

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

ESCUELA DE POSGRADO

DOCTORADO EN AGRICULTURA SUSTENTABLE



**“ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PARA MITIGAR EFECTOS DE
SALINIDAD EN EL ARROZ (*Oryza sativa* L.) EN SAN JACINTO DE
YAGUACHI, ECUADOR”**

Presentada por:

REINA CONCEPCIÓN MEDINA LITARDO

TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE DOCTOR

***DOCTORIS PHILOSOPHIAE* EN AGRICULTURA SUSTENTABLE**





















Lima - Perú

2022

Document Information

Analyzed document	13 JUL 2022 TESIS FINAL REINA MEDINA.pdf (D142029578)
Submitted	2022-07-14 05:17:00
Submitted by	Alfredo Alberto Beyer Arteaga
Submitter email	abeyer@lamolina.edu.pe
Similarity	11%
Analysis address	abeyer.unalm@analysis.arkund.com

Sources included in the report

W	URL: http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/8485/E-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000093.pdf?sequence=1&isAllowed=y Fetched: 2021-11-18 16:27:36	 58
SA	Tesis-Poveda.docx Document Tesis-Poveda.docx (D30954945)	 6
SA	trabajo de TITULACION Acosta Luis.docx Document trabajo de TITULACION Acosta Luis.docx (D64985855)	 37
SA	ORDOÑEZ ROBELLI JEFFERSON EDUARDO ARREGLADO2.docx Document ORDOÑEZ ROBELLI JEFFERSON EDUARDO ARREGLADO2.docx (D47947814)	 1
SA	monografía_Villegas_1_(1) .doc Document monografía_Villegas_1_(1) .doc (D11600111)	 2
SA	UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR TESIS raul vera md.docx Document UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR TESIS raul vera md.docx (D18188102)	 2
SA	tesis de grado.docx Document tesis de grado.docx (D13732398)	 1
SA	tesis de grado.docx Document tesis de grado.docx (D13809608)	 2
SA	TESIS MARIANITA.docx Document TESIS MARIANITA.docx (D11599765)	 3
SA	PONCE DE LA CRUZ ISMAEL ALEJANDRO.docx Document PONCE DE LA CRUZ ISMAEL ALEJANDRO.docx (D50472522)	 4
SA	Joffre Pablo Vecilla Marmolejo.docx Document Joffre Pablo Vecilla Marmolejo.docx (D78898087)	 1
W	URL: https://1library.co/document/q2n1dxwr-trabajo-final-de-intensificaci%C3%B3n.html Fetched: 2022-07-14 05:18:12	 3
W	URL: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/75242/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y Fetched: 2022-07-14 05:18:28	 7
W	URL: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_programa_para_el_aumento_de_la_competitividad_de_la_industria_del_tomate_informe_de_progresos_2018-2019.pdf Fetched: 2022-07-14 05:18:43	 6
SA	Paredes Adela - TESIS.docx Document Paredes Adela - TESIS.docx (D96656471)	 2
W	URL: https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/504/1/Bazan-Manual_de_procedimientos_de_los.pdf Fetched: 2021-07-21 01:03:44	 1
W	URL: http://tiposagricultura.blogspot.pe/2014/07/acidez-y-alcalinidad-de-los-suelos.html Fetched: 2022-07-14 05:17:00	 1
W	URL: http://revistas.ulvr.edu.ec/index.php/yachana/article/view/176/136 Fetched: 2022-07-14 05:17:00	 1
SA	TESIS DE GRADO DAVID PARDO.docx Document TESIS DE GRADO DAVID PARDO.docx (D19985525)	 1
SA	TITULACION VICTOR tesis[7837]-comprimido.pdf Document TITULACION VICTOR tesis[7837]-comprimido.pdf (D112446842)	 3

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

ESCUELA DE POSGRADO

DOCTORADO EN AGRICULTURA SUSTENTABLE

**“ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PARA MITIGAR EFECTOS DE
SALINIDAD EN EL ARROZ (*Oryza sativa* L.) EN SAN JACINTO DE
YAGUACHI, ECUADOR”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
DOCTORIS PHILOSOPHIAE (Ph.D.)**

Presentada por:

REINA CONCEPCIÓN MEDINA LITARDO

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Ph.D. Elizabeth Heros Aguilar
PRESIDENTE

Ph.D. Sady Garcia Bendezu
ASESOR

Dr. Manuel Carrillo Zenteno
CO-ASESOR

Dr. Jorge Jiménez Dávalos
MIEMBRO

Dr. Félix Camarena Mayta
MIEMBRO

Ph.D. Sergio Contreras Liza
MIEMBRO EXTERNO

*A Dios que me ha dado salud, sabiduría y fortaleza para
asumir los retos que en el camino se han presentado y poder
lograr mis objetivos.*

*A mis queridos padres Sabino Medina y Paula Litardo, les
dedico esta obra de academia - investigación, por ser
compañeros en mi vida, lo hago como un tributo por ese
sacrificio inconmesurable, personal, sin nada a cambio, que
tuvieron por educarme. Los amo y amaré siempre.*

*A mis hermanos (as) y sobrinos (as) les estrego mi modesta
huella en esta obra.*

AGRADECIMIENTO

A Dios, por iluminar el camino de mi vida y en especial mi vida académica. Gracias Señor por otorgarme el talento para el logro de este título de Ph.D., cima de mi carrera universitaria y darme la firmeza de carácter para superarme en el desasosiego.

A mi asesor Ph.D. Sady García Bendezú, por su asistencia y direccionamiento sabio y reflexivo en esta investigación.

Al co-asesor Dr. Manuel Carrillo Zenteno, por su valiosa colaboración talentosa en el desarrollo de esta tesis.

A mi familia, con fervor a mis padres, Sabino Medina y Paula Litardo que, a pesar de sus limitaciones económicas, hicieron el esfuerzo para que estudiara con constancia y dedicación; me inculcaron principios éticos y código de valores como el *saber ser* y *saber hacer*, para comprender y respetar la naturaleza, enseñanzas que se grabaron indeleblemente en mi mente y corazón. Dejo constancia, también, mi agradecimiento a mis hermanos y sobrinos que llenan de felicidad mi vida.

A la prestigiosa Universidad Nacional Agraria La Molina por haberme acogido como una de sus estudiantes. En detalle, mi agradecimiento a los docentes del Doctorado en Agricultura Sustentable, en especial al Dr. Alberto Julca, Coordinador del programa, por su apoyo permanente en la culminación de mis estudios doctorales. Al Personal Administrativo donde destaco, en este sentimiento, a la señorita secretaria Rebeca Ordóñez por cumplir sus funciones asertivamente conmigo y con todos los alumnos.

A mis compañeros de aula, por compartir en este Centro de Estudios, afectos solidarios de atención y comprensión de las clases que nos impartieron nuestros maestros y, momentos de alegría y esparcimiento; compartimos conocimientos e ideas en el proceso de investigaciones y me dieron su imperecedera amistad, entre ellos no podía faltar la gratitud a los profesionales compañeros y amigos Emma Lombeida, Fernando Cobos, Edwin Hasang, Mercedes Maldonado y Anita Eguiluz por ese invaluable apoyo en tareas ejecutivas, analíticas y amistad brindada.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1.	MORFOLOGÍA Y TAXONOMÍA	5
2.2.	IMPORTANCIA ECONÓMICA Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA.....	6
2.2.1.	Estadísticas nacionales.....	7
2.3.	ZONAS Y SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE ARROZ.....	11
2.4.	TECNIFICACIÓN DE LOS CULTIVOS	11
2.5.	MANEJO DEL CULTIVO DEL ARROZ.....	12
2.5.1.	Variedades de arroz cultivadas en Ecuador	12
2.5.2.	Método de siembra	12
2.5.3.	Riego.....	13
2.5.4.	Principales plagas y enfermedades del arroz	13
2.6.	CONCEPTO DE SALINIDAD	14
2.7.	SALINIDAD EN LOS SUELOS AGRÍCOLAS	14
2.8.	SALINIDAD EN LA CUENCA BAJA DEL RIO GUAYAS, ECUADOR	15
2.9.	LA SALINIDAD EN LOS SUELOS	16
2.10.	ORIGEN DE LOS SUELOS SALINOS.....	16
2.10.1.	Causas primarias.....	17
2.10.2.	Causas secundarias	17
2.11.	CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS SALINOS.....	18
2.12.	SALINIDAD	19
2.13.	SODICIDAD.....	19
2.14.	EFFECTO DE LA SALINIDAD EN EL SUELO	20
2.15.	EVALUACIÓN DE LA SALINIDAD	21
2.16.	EFFECTO DE LA SALINIDAD EN LAS PLANTAS	22
2.16.1.	Efecto osmótico	23
2.16.2.	Efecto iónico.....	24
2.16.3.	Desbalance nutricional.....	24
2.16.4.	Incremento de la producción de especies reactivas de oxígeno (EROs)	25
2.17.	EFFECTOS DE LA SALINIDAD EN PLANTAS DE ARROZ.....	26
2.18.	EL AGUA PARA RIEGO.....	26

2.18.1. Calidad.....	26
2.18.2. Toxicidad.....	28
2.18.3. Sodio.....	28
2.18.4. Cloro.....	29
2.18.5. Boro.....	29
2.18.6. Sulfatos.....	29
2.18.7. Bicarbonatos HCO_3^- y Carbonatos (CO_3^{2-}).....	30
2.18.8. Calcio (Ca^{2+}).....	30
2.18.9. Magnesio (Mg^{2+}).....	30
2.18.10. Parámetros físicos del agua.....	30
2.19. CLASIFICACIÓN DE AGUA EN BASE A LA SALINIDAD.....	31
2.20. SUELOS PARA EL CULTIVO DEL ARROZ.....	34
2.21. NUTRICIÓN EN EL CULTIVO DE ARROZ.....	34
2.22. ENMIENDAS.....	36
2.22.1. Cachaza.....	36
2.22.2. Vinaza.....	37
2.22.3. Sulfato de calcio.....	38
2.22.4. Compost.....	39
2.22.5. Leonardita.....	42
2.22.6. Porquinaza.....	43
2.23. TOLERANCIA A LA SALINIDAD.....	44
2.24. MECANISMOS DE RESPUESTA DE LA PLANTA A LA SALINIDAD....	44
2.25. CARACTERIZACIÓN DE SISTEMA DE PRODUCCIÓN.....	47
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	49
3.1. DETERMINACIÓN DE LA SALINIDAD DEL SUELO Y DEL AGUA COMO LIMITANTES DE LA PRODUCCIÓN DE ARROZ EN EL CANTÓN SAN JACINTO DE YAGUACHI, ECUADOR.....	49
3.1.1. Ubicación.....	49
3.1.2. Características del clima.....	50
3.1.3. Características de los suelos.....	50
3.1.4. Materiales y equipos.....	51
3.1.5. Muestreo de suelos y aguas.....	51
3.1.6. Método de análisis químicos de suelos.....	52
3.1.7. Métodos de análisis químicos de aguas.....	52

3.1.8. Metodología para la elaboración de los mapas de pH y CE.....	52
3.2. DIAGNÓSTICO Y CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE ARROZ EN EL CANTÓN SAN JACINTO DE YAGUACHI, ECUADOR CON ÉNFASIS EN ESTRATEGIAS PARA MITIGAR EL EFECTO DE LA SALINIDAD.....	55
3.2.1. Descripción de la población en estudio	55
3.2.2. Tipos de preguntas del cuestionario de la encuesta	56
3.2.3. Procedimientos para el análisis de componentes principales y conglomerados.....	56
3.3. USO DE FUENTES ORGÁNICAS Y MINERALES COMO ALTERNATIVA TECNOLÓGICA PARA MITIGAR LA SALINIDAD EN SUELOS ARROCEROS DEL CANTÓN SAN JACINTO DE YAGUACHI, ECUADOR.	57
3.3.1. Ubicación.....	57
3.3.2. Características del clima	57
3.3.3. Características del suelo del ensayo	57
3.3.4. Características de las enmiendas orgánicas y químicas.....	58
3.3.5. Material vegetal (variedad INIAP FL-1480)	60
3.3.6. Materiales y equipos	60
3.3.7. Delineamiento del experimento	61
3.3.8. Tratamientos evaluados	61
3.3.9. Manejo agronómico del ensayo	62
3.3.10. Análisis físicos y químicos	65
3.3.11. Variables evaluadas	66
3.3.12. Análisis estadístico	69
3.3.12.1. Diseño experimental.....	69
3.3.12.2. Tratamiento estadístico	69
3.3.13. Análisis económico	70
3.4. RESPUESTA DE CINCO VARIEDADES COMERCIALES DE ARROZ CULTIVADAS POR LOS AGRICULTORES DE SAN JACINTO DE YAGUACHI, ECUADOR A UN NIVEL ELEVADO DE SALINIDAD.....	70
3.4.1. Ubicación.....	70
3.4.2. Características del clima	70
3.4.3. Características del suelo	70
3.4.4. Materiales y equipos	70
3.4.5. Características agronómicas de las variedades de arroz	71

3.4.6. Delineamiento del experimento	73
3.4.7. Tratamientos evaluados	73
3.4.8. Manejo agronómico del ensayo	74
3.4.9. Análisis estadístico	75
3.4.9.1. Diseño experimental.....	75
3.4.9.2. Modelo matemático	76
3.4.9.3. Tratamiento estadístico	76
3.4.10. Análisis económico.....	76
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	77
4.1. DETERMINACIÓN DE LA SALINIDAD DEL SUELO Y DEL AGUA COMO LIMITANTES DE LA PRODUCCIÓN DE ARROZ EN EL CANTÓN SAN JACINTO DE YAGUACHI, ECUADOR.....	77
4.1.1. Clases texturales de los suelos.....	77
4.1.2. pH y conductividad eléctrica	78
4.1.3. Macro y micronutrientes.....	80
4.1.4. Agua.....	84
4.2. DIAGNÓSTICO Y CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE ARROZ EN EL CANTÓN SAN JACINTO YAGUACHI, ECUADOR CON ÉNFASIS EN ESTRATEGIAS PARA MITIGAR EL EFECTO DE LA SALINIDAD.....	87
4.2.1. Características del productor y de la finca.....	87
4.2.1.1. Aspecto social	87
4.2.2. Características de la producción arroceras	89
4.2.2.1. Aspectos económicos	89
4.2.2.2. Aspecto ecológico	94
4.3. USO DE FUENTES ORGÁNICAS Y MINERALES COMO ALTERNATIVA TECNOLÓGICA PARA MITIGAR LA SALINIDAD EN SUELOS ARROCEROS DEL CANTÓN SAN JACINTO DE YAGUACHI, ECUADOR.	101
4.3.1. Números de macollos m ⁻²	101
4.3.2. Altura de la planta.....	102
4.3.4. Longitud de panícula (cm).....	103
4.3.5. Número de granos por panícula	103
4.3.6. Porcentaje de granos vanos.....	104
4.3.7. Peso de 1 000 granos	104

4.3.8. Rendimiento.....	104
4.3.9. Índice de cosecha.....	105
4.3.10. Peso de materia seca del grano de arroz por hectárea	105
4.3.11. Peso de materia seca de panca por hectárea	105
4.3.12. Relación grano - panca	106
4.3.13. Contenido de clorofila 30 días después del trasplante.....	106
4.3.14. Contenido de clorofila 45 días después del trasplante.....	106
4.3.15. Contenido de clorofila 60 días después del trasplante.....	107
4.3.16. Contenido de clorofila 75 días después del trasplante.....	107
4.3.17. Concentración de nutrientes	108
4.3.18. Extracción de nutrientes	109
4.3.19. Análisis económico.....	111
4.4. RESPUESTA DE CINCO VARIEDADES COMERCIALES DE ARROZ CULTIVADAS POR LOS AGRICULTORES SAN JACINTO DE YAGUACHI, ECUADOR A UN NIVEL ELEVADO DE SALINIDAD.....	111
4.4.1. Números de macollos por m ²	111
4.4.2. Número de panículas m ²	113
4.4.3. Longitud de panícula	115
4.4.4. Número de granos por panícula.....	115
4.4.5. Porcentaje de granos vanos.....	116
4.4.6. Peso de 1 000 granos	116
4.4.7. Rendimiento.....	116
4.4.8. Índice de cosecha.....	117
4.4.9. Peso de materia seca del grano de arroz por hectárea	117
4.4.10. Peso de materia seca de panca por hectárea	119
4.4.11. Relación grano - panca	119
4.4.12. Color de clorofila a los 30 días después del trasplante	119
4.4.13. Color de clorofila a los 45 días después del trasplante.....	121
4.4.14. Color de clorofila a los 60 días después del trasplante.....	121
4.4.15. Color de clorofila a los 75 días después del trasplante.....	122
4.4.16. Extracción de nutrientes	122
4.4.17. Análisis económico.....	126
V. CONCLUSIONES	127
VI. RECOMENDACIONES	129

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	130
VIII. ANEXOS.....	161

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Producción de arroz a nivel mundial en el año 2020.....	7
Tabla 2: Historia de la superficie y producción de arroz en el Ecuador (2010-2019).....	8
Tabla 3: Distribución de productores de arroz por tamaño de UPAs.....	10
Tabla 4: Estimaciones globales de áreas afectadas por salinidad.....	14
Tabla 5: Rangos de clasificación de suelos salinos	18
Tabla 6: Criterios de fases de salinidad.....	19
Tabla 7: Criterios de fases de sodicidad	19
Tabla 8: Características de los suelos afectados por salinidad	20
Tabla 9: Reducción del rendimiento del cultivo de arroz sometido a estrés salino, adaptado de Ayers y Westcott (1985)	21
Tabla 10: Directrices para interpretar la calidad del agua con fines de riego.....	27
Tabla 11: Valores normales de los componentes del agua de riego.....	31
Tabla 12: Rangos de CE (dS m^{-1}) y reducción en la cosecha de arroz.....	55
Tabla 13: Propiedades físicas y químicas del suelo utilizado para la investigación	58
Tabla 14: Caracterización física y química de las enmiendas orgánicas utilizadas	59
Tabla 15: Principales características de la variedad INIAP FL-1480.....	60
Tabla 16: Tipo y dosis de enmiendas aplicadas.....	62
Tabla 17: Dosis de fertilizantes por ha	65
Tabla 18: Esquema del análisis de varianza	69
Tabla 19: Principales características de las variedades de arroz	72
Tabla 20: Delineamiento del área experimental	73
Tabla 21: Tratamientos resultantes de la interacción de factores en estudio.....	74
Tabla 22: Esquema del análisis de varianza	76
Tabla 23: Contenido cationes solubles y RAS en suelos de las fincas del cantón San Jacinto de Yaguachi, provincia del Guayas – Ecuador	81
Tabla 24: Contenido de aniones, Na, CIC y PSI en suelos de las fincas del cantón San Jacinto de Yaguachi, provincia del Guayas - Ecuador	83
Tabla 25: Contenido de elementos en agua de riego de las fincas del cantón San Jacinto de Yaguachi, provincia del Guayas – Ecuador	85
Tabla 26: Variedades de arroz que se siembran en el cantón San Jacinto de Yaguachi, 2018	91

Tabla 27: Variación en el número de panícula m ⁻² , longitud de panícula, número de granos por panícula, peso de 1 000 granos (g) y rendimiento (kg ha ⁻¹), afectados por la aplicación de enmiendas orgánicas en suelos salinos de Yaguachi	103
Tabla 28: Peso de materia seca del grano y panca de arroz por hectárea sometidas a diferentes enmiendas con fuentes orgánicas y minerales en los suelos arroceros y salinos del cantón San Jacinto de Yaguachi, Ecuador	105
Tabla 29: Medias del color de clorofila a los 30, 45, 60 y 75 días después del trasplante	107
Tabla 30: Concentración de nutrientes en hojas de arroz a los 60 ddt (etapa floración), afectados por la aplicación de enmiendas minerales y orgánicas en suelos salinos de Yaguachi.....	108
Tabla 31: Extracción total de macronutrientes por plantas de arroz sometidas a diferentes enmiendas con fuentes orgánicas y minerales en suelos salinos del cantón San Jacinto de Yaguachi, Ecuador	110
Tabla 32: Extracción total de micronutrientes por plantas de arroz sometidas a diferentes enmiendas con fuentes orgánicas y minerales en suelos salinos del cantón San Jacinto de Yaguachi, Ecuador	111
Tabla 33: Variación en los promedios de altura de planta (cm) y número de macollos m ⁻² por efecto de los factores variedades, enmiendas y la interacción variedades x enmienda	112
Tabla 34: Variación del número de panícula m ⁻² , longitud de panícula, número de granos por panícula, por ciento de granos vanos, peso de 1 000 granos (g) y rendimiento (kg ha ⁻¹), por efecto de los factores variedades, enmiendas y su interacción ...	114
Tabla 35: Promedios índice de cosecha (grano/panca), peso de materia seca del grano de arroz (kg ha ⁻¹) y materia seca de panca de arroz (kg ha ⁻¹) de los factores de enmiendas, variedades y la interacción AB (variedades x enmienda)	118
Tabla 36: Promedios de color de clorofila a 30, 45. 60 y 75 ddt de los factores de enmiendas, variedades y la interacción AB (variedades x enmienda)	120
Tabla 37: Variación en la extracción de macronutrientes de cinco variedades de arroz, creciendo en suelos salino con y sin aplicación de leonardita	124
Tabla 38: Variación en la extracción de micronutrientes de cinco variedades de arroz, creciendo en suelos salino con y sin aplicación de leonardita	125

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Rendimiento de arroz en cáscara en provincias arroceras del Ecuador, 2019.....	9
Figura 2. Nomograma propuesto por el Laboratorio de Salinidad de Riverside para evaluar la calidad de las aguas de riego	32
Figura 3. Mapa de ubicación con los puntos de muestreo de suelo y agua en el cantón San Jacinto de Yaguachi, provincia del Guayas – Ecuador	49
Figura 4. Promedio mensual de precipitación y temperatura del área de estudio en el cantón San Jacinto de Yaguachi, provincia del Guayas – Ecuador (2000 - 2020).....	50
Figura 5. Transformación al formato shape requerido para su análisis en el GIS.....	53
Figura 6. Resultado de la interpolación para la CE (a) y para el pH (b)	54
Figura 7. Resultado de la interpolación e isolíneas para la CE (a) y para el pH (b)	54
Figura 8. Preparación del suelo con pase fanguadora.....	62
Figura 9. Parcelas experimentales separadas por muros	63
Figura 10. Trasplante manual e identificación de parcelas	63
Figura 11. Aplicación de fertilizantes en ensayo de arroz.....	64
Figura 12. Ensayo de arroz, manteniendo una lámina de agua de aproximadamente 10 cm	65
Figura 13. Triángulo textural, indicando la distribución de la clase de textura de suelos que predomina en la zona de estudio	77
Figura 14. Mapa del pH del suelo de las fincas en el área de estudio en el cantón San Jacinto de Yaguachi, provincia del Guayas – Ecuador	78
Figura 15. Mapa de CE del suelo de fincas en el área de estudio en el cantón San Jacinto de Yaguachi, provincia del Guayas – Ecuador	79
Figura 16. Influencia de la conductividad eléctrica del suelo sobre el rendimiento de arroz (t ha-1) en el cantón San Jacinto de Yaguachi, provincia del Guayas – Ecuador	79
Figura 17. Nomograma de distribución de la calidad de las aguas de riego de las fincas del cantón San Jacinto de Yaguachi, provincia del Guayas – Ecuador	86
Figura 18. Rendimiento del cultivo de arroz en el cantón San Jacinto de Yaguachi, 2018..	93
Figura 19. Dendograma-Análisis de conglomerados y tipificación de los sistemas de producción.....	98

Figura 20. Análisis de componentes principales en los sistemas producción, en el cantón San Jacinto de Yaguachi	101
Figura 21. Número de macollos m-2 en plantas de arroz, sembradas en suelos salinos de Yaguachi, con aplicación de enmiendas minerales y orgánicas	102
Figura 22. Variación de la altura de planta de arroz en suelo salino de Yaguachi, con aplicación de enmiendas minerales y orgánicas	102
Figura 23. Relación grano - panca de arroz en suelo salino de Yaguachi, con aplicación de enmiendas minerales y orgánicas.....	106

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Determinación de pH y conductividad eléctrica del suelo	161
Anexo 2. Muestras de suelo lado norte. Muestras de suelo lado norte	162
Anexo 3. Reunión con representantes del INIAP, piladoras de arroz y técnicos agrícolas del Ministerio de Agricultura, dedicados al trabajo arrocero	165
Anexo 4. Encuesta.....	166
Anexo 5. Análisis económico de los tratamientos con aplicación de enmiendas	173
Anexo 6. Análisis económico de los tratamientos con y sin aplicación de enmienda	175

ABREVIATURAS

$^1\text{O}^2$	Oxígeno singlete
ADN	Ácido desoxirribonucleico
ACP	Análisis de componentes principales
AC	Análisis de agrupamiento o clustering
AH	Ácidos húmicos
CGINA	Coordinación General de Información Nacional Agropecuaria 2020
CE	Conductividad eléctrica
CEDEGE	Comisión de Estudios para el Desarrollo de la Cuenca del Río Guayas
CEe	Conductividad eléctrica en un extracto de saturación.
CEa	Conductividad eléctrica del agua
CIAT	Centro Internacional de Agricultura Tropical
CINCAE	Centro Investigación de Caña de Azúcar del Ecuador
CRA	Contenido Relativo de Agua
DAP	Fosfato diamónico
DDS	Días después de la siembra
DDT	Días después del trasplante
DBO ₅	Demanda bioquímica de oxígeno,
EDTA	Ácido etilendiaminotetraacético
EROs	Especies reactivas de oxígeno
ESPAC	Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua.
FAO	Food and Agriculture Organization
FAOSTAT	Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database
HO ₂	Hidroperoxilo
INAMHI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos
INIAP	Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias
IPNI	International Plant Nutrition Institute
JISA	Jiloca Industrial, S.A.
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería
NO ₃ -N	Nitrógeno nítrico
NH ₄ -N	Nitrógeno amoniacal

O ₂ ⁻	Radical superóxido
O ₃	Ozono
OH	Radical hidroxilo
PO ₄ -P	Fósforo como fosfato
PRONACA	Procesadora Nacional de Alimentos
pH	Potencial de hidrógeno
PSI	Porcentaje de sodio intercambiable
RAS	Relación de adsorción de sodio
RO	Alcoxilo
RO ₂	Peroxilo
SENPLADES	Secretaría Nacional para la Planificación y Desarrollo.
SIPA	Sistema de Información Pública Agropecuaria
SINAGAP	Sistemas de Información - Ministerio de Agricultura y Ganadería
TCA	Tasa absoluta de crecimiento
TSD	Sólidos totales disueltos
UG	Universidad de Guayaquil
UPAs	Unidades Productivas Agropecuarias

RESUMEN

Uno de los principales procesos de degradación de los suelos es la salinidad. El objetivo de este estudio fue evaluar la aplicación de enmiendas químicas y orgánicas como alternativas para mitigación de los efectos nocivos de la salinidad en el arroz en los suelos del cantón San Jacinto de Yaguachi, Ecuador. La investigación se inició con el análisis físico y químico del suelo y del agua de riego; para el suelo con georreferencia se establecieron puntos de muestreo y, para el agua se escogieron muestras en los canales de riego. Los sistemas de producción fueron descritos mediante la aplicación de una encuesta. Las enmiendas ensayadas fueron la leonardita, el yeso, la vinaza, el compost, la cachaza y la porquinaza. Se evaluó la morfología y rendimiento de cinco variedades de arroz, INIAP-FLArenillas, SFL 011, INIAP 14, INIAP 11 y Fedearroz 60. Con los resultados, se conoció que la textura arcillosa es la predominante en estos suelos y con niveles medios de salinidad. En el agua de regadío se evidenciaron cantidades altas de cloro con restricción severa para su uso. Se encontraron tres sistemas de producción de arroz entre los agricultores, además de que, con las aplicaciones de compost, cachaza y leonardita, mejoraron la morfología de las plantas e incrementaron el rendimiento y aumentó la concentración de N, K, Ca, S y P. Las variedades de arroz sometidas al nivel de salinidad de 7.44 dS m^{-1} y aplicando leonardita, presentaron diferencias estadísticas significativas en altura de planta, número de macollos, panículas, granos por panícula, peso de 1 000 granos. Se destaca que empleando 150 kg ha^{-1} leonardita, las variedades de arroz presentaron mayores rendimientos. Se recomienda el uso de enmiendas orgánicas, que, por sus condiciones físicas, químicas y biológicas favorables, son útiles en el mejoramiento de suelos irrigados con aguas salinas.

