryza sativa* "arroz" (Poaceae). *Arnaldoa*, 26(3), 931-942. <https://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.263.26305>.
- Rodríguez, R. 2015. Respuesta de cultivares de patata a la salinidad y potencial efecto protector del metil jasmonato frente al estrés salino. Universitat de Lleida, Lleida-España. 41-50 pp.
- Roy, ST; Negrão, S; Tester, M. 2014. Salt resistant crop plants. *Current Opinion in Biotechnology*. 115-124 pp.
- Samant, A; Jawali, N. 2015. Early seedling stage salt tolerance evaluation of genetically diverse rice genotypes. *Annals of Biological Research* 7(5): 46-54.
- Sánchez, W. 2013. The Wild Relative of Rice: Genomes and Genomics 2. Visitado el 18 de mayo de 2018. Disponible en: http://www.springer.com/cda/content/document/cda_downloaddocument/9781461479024-c1.pdf?SGWID=0-0-45-1444425-p175172215.

- Sandoval, F; Arreola, J; Lagarda, Á; Trejo, R; Esquivel, O; García, G. 2010. Efecto de niveles de NaCl sobre fotosíntesis y conductancia estomática en nogal pecanero (*Carya illinoensis* Wangeh.) (K. Koch). Revista Chapingo, Serie Zonas Áridas. 9:135-141.
- Sanjinez, F. 2019. Sustentabilidad del agroecosistema del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en Tumbes, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 123-124 pp.
- Sańko-Sawczenko, I; Łotocka, B; Mielecki, J; Rekosz-Burlaga, H; Czarnocka, W. 2019. Transcriptomic Changes in Medicago truncatula and Lotus japonicus Root Nodules during Drought Stress. International Journal of Molecular Sciences 20: 1204.
- Saqib, M; Akhtar, J; Qureshi, RH. 2008. Sodicity intensifies the effect of salinity on grain yield and yield components of wheat. J Plant Nutr 31:689-701.
- Sarandón, SJ. 2002. El desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas. In: Agroecología. El camino hacia una agricultura sustentable (Sarandón SJ, ed). Ediciones Científicas Americanas: 393-414.
- Sarandón, S; Flores, C. 2010. Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: una propuesta metodológica. En: Revista Agroecología. Madrid, España. 4:1-6.
- Sarandon, SJ; Zuluaga, MS; Cieza, R; Gómez, C; Janjetic, L; Negrete, E. 2006. Evaluación de la sustentabilidad de sistemas agrícolas de fincas en Misiones, Argentina, mediante el uso de indicadores. Agroecología, Vol. 1: 19-28.
- Scheaffer, RL; Mendenhall, W; Ott, L. 1987. Elementary Survey Sampling. Duxbury. Traducido por G. Rondón y J. Gómez A. Grupo Editorial Iberoamericana S.A. de C.V. México D.F. 321 p.
- Schöpke, T. 2009. Botanik für pharmazeuten, mit arzneipflanzenlexikon und pflanzenbildergalerie. Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald.

- Semimor. 2013. Semilla Iniap 14 e Iniap 15. Recuperado el 06 de marzo de 2019, de semimor.com.ec: <http://www.semimor.com.ec/semillas.html>.
- Shrivastava, S; Kumar, S. 2014. Soil salinity: A serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. *Saudi Journal of Biological Science*. 22: 123-131.
- SINAGAP. 2014. III Censo Nacional Agropecuario: Referencias del levantamiento censal. (Consultado el 5 de julio 2019) Disponible en <http://sinagap.agricultura.gob.ec/censo-nacional-agropecuario>.
- Singh, RK; Mishra, B; Singh, KN. 2004. Salt tolerant rice varieties and their role in reclamation programme in Uttar Pradesh. *Indian Far*. 6–10.
- Siringam, K; Juntawong, N; Cha-um, S; Kirdmanee, C. 2011. Salt stress induced ion accumulation, ion homeostasis, membrane injury and sugar contents in saltsensitive rice (*Oryza sativa* L. spp. indica) roots under osmotic conditions. *African Journal of Biotechnology*. 10: 1340-1346.
- Soto, F. 2017. Respuesta al estrés salino de injertos de *Jatropha curcas* (L.) en portainjerto de *Jatropha cinerea* (Ortega) Muell. Arg. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., La Paz- Bolivia. 6-8 pp.
- Tavakkoli, E; Fatehi, F; Coventry, S; Rengasam, P; McDonald, G. 2011. Additive effects of Na+and Cl-ions on barley growth under salinity stress. *J. Exp. Bot*. 62:2189-2203.
- Torabi, M; Halim, R. 2013. Physiological and biochemical responses of plants in saline environment. Roychowdhury, R. (Ed.). *Crop Biology and Agriculture in Harsh Environments*. Lambert Academic Publishing. 35-80.
- Toro, J; Paz, P; Pitty, A; Avedillo, M. 2015. Evaluación agroeconómica de labranza convencional y cero bajo inundación y seco. Parte I: Evaluación sobre malezas. CEIBA, 89-96.