Palabras claves: Agua, degradación, enmienda, producción, salinidad.

ABSTRACT

One of the main soil degradation processes is salinity. The objective of this study was to evaluate the application of chemical and organic amendments as alternatives to mitigate the harmful effects of salinity in rice in the soils of the San Jacinto de Yaguachi canton, Ecuador. The investigation began with the physical and chemical analysis of the soil and irrigation water; for soil with georeference, sampling points were established, and water samples were chosen in the irrigation canals. The production systems were established through the application of a survey. The tested amendments were leonardite, gypsum, vinasse, compost, sugarcane cakefilter and pig manure. The morphology and yield of five rice varieties, INIAP-FL-Arenillas, SFL 011, INIAP 14, INIAP 11 and Fedearroz 60, were evaluated under a randomized complete block with split plots design. Analysis showed that the clayey texture is predominant in these soils, with medium levels of salinity. High amounts of chlorine were found in the irrigation water, with severe restrictions on its use. Three rice production systems were found among farmers; and the morphology of the plants and varieties yield increased with the applications of compost, filtercake and leonardite, as well as the concentration of N, K, Ca, S and P. The rice varieties subjected to a salinity level of 7.44 dS m^{-1} and applying leonardite, showed significant statistical differences in plant height, number of tillers, panicles, grains per panicle, and 1000 grains weight. It is emphasized that using 150 kg ha^{-1} leonardite, the rice varieties presented higher yields. The use of organic amendments is recommended, which due to their favorable physical, chemical and biological conditions, are useful in improving soils irrigated with saline waters.

Keywords: Water, degradation, amendment, production, salinity.

I. INTRODUCCIÓN

El arroz es el principal alimento de los habitantes en los países en desarrollo y, debido a su aporte calórico, es considerado el primer cereal a nivel mundial. En el año 2019, los principales productores de arroz fueron China (30 por ciento), India (22 por ciento), Indonesia (8 por ciento), Bangladesh (7 por ciento), Vietnam (6 por ciento) y Tailandia (3 por ciento); el 23 por ciento restante corresponde a 72 países (FAO 2019).

En Ecuador, la superficie total cosechada de arroz en el 2019 fue de 257 273 hectáreas (ha), con un rendimiento de 1 668 523 t (SIPA 2018). La zona donde se concentra la mayor superficie sembrada es la provincia del Guayas, la cual con 218 113 ha representa el 84,77 por ciento y localizada, entre otros, en sus cantones Daule (35 421 ha), Samborondón (24 778 ha), Urbina Jado (El Salitre) (27 242 ha), San Jacinto de Yaguachi (24 384 ha) y Santa Lucía (20 034 ha) (MAG – CGINA 2020). El rendimiento en el Ecuador alcanza un promedio de 5,22 t ha⁻¹, lo cual es considerado bajo en comparación con Argentina, Uruguay, Perú y Brasil, cuyos rendimientos son de 6,4; 8,2; 7,6 y 6,1 t ha⁻¹, respectivamente (FAOSTAT 2019). La provincia que alcanzó mayor productividad fue Loja con 8,96 t ha⁻¹; mientras que Los Ríos presentó solo 4,50 t ha⁻¹ (MAG – CGINA 2020). El consumo *per cápita*, en Ecuador alcanza los 53,20 kg, superior a Colombia y Perú que registran 40,0 y 47,4 kg, respectivamente (Gavilánez *et al.* 2016).

Aproximadamente el 15 por ciento de la totalidad de los suelos del mundo se encuentran en procesos de degradación física y química por erosión y salinización. La acumulación de cantidades excesivas de sales solubles como el sodio intercambiable, conocido como Solonetz (Ibáñez y Manríquez 2014), con carbonato de sodio libre, afectan el crecimiento, la producción, el rendimiento y sostenibilidad de muchos cultivos (Ramírez *et al.* 2017). Es conocido que, la característica principal de los suelos salinos es la presencia de altas concentraciones de sales solubles, lo cual incrementa el potencial osmótico de la solución del suelo, produciendo estrés fisiológico, este tipo de suelos ofrece pocas opciones de crecimiento de las plantas convirtiéndose en improductivos (Terrazas 2018).

Khanam *et al.* (2018), sostienen que el arroz es sensible a la salinidad especialmente en los estados de plántula con 3-4 hojas (al final de la fase vegetativa), así como en la iniciación de la panícula hasta la floración (ambos durante la fase reproductiva) (Aguilar *et al.* 2016). La planta es relativamente más tolerante durante la germinación, así como a lo largo de las fases de llenado y maduración del grano (Sajid *et al.* 2017).

Asimismo, existen aproximadamente 1 125 millones de ha de tierras que están afectadas por la sal, de las cuales, aproximadamente 76 millones de ha sufren de salinización y sodificación inducidas por el hombre (Hossain 2019). Al respecto, INIAP (2014) reporta en Ecuador salinidad alta en Guayas (66 698 ha), El Oro (4943 ha) y Manabí (1 165 ha), y cada vez más se expande la formación de suelos halomórficos.

Por otra parte, la salinidad también se incrementa por uso de agua de riego, siendo que, a nivel mundial 45 millones de ha están afectadas por salinidad (Hoang *et al.* 2016). Ecuador tiene una región fértil denominada la cuenca del río Guayas con un área aproximada de 34 500 km², equivalente al 12,57 por ciento del territorio nacional. El río Guayas desemboca en el océano Pacífico, constituyendo el sistema fluvial más importante de la costa suroccidental del Pacífico y en donde, al desembocar, forma un estuario intercambiándose agua dulce y agua salada (Villa *et al.* 2016). En esta cuenca, en su zona baja se emplean 8 847 m³ año⁻¹ en sistemas de riego (Pozo *et al.* 2010). Merece atención la zona de Yaguachi, ubicada en la parte baja y costera de esta cuenca, la cual se caracteriza por la gran variedad de actividad agrícola, ganadera, forestal, acuícola, entre otros, esto debido a la buena calidad de sus suelos y el microclima, así como por su ubicación. Sin embargo, en sus 3 000 ha de arroz, existe baja producción debido a los niveles altos de salinidad que se incrementan paulatinamente debido a que el riego se realiza con aguas de mareas transportada el río Guayas y sus afluentes Daule, Babahoyo y Yaguachi, afectando los suelos, no solo en las riberas, sino tierra adentro, a través de los esteros y por medio de canales de riego (Pozo *et al.* 2010).

Basado en las consideraciones anteriores, en la presente investigación se abordan los aspectos más importantes de los efectos de la salinidad en los suelos y planta del arroz sembradas en la zona de Yaguachi, de allí que se hace imprescindible que se trabaje en la búsqueda de alternativas para mitigar este problema que afecta los ingresos económicos de los agricultores y la sostenibilidad de la producción del arroz.

En este tema, a modo de casos prácticos, el tratamiento convencional de estos suelos salinos, conlleva largos periodos de recuperación; por tal motivo, se ha estudiado el uso de agentes recuperadores alternos tales como la vinaza (subproducto líquido de la producción de etanol con un contenido de sólidos de 10 por ciento p/p), sulfato de calcio, compost, cachaza, leonardita y porquinaza en suelos salino sódicos. Los resultados obtenidos han sido favorables y tienen acción biorremediadora en corto tiempo. Con este enfoque se debe realizar investigaciones respecto a este problema y desarrollar conocimiento y tareas de conservación, sustentabilidad, manejo del suelo, protección del medio y en la lucha por combatir sus causas, así como la galopante deforestación y desertificación.

En base a las anteriores premisas, esta investigación se realizó con el objetivo general:

- Evaluar la aplicación de enmiendas químicas y orgánicas como alternativas tecnológicas para la mitigación de la salinidad en el arroz en San Jacinto de Yaguachi, Ecuador.

Asimismo, se consideraron los siguientes objetivos específicos:

- Determinar la importancia de la salinidad del suelo y del agua como limitantes de la producción de arroz en el cantón San Jacinto de Yaguachi, Ecuador.
- Diagnosticar y caracterizar el sistema de producción del cultivo de arroz en el cantón San Jacinto Yaguachi, Ecuador con énfasis en estrategias para mitigar el efecto de la salinidad.
- Evaluar el uso de fuentes de materia orgánica y minerales como una alternativa tecnológica para mitigar el problema de salinidad en los suelos arroceros del cantón San Jacinto de Yaguachi.
- Comparar la respuesta de cinco variedades comerciales de arroz cultivadas por los agricultores de San Jacinto de Yaguachi, Ecuador, a un nivel elevado de salinidad.

El presente trabajo consta de diversas actividades. El capítulo II comprende una revisión bibliográfica exhaustiva sobre la morfología y la taxonomía del arroz; la importancia económica y distribución geográfica y sobre aspectos fundamentales del efecto de la salinidad en el suelo y el agua sobre el cultivo de arroz.

Los materiales y la metodología empleados en la obtención de muestras de suelo de agua, en la colección de información de los sistemas de producción de arroz y en los ensayos de campo, se presentan en el capítulo III.

La primera etapa del trabajo consistió en realizar un muestreo de suelos y agua en las parcelas agrícolas seleccionadas en forma aleatoria dentro de las franjas, para el muestreo de suelo. En la segunda etapa se diagnosticó y caracterizó el sistema de cultivo en la producción de arroz de la zona, se empleó la estadística no paramétrica, que es de tipo descriptivo. La tercera etapa, se realizó el ensayo con fuentes orgánicas y minerales para el manejo de la salinidad. Las enmiendas orgánicas fueron vinaza, cachaza, porquinaza, leonardita y sulfato de calcio (enmienda mineral) y por último la cuarta etapa se comparó las cinco variedades de arroz cultivadas por los agricultores a un nivel de salinidad. El capítulo IV incluye resultados y discusión. Las conclusiones generales obtenidas en la determinación de la salinidad del suelo y del agua como limitantes de la producción de arroz y la evaluación de los sistemas productivos y en los ensayos de alternativas tecnológicas, se resumen en el capítulo V. El capítulo VI corresponde a las recomendaciones donde se exhorta promover el uso de enmiendas orgánicas en el manejo de suelos irrigados con aguas salinas y finalmente el capítulo VII que corresponde a la bibliografía.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. MORFOLOGÍA Y TAXONOMÍA

El arroz (*Oryza sativa* L.) es una planta anual, monocotiledónea. El cultivo de esta gramínea se inició hace casi 10 000 años en muchas regiones húmedas de Asia tropical y subtropical.

De acuerdo a Torr6 (2011), su clasificaci6n taxon6mica es:

Reino	Plantae
Subreino	Tracheobionta
Superdivisi6n	Spermatophyta
Divisi6n	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Subclase	Commelinidae
Orden	Cyperales
Familia	Poaceae
G6nero	<i>Oryza</i> L.
Especie	<i>Oryza sativa</i> L.

Sus ra6ces son finas, fibrosas y fasciculadas, con dos tipos: seminales, que se originan de la rad6cula y son temporales; y las adventicias secundarias, que tienen una libre ramificaci6n y se forman a partir de los nudos inferiores del tallo joven. Estas 6ltimas sustituyen a las ra6ces seminales (Mu6noz 2016). El tallo es redondo con nudos y entrenudos que se alargan durante la fase vegetativa hasta la floraci6n. La altura final de las plantas es de 0,5 a 1,5 m en la mayor6a de variedades, aunque alguna variedad flotante puede llegar a los 6 m. Los entrenudos maduros son huecos. Cada nudo tiene una hoja, en cuya axila se encuentra una yema, que puede originar un v6stago o hijuelo (Torr6 2011).

Las hojas se distribuyen en forma alterna a lo largo del tallo, se distinguen tres partes principales: la vaina, que sale de un nudo; el cuello, como uni6n de la vaina y; la l6mina, donde se encuentran la l6gula y las aur6culas (Gonzales 2015).

Sus flores son de color verde blanquecino, dispuestas en espiguillas, constituyendo una panoja grande, terminal, estrecha y colgante después de la floración. Cada espiguilla es uniflora y está provista de una gluma con dos valvas pequeñas, algo cóncavas, aquilladas y lisas; la glumilla tiene igualmente dos valvas aquilladas. Respecto a su inflorescencia, ésta es una panícula determinada localizada sobre el vástago terminal, siendo una espiguilla la unidad de la panícula, y consiste en dos lemmas estériles: la raquilla y el flósculo. El fruto es una cariósida, formado por el embrión, endospermo y el complejo pericarpio-testa que lo envuelve. La cascarilla está formada por capas delgadas tales como el pericarpio, tegumentos y capa de aleurona, de tejido diferenciado que envuelven al embrión y al endospermo. La palea, la lemma y la raquilla son las cáscaras del grano de arroz. El peso de un grano de arroz con cero de humedad varía de 10 a 45 miligramos. La longitud, ancho y espesor varían entre cultivares. El peso promedio de las cáscaras representa aproximadamente el 20 por ciento del peso total del grano (Heros 2019).

2.2. IMPORTANCIA ECONÓMICA Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

Uno de los principales cereales básicos empleados para la alimentación humana es el arroz, el mismo que, de acuerdo a FAOSTAT (2021), proyectó una producción mundial que alcanzó los 695,9 Mt. La mayor producción está geográficamente concentrada en siete países asiáticos (China, India, Indonesia, Bangladesh, Vietnam, Myanmar y Tailandia), quienes producen y consumen el 80 por ciento del arroz del mundo (FAOSTAT 2021); el arroz constituye un alimento básico de aproximadamente el 50 por ciento de la población mundial. A pesar de que este cereal se produce y se consume mayormente en Asia, se siembra con fines comerciales en más de 100 países y en todos los continentes excepto la Antártida (Díaz *et al.* 2015). A nivel mundial, el arroz ocupa el segundo lugar después del trigo en superficie cosechada y proporciona más calorías por hectárea que cualquier otro cultivo de cereales.

El país con mayor área de producción en el año 2020 fue India con 44,5 millones de ha, pero con 4,01 t ha⁻¹ de rendimiento (Cotriza 2020). El país con mayor rendimiento es Estados Unidos con 8,44 t ha⁻¹, luego Egipto con 8,2 t ha⁻¹.

El país con mayor exportación de arroz en el mundo en el 2020 fue India 12 000 millones de toneladas métricas (Mt), seguido de Tailandia con 7 500 Mt. Los mayores exportadores en Latinoamérica son Brasil, Uruguay, Paraguay con 900, 850 y 620 miles de t, respectivamente (Cotriza 2020).

Posiblemente este cereal se cultivó por primera vez en India, debido que en ella abundaban los arrozos silvestres; sin embargo, el desarrollo del cultivo tuvo lugar en China, desde sus tierras bajas a sus tierras altas. También es ampliamente cultivado en África, América y en Europa meridional en países como España, Italia, Portugal, Francia y Grecia (Tabla 1).

Tabla 1: Producción de arroz a nivel mundial en el año 2020

Países	Producción (Mt)
China	144,2
India	119,2
Bangladesh	36,9
Indonesia	34,6
Vietnam	28,3
Tailandia	21,4
Myanmar	15,8
Filipinas	12,4
Brasil	7,4
Pakistán	7,9
Japón	7,4
Estados Unidos de América	6,9
Camboya	6,6
Nigeria	5,1
Egipto	5,0
Mundial	508,7

Fuente: Cotrisa (2020)

2.2.1. Estadísticas nacionales

Respecto a las estadísticas nacionales de superficie, producción y rendimiento del arroz, se presenta a continuación el comportamiento de las variables en el periodo del 2010 al 2019 (Tabla 2).

Tabla 2: Historia de la superficie y producción de arroz en el Ecuador (2010-2019)

Año	Área cosechada (ha)	Producción (t)
2010	393 137	1 706 193
2011	329 957	1 477 941
2012	371 170	1 565 535
2013	396 770	1 516 045
2014	354 136	1 379 954
2015	375 117	1 652 793
2016	366 194	1 534 537
2017	358 100	1 066 614
2018	298 298	1 350 093
2019	257 273	1 099 686

Fuente: FAOSTAT (2021)

En referencia al rendimiento en el cultivo del arroz, en Ecuador para el año 2019 fue de 5,78 t ha⁻¹, registrándose un aumento de 0,21 t ha⁻¹ anual, en comparación a la temporada del 2018. Durante los meses de enero a mayo, la productividad del sector arrocero a nivel nacional presentó una variación significativa (incremento de 0,82 t ha⁻¹); destacándose el segundo periodo (2019) que se observó el valor más alto, al registrar un rendimiento promedio de 6,09 t ha⁻¹ (García 2019).

García (2019) reportó que, en el año 2019, la provincia de Los Ríos registró un rendimiento inferior a la media nacional (5,78 t ha⁻¹). Loja presentó el valor más alto con 11,44 t ha⁻¹; destacándose que la mayor parte de los productores utiliza semilla certificada, siendo Fedearroz 60 la variedad más representativa (89 por ciento) y su método de siembra es por distanciamiento (trasplante) tal como se muestra en la (Figura 1).

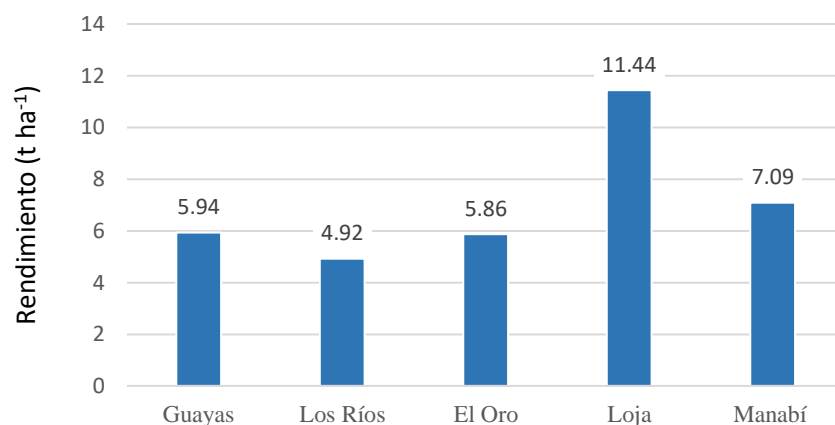


Figura 1. Rendimiento de arroz en cáscara en provincias arroceras del Ecuador, 2019.

Fuente: MAG (2020)

La mayor superficie cultivada está en manos de los pequeños agricultores, quienes aplican diversas tecnologías de acuerdo a la disponibilidad de sus recursos económicos, el acceso a la capacitación y a los incentivos de los precios del mercado (INEC 2011).

De acuerdo al Censo Agropecuario del año 2000, en Ecuador, de un total de 79 401 UPAs, el 45,06 por ciento de los productores de arroz tienen hasta cinco ha; es decir, ocupa el 17 por ciento de la superficie y producción arroceras. Si el análisis se lleva hasta 20 ha, se observa que los pequeños y medianos productores representan el 80,17 por ciento de las unidades de producción, teniendo únicamente el 49 por ciento de la superficie sembrada ya que el 51 por ciento restante se encuentra en manos de grandes productores (Velásquez 2016).

La Tabla 3 muestra la distribución de productores por tamaño. A pesar de ser resultados del año 2000, se estima que la misma se mantiene ya que no ha existido movimientos significativos de fragmentación y de unión de superficie en parcelas arroceras (INEC 2011).

Tabla 3: Distribución de productores de arroz por tamaño de UPAs

Tamaño UPAs (ha)	Número UPAs		Superficie sembrada		Superficie cosechada		Cantidad cosechada	
	Número	%	ha	%	ha	%	T	%
Hasta 5	35 779	45.06	60 297	17.24	57 458	16.97	261 040	17.33
5- 10	15 768	19.86	55 680	15.92	53 275	15.73	190 009	15.24
10- 20	12 106	15.25	58 151	16.63	56 333	16.63	201 477	16.16
20- 50	10 340	13.02	64 353	18.40	62 319	18.40	209 129	16.78
50- 100	3 689	4.65	35 491	10.15	34 648	10.23	125 012	10.03
100- 200	1 202	1.51	31 581	9.03	30 998	9.15	125 439	10.06
Más de 200	517	0.65	44 173	12.63	43 622	12.88	179 528	14.40
Total Nacional	79 401	100	349 726	100	338 663	100	1 246 634	100

Fuente: INEC (2011)

2.3. ZONAS Y SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE ARROZ

El cultivo se realiza bajo dos sistemas de producción, bajo riego que es alrededor del 70 por ciento; y de secano (sin riego) el cual representa el 30 por ciento del área cultivada, respectivamente. En estas dos formas, la tecnología aplicada está relacionada a diversos factores tales como: económicos, zonas de producción e infraestructura usada, los cuales determinan los niveles de productividad y rentabilidad (Huaraca y Noriega 2016). El agua es el recurso que influye directamente sobre las condiciones en que se desarrolla el cultivo, de ello se colige en que su disponibilidad, forma, permanencia en el suelo y manejo, determinan las diferencias de las áreas arroceras en zonas de secano y riego (Marín *et al.* 2021).

2.4. TECNIFICACIÓN DE LOS CULTIVOS

Para el cultivo de arroz se practican diferentes sistemas de tecnificación, los mismos que se detallan a continuación:

Tecnificado: con procesos como preparación del suelo, siembra, controles fitosanitarios mecanizados. Los rendimientos pueden alcanzar hasta las 7 t ha^{-1} , poseen sistemas de riego y drenaje, realizando dos o tres siembras al año. Esta técnica en Ecuador cubre el 56 por ciento del área arroceras del país, constituyéndose el 19 por ciento de las unidades productivas y que corresponden a cultivos que sobrepasan las 20 ha (Velásquez 2016). En otra información, MAGAP (2015) sostiene que el sistema de siembra empleado el 60 por ciento se realiza de forma manual, el 24 por ciento mecanizado y un 16 por ciento en forma mixta, es decir parte mecanizada y parte manual.

Semi-tecnificado: se emplea algunas maquinarias en el cultivo conjuntamente con abundante mano de obra. La producción promedio está entre 3 a 4 t ha^{-1} . Son productores que generalmente cultivan en la estación invernal, en caso de tener agua, y cultivan en verano utilizando riego con bombas y canales de tierra como sistema de drenaje. Emplean mano de obra familiar o contratada, realizando de una a dos siembras al año. En Ecuador cubren el 27 por ciento del área arroceras del país y el 36 por ciento de las unidades productivas. Son productores entre 5 y 20 ha (Velásquez 2016).

No tecnificado: Es un sistema de cultivo tradicional en el que predomina la mano de obra en las tareas del cultivo ya que no cuentan con la maquinaria necesaria, permitiéndoles obtener rendimientos de hasta 3 t ha⁻¹. No poseen facilidades de riego y no aplican fertilizantes ni agroquímicos al cultivo. Este tipo de agricultores cubre el 17 por ciento del área arrocera del país y el 45 por ciento de las unidades productivas. Son cultivos entre 1 y 5 ha. En su mayoría venden la gramínea y lo destinan al autoconsumo (Velásquez 2016).

2.5. MANEJO DEL CULTIVO DEL ARROZ

2.5.1. Variedades de arroz cultivadas en Ecuador

Las principales variedades de arroz que se siembran en Ecuador son INIAP 14 (33.7 por ciento), INIAP 11 (10.4 por ciento) e INIAP 15 (4.7 por ciento), liberadas por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias – INIAP, así como las variedades SFL 09 (29,6 por ciento) y SFL011 (7 por ciento) distribuidas por la empresa Procesadora Nacional de Alimentos (PRONACA) (Zambrano *et al.* 2019).

La Universidad Técnica de Babahoyo puso a disposición de los arroceros las variedades Vinces UG03 y Vinces UG-10, con un rendimiento de 6 388 kg ha⁻¹ a nivel experimental (Painii *et al.* 2018). En Ecuador existen variedades de arroz como INIAP 17, cuyo rendimiento puede superar los 4 000 kg ha⁻¹ en condiciones experimentales óptimas de manejo; sin embargo, este rendimiento aún es bajo si se le compara con el obtenido en países como Brasil bajo condiciones experimentales similares donde se obtienen 7 000 kg ha⁻¹ (Santos *et al.* 2017).

2.5.2. Método de siembra

Sobre la base del año 2019, el 64 por ciento de los agricultores utilizó el método de trasplante y el rendimiento de los productores que emplearon este método fue superior en 1,11 t ha⁻¹ en comparación a la siembra por voleo. Este factor se debe a que, para la siembra por voleo, el agua debe estar en reposo y sin turbidez, caso contrario la distribución espacial de las semillas no será uniforme provocando un menor rendimiento. Además, el tipo de material vegetativo y el método de siembra son los principales factores que influyen sobre la productividad del cultivo de arroz. El 62 por ciento de los productores no tuvo acceso a capacitaciones sobre el manejo del cultivo y el 69 por ciento de productores afirmaron que el principal problema presentado fueron las plagas y enfermedades (García 2019).

Estudios realizados por Sotomayor y Villaviciencio (2016), señalan que el método de siembra que tiene mayor acogida en la zona de Yaguachi es el método de siembra al voleo con un 65 por ciento de agricultores que lo utilizan, mientras que un 35 por ciento emplea el método de trasplante. Con respecto al tipo de semilla, el 18 por ciento de los agricultores utiliza semilla certificada adquirida en casas comerciales o por intermedio del INIAP, el resto adquiere o genera su propia semilla (Cortez y León 2016).

2.5.3. Riego

El riego es de suma importancia para el cultivo de arroz. Si el agricultor provee de agua en lugar de esperar las lluvias, puede controlar mejor el rendimiento por ha, cultivando dos y hasta tres veces al año, en lugar de solo cultivos en seco.

2.5.4. Principales plagas y enfermedades del arroz

Según SINAGAP (2014), los factores externos que afectaron la producción del cultivo de arroz durante el tercer ciclo del 2016 fueron los insectos y enfermedades, siendo el 64 por ciento con estos problemas fitosanitarios, el 12 por ciento por falta de agua, 8 por ciento por malezas, y el 16 por ciento por bajas temperaturas y calidad de las semillas.

De acuerdo a Marín *et al.* (2021), las principales plagas que atacan al cultivo de arroz son: barrenador del tallo (*Diatraea saccharalis*), sogata (*Tagosodes oryzae*), gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), enrollador (*Syngamia* sp), chinche de la espiga (*Oebalus ornatus*), minador de hojas (*Hydrellia* sp) y novia del arroz (*Rupela albinella*).

Las enfermedades de mayor importancia económica en el cultivo de arroz son: quemazón (*Pyricularia grisea* Sacc.) y (*Pyricularia oryzae* Cav.), manchado del grano ocasionado por un complejo de hongos (*Fusarium*, *Curvularia*, *Gerlachia*, *Cercospora*, *Helminthosporium* y en asociación con bacterias como *Pseudomonas* sp, hoja blanca (enfermedad viral transmitida por la sogata, *Tagosodes oryzae*), tizón de la vaina y pudrición de la panícula causado por *Rhizoctonia* y *Sarocladium oryzae*, la mancha parda por *Bipolaris oryzae*, la pudrición negra del pie causada por *Gaeumannomyces graminis* var. *Graminis*; y esporádicamente, falso carbón (*Ustilagoideae virens*) (Pérez *et al.* 2018).

2.6. CONCEPTO DE SALINIDAD

La salinización de los suelos precede al origen de la civilización humana y continúa siendo en la actualidad el principal estrés abiótico que perjudica la productividad y calidad de las cosechas (Lamz y González 2013). El término salinidad se refiere a la presencia de una elevada concentración de sales que perjudica a las plantas por su efecto tóxico y la disminución del potencial osmótico del suelo (Lamz y González 2013), siendo su efecto más marcado en regiones áridas y semiáridas, donde las escasas lluvias reducen la posibilidad del lavado de las sales que se van suministrando con las aguas de riego (Zhang *et al.* 2013, Chen *et al.* 2014, Manuchehri y Salehi 2014).

2.7. SALINIDAD EN LOS SUELOS AGRÍCOLAS

La problemática de la salinidad afecta a nivel mundial, según diversos autores, a una superficie comprendida entre los 900 y 1 060,1 millones de ha (Tabla 4) (Soto 2017, FAO - ITPS 2015). Recientemente, Ivushkin *et al.* (2019), publicaron una estimación global de suelos afectados por salinidad. Este estudio utilizó una combinación de sensores remotos, datos del suelo del Sistema de Información Mundial de Suelo y su modelación. Su estimación también sitúa la distribución global de suelos afectados por salinidad en 1000 millones de ha.

Tabla 4: Estimaciones globales de áreas afectadas por salinidad

Región	Millones de ha
Norteamérica	15,8
Centroamérica	2
Sudamérica	129,3
Europa	30
África	209,6
Norte y Centro de Asia	211,7
Sur de Asia	84,1
Sudeste de Asia	20
Pacífico	357,6
Total, Global	1 060,1

Fuente: FAO - ITPS (2015)

2.8. SALINIDAD EN LA CUENCA BAJA DEL RIO GUAYAS, ECUADOR

En las zonas costeras influenciadas por el golfo de Guayaquil, la CE de los suelos resultan salinos y alcanzan un valor de 4 dS m^{-1} hasta 4,2 km continente adentro y en suelos agrícolas, la CE oscila entre 2 y 4 dS m^{-1} , lo que determina que sea una zona restrictiva (Pozo y Hernández 2008).

En otro estudio, Pozo *et al.* (2010), manifiestan que la salinidad de los suelos de los humedales de arroz y su comportamiento en la cuenca baja del río Guayas, en horizontes de 0 cm a 20 cm, son extremadamente salinos. En el primer año del estudio, en el límite superior se mostraron valores de $19,70 \text{ dS m}^{-1}$ y $15,80 \text{ dS m}^{-1}$ mientras que el límite inferior fue ligeramente salino $4,90 \text{ dS m}^{-1}$ y $4,50 \text{ dS m}^{-1}$. En el segundo año, en suelos ligeramente salinos, acondicionados para cultivos de arroz, muestreados a profundidades de 0,5 cm y 10 cm, encontraron acumulación de sales afectando al cultivo en su desarrollo y producción.

Barriga (2003) citado por Cedeño (2015), manifiesta que, estudios de investigación realizados, la CE en áreas de la cuenca baja del río Guayas, presenta alrededor del 51 por ciento del total de las muestras evaluadas sin problemas de salinidad; mientras que, en el 38,4 por ciento presenta niveles de salinidad que varían de ligera (2,1 – 4,0) a media (4,1-8,0) y el 10,4 por ciento de alta a muy alta (8,1 – 16,0).

Según Proaño y Briones (2008), señalan que las áreas secundarias con arroz en el área de influencia del río Babahoyo, sus aguas de riego (ríos, esteros y arroyos de temporada) están sujetas a la influencia de las mareas y, por tanto, el incremento de la salinidad especialmente en época seca o verano. Sobre la calidad de estas aguas, de acuerdo a un estudio realizado en el sitio La Carmela (Yaguachi), en el estero las Delicias, reportó que lugar que usan los agricultores para captar el agua en riego para el arroz, se determinó un ascenso de la salinidad a partir del mes de agosto llegando a un máximo, en noviembre, con $5,7 \text{ dS m}^{-1}$. Según las normas de Riverside (FAO 2015), estas aguas son de tipo C3 y C4, con estos valores el arroz tendría pérdidas hasta de un 50 por ciento. La aportación de cantidades significativas por cada mm de riego por ha de sales es perjudicial para los cultivos y la acumulación en los suelos que ya reciben aportaciones por las intrusiones salinas, llegando a la conclusión que este tipo de agua es de mala calidad para el uso de la agricultura (Proaño y Briones 2008).

2.9. LA SALINIDAD EN LOS SUELOS

Los efectos del exceso de sales solubles, como es el caso de los suelos halomórficos, ocasionan baja productividad en los cultivos y están asociados a la presencia de napas cercanas a la superficie y subsuelo. En los suelos cuando predominan los cloruros y sulfatos se conocen como salinos, en cambio, cuando poseen una alta proporción de sodio intercambiable (PSI) se llaman sódicos (Narváez *et al.* 2010).

Las consecuencias con estos suelos es la dificultad de absorción de agua por las plantas y la sodicidad genera degradación estructural del suelo, ya que solo algunas especies vegetales adaptadas son capaces de sobrevivir en este medio (Terrazas 2018).

Al elevarse sus concentraciones de sales en la solución del suelo, reduce el flujo de agua que las plantas absorben por ósmosis provocando condiciones de déficit hídrico en los cultivos no adaptados, aún con los altos niveles de humedad en el suelo (Terrazas 2018).

La salinidad más frecuente es causada por NaCl, pero también son comunes los cloruros y los sulfatos de Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ (Ribeiro *et al.* 2016). El Na en concentraciones altas en los suelos afectan directamente a las plantas y degradan la estructura del suelo, disminuyendo la porosidad y permeabilidad (Jenks y Hasegawa 2005).

La distribución espacial de la salinidad en suelos del área de influencia de la desembocadura del río Sinú (Córdoba, Colombia), fue realizada por Narváez *et al.* (2010) y determinaron que la salinidad en el periodo seco es de mayor representatividad, por presentar conductividades eléctricas mayores de 2 dS m⁻¹, presentando sales más concentradas y manifiestan todo su potencial, mientras que, en el periodo lluvioso, están diluidas.

2.10. ORIGEN DE LOS SUELOS SALINOS

Las causas de los problemas de salinidad en los suelos son primarias y secundarias. Las primarias son las fuentes naturales de elementos minerales que contribuyen a los problemas de salinidad, mientras que, las secundarias corresponden a los factores que están asociados a la intervención humana en el medio natural (Cavalcante *et al.* 2016).

2.10.1. Causas primarias

Algunas rocas minerales están constituidas naturalmente por sales que se encuentran disponibles durante el proceso de meteorización de la roca madre, las mismas que ascienden por capilaridad o en zonas cercanas al mar, estas se mueven horizontalmente formando una capa freática salina y también por la contribución del viento (Cuero 2012).

El clima es un factor que también influye en la formación de suelos afectados por salinidad. En los climas áridos y semiáridos, la elevada evaporación disminuye el agua que deja los cristales de sal en la superficie del suelo. Además, la baja precipitación en estas zonas climáticas no facilita totalmente la lixiviación de las sales en el perfil del suelo. Los efectos combinados de la demanda de evaporación y la lixiviación insuficiente originan la acumulación de sal en el suelo y contribuyen al desarrollo de suelos afectados por salinidad (Terrazas 2019).

El agua subterránea incide sobre el desarrollo de suelos afectados por salinidad, siendo salada se eleva a través del perfil del suelo por capilaridad, depositando en la superficie las sales que permanecen en el suelo cuando el agua se evapora. En ciertas áreas donde la capa de agua subterránea se encuentra con la superficie de la tierra, ésta es descargada en la superficie del suelo en forma de manantiales y géiseres. El agua subterránea también contribuye a problemas de salinidad cuando su agua salada es usada para la irrigación (Omuto 2020).

Otras causas primarias son: la interacción del agua marina/salobre; los depósitos de sal arrastrada por el viento y; el escurrimiento de agua. El agua marina/salobre contiene la sal que permanece en el suelo después de la interacción con el suelo en el litoral. Los depósitos constantes de partículas de sal arrastradas por el viento, pueden acumular las sales y causar procesos de afectación (Yang *et al.* 2019). El escurrimiento recurrente de aguas de inundaciones de zonas afectadas por salinidad, también pueden aportar sal que se acumula con el tiempo y contribuye a procesos de afectación por salinidad (Krasilnikov *et al.* 2013).

2.10.2. Causas secundarias

La irrigación es la razón secundaria más citada de problemas de salinidad en el suelo. El agua de riego puede inducir problemas por salinidad cuando el agua salada se usa para irrigación o cuando el agua de riego causa una lixiviación inadecuada de sales del suelo. El

agua de riego también puede recargar el agua subterránea y hacer que se eleve e introduzca gradualmente las sales de dicha agua en el suelo (Rietz y Haynes 2003, Pulido *et al.* 2018).

La salinización se produce por el riego inadecuado, generándose la acumulación de carbonatos de calcio y magnesio, agravándose donde la lluvia percola muy lentamente (García 2012).

El agua de riego mezclada con fertilizantes también puede introducir sales al suelo que, con una aplicación constante, se acumulan gradualmente y contribuyen al desarrollo de suelos salinos. El uso de aguas residuales en la irrigación es también otra forma de inducir el problema, estas aguas contienen elementos minerales que pueden causar toxicidad específica de los iones y salinidad en el suelo (Muyen *et al.* 2011, Abd 2018).

El cambio en el uso/cobertura de la tierra, es una causa secundaria de acumulación de sal en el suelo. En los medios áridos y semiáridos, la cubierta de vegetación decreciente también ha sido vinculada a una creciente exposición de los suelos al riesgo de salinización (Perri *et al.* 2018). Otras fuentes secundarias de problemas de salinidad en el suelo incluyen la aplicación de fertilizantes solubles, en cantidades mayores a las necesidades de los cultivos, provocan situaciones de altas concentraciones de sales, que contaminan acuíferos y como consecuencia terminan en los suelos.

2.11. CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS SALINOS

Una de las características para clasificar los suelos, según su contenido de sales, es la conductibilidad eléctrica (CE) que se cuantifica en dS m^{-1} según el Sistema Internacional de Unidades de medida (Álvarez 2005). La Tabla 5 muestra la clasificación de los suelos salinos de acuerdo a la FAO (2012).

Tabla 5: Rangos de clasificación de suelos salinos

Clasificación	CE (dS m^{-1})
Normales	0 a 2
Ligeramente salinos	2 a 4
Salinos	4 a 8
Fuertemente salinos	8 a 16

Fuente: FAO (2012)

2.12. SALINIDAD

La conductividad eléctrica se obtiene en el extracto de pasta saturada: cuando aumenta influye negativamente en el desarrollo de los cultivos, al disminuir el potencial osmótico y dificultar la absorción de agua por las plantas (sequia fisiológica); además, es posible observar efectos tóxicos en especies sensibles. Los criterios de salinidad utilizados por la SSS (1993), se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6: Criterios de fases de salinidad

Clase	CEs (dS m ⁻¹)
No salino	< 2
Muy ligeramente salino	2 – 4
Ligeramente salino	4 – 8
Moderadamente salino	8 – 16
Fuertemente salino	>16

Fuente: SSS (1993)

2.13. SODICIDAD

Está determinada por la relación de adsorción del sodio (RAS o SAR por sus siglas en inglés). Cuando la proporción del sodio en el complejo de cambio es elevada, provoca dispersión de las arcillas con desestructuración del suelo, lo que dificulta el movimiento de agua. La Tabla 7 muestra los criterios de sodicidad utilizados por SSS (1993).

Tabla 7: Criterios de fases de sodicidad

Clase	RAS
No sódico	< 8
Ligeramente sódico	8 – 13
Sódico	13 – 25
Fuertemente sódico	> 25

Fuente: SSS (1993)

En clasificación de suelos, cuando las condiciones sódicas son extremas, dan lugar a un horizonte sódico que se refleja a nivel de subgrupo (Natri), si la presencia de sodio no llega a este extremo, se refleja en las fases sódicas (Usón y Boixadera 2010).

Según los criterios para la clasificación, Richards (1954), usó propiedades mensurables del suelo para cuantificar en mayor grado las características de los suelos afectados por salinidad (Tabla 8) y han sido aplicadas ampliamente para la clasificación general de los suelos afectados por salinidad (Zaman *et al.* 2018).

Tabla 8: Características de los suelos afectados por salinidad

Clasificación	pH	CE	PSI	RAS	Proceso	Observaciones
Salinos	< 8,5	> 4	< 15	< 13	Salinización	Presencia de costras blancas en la superficie
Sódicos	> 8,5	< 4	> 15	> 13	Sodificación	Mala permeabilidad, difícil de trabajar y alta defloculación en sus partículas
Salino-Sódicos	< 8,5	> 4	> 15	> 13	Salinización – Sodificación	Si contienen calcio, se disuelve y reemplaza al sodio intercambiable, el cual es eliminado en forma simultánea con el exceso de sales

Fuente: Zaman *et al.* (2018)

Sánchez *et al.* (2015), expresan que los tipos de sales en forma iónica que se pueden encontrar en los suelos son de potasio, sodio, magnesio, calcio, donde los aniones de cloro, sulfato y bicarbonato son los dominantes. El pH no es un parámetro de diagnóstico para la sodicidad, porque hay suelos salinos-sódicos con valores mayores de 8,5 que presentan altos contenidos de sodio, que puede ser atribuido a la acumulación de sales de sodio con hidrólisis alcalina como bicarbonatos y carbonatos (Guerrero *et al.* 2017).

2.14. EFECTO DE LA SALINIDAD EN EL SUELO

Las sales solubles pueden definirse como todas las sales inorgánicas más solubles que el yeso (CaSO_4), cuya solubilidad en agua es de $2,41 \text{ g L}^{-1}$ a $0 \text{ }^\circ\text{C}$. Un ejemplo es la sal común (NaCl), con una solubilidad cerca de 150 veces mayor que la del yeso (Raj *et al.* 2016). La sodificación causa efectos negativos sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Mogollón *et al.* 2014), causando la dispersión de la materia orgánica en la superficie del suelo, originando colores oscuros.

Los suelos salinos casi siempre se encuentran floculados debido a la presencia de un exceso de sales y a la ausencia de cantidades significativas de sodio intercambiable. Los únicos indicadores de altas concentraciones de sales en el campo son la vegetación y costras blancas de sales en la superficie. La cantidad de sales solubles presentes controla la presión osmótica de la solución del suelo (Rodríguez *et al.* 2019).

2.15. EVALUACIÓN DE LA SALINIDAD

En los suelos inundados cultivados con arroz, la CE se mide en la solución del suelo o en un extracto de saturación (CE_e). En arroz de secano, a capacidad de campo o debajo de esta, la CE en la solución del suelo es dos veces más grande que la del extracto de saturación (Dobermann y Fairhurst 2012).

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

- $CE_e < 2 \text{ dS m}^{-1}$: optima, sin reducción del rendimiento.
- $CE_e > 4 \text{ dS m}^{-1}$: leve reducción del rendimiento (10-15 por ciento).
- $CE_e > 6 \text{ dS m}^{-1}$: reducción moderada del crecimiento y rendimiento (20-50 por ciento).
- $CE_e > 10 \text{ dS m}^{-1}$: >50 por ciento de reducción del rendimiento.

La Tabla 9 muestra la reducción del rendimiento en el cultivo de arroz sometido a estrés salino.

Tabla 9: Reducción del rendimiento del cultivo de arroz sometido a estrés salino, adaptado de Ayers y Westcott (1985)

Conductividad eléctrica (dS. m^{-1})	Reducción en el rendimiento de arroz (%)
0,0 – 3,0	0
3,0 – 3,8	10
3,8 – 5,1	25
5,1 – 7,2	50
> 7,2	> 50

Fuente: Willadino y Rangel (2010)

2.16. EFECTO DE LA SALINIDAD EN LAS PLANTAS

El crecimiento de los vegetales en suelos salinos es perjudicado por altos niveles de sales solubles como los cationes (Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} y K^+), aniones (Cl^-), sulfato (SO_4^{2-}), bicarbonato y/o carbonato ($\text{HCO}_3^-/\text{CO}_3^{2-}$) y el nitrato (NO_3^-) (Nizam 2011, Alshammary 2013, Wu *et al.* 2014, García 2014). Estos afectan de dos maneras, incrementando la presión osmótica de la solución del suelo, que está alrededor de las raíces y reduciendo la capacidad de absorción de agua en las plantas, causando, por tanto, una disminución rápida en su crecimiento, afectando algunos procesos metabólicos, similares a los causados por el estrés hídrico (Martín *et al.* 2012).

Por otro lado, las altas concentraciones de sal (en particular de Na^+) que se depositan pueden alterar su textura básica; los cationes Na^+ desplazan el Ca^{2+} del complejo arcillo-húmico y degradan la estructura del suelo, lo que conlleva una disminución de la porosidad y, consecuentemente, una reducción de la aeración. También las altas concentraciones de sal producen zonas de bajo potencial de agua, lo que origina una mayor dificultad en la planta para adquirir el agua y los nutrientes. Por lo tanto, el estrés salino esencialmente ocasiona condiciones de déficit de agua en la planta y, de esta forma, toma las características de sequía fisiológica (Mahajan y Tuteja 2005).

Un suelo salino con CE mayor a 4 dS m^{-1} , presenta daño en su estructura, disminuye la disponibilidad de nutrientes, dificulta el movimiento del agua y aire, baja absorción de agua, penetración limitada de raíces y dificultades en la emergencia de plántulas (Jenks y Hasegawa 2005).

El cloro en niveles altos disminuye la absorción de nitrógeno y el sodio puede causar deficiencias de los elementos como el potasio y calcio; por consiguiente, la conductividad eléctrica tiene un efecto negativo sobre el crecimiento de los cultivos, existiendo diferencias marcadas entre las plantas (Suarez 2010).

Alcaraz (2012), manifiesta que la salinidad afecta cada aspecto de la fisiología de la planta y su metabolismo. Un fuerte estrés salino rompe la homeostasis del potencial hídrico y la distribución de iones. Cabe recalcar que la salinidad afecta fisiológicamente ocasionando retraso en la germinación y/o maduración ante condiciones desfavorables, provocando

disminución del crecimiento de plantas (anuales) y engrosamiento de cutículas, reducción del número nervios, estomas y tamaño foliar para disminuir la transpiración.

La salinidad impone dos limitaciones a las plantas: el efecto hiperosmótico (estrés a corto plazo) debido al menor potencial hídrico del suelo, y el efecto hiperiónico (estrés a largo plazo) debido a la toxicidad directa de los iones sobre el metabolismo y el desequilibrio nutricional de las plantas (Verma y Mishra 2005, Duan *et al.* 2008, Orosco *et al.* 2018).

Al respecto, Nawaz *et al.* (2010) señalan que el estrés salino causa reducción en el crecimiento y en el desarrollo de las plantas porque estas pueden sufrir tres tipos de estrés: a) Inducción de estrés hídrico; b) Toxicidad ion específica y, c) Desbalance nutricional. Además, mencionan que, como consecuencia de la combinación de estos estreses, un cuarto estrés se manifiesta en plantas expuestas a condiciones de salinidad. Los mismos que se describen a continuación: Inducción de estrés hídrico. Toxicidad ion específica, debido a la alta concentración de sodio y cloruro. Desbalance nutricional, debido a los altos niveles de sodio y cloruro que reducen la captación de K^+ , NO_3^- , PO_4^{3-} . Incremento de la producción de especies reactivas de oxígeno que dañan las macromoléculas (Lamz y González 2013, Bizhani y Salehi 2014, Manuchehri y Salehi 2014).

2.16.1. Efecto osmótico

Por otra parte, la salinidad afecta a la fisiología y metabolismo de la planta. La concentración alta de sales ocasiona un desequilibrio iónico y estrés osmótico. Un estrés salino alto rompe la homeostasis del potencial hídrico y la distribución de iones, provocando un exceso tóxico de sodio en el citoplasma y una deficiencia de iones como el potasio. El Na inhibe muchas enzimas y por eso importante prevenir su entrada al citoplasma. Los síntomas enzimáticos de la glucólisis, ciclo de Krebs y la fotofosforilación son especialmente sensibles a las soluciones salinas y como resultado una disponibilidad menor de energía, adquisición de nutrientes y una disminución de la germinación de la semilla y del crecimiento de la planta (Assaha *et al.* 2017).

El efecto osmótico detectado en suelos salinos consiste en concentraciones altas de sales que incrementan las fuerzas potenciales que retiene al agua en la solución del suelo y dificultan la extracción del agua por las raíces de las plantas, ocasionando pérdidas en la producción debido a la disminución del crecimiento, su efecto varía con la etapa fenológica de las

especies cultivadas, siendo más notable en las etapas iniciales del crecimiento ya que al reducir el potencial hidrico de la solución del suelo, disminuye la disponibilidad de agua y crea un desequilibrio nutritivo dada la concentración elevada de elementos Na y Cl que interfieren con la nutrición mineral y el metabolismo celular (Ben-Amor *et al.* 2010).

2.16.2. Efecto iónico

Esta consecuencia iónica es mucho más lenta pudiendo durar días, semanas o meses dependiendo de la acumulación de sal en las hojas y conlleva a la toxicidad de la sal en la planta, principalmente en las hojas más viejas (efecto iónico). El incremento de las concentraciones de Na⁺ y Cl⁻ en la solución del suelo o sustrato ocasiona un aumento de la absorción de estos elementos que compiten con la absorción, disponibilidad y transporte o distribución dentro de la planta de iones como K⁺, Ca²⁺, NO₃⁻ y H₂PO₄⁻, produciendo toxicidades o desordenes nutricionales (Mata *et al.* 2014).

La toxicidad salina puede resultar en la muerte de las hojas y reducir su área fotosintética, afectando al equilibrio global de carbono necesario para el mantenimiento del crecimiento (Munns 2002). El efecto se produce en las hojas más viejas donde se acumula el Na⁺ y el Cl⁻ durante un largo periodo de tiempo. La lesión de la hoja y la muerte es debida a la alta carga de sal que excede la capacidad de compartimentación en las vacuolas, provocando la acumulación de sal en el citoplasma a niveles tóxicos (Munns *et al.* 2006).