- Torró, I. 2011. Análisis de los factores que determinan la resistencia al encamado y características de grano en arroz (*Oryza sativa* L.), y su asociación con otros 71 caracteres, en varias poblaciones y ambientes: bases genéticas y QTLs implicados (Doctoral dissertation) (en línea, sitio web). Disponible en <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/9317/tesisUPV3425.pdf>.
- Tuesta, O. 2012. Caracterización y propuesta de manejo sustentable de fincas cacaoteras en la subcuenca media del Río Huayabamba, distrito de Huicungo, San Martín. Tesis de Grado. Universidad Nacional Agraria La Molina. 134 p.
- Umaña, W. 2013. Las buenas semillas. Plantas, capital genético y Revolución Verde en Costa Rica. Visitado el 3 de julio de 2018. Disponible en: <https://revistas.unicentro.br/index.php/halac/article/download/3423/2470>.
- Vazquez, P; Zulaica, L. 2013. Intensificación agrícola y pérdida de servicios ambientales en el Partido de Azul (Provincia de Buenos Aires) entre 2002 y 2011. Revista Sociedade & Natureza, Uberlândia. ISSN: 1982-4513., 25 (3): 543-556.
- Vazquez, P; Zulaica, L; Benavidez, B. 2017. Agriculturización e impactos ambientales en el partido de Necochea, provincia de Buenos Aires, Argentina. Raega - O Espaço Geográfico em Análise. Vol 39 (en Prensa).
- Walkley, A. 1947. Análisis químico de suelos. Ed. Omega S.A. Barcelona, 1964. pp 294-304.
- Zafar, M. 2008. Genetic studies for salt tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.). PhD Thesis, University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan. 45, 40-41
- Zeng, L; Shannon, MC. 2003. Salinity Effects on Seedling Growth and Yield Components of Rice. Crop Sci. 40:996–1003.
- Zúñiga, O. 2011. Evaluación de Tecnologías para la Recuperación de Suelos degradados por Salinidad. Revista Facultad Nacional de Agronomía, [S.l.], 64, p. 5769-5779, ISSN

2248-7026.

Disponibile

en:

<http://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/26378>.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Encuesta



Universidad Nacional Agraria La Molina

Estamos realizando una encuesta para la Universidad Técnica de Babahoyo. El objetivo de la misma es caracterizar la actividad agrícola. Queremos detectar los problemas reales a los que ustedes se enfrentan en el día a día y proponer soluciones. ¿Le importaría dedicarnos unos minutos?

Encuestado:

Localidad _____ Fecha y lugar de realización: _____

1. ¿Tiene usted parcelas de arroz? Sí No (En caso de respuesta negativa, la encuesta no es válida. **(No realizarla)**)

DATOS PERSONALES

2. Sexo (no preguntar) Hombre
 Mujer

3. Edad: _(años)

4. N° de integrantes de la unidad familiar que dependen económicamente de usted (hijos, padres):

5. ¿Tiene usted hijos? No Sí (En caso afirmativo) ¿Cuántos? _____

6. ¿Desempeña alguna otra actividad fuera de agricultura por la que obtenga otros ingresos?
 Sí No

¿Qué porcentaje de su renta depende de la actividad agraria? _ %

7. ¿Vivienda propia? Sí No

8. ¿Estado de la vivienda?

- Muy mala
- Mala, sin terminar, deteriorada, piso de tierra
- Regular, sin terminar o deteriorada
- De material noble, buena
- De material noble, muy buena

9. ¿Pertenece a alguna cooperativa agraria, asociación o similar? Sí No

10. ¿Cuál es su ingreso mensual promedio? (“Sólo necesito una aproximación”)

- Ingreso promedio mensual: \$/_____.

11. ¿Cuál es su nivel de estudios? No tiene estudios
 Certificado de escolaridad
 Estudios primarios (EGB, ESO)
 Estudios secundarios (BUP, Bachiller; FP)
 Universitarios

12.- Recibe capacitación en producción agrícola: Si () No ()

13.- De quien recibe capacitación: Ministerio Agricultura () ONG ()

Organización productores () Otro ()

14.- En que temas de producción agrícola ha recibido capacitación:

Almácigos () Fertilización ()
Producción de abonos () Control de plagas y enfermedades ()
Cosecha y Beneficio () Comercialización () Otro ()_____

15.- En que temas de producción agrícola le gustaría ser capacitado:

Almácigos () Fertilización ()
Producción de abonos () Control de plagas y enfermedades ()
Cosecha y Beneficio () Comercialización () Otro ()_____

16. ¿Que atención médica posee? Sin centro sanitario
 Centro sanitario mal equipado y sin personal idóneo
 Centro sanitario mal equipado y personal temporario
 Centro sanitario con personal temporario medianamente equipado
 Centro sanitario completo con médicos y equipos adecuados

17. ¿A que servicios tiene acceso? Ninguno
 Agua potable
 Agua de pozo
 Luz eléctrica
 Teléfono cercano

18. ¿Grado de satisfacción general? Está desilusionado con la vida que lleva, está esperando que se le presente una oportunidad para dejar la agricultura
 Poco satisfecho con esta forma de vida, anhela vivir en la ciudad y dedicarse a otra actividad
 No está del todo satisfecho, es lo único que sabe hacer
 Está contento, pero antes le iba mucho mejor
 Está muy contento con lo que hace, no haría otra actividad, aunque ésta le reporte más ingresos

DATOS DE LA EXPLOTACIÓN

19. ¿En que parroquia o localidad está situado su cultivo? (Sólo las parcelas de arroz)

Parroquia: _____ (Localidad): _____)

20. ¿Cuántas hectáreas tiene su cultivo? __ha

	Secano	Regadío
Total (ha)		
Propias (ha)		
Alquiladas		

21. ¿Cuánto se paga normalmente en su zona por el arrendamiento de tierras? (“Sólo necesito una aproximación”)

- Renta de tierras de secano: __\$/ha y año.
- Renta de tierras de regadío: __\$/ha y año.

22. Mano de obra: ¿Qué porcentaje de su tiempo de trabajo dedica usted a la agricultura? __%

23. ¿Depende de insumos externos para su explotación agrícola? Sí No (En caso de respuesta positiva, indicar el % _____)

24. ¿Usted realiza aplicaciones de agroquímicos a su cultivo? Si No

25. ¿Si la respuesta anterior fue positiva, indicar el número de aplicaciones que realiza en el siguiente cuadro:

Fertilizantes	Herbicidas	Insecticidas	Fungicidas	Otro	Total

26. Producción de arroz toneladas/año - promedio

2016 _____ 2017 _____ 2018 _____

27. Precio de venta: 2016 _____ 2017 _____ 2018 _____

28. Cuáles son los medios que cuenta para comercializar su producción (Es **muy importante tener la lista completa de los medios de comercialización**), si no cupieran en la tabla de abajo, completar al margen.

CANAL	Pillado	Comercian	Fomentad	Consumidor				

29. ¿Tiene usted acceso a crédito? Sí No (En caso de respuesta negativa, pasar a la pregunta 31)

30. Seleccione las principales fuentes de financiamiento para sus actividades agrícolas

FINANCIAMIENTO	Banco privado	BAN Ecuador	Cooperativa de ahorro y crédito	Empresa proveedora de insumo	Prestamista (chulquero)	Fomentador	Total

CULTIVOS

Hagamos ahora un resumen de los cultivos de su explotación. Los datos que le estoy pidiendo no tienen que ser exactos, sólo le pido que se aproxime lo más posible a la realidad.

31. Seleccione los cultivos que mantiene en su propiedad a parte del arroz (**Campana 2017/2018**):

NOTA: Es **muy importante tener la lista de todos los cultivos**, si no cupieran en la tabla de abajo, completar al margen.