2.16.3. Desbalance nutricional

El exceso de iones tóxicos en la rizosfera está dado por su interacción con los nutrientes minerales. La interacción de las sales puede resultar en considerable déficit y desbalance nutricional. El desbalance iónico en condiciones de alta salinidad del suelo, se produce en las células debido a la acumulación excesiva de iones Na⁺ y Cl⁻ que reduce la captación de otros nutrientes minerales tales como K⁺, Ca²⁺ y Mn²⁺ (Karimi *et al.* 2009, Hasegawa 2013, Dekoum *et al.* 2017). Sin embargo, las plantas han desarrollado mecanismos para prevenir el daño por la acumulación de Na⁺ citosólico, lo que incluye la regulación de la concentración intracelular de Na⁺ y K⁺. Este proceso es considerado un mecanismo clave en la tolerancia al estrés salino de los cultivos (Roy *et al.* 2014, Dekoum *et al.* 2017), ya que se puede presentar una reducción de Na⁺ en la parte aérea de la planta (Munns y Gilliham 2015).

Cuando la relación Na^+/K^+ es alta, debido a la acumulación de altas concentraciones de iones Na^+ , inactiva las enzimas y afecta procesos metabólicos en las plantas (Evelin *et al.* 2009). En condiciones de alta concentración de Na^+ y Cl^- el desarrollo de las plantas se inhibe, comienza la aparición de síntomas como el déficit de K^+ en plantas (Apse y Blumwald 2007). El Na^+ compite con la toma de K^+ a través de cotransportadores $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ y puede también bloquear transportadores específicos de K^+ de las células de las raíces en condiciones salinas (Zhu 2003). El déficit de K^+ inicialmente conduce a clorosis la que, al persistir conduce a la necrosis. El K^+ es necesario para la osmoregulación y la síntesis de proteínas, manteniendo la turgencia de la célula y estimulando la fotosíntesis (Freitas *et al.* 2001, Ashraf 2004); es por ello que el incremento de los niveles de Na^+ incide en cambios de la actividad enzimática resultando en cambios en el metabolismo de la célula y a lo largo de toda la planta, disminuyendo así la habilidad de la planta para crecer.

El estrés salino disminuye la relación $\text{Ca}^{2+}/\text{Na}^+$ en la zona de la raíz, el cual afecta las propiedades de la membrana debido al desplazamiento del Ca^{2+} asociado a la membrana por el Na^+ llevando a la disolución de la integridad de la membrana y la selectividad. Una de las estrategias utilizadas para mejorar el efecto adverso de la salinidad ha sido suministrando Ca^{2+} , posiblemente facilitando una selectividad más alta de K^+/Na^+ (Hasegawa *et al.* 2000).

2.16.4. Incremento de la producción de especies reactivas de oxígeno (EROs)

La toxicidad iónica, estrés osmótico y deficiencias nutricionales, producen desequilibrios metabólicos, trayendo como consecuencia un estrés oxidativo (Chinnusamy y Zhu 2004). La presencia de especies reactivas de oxígeno (EROs) en condiciones salinas, tales como peróxido de hidrógeno (H_2O_2), radical hidroxilo (OH^-), radical superóxido (O_2^-), oxígeno singlete ($^1\text{O}^2$), ozono (O_3), alcoxilo (RO), hidroperoxilo (HO_2), peroxilo (RO_2), causan en las plantas reacciones fitotóxicas como la peroxidación de lípidos, degradación de proteínas y mutaciones en el ADN (Ben-Amor *et al.* 2007, Eyidogan y Oz 2007, Joseph y Jinni 2011).

Al respecto, Choudhury *et al.* (2017), indican que los daños en la membrana inducidos por estrés salinos están asociados a una alta producción de EROs, lo que se ha podido comprobar con la producción de malondialdehído como indicador de peroxidación de lípidos al someter las plántulas de tomate a condiciones de estrés salino. En el estrés salino, una alta producción de EROs es el resultado del cierre estomático, produciendo una disminución de la concentración de CO_2 dentro de las estomas.

2.17. EFECTOS DE LA SALINIDAD EN PLANTAS DE ARROZ

Por su naturaleza, el arroz tolera la salinidad logrando buenas producciones de grano. Estos suelos, a su vez, son lavados por los continuos riegos (CIAT 2010). Sin embargo, el exceso de sales disminuye su producción ocasionando en la planta síntomas negativos como crecimiento en parches, detención del crecimiento, hojas con puntas blancas, manchas cloróticas en algunas hojas y reducción del macollamiento, los síntomas aparecen en la primera hoja, luego en la segunda y finalmente en la hoja en desarrollo (hoja bandera) (Martínez *et al.* 2011, García 2014).

La tolerancia del arroz al estrés salino varía según su estado fenológico (Aguilar *et al.* 2016, FAO 2018). El arroz es muy tolerante a la salinidad durante la germinación, pero su sensibilidad aumenta en el estado de plántula de 1 - 2 hojas. Los estados de plántula con 3-4 hojas (al final de la fase vegetativa) así como los de iniciación de la panícula y de zurrón temprano (ambos durante la fase reproductiva) son especialmente sensibles. La tolerancia a la sal aumenta progresivamente durante el macollaje y la elongación, y disminuye desde la iniciación de la panoja hasta la floración. La planta es relativamente más tolerante a lo largo de la fase de llenado y maduración del grano, en la cual es escasamente afectada. La salinidad acarrea un retraso en el espigado y la floración.

Lamz y González (2013), manifiestan que las sales tomadas por las plantas se depositan en las hojas más viejas y las concentraciones de Na^+ y Cl^- resultan muy altas por el continuo transporte de estas sales, por disminución de la transpiración de la hoja que afecta el crecimiento y desarrollo del arroz, al provocar estrés iónico, osmótico y oxidativo. La interacción de las sales puede resultar en considerable déficit y desbalance nutricional. Las respuestas de las plantas al estrés salino son complejas y dependen de duración y tipo de estrés, etapa de desarrollo del arroz, duración del día y otros factores (Hussain *et al.* 2017).

2.18. EL AGUA PARA RIEGO

2.18.1. Calidad

El agua es esencial en los procesos físicos, químicos y biológicos del medio natural, químicamente muy activa ya que tiene la facilidad de disolver y reaccionar con otras sustancias, tanto orgánicas como inorgánicas (Custodio y Llamas 2001), resultando necesario conocer su calidad que dependerá del uso específico destinado. Las guías para interpretar la calidad del agua de riego deben ser flexibles, que permitan tomar en cuenta sus

características químicas, intervalo de tolerancia de las plantas y factores específicos de uso: suelo, método de riego y manejo del agua (Tabla 10).

Tabla 10: Directrices para interpretar la calidad del agua con fines de riego

Problema potencial	Unidades	Grado de restricción de uso		
		Ninguna	Ligera a moderada	Severa
Salinidad (afecta disponibilidad de agua para el cultivo) ¹				
CE	dS m ⁻¹	< 0.7	0.7 - 3.0	> 3.0
TSD	mg L ⁻¹	< 450	450-2000	> 2000
Infiltración (reduce infiltración: evaluar usando a la vez la CE y el RAS) ²				
RAS 0 - 3 y CE		> 0.7	0.7 - 0.2	< 0.2
RAS 3 - 6		> 1.7	1.2 - 0.3	< 0.3
RAS 6 - 12		> 1.9	1.9 - 0.5	< 0.5
RAS 12 - 20		> 2.9	2.9 - 1.3	< 1.3
RAS 20 - 40		> 5.0	5.0 - 2.9	< 2.9
Toxicidad de iones específicos (afecta cultivos sensibles)				
Sodio (Na)				
Riego por superficie	meq L ⁻¹	< 3	3 - 9	> 9
Riego por aspersión	meq L ⁻¹	< 3	> 3	
Cloro (Cl)				
Riego por superficie	meq L ⁻¹	< 4	4 - 10	> 9
Riego por aspersión	meq L ⁻¹	< 3	> 3	
Boro (B)	mg L ⁻¹	< 0.7	0.7 - 3	> 3
Oligoelementos				
Varios (afecta cultivos sensibles)				
Nitrógeno (NO ₃ -N) ³	mg L ⁻¹	< 5	5 - 30	> 30
Bicarbonato (HCO ₃) (aspersión foliar únicamente)	meq L ⁻¹	< 1.5	1.5 - 8.5	> 8.5
Ph			Amplitud Normal: 6.5 - 8.5	

¹ CE es la conductividad eléctrica del agua (en dS m⁻¹) a 25 °C; TSD, es el total de sólidos en solución, expresado en miligramos por litro (mg L⁻¹).

² RAS es la relación de adsorción de sodio. $[RAS = Na / \sqrt{(Ca + Mg) / 2}]$. Para un valor determinado de RAS, la velocidad de infiltración aumenta a medida que aumenta la salinidad. Evalúese el problema potencial de infiltración utilizando el RAS y la CE.

³ NO₃-N es el nitrógeno en forma de nitrato, expresado en términos de nitrógeno elemental (en el caso de aguas residuales incluir el NH₄-N y el N orgánico).

Fuente: University of California Committee of Consultants (1984).

En cuanto a la calidad del agua de riego, según la concentración de sales (CE) Dorbermann y Fairhurst (2012), clasifican usando el índice:

- pH 6,5 - 8 CE_e < 0.5 dS m⁻¹: agua de irrigación de buena calidad.
- pH 8,5-8,4 CE_e 0.5-2 dS m⁻¹: agua de irrigación de calidad media a baja.
- pH > 8,4 CE_e > 2 dS m⁻¹: agua no apropiada para irrigación.

2.18.2. Toxicidad

Los problemas de toxicidad ocurren si los iones en el suelo o el agua son absorbidos por la planta y se acumulan a concentraciones suficientemente altas para causar daño a los cultivos y reducir sus rendimientos. El grado de daño depende de la cantidad de los iones absorbidos y la sensibilidad del cultivo. Los principales elementos presentes en el agua que causan toxicidad son el sodio, boro y cloro (Ayers y Westcot 1985). En algunos casos se presentan en menor extensión toxicidades por magnesio, litio, sulfatos y elementos traza, residuos de pesticidas y contaminantes provenientes de desechos industriales.

En un medio salino se puede provocar toxicidad de iones específicos, como la relación anormalmente alta entre Na⁺ y K⁺: Asimismo, cuando se tienen altas concentraciones de Na⁺ y Cl⁻, lo que inhibe la fotosíntesis, afectando la producción (Ahmad *et al.* 2013).

2.18.3. Sodio

Es un elemento muy soluble y difícil de precipitar, afectado fácilmente por el cambio de bases y suele ir asociado al ion Cl⁻. Las aguas naturales con concentraciones elevadas de Na⁺ pueden presentar contenidos elevados de F⁻. En aguas dulces, se encuentran en concentraciones entre 1 y 150 mg L⁻¹, pudiendo observar contenidos mayores, hasta varios miles de mg L⁻¹. Las aguas con concentraciones elevadas en Na son perjudiciales para las plantas, si las concentraciones de Ca²⁺ y Mg²⁺ son bajas (Custodio y Llamas 2001).

Los síntomas típicos de su toxicidad son quemaduras de hojas y tejido muerto a lo largo de los bordes externos de las mismas. Normalmente se requiere un período de tiempo prolongado antes de que la acumulación alcance concentraciones tóxicas. Los síntomas aparecen primero en las hojas más viejas, comenzando en los bordes externos y, a medida que aumenta la gravedad, se mueven progresivamente hacia adentro entre las venas. Los cultivos sensibles incluyen frutas caducifolias, nueces, cítricos, aguacates y frijoles, pero hay muchos otros (Ayers y Westcot 1985).

2.18.4. Cloro

Es uno de los elementos que más abundan en el agua de riego, aparece como anión cloruro que es indispensable para el desarrollo de la planta, pero en concentración alta, puede convertirse en un elemento tóxico siendo la más común de las toxicidades. Este ion, que permanece libre en la solución del suelo, es absorbido por las plantas y se mueve con la corriente transpiratoria hasta las hojas donde se acumula. Si la concentración excede, la tolerancia de las plantas, presenta síntomas de toxicidad, los cuales incluyen quemazón o secamiento de los tejidos foliares que se inicia por los ápices y se extiende a lo largo de los márgenes a medida que la severidad de la toxicidad aumenta. En casos de toxicidad excesiva se produce necrosis a menudo acompañada por defoliación. Para plantas muy sensibles los síntomas aparecen cuando las hojas acumulan entre 0,3 y 1,0 por ciento de cloro en base seca (Ayers y Westcot 1985).

Por otra parte, el Cl es un elemento esencial para el crecimiento de las plantas, puede causar toxicidad cuando su concentración en el tejido vegetal es abundante, produciendo quemaduras en las hojas, disminuyendo la fotosíntesis e inhibiendo la absorción de nitratos (Villa *et al.* 2006).

2.18.5. Boro

El boro es requerido por las plantas en cantidades relativamente pequeñas; sin embargo, cuando está presente en cantidades mayores que las necesarias pueden ser tóxico, Las toxicidades ocurren en algunas áreas donde las aguas subterráneas que se usan para riego atraviesan depósitos ricos en este nutrimento. En el suelo los problemas de toxicidad son menores. Para la mayoría de los cultivos los síntomas de toxicidad de boro aparecen cuando las concentraciones en los tejidos foliares exceden de 250 - 350 mg kg⁻¹ peso seco presentando amarillamiento inicial de las hojas más viejas, moteados necróticos o secamiento de los tejidos foliares en los ápices en los bordes. El secamiento y la clorosis a menudo progresan intervenalmente hacia el centro de la hoja a medida que el boro se acumula con el tiempo (Ayers y Westcot 1985).

2.18.6. Sulfatos

Se origina de las rocas sedimentarias al lavarse, siendo un compuesto azufrado. Su presencia en aguas superficiales se debe por deposición atmosférica y por descargas industriales. Estas son sales que van desde moderadamente solubles a muy solubles, por ejemplo, el CaSO₄ que

tiene solubilidad en 1 500 mg L⁻¹ de agua, puede llegar hasta 7 200 mg L⁻¹ en aguas salinas; mientras que, en aguas dulces se encuentran en concentraciones entre 2 y 150 mg L⁻¹ (Custodio y Llamas 2001).

2.18.7. Bicarbonatos HCO₃⁻ y Carbonatos (CO₃²⁻)

Tienen que ver con la dureza y alcalinidad del agua, se presentan por disolución y meteorización de las rocas o por aportes de las descargas industriales. Los bicarbonatos se encuentran en aguas con pH entre 6,5 y 8,5 y en concentraciones de 50 a 350 mg L⁻¹ en aguas dulces, pudiendo llegar hasta 800 mg L⁻¹ (Custodio y Llamas 2001). El carbonato CO₃²⁻ se encuentra en concentraciones menores que el CO₃H⁻ y si el pH es inferior a 8,3, se le considera como cero. En aguas alcalinas naturales con pH mayor que 8,3 puede haber concentraciones importantes, alcanzando hasta 50 mg L⁻¹; por otro lado, las aguas bicarbonatadas sódicas, son malas para riego debido a la fijación del sodio en el terreno y creación de un medio alcalino.

2.18.8. Calcio (Ca²⁺)

Ligado con la dureza de las aguas y es el resultado de la meteorización de las rocas y minerales, sobre todo el yeso y las calizas, pudiendo también contribuir los vertidos industriales al incremento de la concentración de este catión y precipita fácilmente como CaCO₃ (Custodio y Llamas 2001).

2.18.9. Magnesio (Mg²⁺)

El magnesio procede de la disolución de rocas carbonatadas (dolomitas y calizas magnesianas), evaporitas y de la alteración de silicatos ferromagnesianos y está relacionado con la dureza del agua, sus propiedades son similares a las del ión calcio, pero más soluble y algo difícil de precipitar siendo menos abundante que el Ca²⁺ en las aguas naturales; además, no suele sobrepasar los 40 mg L⁻¹ mientras que en suelos calcáreos pueden elevarse hasta 100 mg L⁻¹ (Custodio y Llamas 2001).

2.18.10. Parámetros físicos del agua

La conductividad eléctrica del agua (CEa) es una medida indirecta de la concentración de sales de una solución, siendo proporcional al contenido total de sales disueltas en el agua, sabiendo que, el agua pura es mala conductora de la electricidad (Tabla 11).

Tabla 11: Valores normales de los componentes del agua de riego

Parámetros	Símbolo	Unidad	Valores normales en aguas de riego
Salinidad			
Conductividad eléctrica	CEar	dS m ⁻¹	0-3
Sólidos totales disueltos	STD	mg L ⁻¹	0-2000
Cationes y aniones			
Calcio	Ca ²⁺	meq L ⁻¹	0-20
Magnesio	Mg ²⁺	meq L ⁻¹	0-5
Sodio	Na ⁺	meq L ⁻¹	0-40
Carbonato	CO ₃ ²⁻	meq L ⁻¹	0-0.1
Bicarbonato	HCO ₃ ⁻	meq L ⁻¹	0-10
Cloruro	Cl ⁻	meq L ⁻¹	0-30
Sulfato	SO ₄ ²⁻		0-20
Nutrientes			
Nitrógeno nítrico	NO ₃ -N	mg L ⁻¹	0-10
Nitrógeno amoniacal	NH ₄ -N	mg L ⁻¹	0-5
Fosfato	H ₂ PO ₄ ⁻	mg L ⁻¹	0-2
Potasio	K ⁺	mg L ⁻¹	0-2
Varios			
Boro	B	mg L ⁻¹	0-2
Acidez o basicidad	pH	---	6-8.5
Relación de absorción de sodio	RAS	meq L ⁻¹	0-15

Fuente: University of California Committee of Consultants (1984)

2.19. CLASIFICACIÓN DE AGUA EN BASE A LA SALINIDAD

La salinidad del agua se puede definir como la concentración total de las principales sales inorgánicas (Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, HCO₃⁻, SO₄²⁻ y Cl⁻) disueltas en el agua de riego, drenaje y aguas subterráneas (Terrazas 2019), donde la concentración individual de cada catión y anión se puede expresar en volumen de agua como mmol_c L⁻¹ o mg L⁻¹. De este modo, la salinidad del agua sería la suma de las concentraciones de cationes y aniones, denominado sólidos totales disueltos (SDT), que normalmente se expresa en mg L⁻¹, siendo una medida directa de la salinidad del agua. La salinidad también se puede determinar de forma indirecta

mediante la CE (Shannon y Grieve 1999) y se expresa en dS m^{-1} a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Las dos variables (CE y SDT) se encuentran directamente relacionadas mediante las siguientes expresiones:

- $\text{SDT (mg L}^{-1}\text{)} = 640 \times \text{CE (dS m}^{-1}\text{)}$ cuando la CE del agua es inferior a 5 dS m^{-1} .
- $\text{SDT (mg L}^{-1}\text{)} = 800 \times \text{CE (dS m}^{-1}\text{)}$ cuando la CE del agua es superior a 5 dS m^{-1} (Urbano 1992).

Según el Servicio de Gestión de la Tierra y de la Nutrición de la FAO (2015), la clasificación de las aguas en base a su salinidad se puede realizar según las normas de Riverside (Figura 2).

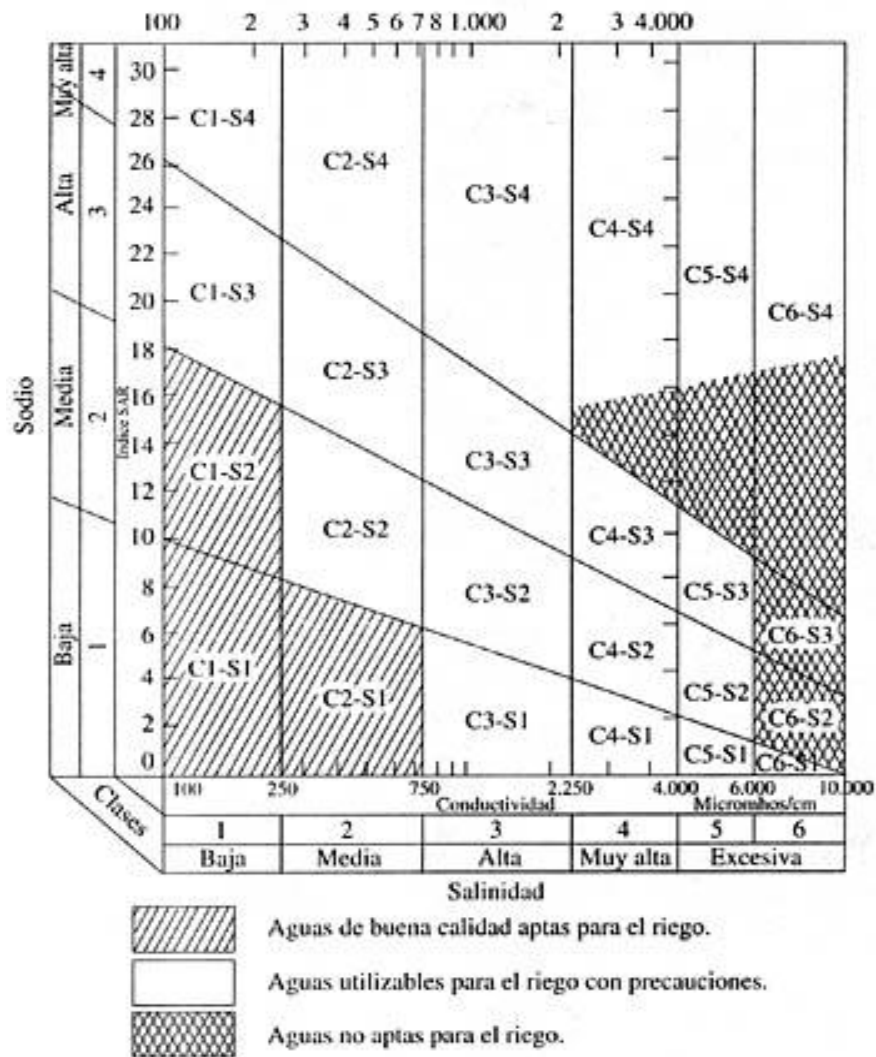


Figura 2. Nomograma propuesto por el Laboratorio de Salinidad de Riverside para evaluar la calidad de las aguas de riego

Fuente: FAO (2015)

Notas:

C1) Agua de baja salinidad, apta para el riego en todos los casos. Pueden existir problemas sólo en suelos de muy baja permeabilidad.

C2) Agua de salinidad media, apta para el riego. En ciertos casos puede ser necesario emplear volúmenes de agua en exceso y utilizar cultivos tolerantes a la salinidad.

C3) Agua de salinidad alta que puede utilizarse para el riego de suelos con buen drenaje, empleando volúmenes de agua en exceso para lavar el suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad.

C4) Agua de salinidad muy alta que en muchos casos no es apta para el riego. Sólo debe usarse en suelos muy permeables y con buen drenaje, empleando volúmenes en exceso para lavar las sales del suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad.

C5) Agua de salinidad excesiva, que sólo debe emplearse en casos muy contados, extremando todas las precauciones apuntadas anteriormente.

C6) Agua de salinidad excesiva, no aconsejable para riego.

S1) Agua con bajo contenido en sodio, apta para el riego en la mayoría de los casos. Sin embargo, pueden presentarse problemas con cultivos muy sensibles al sodio.

S2) Agua con contenido medio en sodio, y, por lo tanto, con cierto peligro de acumulación de sodio en el suelo, especialmente en suelos de textura fina (arcillosos y franco-arcillosos) y de baja permeabilidad. Deben vigilarse las condiciones físicas del suelo y especialmente el nivel de sodio cambiante del suelo, corrigiendo en caso necesario.

S3) Agua con alto contenido en sodio y gran peligro de acumulación de sodio en el suelo. Son aconsejables aportaciones de materia orgánica y empleo de yeso para corregir el posible exceso de sodio en el suelo. También se requiere un buen drenaje y el empleo de volúmenes copiosos de riego.

S4) Agua con contenido muy alto de sodio. No es aconsejable para el riego en general, excepto en caso de baja salinidad y tomando todas las precauciones apuntadas.

2.20. SUELOS PARA EL CULTIVO DEL ARROZ

Los suelos usados para el cultivo de arroz, en su mayoría son vertisoles que es una clase de suelo de los más productivos del mundo, por tener una alta capacidad de intercambio catiónico y elevada fertilidad natural. Contiene grandes cantidades de arcilla, pudiendo llegar hasta 90 por ciento, para el caso de vertisoles que se originan de depósitos piroclásticos. Presentan cambios pronunciados en el volumen con la variación del contenido de humedad y evidencias de movimiento del suelo en las caras de deslizamiento (SSS 1993, IUSS Working Group WRB 2015).

2.21. NUTRICIÓN EN EL CULTIVO DE ARROZ

Este tema es fundamental para el desarrollo de los cultivos y, por consiguiente, es necesario considerar las condiciones del suelo, así como la demanda fisiológica de elementos nutritivos de la variedad, al igual que los costos de producción la fertilización grava entre el 10 y el 15 por ciento del valor total (Quintero 2009). Para que un sistema de producción agrícola sea económicamente rentable, los cultivos necesitan de un balance nutricional apropiado, para que el genotipo pueda desarrollar todo su potencial productivo, pensando también en restituir lo extraído con la cosecha (Pérez *et al.* 2015).

Realizar una fertilización órgano-mineral usando enmiendas orgánicas, a pesar de su importante aplicación y del uso de grandes cantidades, su baja eficiencia reduce la rentabilidad del cultivo de arroz, cuando no es acompañada por una fertilización química adecuada (Álvarez 2005).