CULTIVO	Maíz	Soya	Cacao	Caña de azúcar	Naranja	Plátano	Yuca			

32. Alguno de los cultivos indicados en la sección anterior, son utilizados para el autoconsumo. ¿Cuál es la superficie?

CULTIVO	Maíz	Soya	Cacao	Caña de azúcar	Naranja	Plátano	Yuca			
Superficie (ha)										

33. De los cultivos indicados. ¿Cuáles son comercializados?

CULTIVO	Maíz	Soya	Cacao	Caña de azúcar	Naranja	Plátano	Yuca			

34. ¿Maneja algún tipo de cobertura vegetal? Sí No (En caso de respuesta positiva, indicar el % _____)

35. ¿Hace rotación del cultivo de arroz? Sí No

36. Cómo es la secuencia de la rotación?

No realiza rotaciones.	
Realiza rotaciones eventualmente	
Rota cada 2 ó 3 años	
Rota todos los años. No deja descansar el suelo	
Rota los cultivos todos los años/Deja descansar un año el lote/incorpora leguminosas o abonos verdes	

37. ¿Cómo es la diversificación de sus cultivos?

Establecimiento totalmente diversificado, con asociaciones de cultivos y con vegetación natural	
Alta diversificación de cultivos, con asociación media entre ellos	
Diversificación media, con muy bajo nivel de asociación entre ellos	
Poca diversificación de cultivos, sin asociaciones	
Monocultivo.	

38. ¿Qué piensa usted de la Ecológica?

Concibe la ecología desde una visión amplia, más allá de su finca y conoce sus fundamentos.	
Tiene un conocimiento de la ecología desde su práctica cotidiana. Sus conocimientos se reducen a la finca con el no uso de agroquímicos más prácticas conservacionistas.	
Tiene sólo una visión parcializada de la ecología. Tiene la sensación de que algunas prácticas pueden estar perjudicando al medio ambiente.	
No presenta un conocimiento ecológico ni percibe las consecuencias que pueden ocasionar algunas prácticas. Pero utiliza prácticas de bajos insumos.	
Sin ningún tipo de conciencia ecológica. Realiza una práctica agresiva al medio por causa de este desconocimiento	

39. Por último: ¿Como es su relación con otros miembros de la comunidad??

- Muy alta
- Alta
- Media
- Baja
- Nula

***¡Muchas gracias por su
colaboración!***

Anexo 2. Reunión con dirigentes arroceros



Anexo 3. Reunión con PhD. Manuel Carrillo, responsable del Departamento de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Tropical Pichilingue, INIAP (Especialista en salinidad)



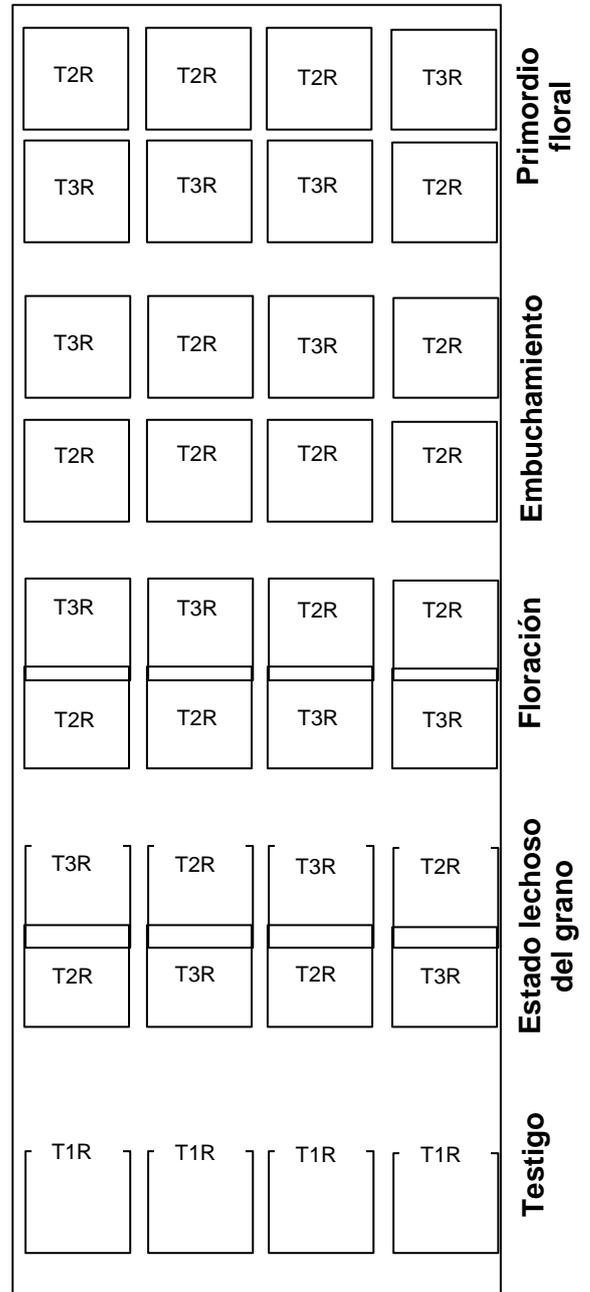
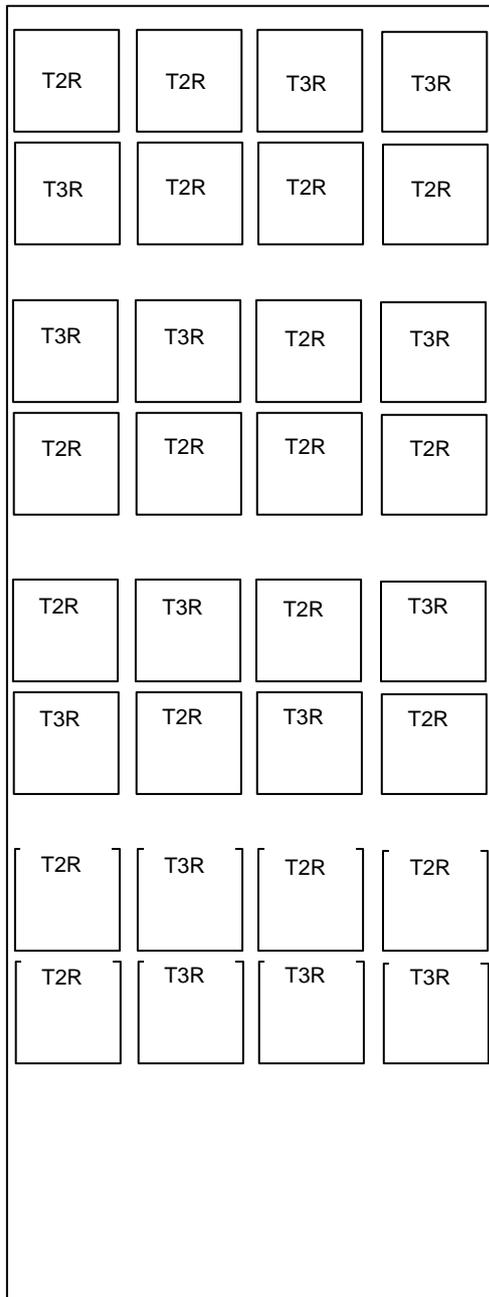
Anexo 4. Evaluación de compactación en campo



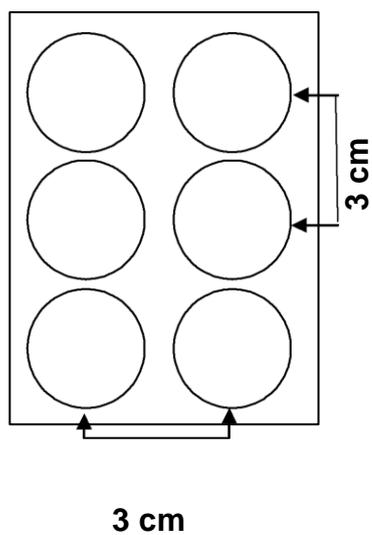
Anexo 5. Evaluaciones en laboratorio



Anexo 6. Diagrama de campo Objetivo 2



Anexo 7. Distanciamiento de siembra Objetivo 2



Anexo 8. Preparación de unidades experimentales en invernadero



Anexo 9. Equipos de trabajo para medición de clorofila y conductividad.



Anexo 10. Campo experimental



Anexo 11. Evaluaciones de conductividad



Anexo 12. Selección y caracterización de líneas de arroz F5 en invernadero.



Anexo 13. Selección y caracterización de líneas de arroz F6 en campo.