Para el caso de la fertilización mineral, es necesario considerar sus características químicas, las etapas fenológicas de la planta de arroz para aplicar el fertilizante en forma adecuada y relacionada directamente al tiempo y necesidad de la planta. Basado en lo antes indicado, la aplicación de nitrógeno, debe ser fraccionada en dos aportaciones, al ahijamiento, 35 o 45 días después de la siembra (DDS), y al inicio de la floración. El fósforo y el potasio deben ser incorporados al suelo como de fondo en la preparación del mismo o máximo cuando se realiza la siembra (JISA 2014). Se podría utilizar la urea (46 por ciento de N), aconsejado para arroz con suelo inundado, por el amoníaco que, al ser retenido por las arcillas, se irá liberando lentamente en beneficio de la planta y como fuente de fósforo y potasio, los superfosfatos y el cloruro de potasio, que son muy solubles (Montaño y Sanfeliu 2008).

Fisiológicamente la planta de arroz, necesita suficiente cantidad de nitrógeno en la fase vegetativa para favorecer el ahijamiento, el crecimiento y desarrollo de la planta, así como, también, entre 20 y 25 días antes de la floración, para formar un buen número de espiguillas, siendo necesario adicionar N durante la maduración del grano para que la fotosíntesis siga actuando en el llenado de grano (Dobermann y Fairhurst 2012).

Las enmiendas orgánicas, por lo tanto, se convierten en una tecnología sostenible que puede ayudar a rentabilizar el cultivo y mejorar la fertilidad, minimizando la degradación de los suelos (Delgado 2017). Los abonos orgánicos son utilizados para la fertilización de cultivos o como mejoradores de suelos. Es importante señalar que el nitrógeno, su mayor contenido se encuentra en forma orgánica y debe ser mineralizado por procesos microbiológicos para que pueda ser absorbido por la planta. Estos materiales pueden ser: orgánicos (animal o vegetal), como residuos de cultivos, estiércol, purín), restos de procesos agrícolas, basuras domésticas, humus de lombriz y compost. Las químicas son productos minerales que restauran propiedades físicas y químicas en el suelo (Delgado 2017).

Según Celestina *et al.* (2019), las enmiendas orgánicas como el estiércol, el compost y los residuos vegetales son empleados con frecuencia en los cultivos, como alternativas a los fertilizantes inorgánicos, para restaurar suelos degradados y mejorar las restricciones fisicoquímicas.

A pesar que existe mucho estudio a nivel mundial en el uso de enmiendas como el yeso agrícola, compost enriquecido con EM y el humus de lombriz (Tejada 2013), pero no es suficiente, se debe seguir investigando, con más razón cuando se ha afirmado que se incrementa la demanda de alimentos como el arroz, lo que genera explotación inadecuada de los suelos y diferentes interacciones químicas y biológicas.

Existen métodos físicos, químicos y biológicos para recuperar suelos afectados por sales: incorporación de abonos orgánicos, de sales cálcicas de alta solubilidad que intercambia el sodio por calcio y la aplicación de ácidos o sustancias formadores de éstos. En todos los casos la influencia de la técnica será momentánea y de corto plazo (Lopez *et al.* 2015).

Existe diversidad de alternativas en abonos para una fertilización orgánica, los derivados de la industria azucarera, por ejemplo, la cachaza y la vinaza los cuales son una fuente importante de elementos menores, materia orgánica y carbono oxidable que pueden ingresar al suelo como abono (Brito *et al.* 2016), también se emplea el compostaje, gallinaza y yeso agrícola. Sin embargo, los residuos azucareros mal manejados pueden ser un medio de contaminación para el agua y el suelo; lo mismo con la vinaza (subproducto obtenido de las alcoholeras) que es empleado para regar el cultivo de caña (Salazar *et al.* 2009).

2.22. ENMIENDAS

2.22.1. Cachaza

La cachaza se obtiene de la clarificación de los jugos de caña, que incluye materias terrosas e impurezas orgánicas, pudiendo producirse de 30 a 50 kg de cachaza por tonelada de caña procesada (Salgado *et al.* 2003) y puede ser emplearse en la agricultura como enmienda o fertilizante (Vega 2020), pero presenta ciertos inconvenientes como es su alto contenido de humedad (75-80 por ciento) lo cual encarece los costos (Aucatoma *et al.* 2006) y su alta relación C/N, que retrasa el crecimiento de los cultivos, sin embargo al ser utilizada como enmienda, mejora algunas propiedades físicas del suelo, también es empleada para elevar el pH y/o en el manejo de suelos afectados por sales.

Otra desventaja sería la sedimentación de las sales insolubles y parte de la MO en el agua durante los riegos; por otro lado, la alta relación C/N cuando no están descompuestos produce deficiencia de N. Por esta razón, el compostaje reduciría estos impactos negativos. La cachaza es rica en P, K y Ca y su compostaje permitirá reducir las dosis de aplicación, facilitando su transporte y aplicación en campo, favoreciendo el proceso de mineralización (Arreola *et al.* 2004).

El uso de la cachaza no debe ser considerado únicamente como fuente de nutrientes, sino también como mejorador de la estructura, microbiología y humedad del suelo, ya que presenta un alto contenido de materia orgánica. Además, absorbe el calor, evita pérdidas de nutrientes reduciendo la lixiviación y volatilización de N y fijación de P. Por tal razón, hay que considerar que su efecto será a largo plazo (Salazar *et al.* 2009).

De acuerdo con estudios realizados del efecto de la cachaza fresca y dos sistemas de producción (maíz y maíz asociado con frijol) sobre las propiedades físicas de un Inceptisol, al aplicar cuatro dosis de cachaza (0, 5, 10 y 15 t ha⁻¹) a cada uno de los sistemas de producción. Después de la cosecha se encontró que el sistema maíz asociado con frijol presentó el mayor diámetro ponderado medio en seco y húmedo y mayor porosidad, estas propiedades físicas junto con la densidad aparente fueron favorecidas con el incremento de la aplicación de cachaza. La aplicación de 15 t ha⁻¹ de cachaza resultó en el mayor efecto sobre las propiedades físicas del suelo (Forero *et al.* 2010).

2.22.2. Vinaza

Otro producto de la caña azucarera, es la vinaza, obtenido de la fermentación de la melaza en el proceso de obtención de alcohol (etanol que por cada litro se generan 13 litros de vinaza). Contiene K, Ca y materia orgánica disuelta, así como niveles medios de N y P (Gómez y Rodríguez 2000), promueve la lixiviación de K, Ca, Mg y S a través del tiempo, alcanzando profundidades de 0,75 – 3,5 m, favoreciendo el desarrollo profundo de las raíces (Penatti *et al.* 2005). Estas poseen un pH bajo (entre 4 y 5), elevada carga orgánica (lo que implica una demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) entre 40 000 y 60 000 mg O₂ L⁻¹) y alta concentración del ión potasio K⁺. Otro problema asociado a las vinazas es el gran volumen que se genera.

La vinaza puede mejorar el estado nutricional del suelo, principalmente de potasio y materia orgánica, también las propiedades físicas del mismo, puede incrementar la conductividad eléctrica y el pH de los suelos ácidos; pudiendo sustituir parcial o totalmente la fertilización química (Moraes *et al.* 2014). A largo plazo, las aplicaciones de vinaza incrementan la saturación del potasio, la capacidad de intercambio catiónico, las concentraciones de Zn, Cu, Fe, Mn, pH, conductividad eléctrica, carbono y nitrógeno orgánico, entre otros (Da Silva *et al.* 2014).

La vinaza contiene un buen potencial de uso agrícola debido a su alto contenido de materia orgánica, nitrógeno, y potasio; aunque su empleo podría estar limitado debido a su contenido de sodio. De acuerdo con Mavi *et al.* (2012), el alto contenido de cationes monovalentes de la vinaza puede causar la dispersión de la materia orgánica y partículas de arcilla. Sin embargo, una reducción del porcentaje de sodio intercambiable por encima del 50 por ciento puede suceder al utilizar vinaza en altas dosis (Gutiérrez *et al.* 2016).

2.22.3. Sulfato de calcio

El yeso agrícola (sulfato de calcio), es un producto natural que se encuentra en numerosos yacimientos en todo el mundo, la mayoría de ellos provenientes de rocas evaporitas sedimentarias. También se obtiene como subproducto de los procesos industriales de producción del ácido fosfórico, en la fabricación de fertilizantes como el superfosfato triple y fosfatos amónicos. En este proceso, la roca fosfórica es atacada con ácido sulfúrico obteniéndose ácido fosfórico y yeso.

Al tratar un suelo compactado con yeso agrícola reduce su densidad (Trasviña *et al.* 2018), disminuye la formación de costras beneficiosa para la germinación de semillas (Panzardi 2020). Otra de sus ventajas es el aporte de calcio, mineral que lo constituye y permite disminuir la volatilización del amoníaco que presente cuando se aplica nitrato de amonio, urea, sulfato de amonio, fosfatos de amonio y mejora la absorción de nitrógeno por las raíces (Cano 2014).

El yeso es una enmienda que se agrega al suelo sea como fuente de nutriente o para mejorar propiedades del suelo, es soluble en agua y es 100 veces más soluble que la piedra caliza en pH neutro. Cuando se adiciona al suelo existen factores que dependen mucho de su solubilidad incluyendo el tamaño de las partículas, la humedad del suelo y las propiedades edáficas. La disolución del yeso en el agua libera Ca^{2+} y SO_4^{2-} , sin tener significativamente impacto directo en el pH del suelo. En suelos con exceso de sodio, el Ca que se libera del yeso tiende a unirse con mayor afinidad que el sodio en los sitios de intercambio, liberando el sodio que se lixivia de la zona radicular, cuando se utiliza para la recuperación de suelos con alto contenido de sales (IPNI 2014).

En casos donde el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) de los suelos sódicos es demasiado alto, éste debe ser disminuido para el mejoramiento de los suelos y un mejor crecimiento de los cultivos. La forma más económica es añadir yeso, el cual suministra calcio. El calcio reemplaza al sodio que persiste en los sitios de unión con la arcilla. El sodio puede ser blanqueado del suelo como sulfato de sodio a un sumidero. Además, el yeso disminuye el pH de los suelos sódicos, o suelos próximos a sódicos con valores de más de 9, pero por lo general de más de 8 a valores de entre 7,5 a 7,8 aceptable, para el crecimiento de la mayoría de las plantas (Heredia 2013).

En estudios realizados con óxido de calcio más leonardita con dosis de $4 \text{ L ha}^{-1} + 15 \text{ kg ha}^{-1}$ se obtuvo el mayor rendimiento de grano paddy, de igual forma aplicando carbonato de calcio se obtuvieron los mejores resultados en cuanto a disminución de la conductividad eléctrica del suelo, así como regularización del pH (Hernández y López 2011).

Investigaciones en suelos salinos del litoral ecuatoriano realizados en invernadero y dedicados al cultivo de arroz bajo riego, donde se aplicó cinco enmiendas cálcicas del suelo CaCO_3 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, CaSiO_3 y zeolita, en cinco dosis (1,5; 3,0; 4,5; 6,0 y 7,5 t ha^{-1} por cada uno de los tratamientos), donde se evaluaron los cambios en la fertilidad del suelo y en otro con trasplante de plántulas de arroz sobre los suelos tratados e incubados con las enmiendas para determinar las variaciones en las características fisiológicas de la planta. Se concluyó que la salinidad se debía a la presencia de Na^+ , K^+ , Ca^{2+} y principalmente Mg^{2+} y el uso de enmiendas en general mejoraron las características químicas de los suelos y fisiológicas de las plantas, disminuyendo la CE de la solución del suelo y las cantidades de Na^+ , Mg^{2+} en relación al K^+ y Cl^- respecto al B, en los tejidos del arroz (Cedeño 2015).

2.22.4. Compost

Es un compuesto orgánico que puede ser aplicado al suelo mejorando sus propiedades físicas, químicas y microbiológicas, de donde surge su denominación de abono orgánico, fertilizante orgánico u acondicionador de suelo sin embargo no sustituye el fertilizante químico. Además del aprovechamiento agrícola de la materia orgánica, reciclaje de nutrientes también permite la eliminación de patógenos (Delgado *et al.* 2019).

La aplicación de materia orgánica en suelos salinos acelera la lixiviación de Na^+ , y disminuye la conductividad eléctrica (Aydin *et al.* 2012). Al respecto, Tejada *et al.* (2006), determinaron que la aplicación de compost y guano de pollo mejoraron las propiedades físicas, químicas y biológicas, favoreciendo la aparición de vegetación, lo que puede ser una buena estrategia para remediación de suelos salinos. Por su parte, Aydin *et al.* (2012), reportan que los ácidos húmicos son muy efectivos como acondicionadores de suelos para mejorar la tolerancia de los cultivos a condiciones salinas.

El cultivo de arroz admite todo tipo de compost, fino y grueso y las aplicaciones de sustancias húmicas incrementan el rendimiento, reducen la proporción de $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ en el tejido de las hojas, granos y reduce la concentración de nitratos. La dosis de aplicación de compost para este cultivo varía entre 15 y 50 t ha⁻¹ (Rodríguez *et al.* 2009).

El compost se puede emplear para la recuperación de suelos y descontaminación (Tittarelli *et al.* 2007), con la aplicación de compost a un suelo salino, puede mejorar significativamente el entorno químico del suelo mediante el aumento de la capacidad de intercambio catiónico y del K^+ intercambiable, lo que limita la entrada del Na^+ en el complejo del intercambio (Waker y Bernal 2008).

En el ingenio Valdéz, Ecuador, se evaluó el efecto de la aplicación de diferentes dosis de compost sobre algunas propiedades físicas y químicas de un suelo bajo cultivo intensivo de caña de azúcar, se determinó que el tratamiento de 15 t ha⁻¹ fue el que más incrementó el contenido de materia orgánica del suelo, con un valor de 2,81 por ciento, significativamente superior al testigo, que presentó el valor más bajo (2,42 por ciento); además provocó disminución de la densidad aparente del suelo, mejoró el pH, contenido de fósforo, calcio y magnesio, en relación al testigo, no así con el potasio (Pérez *et al.* 2017).

- Efecto del compost sobre las propiedades físicas del suelo

Siendo la permeabilidad y la aireación condiciones favorables en la movilidad del agua y del oxígeno para mejorar procesos físicos y químicos en los suelos, el hecho de incorporar al suelo material orgánico descompuesto con el tiempo o que haya pasado por un proceso de compostaje (compost), coadyuva a incrementar sus propiedades de adherencia (Diacono y Montemurro 2010). En congruencia con lo aseverado, Wang *et al.* (2014), produciendo una floculación significativa y aumento de agregados en el suelo, incrementando la porosidad del suelo y la infiltración de agua.

- Efecto del compost sobre las propiedades químicas del suelo

La mayoría de los suelos afectados por la sal son deficientes en nitrógeno, fósforo y potasio, para el caso del fósforo las sustancias húmicas liberadas durante la descomposición del compost pueden convertir fosfatos altamente insolubles en el suelo en formas disponibles para la planta (Lakhdar *et al.* 2008 y Lakhdar *et al.* (2009), expresan que desde hace varias décadas existe evidencia de que la aplicación de compost aumenta la solubilidad del fósforo

en el suelo. Para el caso del potasio, la fracción disponible puede aumentar debido a la mayor capacidad de intercambio catiónico (CIC) asociada con el compost. En suelos salinos, la mineralización del compost puede incrementar la fracción de potasio disponible en la planta a través de al menos dos formas: el aumento de CIC y el aporte de este catión retenido en las cargas negativas del propio compost (Bhattacharyya *et al.* 2007).

Walker y Bernal (2008), señalan que la aplicación de compost en un suelo salino con alto contenido de Na, puede incrementar la cantidad de K soluble e intercambiable. Este a su vez compite con el sodio cuando existen niveles altos de este catión, limitando la entrada en el complejo de intercambio del suelo. Esto es crucial ya que en condiciones salinas la disponibilidad de potasio es fundamental para mantener la presión de turgencia necesaria en la planta.

Por otra parte, Zayed *et al.* (2013), encontraron que la aplicación combinada de fertilizantes orgánicos y biofertilizantes produjo un mejor rendimiento de arroz en condiciones salinas, mientras que Weber *et al.* (2007), afirmaron que la adición de compost en dichos suelos enriquece la rizósfera con micronutrientes y macronutrientes, agregando que la liberación continua de nitrógeno del compost mejora no solo la fertilidad del suelo, sino también las condiciones de mineralización de la materia orgánica (Weber *et al.* 2007). Por otro lado, Wang *et al.* (2014), reafirman que la aplicación de un compost a base de mezclas de residuos vegetales aumentó significativamente la CIC del suelo y sus niveles disponibles de N, P y K.

- Efecto del compost sobre las propiedades biológicas

Otro impacto negativo de la salinidad del suelo es su efecto perjudicial en la actividad de los microorganismos benéficos, como la respiración y la actividad enzimática (Rath y Rousk 2015). Sardinha *et al.* (2003), demostraron que la masa microbiana disminuye en condiciones de salinidad y que con aplicaciones de materia orgánica pueden mejorar sus funciones biológicas. Sobre esa base, el compost puede ayudar a contrarrestar estos efectos.

Lakhdar (2009), mostró que la incorporación de enmiendas orgánicas en condiciones de alta salinidad o sodicidad del suelo puede aumentar la actividad de las poblaciones de microorganismos, pudiendo ser un enfoque eficaz para minimizar las condiciones de toxicidad inducidas por la salinización.

El componente orgánico presente en el compost mejora la biomasa microbiana del suelo y el ciclo de mineralización de nutrientes (Lakhdar 2009, Leogrande y Vitti 2019); en este sentido, Wichern *et al.* (2020), resaltan que la aplicación de enmienda a un suelo salino puede mejorar su mineralización posterior, aumentando la microflora y estimula los procesos de formación enzimática, se produce liberación de CO₂ y aumenta la aireación del suelo.

Por otra parte, sobre el estado de suelo inundado como es un caso del cultivo del arroz, Xiaogang *et al.* (2006), relacionando la descomposición de la materia orgánica con el contenido de agua en un suelo bajo estrés salino, encontraron una menor producción de CO₂.

La salinidad tiende a disminuir la respiración del suelo cuando el suelo se inunda (Mitran *et al.* 2017). Congruente, Leogrande y Vitti (2019), descubrieron que la adición de materia orgánica contrarrestó sustancialmente este efecto, concordando con los estudios de Wichern *et al.* (2006) y Sall *et al.* (2015).

Chahal *et al.* (2017) y Leogrande y Vitti (2019), enfatizan que la materia orgánica proporciona un medio para reducir los efectos negativos de la salinidad en los microorganismos del suelo. Explícitamente, la razón es la alta disponibilidad de carbono que contiene la materia orgánica y que constituye la fuente de energía para los microorganismos. Otra razón, es que el estrés abiótico por salinidad o por las condiciones anóxicas de la inundación, produce una actitud de supervivencia en poblaciones mejor adaptadas al estrés y probablemente cuentan con mecanismos metabólicos adaptados, con altos requerimientos energéticos.

Como recomendación, Iqbal (2018), destaca la importancia de incorporar los residuos de las plantas de arroz al suelo para el mantenimiento de la fertilidad orgánica en condiciones salinas.

2.22.5. Leonardita

La leonardita es una forma oxidada de lignitos de carbón que se obtiene de materiales orgánicos fosilizados. Este tipo de materiales se utilizan para la extracción de ácidos húmicos (AH) (Gutiérrez *et al.* 2015). La leonardita es un material complejo constituido predominantemente de carbono (55 por ciento en peso), y materiales húmicos (moléculas orgánicas complejas como carboxilos, hidroxilos y carbonilos).

Los ácidos húmicos (AH) son compuestos naturales que se encuentran como componentes de la turba, el lignito y el sapropel (Sivakova *et al.* 2010); son un material orgánico rico en carbono, originado de la combustión incompleta de combustibles fósiles, de la vegetación y del intemperismo de rocas de grafito ricas en carbón. Los AH derivados de leonardita o turba están compuestos de estructuras cíclicas, principalmente aromáticas, son de altos pesos moleculares y aunque de orígenes diferentes, comparten un tipo común de estructura.

Los ácidos húmicos obtenidos a partir de leonardita incrementan la estabilidad de los agregados de suelos. Los mecanismos a través de los cuales las sustancias húmicas actúan como bioprotectores no están claramente establecidos, aunque se apunta hacia la presencia en ellas de radicales libres estabilizados y a su actividad paramagnética como los causantes del papel fisiológico de estos materiales, a través de su intervención en algunas rutas metabólicas del vegetal como la cadena respiratoria, en la cual actuarían como donadores de electrones (Gonzales 2015).

2.22.6. Porquinaza

El estiércol de cerdo ha sido un elemento fundamental en el desarrollo de la economía por su valor fertilizante. Muchos siglos hacen que el proceso se da y; por lo tanto, puede considerarse como algo íntimamente vinculado al desarrollo natural de los suelos agrícolas (Estrada 2007). Como cualquier otra materia orgánica, aporta elementos como nitrógeno, fósforo, potasio y otros elementos menores; igualmente, su pH es casi neutro, ideal para mejorar la calidad de los suelos ácidos (Angamarca y Pinango 2013).

El mismo autor considera, que la práctica de utilización de la porquinaza para el abonamiento de potreros se ha difundido en forma acelerada gracias a los múltiples efectos benéficos: aporte de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, B y Cu, principalmente), rápida biodegradabilidad, mejoramiento de las condiciones físicas que permiten una mayor conservación de humedad, e incremento de la población microbiana del suelo. Estas bondades permiten una alta producción de pastos con mínimo costo de fertilización.

Estrada (2007), menciona que los efectos benéficos producidos por porquinaza en el desarrollo de las plantas son muchos, y se pueden atribuir entre otros a que son materiales de rápida degradabilidad y portadores de nutrientes como N, P, K, Ca, Mg, B, Fe, Mn, Zn, y Cu; a la presencia de microorganismos que enriquecen y activan la población del suelo y

al contenido de sustancias reguladoras del crecimiento; hay efectos benéficos sobre la estructura del suelo y la retención de humedad.

2.23. TOLERANCIA A LA SALINIDAD

Para definir la tolerancia a la salinidad, se debe establecer desde el punto de vista biológico que, en suelo salino, las plantas se desarrollan de forma adecuada, tolerando las sales hasta producir sus granos y en el tema agronómico, las plantas no solo sobreviven al estrés, sino que alcanzan rendimientos económicos y se lo debe relacionar como si estuviera en condiciones normales (Munss y Gilliam 2015).

Debido a los numerosos efectos producidos por la salinidad, las plantas se ven avocadas al desarrollo de una tolerancia al estrés abiótico a través de diferentes mecanismos. La tolerancia salina es la capacidad de las plantas para crecer y completar su ciclo de vida en un sustrato que contiene elevadas concentraciones de sales solubles (Munns 2002) y se ve afectada por las condiciones climáticas, tipo de suelo o sustrato y manejo del riego.

Esta tolerancia permite diferenciar entre especies halófitas que son capaces de completar su ciclo de vida a 200 mM de NaCl o más y especies glicófitas que sufren daños a concentraciones superiores a 20 mM de NaCl (Flowers y Colmer 2008).

2.24. MECANISMOS DE RESPUESTA DE LA PLANTA A LA SALINIDAD

En principio, la tolerancia a sales se puede lograr mediante la exclusión o inclusión de estas por parte de la planta, de esta forma, la adaptación por exclusión de sal requiere mecanismos para evitar un déficit interno de agua; mientras que la adaptación por inclusión de sal requiere una alta tolerancia del tejido a Na^+ y Cl^- ; existe un amplio espectro de grados de exclusión e inclusión, tanto entre Na^+ y Cl^- y entre diferentes partes y órganos de las plantas (Mata *et al.* 2014).

De acuerdo Taiz y Zeiger (2010), mencionan que existen dos mecanismos en las plantas para resistir las sales que son: la evasión y la tolerancia. El primero consiste en evitar la acumulación de sales y la tolerancia reside en la aptitud de las plantas en no perder su capacidad productiva a un nivel de salinidad determinado.

Según Mahajan y Tuteja (2005) y Hasegawa (2013); citados por Orozco *et al.* (2018), los mecanismos de las plantas para resistir a las sales son evasión y tolerancia.

Evasión

- Reabsorción por la xilema y retranslocación. El transporte vía xilema es determinado por la transpiración, por lo que es necesario regular la selectividad, para evitar la entrada de Na^+ y Cl^- a las raíces o su liberación en el xilema y evitar su exceso en la parte aérea.
- Compartimentalización dentro de la planta. Los iones tóxicos Na^+ y Cl^- son retenidos principalmente en vacuolas corticales, los iones que fluyen hacia el xilema, son reabsorbidos en la planta.
- Exclusión. Se inhibe la absorción de iones monovalentes, Na^+ y Cl^- a nivel plasmalema, y se absorbe de manera preferencial de Ca^{2+} .
- Extrusión. Es el “bombeo” de sales desde los órganos aéreos, lo que evita el estrés primario por Na^+ , y, el secundario por la deficiencia de K^+ .
- Suculencia. Es el engrosamiento de los órganos de la planta, lo cual se logra por el aumento en el volumen de almacenamiento mediante el desarrollo de estructuras gruesas, carnosas y suculentas. La suculencia es principalmente el resultado de las vacuolas de las células del mesófilo que se llenan de agua y aumentan de tamaño.

Tolerancia

- Osmoregulación. La tolerancia al estrés por ósmosis puede ser de dos tipos: a) Impedir la deshidratación, al compartimentar en hojas adultas los iones salinos, lo que permite la rehidratación de las células, devolviendo la turgencia a las mismas y reiniciando el crecimiento celular y; b) Tolerar la deshidratación, lo que permite a las plantas sobrevivir a niveles de turgencia muy bajos, pero mantiene a las células en un estado de no crecimiento.
- Acumulación de iones. Compartimentalizar la mayor parte del Na^+ y Cl^- en las vacuolas de la hoja para mantener sus concentraciones por debajo de los valores tóxicos en citosol y en orgánulos, y utilizar osmolitos (K^+) para equilibrar la presión osmótica en la célula.

- Acumulación de solutos orgánicos. En condiciones de estrés salino, las plantas sintetizan y almacenan sustancias orgánicas en el citoplasma (glicerol, glicinbetaína, prolina, sacarosa, trehalosa y alcoholes, como el sorbitol).

Trabajos realizados por Argente *et al.* (2016), evaluaron la tolerancia a la salinidad de seis variedades mexicanas de trigo a través de indicadores fisiológicos, bioquímicos y agronómicos. La conductividad eléctrica del suelo salino empleado en el ensayo fue de 7,25 dS m⁻¹; como testigo se utilizó un suelo con una CE de 0,46 dS m⁻¹, en suelos vertisoles. Para diferenciar el grado de tolerancia varietal al estrés salino se evaluaron el porcentaje de germinación, altura de la planta, longitud de las raíces y acumulación de materia seca, contenido relativo de agua, transpiración, potencial hídrico, osmótico saturado y ajuste osmótico, acumulación de prolina y rendimiento agrícola. En todas las variedades se observó una disminución significativa de los indicadores evaluados en el suelo salino, siendo la germinación y transpiración las variables más afectadas.

Por efecto de la salinidad, el potencial osmótico y, en consecuencia, el hídrico, disminuyeron en todas las variedades, teniendo lugar el ajuste osmótico. El rendimiento presentó diferencias significativas entre variedades, con valores desde 4,4 a 5,4 t ha⁻¹ en el suelo salino. Por su parte, Batista *et al.* (2017), plantean que la biomasa y la altura de la plántula son características importantes para conocer la tolerancia a la salinidad.

Damián *et al.* (2018), utilizaron enmiendas a base de yeso agrícola, compost mejorado y enriquecido con microorganismos y humus de lombriz como mejorador de suelo en el cultivo de arroz; encontrando que la aplicación yeso agrícola y materia orgánica (humus de lombriz y compost mejorado), obtuvo un rendimiento de 4 795,20 kg ha⁻¹ de arroz, superando al tratamiento sin materia orgánica, obtuvieron un rendimiento de 3 124 kg ha⁻¹ de arroz.

Por su parte, Hu y Barker (2004), evaluaron el efecto de tres compost (restos agrícolas, lodos y de residuos de jardín) sobre la biomasa de planta, número de flores, frutos y hojas y sus biomásas secas, demostraron que el mejor compost sobre las variables evaluadas fue el compost de restos agrícolas.

Un trabajo realizado en respuesta agronómica del arroz al riego salino en diferentes etapas del cultivo se determinó que la salinidad afectó fundamentalmente al componente de rendimiento. Los componentes más afectados fueron el número de panículas/m² y el número de granos llenos/panícula, que se determinan durante la fase vegetativa y reproductiva, respectivamente (Aguilar *et al.* 2016).

Investigaciones de Khanam *et al.* (2018), en el efecto de la salinidad del agua de riego sobre el crecimiento y rendimiento de dos cultivares de arroz BR55 y BR43 en Bangladesh determinaron que el estrés salino causó una reducción significativa del rendimiento en ambos cultivares de arroz y los parámetros de rendimiento fueron menores en BR55 que en BR43. Finalmente, concluyeron que el cultivar BR55 mostró mayor tolerancia a la sal que en BR43.

2.25. CARACTERIZACIÓN DE SISTEMA DE PRODUCCIÓN

En los agrosistemas la descripción de sus componentes coadyuva a su identificación como base para caracterizarlos, se estudia entre otros aspectos: los acontecimientos, actores, procesos y contexto de una experiencia o un hecho (Sánchez *et al.* 2008).

La caracterización es tipificar a través de descripciones cualitativas o cuantitativas con el fin de profundizar el conocimiento sobre algo, es armar una estructura ordenada conceptual, que se hace desde la perspectiva de la persona que la realiza; partiendo de un trabajo de indagación documental del pasado y presente o de un fenómeno (Strauss y Corbin 2002). Conseguida la caracterización, su importancia radica porque nos permite establecer una línea de base de un sistema de producción con sus inter relaciones de variables sociales, económicas, ambientales y productivas (Holguín *et al.* 2008).

En la producción agrícola se requiere caracterizar y clasificar los sistemas de producción arroceras para desarrollar un plan de mejoras tecnológicas. Esta caracterización describe los problemas sociales, productivos, económicos y ambientales que ocurren en la finca (Criollo *et al.* 2016). Tipificar se refiere al establecimiento y construcción de posibles grupos basados en características observadas (Rocha *et al.* 2016). Los estudios de caracterización y clasificación son de gran utilidad para proponer estrategias de mejora en los aspectos más críticos identificados (Borja *et al.* 2018).

Como etapa determinante para el desarrollo del método de investigación en sistemas de producción, según Malagon y Prager (2001), la caracterización consiste en determinar un conjunto de variables para distinguir una zona o unidad de producción en particular y que la hace diferente a otras. Además, permite analizar y proponer alternativas de solución apropiadas para lograr una mayor sustentabilidad de la finca, lo que implica ubicar, delimitar, identificar y describir todos los componentes que la integran, para realizar un ordenamiento de la misma bajo criterios de sustentabilidad (Fernández *et al.* 2008).

En la identificación y tipificación de las fincas, se han utilizado distintas técnicas multivariantes. Al respecto Mora *et al.* (2014), utilizaron el análisis de componentes principales (ACP) para resumir en pocas dimensiones la mayor parte de la variabilidad de un gran número de variables. Sánchez *et al.* (2008), utilizaron técnicas de análisis de agrupamiento o clustering (AC) para agrupar objetos basándose en los atributos que estos poseen y, emplean el análisis de discriminante canónico para identificar las posibles diferencias entre grupos.

Existen reportes en Perú, donde se han utilizado el análisis de conglomerados para analizar fincas que producen mandarina (*Citrus reticulata*) en Cañete (Collantes *et al.* 2015), donde también se empleó el método de Ward con una distancia euclídea al cuadrado de 20 (Juárez *et al.* 2015).

Márquez (2015), resalta que la caracterización consiste en la descripción y análisis de los aspectos naturales y sociales relevantes de un área, entre los cuales se destacan los edafoclimáticos, tenencia de la tierra y producción, con el propósito de identificar los sistemas existentes y reconocer los problemas más importantes. Por otra parte, Coronel y Ortuño (2005), señalaron que adecuadas clasificaciones de los sistemas productivos pueden apoyar el diseño de políticas agropecuarias en una zona, facilitar la transferencia de tecnología, entre otros temas. En esta misma línea de pensamiento, es pertinente puntualizar que los entes productivos no están formados por explotaciones homogéneas, estos son diversos, donde se destacan caracteres físicos, socioeconómicos o técnicos. En la finca (hogar agropecuario), sus recursos con sus flujos se generan e interactúan en la misma parcela.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. DETERMINACIÓN DE LA SALINIDAD DEL SUELO Y DEL AGUA COMO LIMITANTES DE LA PRODUCCIÓN DE ARROZ EN EL CANTÓN SAN JACINTO DE YAGUACHI, ECUADOR

En este estudio se colectaron muestras de suelo y agua de las fincas de los productores y se realizaron los análisis físicos y químicos para determinar la salinidad.

3.1.1. Ubicación

La investigación se realizó en el cantón San Jacinto de Yaguachi, provincia del Guayas, Ecuador, ubicado a $2^{\circ} 5' 48.5''$ Latitud Sur, $79^{\circ} 41' 41.4''$ Longitud Oeste y 15 m.s.n.m. En la Figura 3 se destaca los puntos de muestreo dentro del área elegida para el desarrollo de la investigación.

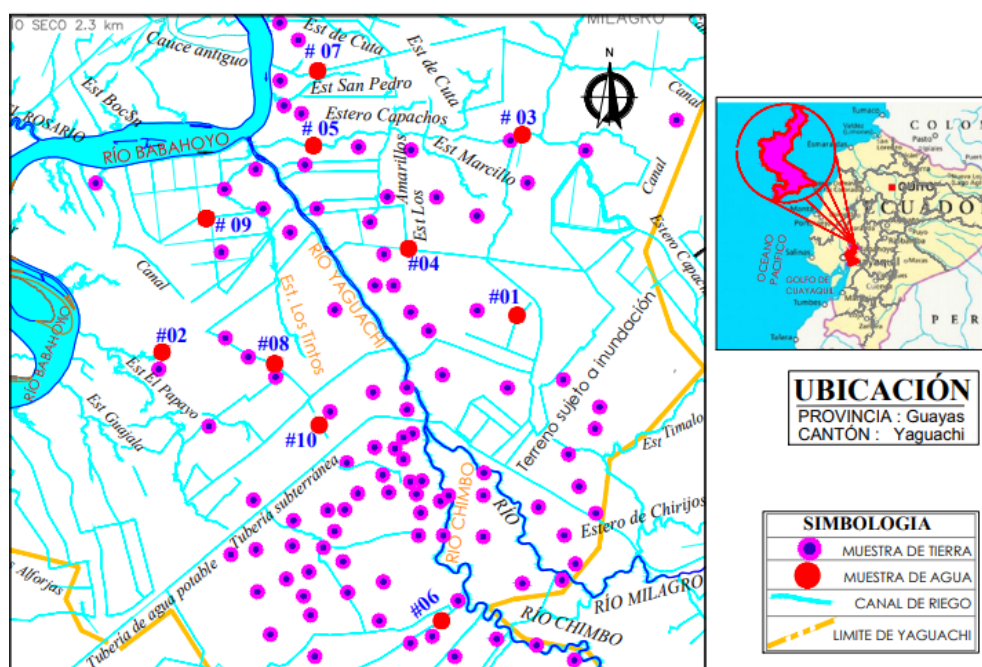


Figura 3. Mapa de ubicación con los puntos de muestreo de suelo y agua en el cantón San Jacinto de Yaguachi, provincia del Guayas, Ecuador

3.1.2. Características del clima

El cantón San Jacinto de Yaguachi tiene un clima tropical de sabana (Aw) de acuerdo a la clasificación climática de Koeppen (Peel *et al.* 2007). Los promedios para la precipitación acumulada y la temperatura media mensual (periodo del 2000 al 2020) se observan en la Figura 4.

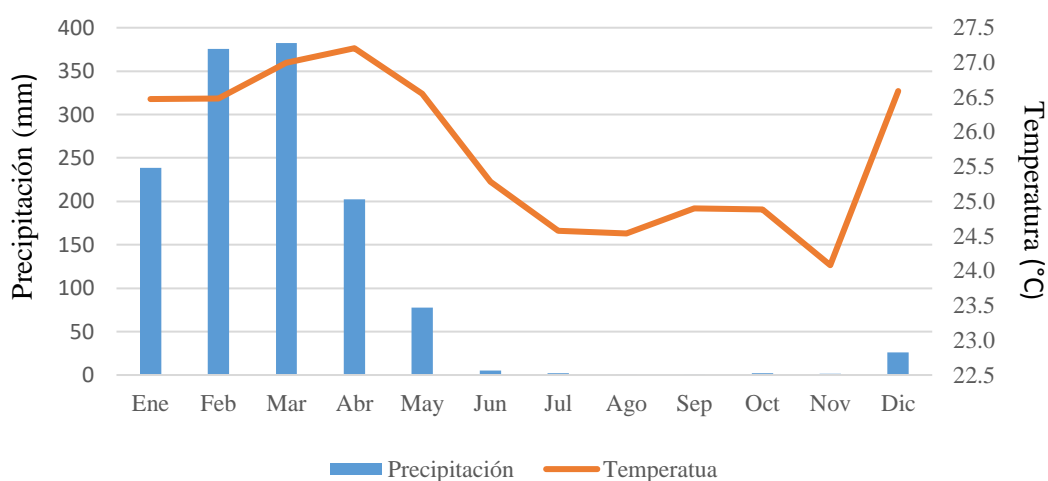


Figura 4. Promedio mensual de precipitación y temperatura del área de estudio en el cantón San Jacinto de Yaguachi, provincia del Guayas, Ecuador (2000 - 2020)

La precipitación acumulada anual es de 1 314,74 mm y es marcadamente estacional, con una estación lluviosa (llamada invierno en el Ecuador) que se extiende entre los meses de enero a mayo, concentran el 97,12 por ciento de la precipitación anual (con picos en febrero y marzo), y una estación seca entre junio a diciembre. La temperatura media mensual varía entre 24,0 a 27,2 °C. La velocidad media del viento es de 0,8 m s⁻¹ y la humedad relativa de 80 por ciento (INAMHI 2021).

3.1.3. Características de los suelos

Los suelos del cantón son clasificados como Vertisoles, caracterizados por un contenido de arcilla mayor de 35 por ciento, del cual, más de 50 por ciento corresponde a arcillas expandibles. Los suelos son muy plásticos y pegajosos, y presentan severo agrietamiento e hinchamiento del suelo; son mal drenados (Mejía 1997), de permeabilidad baja, con un depósito aluvial reciente de unos 20 cm de espesor, a mayor profundidad de color gris o parda oscuro a negra con colores de Gley con presencia de agua freática salina (Proaño y Briones 2008), además, presenta moteados con chroma < 2 en los primeros 60 cm y debajo

de los horizontes AB (Mejía 1997). En su parte subsuperficial aparece agregados en forma de cuña con superficie pulidas y acanaladas (slickensides). Al secarse forman grietas anchas y profundas desde la superficie hacia abajo (Gardi *et al.* 2014).

3.1.4. Materiales y equipos

Materiales:

- Bolsas de plástico, flexómetro, palas, fundas de papel, marcadores, libreta de campo, etiquetas de campo, baldes, sacos de polipropileno, botellas de polipropileno, hielera y machetes.

Equipos:

- GPS portátil Garmin, modelo Monterra, determinador de conductividad eléctrica y cámara fotográfica.

3.1.5. Muestreo de suelos y aguas

El muestreo de los suelos fue realizado en septiembre de 2018. El área de estudio (19 027 ha comprendidas en las dos márgenes del río Yaguachi), fue dividida en cuatro subsectores considerando los puntos cardinales y utilizando el mapa de suelos proporcionado por el gobierno municipal del cantón San Jacinto de Yaguachi. Siendo el área de estudio una planicie con escasa diferenciación y para tener una muestra representativa, se establecieron franjas de 1 000 m de ancho desde las dos riberas del río hacia adentro, en forma perpendicular al cauce del río. Para el muestreo de suelos, se determinaron 99 parcelas agrícolas (UPAs) en forma aleatoria dentro de las franjas y georreferenciadas con un GPS (Garmin® modelo Monterra).

Las muestras de suelos fueron compuestas de 15 submuestras, colectadas en la capa arable (20 cm) de cada parcela de acuerdo al procedimiento descrito por Salazar y Sánchez (2010).

Para el muestro del agua se seleccionaron 10 sitios distribuidos entre los canales de riego dentro del área de estudio. Los puntos fueron posicionados con un GPS portátil Garmin® modelo Monterra. Las muestras fueron colectadas de la parte superficial del canal de riego (0,30 m), empleando botellas de polietileno; y fueron trasladadas inmediatamente al laboratorio. Cada muestra fue formada de tres submuestras hasta alcanzar 1 L de volumen. En laboratorio se analizaron inmediatamente el pH y la CE. Posteriormente, las muestras fueron mantenidas en refrigeración a 4 °C, hasta continuar con los restantes análisis.

3.1.6. Método de análisis químicos de suelos

Los análisis químicos de suelos se realizaron en el laboratorio químico del Centro Investigación de Caña de Azúcar del Ecuador (CINCAE). El pH y la CE (extracto de saturación) fueron determinados según metodología indicada por Fassbender (1987), como se indica en el Anexo 1.

Posteriormente, 34 muestras fueron escogidas considerando la homogeneidad de la zona para un análisis más detallado. La textura del suelo fue determinada por el método de Bouyoucos modificado (ICA 1989), usando como dispersante hexametáfosfato de sodio y carbonato de sodio. Los cationes solubles: sodio, potasio, magnesio y calcio, determinados en el extracto de la pasta saturada. La capacidad de intercambio catiónico determinada mediante saturación con solución de acetato de amonio 1M y posterior destilación de Kjeldahl. El sodio (Na) intercambiable, fue extraído con acetato de amonio y cuantificado por espectrofotometría de absorción atómica. Finalmente se estimó el RAS y PSI.

3.1.7. Métodos de análisis químicos de aguas

En las muestras de aguas se analizaron el pH, CE, elementos sodio, potasio, calcio magnesio y los aniones bicarbonatos, cloruros, sulfatos y fosfatos. Además, se calculó la relación de absorción de sodio (RAS), sólidos totales disueltos (TDS), utilizando métodos de las normas ASTM (2005) y APHA (2005).

3.1.8. Metodología para la elaboración de los mapas de pH y CE

En una tabla Excel se colocaron las coordenadas geográficas de cada uno de los puntos de muestreo (100) y sus correspondientes valores de pH y CE (Anexo 2).

Esta tabla fue adicionada al Sistema de Información Geográfica (GIS), utilizando el software ArcGIS – ArcMap, Versión 10.5, ploteando sus puntos, se observó una coincidencia en la localización entre los puntos 8 y 9 (duplicación), por lo que fue eliminado el punto 9. Luego se hizo el gráfico con los 99 puntos, conservando sus numeraciones originales registradas en la guía de campo, para evitar confusiones. Posteriormente se hizo la transformación al formato *shape*, requerido para su análisis en el GIS (Figura 5).

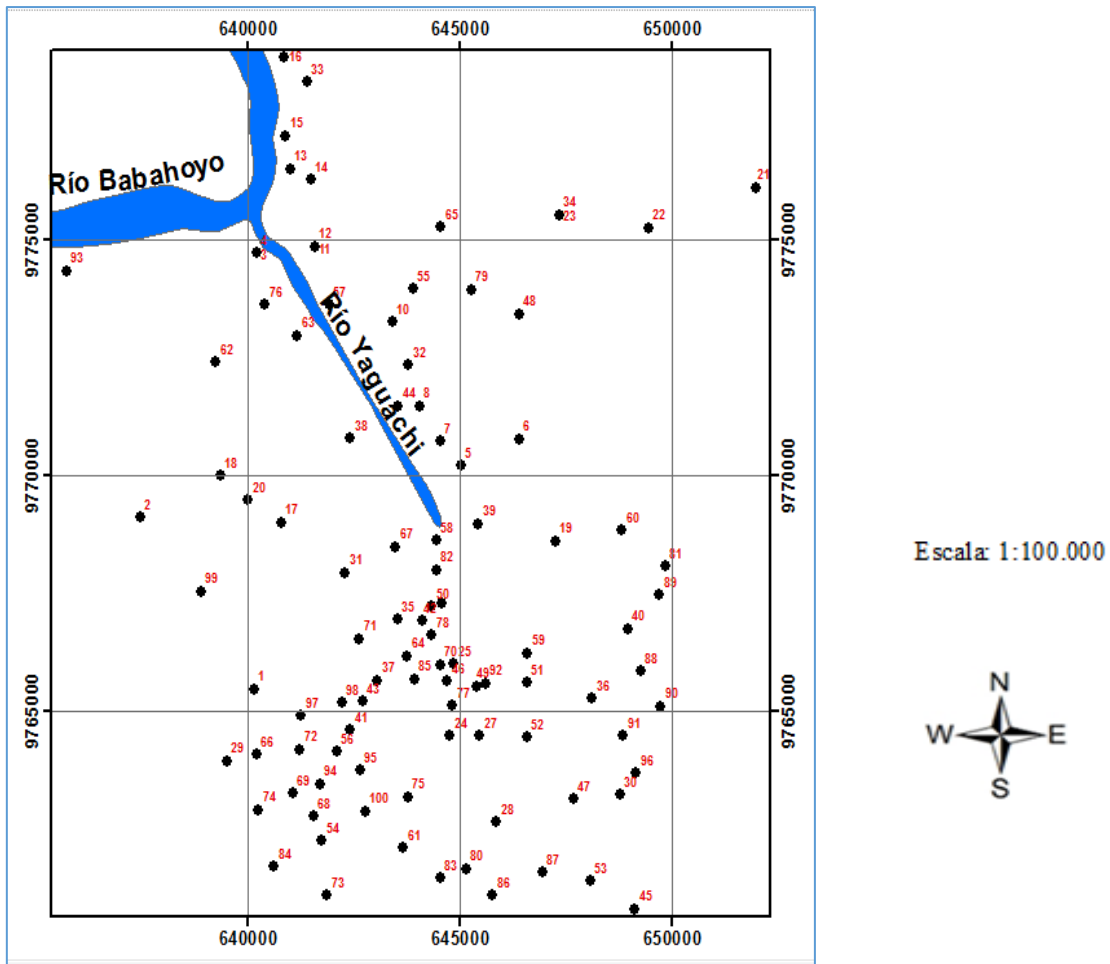


Figura 5. Transformación de datos al formato shape requerido para su análisis en el Sistema de Información Geográfica (GIS)

Fuente: FAO (2015)

En el GIS se interpolaron los datos de CE y pH, utilizando en cada caso la herramienta “*spline*”, que, si bien es cierto, considera valores que pueden estar fuera de rango; en cambio, asegura superficies suaves en el resultado (Figura 6).

Luego de obtenidos los resultados de la interpolación en formato raster, se procedió a través de la herramienta “*contour*” a trazar las isólinas correspondientes de pH y CE, fijando para cada uno los intervalos para el trazado de las mismas (Figura 7).

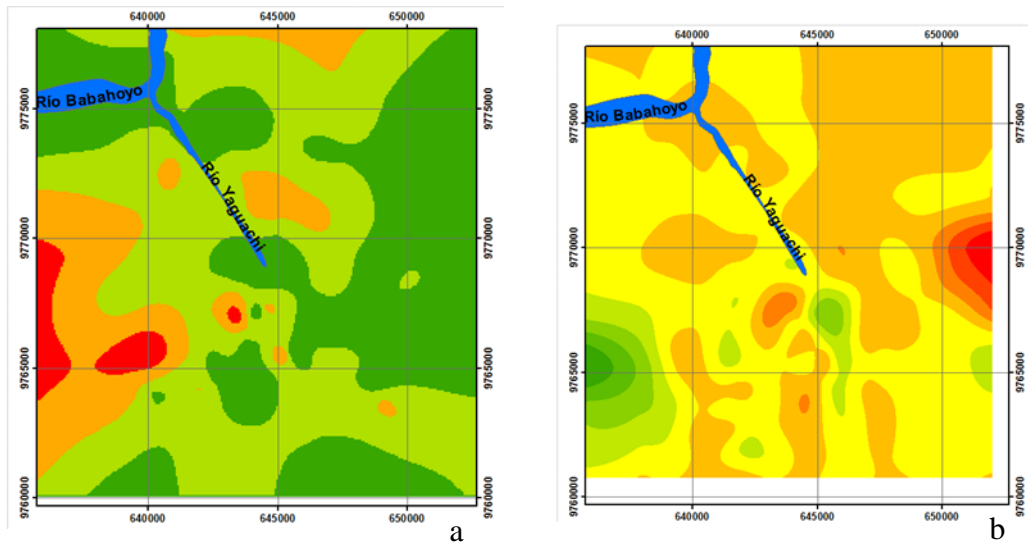


Figura 6. Resultado de la interpolación para la CE (a) y para el pH (b)

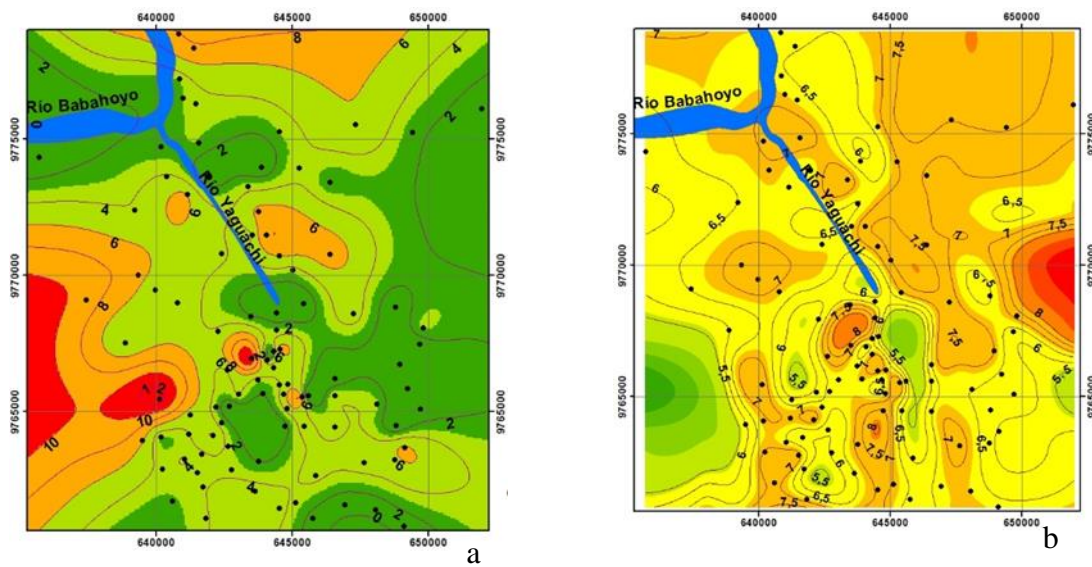


Figura 7. Resultado de la interpolación e isolíneas para la CE (a) y para el pH (b)

Finalmente, se elaboraron los mapas resultantes, generando las cuadrículas para el posicionamiento geográfico y la leyenda correspondiente, considerando para el caso de la CE del suelo y el rendimiento esperado del cultivo de arroz, como se observa en la Tabla 12 (Willadino y Rangel 2010).

Tabla 12: Rangos de CE (dS m⁻¹) y reducción en la cosecha de arroz

Rangos CE (dS m⁻¹)	Reducción en el rendimiento (%)
0.0 - 3.0	0
3.0 - 3.8	10
3.8 - 5.1	25
5.1 - 7.2	50
> 7.2	> 50

Para finalizar, la investigación fue descriptiva, la información obtenida fue a través del muestreo de suelos y agua para el riego. Los datos obtenidos fueron analizados utilizando técnicas estadísticas tales como: medidas tendencia central y de dispersión; los cuales fueron calculados mediante el programa estadístico Minitab versión 19.

3.2. DIAGNÓSTICO Y CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE ARROZ EN EL CANTÓN SAN JACINTO DE YAGUACHI, ECUADOR CON ÉNFASIS EN ESTRATEGIAS PARA MITIGAR EL EFECTO DE LA SALINIDAD

Para el diagnóstico del sistema de cultivo en la producción de arroz de la zona, se empleó la estadística no paramétrica, que es de tipo descriptivo. Previo a la obtención de la encuesta, se realizó un diagnóstico del manejo agrícola del cultivo de arroz, para lo cual se entrevistó a dirigentes arroceros de la comunidad, eligiendo a personas de mayor edad, con experiencia y conocimiento de la historia arrocera del lugar. Adicional a esto, se realizaron reuniones con representantes del INIAP, piladoras de arroz y cinco técnicos agrícolas del Ministerio de Agricultura, dedicados al trabajo arrocero (Anexo 3).

3.2.1. Descripción de la población en estudio

a) Población y muestra

Según las referencias del levantamiento Censal realizado por SINAGAP (2014), en el cantón San Jacinto de Yaguachi existen 2235 UPAs, cultivadas con arroz. Estas UPAs constituyen el universo de esta investigación.

b) Muestra

Se realizaron 113 encuestas con un 90 por ciento de confianza, tamaño de la muestra determinado utilizando la ecuación del método por proporciones y propuesta por Scheaffer *et al.* (1987).

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

Dónde:

n : Número de muestras

N: Población

σ^2 : varianza = p*q = 0,5

B: Límite de error de estimación (10 por ciento)

4 = Nivel de confianza del 90 por ciento

La encuesta se formuló en base a un cuestionario de preguntas dicotómicas, de selección múltiple, y de tipo abierta y cerrada (Anexo 4).

3.2.2. Tipos de preguntas del cuestionario de la encuesta

- Dicotómicas: Sólo acepta como respuesta: Si o No
- Selección múltiple: Permite elegir varias respuestas dentro de una serie.
- Abiertas: Deja en libertad al entrevistado de responder lo que considere conveniente.
- Cerradas: El entrevistado solo puede elegir una respuesta de una serie de respuestas.

3.2.3. Procedimientos para el análisis de componentes principales y conglomerados

Se analizó la información sistematizada, seleccionando 39 variables con alto poder discriminante, (CV > 60 por ciento (Ávila *et al.* 2000). La información de caracterización fue sistematizada en hojas de cálculo Excel 2017, y analizadas con el paquete estadístico Infostat, empleando Análisis Multivariado, siguiendo los lineamientos recomendados por Escobar y Berdegué (1990) y Coronel y Ortuño (2015). 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 de 10 y graficadas en un dendograma.

3.3. USO DE FUENTES ORGÁNICAS Y MINERALES COMO ALTERNATIVA TECNOLÓGICA PARA MITIGAR LA SALINIDAD EN SUELOS ARROCEROS DEL CANTÓN SAN JACINTO DE YAGUACHI, ECUADOR.

3.3.1. Ubicación

La investigación se realizó en la finca del Sr. Víctor Moncada, productor de arroz de la Asociación Guajala, ubicada en el cantón San Jacinto de Yaguachi, Ecuador, durante la época seca desde agosto de 2018 a enero 2019. La ubicación geográfica de la finca es de 2° 5' 48.5" Latitud Sur, 79° 41' 41.4" Longitud Oeste a 15 m.s.n.m.; y topografía plana.

3.3.2. Características del clima

El cantón San Jacinto de Yaguachi presenta temperatura media anual que varía de 24,5 °C a 26 °C, con máxima de 36 °C, precipitación media anual variando de 750 a 1228 mm, velocidad media del viento de 0,8 m s⁻¹ y humedad relativa del 80 por ciento (INAMHI 2021).

3.3.3. Características del suelo del ensayo

Según la clasificación de la base referencial mundial del recurso suelo (IUSS Working Group WRB, 2015), el suelo es un vertisol, con un contenido de entre 35 a 50 por ciento de arcilla de tipo 2:1 expandible, pegajosa y plástica. Algunos suelos agrietados e hinchados severos, mal drenados, saturados de agua, estado que en algunos casos dura más de 60 días; además, tiene moteado con cromas < 2 en los primeros 60 cm y por debajo de los horizontes AB (Mejía 1997); con pH de 6,79 de y contenido de materia orgánica de 4,06 por ciento.

El suelo de la capa arable del campo experimental fue muestreado el 23 de agosto del 2018. La muestra fue enviada al laboratorio químico del Centro Investigación de Caña de Azúcar del Ecuador (CINCAE) para el análisis físico y químico. El pH y la CE (extracto de saturación) fueron determinados según metodología indicada por Fassbender (1987). La textura del suelo fue determinada por el método de Bouyoucos modificado (ICA 1989). Los cationes solubles, la capacidad de intercambio catiónico, sodio (Na) intercambiable y finalmente se estimó el RAS y PSI, se determinaron tal como se indica en el literal 3.1.6. El fósforo fue determinado por el método de Olsen modificado.

Las características físicas y químicas del suelo se presentan en la Tabla 13. La textura del suelo es arcillosa, con un contenido de materia orgánica (4,06 por ciento). El pH fue ligeramente ácido a neutro y catalogado como salino.

Tabla 13: Propiedades físicas y químicas del suelo utilizado para la investigación

Elementos	Símbolo	Valores
pH		6,79
Conductividad eléctrica (dS m ⁻¹)	CE	7,44
Clase textural		Arcillosa
Materia orgánica (%)	MO	4,06
Fósforo (mg kg ⁻¹)	Disponibile P	3,69
Sodio (meq L ⁻¹)	Soluble Na	16,60
Potasio (meq L ⁻¹)	Soluble K	0,62
Calcio (meq L ⁻¹)	Soluble Ca	12,20
Magnesio (meq L ⁻¹)	Soluble Mg	12,70
Sodio intercambiable (cmol kg ⁻¹)	Na*	4,12
Capacidad de intercambio catiónico (cmol kg ⁻¹)	CIC	56,82
Sodio intercambiable (%)		7,30
Azufre (mg L ⁻¹)	S	490,20
Boro (mg L ⁻¹)	B	0,63
Relación de adsorción de sodio		4,70

*Determinación del sodio (Na), con solución de acetato de amonio 1M.

3.3.4. Características de las enmiendas orgánicas y químicas

Las enmiendas orgánicas como vinaza y cachaza fueron conseguidas en el ingenio La Troncal, porquinaza en Pronaca, compost en Agropesa, leonardita comercialmente vendida como Humivita® y sulfato de calcio (enmienda mineral) en Jiloca Industrial S.A. (JISA). La caracterización física y química de las enmiendas orgánicas ensayadas se describen en la Tabla 14.

Tabla 14: Caracterización física y química de las enmiendas orgánicas utilizadas

Características	Enmiendas				
	Leonardita	Vinaza	Compost	Cachaza	Porquinaza
pH	2,82	4,95	7,08	5,27	3,86
CE (dS m ⁻¹)	8,7	14,24	3,01	5,3	3,86
MO (%)	66,3	1,1	54,25	56,80	71,6
C (%)	38,6	0,64	31,46	33,02	41,6
C/N		14,50	35,29	19,71	14,7
N (%)	1,00	0,04	2,25	0,94	2,84
P (%)	0,07	0,005	2,18	1,29	1,0
K (%)	0,08	0,45	0,44	0,83	0,64
Ca (%)	0,63	0,09	2,04	3,26	3,65
Mg (%)	0,06	0,03	0,35	0,47	0,35
Zn (mg kg ⁻¹)	19,4	0,64	166,9	19,40	1187
Cu (mg kg ⁻¹)	10,2	1,76	53,7	10,20	284,5
Fe (mg kg ⁻¹)	14 760	23,40	17 230	14 760	12 700
Mn (mg kg ⁻¹)	34,6	2,6	881	34,6	513,7

3.3.5. Material vegetal (variedad INIAP FL-1480)

Para el presente experimento, se emplearon semillas de la variedad de arroz INIAP FL-1480.

Las características agronómicas de esta variedad se pueden observar en la Tabla 15.

Tabla 15: Principales características de la variedad INIAP FL-1480

Variables	Valores y/o calificación
Rendimiento potencial (t ha ⁻¹) ¹	6
Floración transplante (días)	89
Altura de planta (cm)	102
Números de panículas por sitio ²	15
Longitud de panícula (cm)	26
Granos por panícula	133
Peso de 1000 granos (g)	28,3
Grano entero al pilar (por ciento)	66
Longitud del grano descascarado (mm) ³	7,6
Hoja blanca	Tolerante
Manchado del grano	Tolerante
<i>Pyricularia grisea</i> (Saac)	Tolerante
<i>Sarocladium oryzae</i>	Tolerante
<i>Rhizoctonia solani</i>	Tolerante
<i>Tagosodes orizicolus</i> (Muir)	Tolerante
Acame de plantas	Tolerante
Latencia en semanas	Resistente

^{1.} Rendimiento de arroz en cáscara al 14 por ciento de humedad

^{2.} Considerando el promedio de 16 sitios por m² en transplante

^{3.} Grano extra largo más de 7,5 mm

Fuente: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias - INIAP (2016)

3.3.6. Materiales y equipos

Materiales:

- Palas, fundas de plástico y papel, flexómetro, marcadores, libreta de campo, etiquetas de campo, baldes, sacos de polipropileno, botellas de polipropileno, hielera, hoces, y machetes.

Insumos:

- Fertilizantes: urea, superfosfato triple, sulfato de amonio ((NH₄)₂SO₄), sulfato de potasio (K₂SO₄).

Equipos:

- Bomba de mochila, determinador de humedad, conductímetro digital, medidor de clorofila, bomba de agua, estufa, cámara fotográfica y balanzas mecánica y electrónica.

Maquinaria:

- Tractor con implementos de arado y rastra

3.3.7. Delineamiento del experimento

Tipo de diseño:	Bloques completos al azar
Número de tratamientos:	7
Número de repeticiones:	4
Número de parcelas:	28
Número de hileras/parcela:	16
Número de hileras útiles/parcela:	10
Distancia entre plantas	0,20
Distancia entre hileras (m)	0,25
Distancia entre bloques (m)	1
Distancia entre parcelas experimentales (m)	1
Ancho de la parcela (m)	4,80
Longitud de la parcela (m)	6,00
Área de cada parcela (m ²)	28,80
Área útil de parcela (m ²)	12
Área total del experimento (m ²)	1 351,60

3.3.8. Tratamientos evaluados

Los tratamientos evaluados fueron una enmienda mineral y cinco orgánicas, más un tratamiento testigo en dosis indicadas en la Tabla 16. Las enmiendas orgánicas como vinaza y cachaza fueron conseguidas en el ingenio La Troncal, porquinaza en Pronaca, compost en Agropesa, leonardita y sulfato de calcio (enmienda mineral) en Jiloca Industrial S.A. (JISA).

Tabla 16: Tipo y dosis de enmiendas aplicadas

Tratamiento	Enmiendas	Dosis kg ha ⁻¹	Referencias
1	Leonardita*	150	Hernández (2011)
2	Sulfato de calcio	1500	Cedeño (2015)
3	Vinaza	10000	
4	Compost	15000	Rodríguez <i>et al.</i> (2009)
5	Cachaza	15000	Forero <i>et al.</i> (2010)
6	Porquinaza	10000	Rodríguez <i>et al.</i> (2009)
7	Ninguna	-----	

*Leonardita: comercialmente vendida como Humivita®

3.3.9. Manejo agronómico del ensayo

a) Elaboración de semillero

En un lote adyacente al de la investigación, se preparó el suelo para el semillero (1 m de ancho x 10 m de largo), donde se dispersaron las semillas pre germinadas de la variedad de arroz, INIAP FL-1480. Para pre germinar la semilla, se dejaron por un día en remojo y un día a obscuridad, tapado con plástico negro.

b) Preparación del terreno

La preparación del lote consistió en dos pases de romplow a profundidad de 20 cm, seguido se inundó el suelo, para hacer dos pases de fangueadora con la finalidad de dejarlo bien mullido y nivelado. Posterior a esto se incorporaron las enmiendas (Figura 8).



Figura 8. Preparación del suelo con pase fangueadora

c) Construcción de parrillas

Para independizar las parcelas y evitar contaminación entre tratamientos, manejo del riego individualizado y ordenado, se construyeron parrillas (muros) individuales en los límites de cada parcela (Figura 9).



Figura 9. Parcelas experimentales separadas por muros

d) Trasplante

Esta labor se realizó de forma manual, 23 dds en el semillero, colocando cuatro plántulas por sitio, sembradas a distancias de 0,25 m. por 0,20 m (Figura 10).



Figura 10. Trasplante manual e identificación de parcelas

e) Manejo de malezas

Se realizaron tres controles manuales de malezas a los 30, 45 y 60 ddt.

f) Manejo fitosanitario

Para el control de *Hydrellia* sp (mosquilla del arroz) se realizaron dos aplicaciones de cipermetrina en dosis de 0,4 L ha⁻¹. Para el control de *Rupela albinella*, aplicaciones de insecticidas cipermetrina 0,3 L ha⁻¹ y diazinon 1 L ha⁻¹. Para prevención de enfermedades, dos aplicaciones de los fungicidas Azoxystrobin 250 + Flutriafol 250 en dosis de 0,160 L ha⁻¹ cada uno.

g) Fertilización

A todas las parcelas experimentales, se aplicó una fertilización básica (Figura 11), establecida basados en los resultados obtenidos en los análisis de suelos, utilizando como fuente de nitrógeno sulfato de amonio y urea; para potasio, sulfato de potasio; para fósforo, súper fosfato triple. La dosis de nutrientes aplicada fue de 138,5 kg de N ha⁻¹; 62,8 kg de P₂O₅ ha⁻¹ y 30 kg de K₂O ha⁻¹



Figura 11. Aplicación de fertilizantes en ensayo de arroz

Los fertilizantes nitrogenados fueron fraccionados en tres aplicaciones a los 15 - 30 y 45 ddt, la fuente de fósforo y las enmiendas se las incorporaron antes del trasplante y el potasio a los 30 ddt. Además, se realizó una fertilización foliar a base de zinc, en dosis de 1,5 kg ha⁻¹, usando ZnSO₄.7H₂O. Según el análisis de suelo y a la demanda de la variedad de arroz INIAP FL-1480, se aplicó en todo el ciclo del arroz, las siguientes dosis de fertilizantes (Tabla 17).

Tabla 17: Dosis de fertilizantes por ha

Fertilizantes	Aplicaciones (ddt)				
	-4	15	30	45	Total
	Dosis kg ha ⁻¹				
Urea			154	76	230
Superfosfato triple*	136				136
Sulfato de amonio		160			160
Sulfato de potasio			58		58

* aplicado antes del trasplante.

h) Riego

A los 15 ddt se inició el riego, empleando el método de inundación, manteniendo una lámina de 10 cm de agua en el terreno, hasta quince días antes de la cosecha (Figura 12).



Figura 12. Ensayo de arroz, manteniendo una lámina de agua de aproximadamente 10 cm

3.3.10. Análisis físicos y químicos

Previo a la ejecución de la siembra, se realizó un muestreo del suelo de 0 a 0,20 m en varios puntos del área experimental y luego se hizo una muestra compuesta para su análisis. Se realizó empleando la misma metodología que se utilizó en el primer objetivo (literal 3.1.4 Muestreo de suelo).

a) Época de muestreo

La toma de muestra de suelo se realizó en agosto del 2018 (época seca), donde el agua del río Babahoyo usada para el riego (marea alta), presenta la mayor concentración de sales marinas, por el menor volumen de agua dulce que transporta.

3.3.11. Variables evaluadas

a) Altura de planta a la cosecha

A los 120 ddt (cosecha), en cinco plantas tomadas al azar y con una regla graduada en centímetros, se midió la altura, desde el nivel del suelo hasta el ápice de la panícula más alta, excluyendo las aristas.

b) Número de macollos m^{-2}

Esta variable se evaluó a la cosecha (120 ddt), colocando dentro del área útil de cada parcela, una cuadrícula de madera de $1 m^2$ y se contabilizó el número de macollos presentes.

c) Número de panículas m^{-2}

Utilizando las plantas donde se evaluaron el número de macollos, se contabilizaron el número de panículas a los 120 ddt (cosecha).

d) Longitud de panícula

En diez panículas colectadas al azar y a los 120 ddt (cosecha) se midió en centímetros la longitud de la panícula, tomando los datos desde el nudo ciliar hasta la punta del grano más pronunciado.

e) Número de granos por panícula

Los granos por panícula se contaron en diez panículas tomadas al azar, información colectada a los 120 ddt (cosecha).

f) Porcentaje de granos vanos

De las panículas seleccionadas para el conteo de granos vanos por panícula, se escogieron los granos vanos presentes, y se expresaron en porcentaje usando la fórmula:

$$\text{Granos vanos (\%)} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ granos vanos}}{\text{N}^{\circ} \text{ granos por panícula}} \times 100$$

g) Peso de 1 000 granos

Se contaron 1 000 granos por parcela y en una balanza de precisión se determinó su peso en gramos. Esta variable se evaluó a los 120 ddt (cosecha).

h) Rendimiento (kg ha⁻¹)

El peso de grano del área útil fue ajustado al 14 por ciento de humedad y expresado en kg. ha⁻¹, usando la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento (kg ha}^{-1}\text{)} = \frac{(100 - Hc) \times Pc}{(100 - 14)} \times \frac{10000}{Aup}$$

Dónde:

Hc = Humedad de campo.

Pc = Peso de campo.

Aup = Área útil de parcela

i) Índice de cosecha

Para el registro de la variable, se calculó la relación entre el peso de materia seca del grano (PMSG) y la suma de producción de materia seca de parte vegetativa (PMSV) más el peso de grano, utilizando la siguiente formula:

$$\text{Índice de cosecha} = \frac{\text{PMSG}}{\text{PMSV} + \text{PMSG}}$$

j) Peso de materia seca de parte vegetativa (PMSV)

Se determinó el peso total de panca húmeda (PHP) en 4 m², luego se colectó una sub muestra (PHPsubm) que fue colocada por 72 horas en estufa con circulación forzada de aire a 65 °C y se determinó el peso seco de panca (PSPsubm) y con ayuda de la siguiente ecuación, se obtuvo la producción de materia seca de la parte vegetativa (PMSP).

$$\text{PMSV} = ((\text{PHP} \times \text{PSPsubm}) / \text{PHPsubm})$$

k) Relación grano – panca

Estuvo determinada por la relación entre el peso del grano y el peso de la panca a un mismo porcentaje de humedad.

l) Contenido de clorofila

La evaluación se realizó a los 30, 45, 60 y 75 ddt, tomando dos datos por hoja para 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 permite obtener una estimación del contenido de clorofila, utilizando métodos espectrofotométricos.

m) Concentración foliar de nutrientes

A los 60 ddt (floración) se colectaron en cada unidad experimental muestras compuestas de 15 hojas para análisis nutricional. Las hojas muestreadas fueron aquellas que sobresalieron en altura. En los análisis de tejidos se utilizó el método de Kjeldahl para el N y la mineralización por digestión húmeda con mezcla nítrico - perclórica en relación de 5:1 (Henríquez *et al.* 1998), el P determinado por colorimetría, S por turbidimetría, mientras que los cationes, por espectrofotometría de absorción atómica.

n) Extracción de nutrientes ha⁻¹

Para las cantidades de nutrientes absorbidos por hectárea, se sumó el contenido de nutrientes del grano y el de la panca después de la cosecha (120 ddt). Para esto se utilizó la concentración de elemento y la producción de materia seca de la parte aérea.

ñ) Método de análisis de tejido vegetal

En las muestras de tejido vegetal de hojas y panca se realizaron los siguientes análisis de P, Na, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe y Mn se realizó con una digestión con ácido nítrico en digestor microondas (Aucatoma y Solis 2008) y se cuantificaron por espectrofotometría ICP-OES (Aucatoma y Solis 2011). El boro por calcinación y determinación colorimétrica con azomethina - H (Powell y Mitchell 1979). El análisis de nitrógeno por el método micro-Kjeldahl (Novozamsky *et al.* 1983, Adler y Wilcox 1985, Benton y Steyn 1973). El análisis de azufre con digestión en plancha de calentamiento abierta con ácido nítrico, perclórico y clorhídrico; y, cuantificación por método turbidimétrico con cloruro de bario en espectrofotómetro UVIS (Beaton *et al.* 1968, Tabatabai y Bremner 1970, Calero 1988).

3.3.12. Análisis estadístico

3.3.12.1. Diseño experimental

Las parcelas estuvieron distribuidas en el campo siguiendo el diseño de bloques completos al azar (DBCA), con siete tratamientos y cuatro repeticiones, dando un total de 28 unidades experimentales (Tabla 18).

El modelo aditivo lineal es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + e_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = Rendimiento obtenido en la k-ésima unidad experimental ubicada en el j-ésimo bloque bajo la i-ésima enmienda orgánica o química

μ = Media de la población

α_i = Efecto del i-ésima enmienda orgánica o química

β_j = Efecto del j-ésimo bloque

e_{ij} = Error experimental

Tabla 18: Esquema del análisis de varianza

Fuentes de variación	Grados de libertad	
Tratamiento	(t-1)	6
Bloques	(r-1)	3
Error Experimental	(t-1) (r -1)	18
Total	(t x r) -1	27

3.3.12.2. Tratamiento estadístico

Los datos fueron evaluados por medio del análisis de varianza y para comprobar las medias de los tratamientos, se utilizó la prueba de la diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey al 5 por ciento de probabilidad estadística. El programa estadístico fue InfoStat versión 2018 (Di Rienzo *et al.* 2018).

3.3.13. Análisis económico

Se realizó el análisis económico en base a la relación beneficio costo de los tratamientos, considerado, entre varios ítems, los beneficios del mejor tratamiento y los costos de las técnicas utilizadas.

El costo fijo incluye los gastos que se realizaron en el cultivo. El costo variable está determinado por el costo de los insumos y la mano de obra utilizada en los tratamientos. El costo total corresponde a la suma del costo variable y el costo fijo, mientras que el ingreso bruto se obtuvo multiplicando el rendimiento ajustado por el precio promedio del kilogramo de arroz en la zona de estudio estimado en 0,31 USD kg⁻¹ cuando se realizó el análisis. El beneficio neto se obtuvo de la diferencia del ingreso bruto y el costo total.

3.4. RESPUESTA DE CINCO VARIEDADES COMERCIALES DE ARROZ CULTIVADAS POR LOS AGRICULTORES DE SAN JACINTO DE YAGUACHI, ECUADOR A UN NIVEL ELEVADO DE SALINIDAD

3.4.1. Ubicación

La investigación se realizó en la finca del Sr. Víctor Moncada, productor de arroz de la Asociación Guajala, ubicada en el cantón San Jacinto de Yaguachi, Ecuador, durante la época seca de agosto a diciembre 2019. La ubicación geográfica, de la finca es de 2° 5' 48.5" Latitud Sur, 79° 41' 41.4" Longitud Oeste a 15 m.s.n.m.; y topografía plana.

3.4.2. Características del clima

El cantón San Jacinto de Yaguachi presenta temperatura media anual que varía de 24,5 °C a 26 °C, con máxima de 36 °C., precipitación media anual variando de 750 mm a 1228 mm, velocidad media del viento de 0.8 m s⁻¹ y humedad relativa del 80 por ciento (INAMHI 2021) citada en el ítem 3.3.2.

3.4.3. Características del suelo

Las características físicas y químicas del suelo se presentaron en la Tabla 13.

3.4.4. Materiales y equipos

Materiales:

- Palas, fundas de plástico y papel, flexómetro, marcadores, libreta de campo, etiquetas de campo, baldes y sacos de polipropileno, hielera, cinta métrica, hoces, y machetes.

Insumos:

- Semillas de arroz INIAP-FL- Arenillas, SFL 011, INIAP 14, INIAP 11 y Fedearroz 60, urea, superfosfato triple, sulfato de amonio (NH_4SO_4), sulfato de potasio (KSO_4), leonardita (humivita).

Equipos:

- Bomba de mochila, determinador de humedad, conductímetro digital, medidor de clorofila, bomba de agua, estufa, cámara fotográfica y balanzas mecánica y electrónica.

Maquinaria:

- Tractor con implementos de romplow y canasta para fanguadora.

3.4.5. Características agronómicas de las variedades de arroz

En la Tabla 19 se observa las características agronómicas de las variedades INIAP-FL- Arenillas, SFL 011, INIAP 14, INIAP 11 y Fedearroz 60.

Tabla 19: Principales características de las variedades de arroz

Descripción	INIAP FL- Arenillas	SFL 011	INIAP 14	INIAP 11	Fedearroz 60
Rendimiento (t ha ⁻¹) ¹	10	6 a 8	5,8 a 11	5,4 a 9,0	6 a 8
Ciclo vegetativo (días)	122	127 a 131	113 a 117	119 a 129	
Altura de la planta (cm)	106	126	99 a 117	90 a 110	98 a 115
Longitud del grano (mm) ²	7.31	7.52	6,6 a 7,7	7,2	
Índice de pilado (%)	70	67	66		
Latencia en semanas	8	4 a 6	4 a 6	4 a 5	
<i>Pyricularia oryzae</i>	Tolerante		Mod. Susceptible	Mod. susceptible	Tolerante
Manchado del grano	Tolerante	Mod. resistente	Mod. Resistente	Mod. resistente	
Hoja blanca	Tolerante	Resistente	Mod. Resistente	Resistente	Susceptible
<i>Sarocladium oryzae</i>	Tolerante		Mod. Susceptible		
<i>Rhizoctonia solani</i>	Tolerante		Tolerante		Susceptible
<i>Tagosodes orizicolus</i>	Tolerante		Tolerante	Resistente	
Acame de plantas	Resistente		Susceptible	Mod. resistente	Tolerante

^{4.} Rendimiento de arroz en cáscara al 14 por ciento de humedad

^{5.} Grano extra largo más de 7.5 mm

Fuente: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias – INIAP (2016)

3.4.6. Delineamiento del experimento

Las características del campo experimental se resumen en la Tabla 20.

Tabla 20: Delineamiento del área experimental

Número de repeticiones	3
Número de hileras/parcela	16
Distancia entre plantas (m)	0,20
Distancia entre hileras (m)	0,25
Plantas por golpe	5
Densidad de plantas (ha)	200 000
Número de plantas evaluadas por unidad experimental	20
Distancia entre parcela grande (m)	3
Distancia entre bloques (m)	2
Distancia entre parcelas experimentales (m)	0,5
Ancho de la parcela (m)	4,0
Longitud de la parcela (m)	6,00
Área de cada parcela (m ²)	28,80
Área útil de parcela (m ²)	10

3.4.7. Tratamientos evaluados

Se estudió el factor enmienda, que consistió en aplicar leonardita en dosis de 150 kg ha⁻¹ y otras sin aplicación. El otro factor fue genético, evaluando el comportamiento de cinco variedades comerciales de arroz. Con estos dos factores se obtuvieron 10 tratamientos indicados en la Tabla 21. La enmienda que se utilizó fue un producto comercial que contenía materia orgánica oxidable (33 por ciento) y ácidos húmicos (18 por ciento) procedentes de leonardita.

Tabla 21: Tratamientos resultantes de la interacción de factores en estudio

Tratamiento	Factor A (enmienda) parcela grande	Factor B (variedades de arroz) parcela pequeña	Combinaciones
1	A1 (Sin enmienda)	B1 (INIAP FL – Arenillas)	A1B1
2	A1 (Sin enmienda)	B2 (SFL 011)	A1B2
3	A1 (Sin enmienda)	B3 (INIAP 14)	A1B3
4	A1 (Sin enmienda)	B4 (INIAP 11)	A1B4
5	A1 (Sin enmienda)	B5 (Fedearroz 60)	A1B5
6	A2 (150 kg ha ⁻¹ leonardita)	B1 (INIAP FL – Arenillas)	A2B1
7	A2 (150 kg ha ⁻¹ leonardita)	B2 (SFL 011)	A2B2
8	A2 (150 kg ha ⁻¹ leonardita)	B3 (INIAP 14)	A2B3
9	A2 (150 kg ha ⁻¹ leonardita)	B4 (INIAP 11)	A2B4
10	A2 (150 kg ha ⁻¹ leonardita)	B5 (Fedearroz 60)	A2B5

3.4.8. Manejo agronómico del ensayo

a) Elaboración de semillero

En un lote adyacente al de la investigación, se preparó el suelo para el semillero (1 m de ancho x 10 m de largo), donde se depositaron, por separado, las semillas de arroz pregerminadas, correspondientes a las variedades de arroz: INIAP-FL- Arenillas, SFL 011, INIAP 14, INIAP 11 y Fedearroz 60. Para pre germinar la semilla, se dejaron por un día en remojo y un día a oscuridad, tapado con plástico negro.

b) Preparación del terreno

La preparación de la parcela consistió en dos pases de romplow a profundidad de 20 cm, seguido se inundó el suelo, para hacer dos pases de fanguadora con la finalidad de dejarlo bien mullido y nivelado. Posterior a esto se incorporó la enmienda (leonardita).

c) Construcción de parrillas

Para independizar las parcelas y evitar contaminación entre tratamientos, manejo del riego individualizado y ordenado, se construyeron parrillas (muros) individuales en los límites de cada parcela.

d) Manejo de malezas

Se realizaron dos controles manuales de malezas a los 30 y 60 ddt.

e) Manejo fitosanitario

El control de plagas y enfermedades se realizó como se describe en el numeral 3.3.9.

f) Fertilización

La fertilización se realizó como se describe en el numeral 3.3.9.

g) Riego

Se empleó el riego por inundación, aplicando cada 15 días. Se mantuvo una lámina de agua de 10 cm de agua en el terreno, hasta 15 días antes de la cosecha.

Variables evaluadas

Las variables evaluadas fueran las mismas descritas en el numeral 3.3.11.

3.4.9. Análisis estadístico

3.4.9.1. Diseño experimental

Las parcelas estuvieron distribuidas en el campo siguiendo el diseño Bloques Completos al Azar (DBCA), con parcelas divididas, las parcelas grandes correspondieron a las enmiendas y las parcelas pequeñas a las variedades de arroz, todas con tres repeticiones; dando un total de 30 unidades experimentales (Tabla 22).

Tabla 22: Esquema del análisis de varianza

Fuentes de variación	Grados de Libertad	
Bloques	(r-1) 3-1	2
Factor A (enmienda)	(a - 1) 2-1	1
Error A	(a-1) x (r-1)	2
Factor B (variedades)	(v-1)	4
Enmiendas (a) x variedades (v)	(a-1)(v-1)	4
Error experimental	a (r-1) (b-1)	16
Total	(t x r) -1	29

3.4.9.2. Modelo matemático

El modelo matemático es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + B_j + A_i + AB_{ij} + P_k + (\alpha P)_{ik} + \epsilon_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = Total de una observación.

μ = Media de la población.

B_j = Efecto del j-ésimo bloque

A_i = Efecto del i-ésima dosis de enmienda

AB_{ij} = Error experimental asociado a dosis de enmienda

P_k = Efecto del k-ésima variedades de arroz (factor B).

$(\alpha P)_{ik}$ = Efecto debido a la interacción del i-ésimo nivel del factor A con el k-ésimo nivel del factor B.

ϵ_{ijk} = Error experimental asociado a las variedades de arroz.

3.4.9.3. Tratamiento estadístico

Pruebas de rangos múltiples

Los datos fueron evaluados usando el análisis de varianza, comprobándose las medias de los tratamientos con la prueba HSD de Tukey al 5 por ciento de probabilidad estadística.

3.4.10. Análisis económico

Se realizó el análisis económico tal como se describe en el numeral 3.3.10.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DETERMINACIÓN DE LA SALINIDAD DEL SUELO Y DEL AGUA COMO LIMITANTES DE LA PRODUCCIÓN DE ARROZ EN EL CANTÓN SAN JACINTO DE YAGUACHI, ECUADOR

4.1.1. Clases texturales de los suelos

De acuerdo a los reportes analíticos del suelo realizado en muestreo de 34 parcelas arroceras, el 76,5 por ciento del suelo estudiado presentó textural arcillosa, seguido de un 5,9 por ciento como franco, franco-arcilloso, franco-arcilloso-limoso y arcilloso-limoso (Figura 13), se clasifican como vertisoles porque contienen más de 35 por ciento arcilla, plástica y pegajosa con 50 por ciento de la fracción de arcilla expandible (2:1) de tipo montmorillonita.

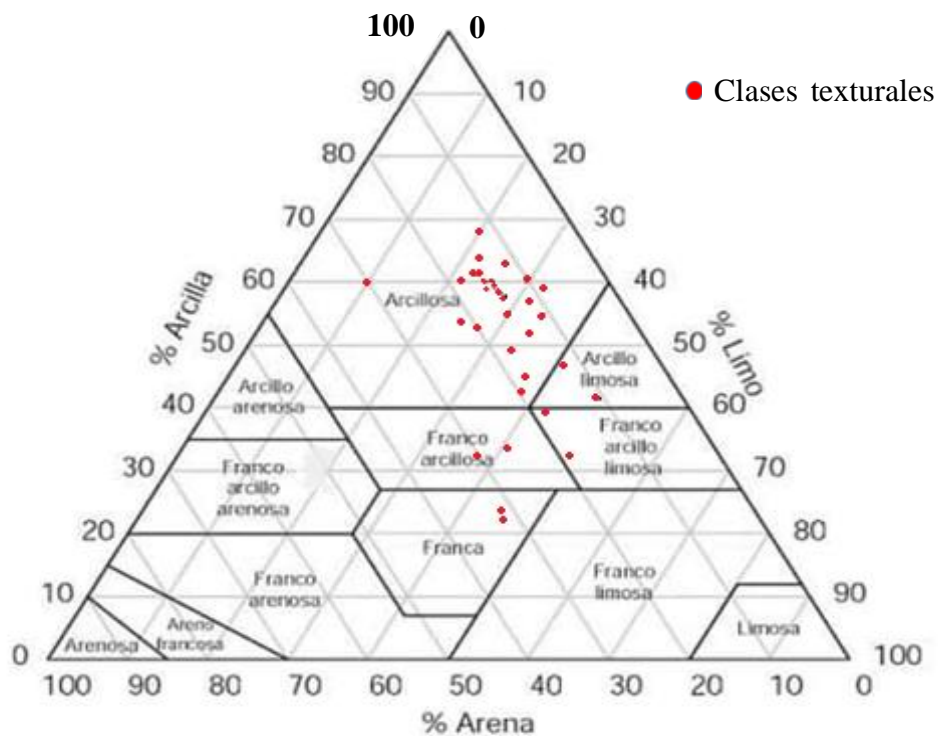


Figura 13. Triángulo textural, indicando la distribución de las clases de textura de suelos que predominan en la zona de estudio

4.1.2. pH y conductividad eléctrica

El pH encontrado tuvo una media de 6,73, con un rango entre 5,90 a 7,55; siendo que 5 766 ha (30,33 por ciento) son suelos ligeramente ácidos, en cambio el 66,67 por ciento que corresponden a 13 261 ha muestran pH prácticamente neutro de 6,5 a 7,5 (Figura 14).

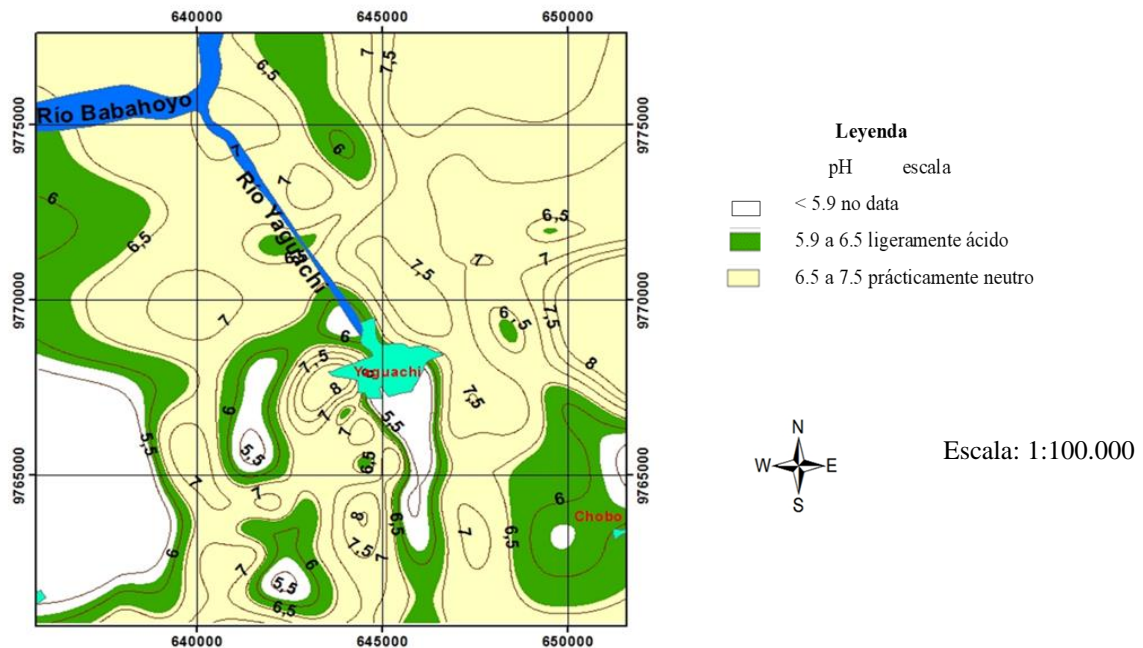


Figura 14. Mapa del pH del suelo de las fincas en el área de estudio en el cantón San Jacinto de Yaguachi, provincia del Guayas – Ecuador

El pH óptimo para el cultivo de arroz es 5,5 y 6,5; fuera de este rango, se generan condiciones desfavorables para el crecimiento de las plantas (Padilla 2007). A valores bajos se producen deficiencias de Ca y Mg y altos contenidos de aluminio, así como alta fijación de fósforo, pero en pH alto hay insuficiencia de micronutrientes solubles.

Con respecto a la CE, el 24,24 por ciento de las muestras (4 612 ha) presentaron valores entre 3,8 – 5,1 dS m⁻¹ y con rendimientos promedio de arroz de 3,13 t ha⁻¹ y 14,14 por ciento (2 690 ha) con rangos de 5,1 – 7,2 con rendimientos de 3,08 t ha⁻¹. Según Willadino y Rangel (2010), los rangos de salinidad anteriormente mencionados podrían disminuir la producción de arroz en un 25 por ciento y 50 por ciento, respectivamente (Figura 15). La mayor cantidad de muestra se agrupan de 2 a 7 de conductividad eléctrica (dS m⁻¹) y los rendimientos fluctúan de 2 a 4,5 t ha⁻¹ (Figura 16).

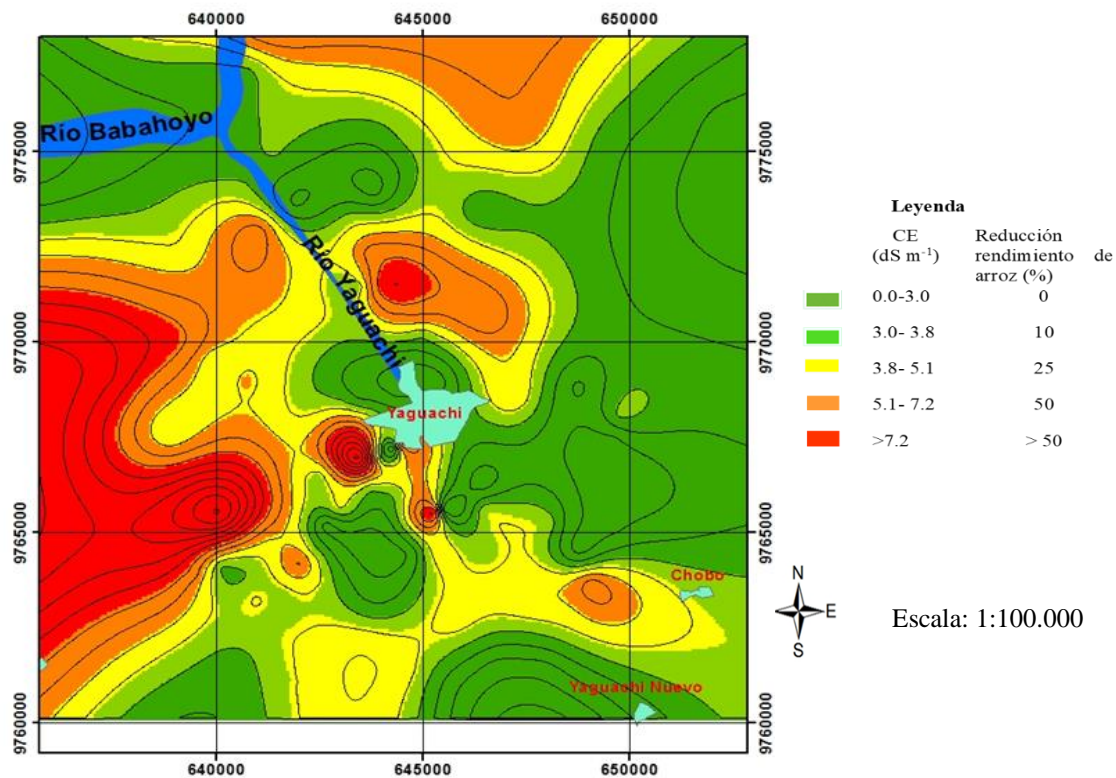


Figura 15. Mapa de CE del suelo de fincas en el área de estudio en el cantón San Jacinto de Yaguachi, provincia del Guayas – Ecuador

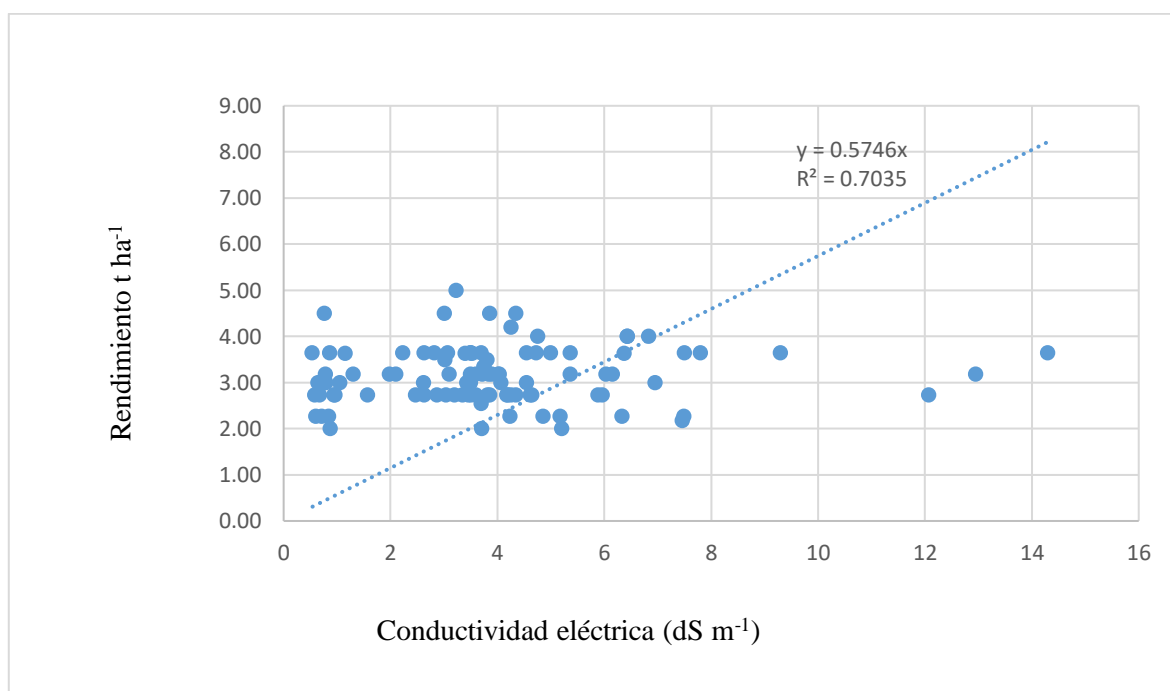


Figura 16. Influencia de la conductividad eléctrica del suelo sobre el rendimiento de arroz (t ha⁻¹) en el cantón San Jacinto de Yaguachi, provincia del Guayas – Ecuador

El porcentaje de sodio intercambiable, PSI, presentó un promedio de 7,93 por ciento con un mínimo de 1,40 por ciento y un máximo de 28,57 por ciento. Por lo tanto, relacionando los tres valores promedio, pH 6,73; CE 4,0 y PSI 7,93; se deduce que el suelo es salino; sobre lo inferido. Kochba *et al.* (2004) y Shukla *et al.* (2004), manifiestan que los indicadores químicos de salinidad de carácter global utilizados para la caracterización y el diagnóstico de la afectación son la CE, PSI y pH (Bunning y Lane 2003, Bandera 2004, Corcuera 2016).

4.1.3. Macro y micronutrientes

En la Tabla 23, se aprecian los valores del Na soluble que presentó un promedio de 24,19 meq L⁻¹, con mínimo y máximo de 1,87 meq L⁻¹ y 90,96 meq L⁻¹, respectivamente. Estos valores no coinciden con los encontrados por Pozo *et al.* (2010), quienes reportaron valores medios de Na de 1,41, 1,67 y 13,23 meq L⁻¹ en un estudio sobre variabilidad espacial y temporal de la salinidad del suelo en los humedales de arroz en la cuenca baja del río Guayas, estableciendo que el 91 por ciento de los suelos analizados tienen un contenido de 1,41 meq L⁻¹ de este elemento. Por consiguiente, se podría presentar toxicidad por este ion y reducir la productividad de los cultivos y eventualmente causarían el fracaso total de las cosechas (Chaman 2007). Los iones tóxicos específicos de la salinidad incluyen principalmente el sodio (Na⁺) el cloruro (Cl⁻) y el sulfato (SO₄²⁻).

En el caso de estos suelos de estudio se pudo observar, que habiendo acumulación de Na en la época seca, los efectos negativos sobre el desarrollo del cultivo, se podría disminuir por efecto de dilución, ocasionado por las precipitaciones que ocurren en la época lluviosa que se concentra principalmente en los meses de febrero y marzo con valores de 375,46 mm y 382,56 mm respectivamente (INAHMI 2021). Además, la salinidad puede inhibir el crecimiento de las plántulas debido a varios factores, incluyendo la toxicidad iónica, deficiencia en la nutrición mineral y cambios en las relaciones hídricas, siendo esto último un efecto similar al producido por la sequía. Asimismo, los principales iones salinos, Na⁺ y Cl⁻, pueden suprimir la absorción neta de nutrimentos debido a las interacciones competitivas iónicas o afectar la integridad de la membrana. Altos niveles de Na⁺ a menudo indican deficiencias de K⁺ (Layne *et al.* 2008) y alta acumulación de Na⁺ que reduce el potencial hídrico; por tanto, hace que la planta no pueda absorber agua del suelo (Misra y Gupta 2005).

Tabla 23: Contenido cationes solubles y RAS en suelos de las fincas del cantón San Jacinto de Yaguachi, provincia del Guayas – Ecuador

N°	Localidades de muestreo	Cationes solubles (meq L ⁻¹)				RAS
		Na	K	Ca	Mg	
1	Providencia 1	75,28	0,36	42,78	44,16	11,42
2	Providencia 2	54,02	0,26	30,70	31,69	9,67
3	San Martín 1	11,16	0,04	3,63	3,76	5,81
4	San Martín 2	36,66	0,13	11,93	12,33	10,53
5	María Eugenia	23,48	0,11	19,12	11,27	6,02
6	Cooperativa San Jacinto	16,60	0,12	27,20	25,60	3,23
7	Piscina de oxidación	13,99	0,12	24,32	24,30	2,84
8	Blanca Nieves	18,20	0,13	29,82	28,07	3,38
9	Pensamiento	9,30	0,12	12,66	9,19	2,81
10	Hacienda Olinda 1	10,53	0,09	10,11	9,88	3,33
11	Hacienda Olinda 2	12,91	0,12	12,40	12,11	3,69
12	Monterrey	4,87	0,06	3,85	4,97	2,32
13	La Conformidad 1	7,62	0,09	9,81	7,76	2,57
14	La Conformidad 2	6,57	0,08	8,47	6,70	2,39
15	Gloria	13,24	0,15	10,46	13,50	3,83
16	Cascol	7,38	0,10	26,53	16,04	1,60
17	Cuatro Hermanos	20,50	0,23	37,45	26,79	3,62
18	Santiago Antonio	6,93	0,09	24,89	15,05	1,55
19	Santo Tomás	12,49	0,14	22,82	16,32	2,82
20	Caimito	1,87	0,04	4,54	3,45	0,93
21	Caimito	4,62	0,10	11,23	8,52	1,47
22	Hacienda Palo largo 1	17,19	0,12	26,75	24,81	3,39
23	Hacienda Aurora	4,28	0,03	8,49	7,14	1,53
24	Refino Rodríguez	17,91	0,12	27,88	25,85	3,46
25	Recinto Samán	31,96	0,24	33,58	32,95	5,54
26	Hacienda Rosa Amelia	18,61	0,31	25,84	26,37	3,64
27	Cone	19,33	0,17	14,71	15,14	5,00
28	Recinto Jaboncillo	47,57	0,33	39,04	46,55	7,27
29	Chobo	28,56	0,16	32,08	31,59	5,06

<<Continuación>>

30	Vuelta Larga	22,86	0,12	30,38	23,30	4,41
31	Recinto Bodeguita	37,48	0,13	26,97	34,34	6,77
32	Gloria	45,22	0,14	28,44	44,84	7,47
33	Hacienda Palo largo 2	72,35	0,22	25,57	35,88	13,05
34	Carlos Hernández	90,96	0,74	39,41	96,38	11,04
Promedio		24,2	0,2	21,9	22,8	4,8
Desviación estándar		21,89	0,13	11,20	17,88	3,16
Coeficiente de variación (%)		90,5	79,6	51,2	78,3	65,7

Se encontraron valores de K con promedio de $0,16 \text{ meq L}^{-1}$ de concentración con un mínimo de $0,03 \text{ meq L}^{-1}$ y un máximo de $0,74 \text{ meq L}^{-1}$, que según Zhu y Luo (1993), son considerados bajos, por ser menores a $0,51 \text{ meq L}^{-1}$ (Tabla 23).

Las concentraciones de Ca, obtenida reportó un promedio de $21,88 \text{ meq L}^{-1}$, con un valor mínimo y máximo de $3,63$ y $42,78 \text{ meq L}^{-1}$ (Tabla 23), que de acuerdo a Valdivieso (2016), corresponden a suelos medios en calcio al contener valores entre $5,1$ - $5,8 \text{ meq L}^{-1}$; además, los suelos con concentraciones mayores a $8,9 \text{ meq L}^{-1}$ permiten un buen desarrollo y producción de los cultivos.

El contenido de Mg fue variable entre los suelos con un coeficiente de variación de $78,30$ por ciento (Tabla 23). El valor medio fue de $22,84 \text{ meq L}^{-1}$, este valor resultó similar a los reportados por Pozo *et al.* (2010), quienes encontraron valores promedios de Mg de $18,9$, $19,3$ y $105,6 \text{ meq L}^{-1}$. De acuerdo a Horneck *et al.* (2011), los niveles de Mg menores a $0,05 \text{ meq L}^{-1}$ son considerados bajos, entre $0,05 - 0,25 \text{ meq L}^{-1}$ medios y por encima de $0,25 \text{ meq L}^{-1}$ altos. Los resultados obtenidos indican que los suelos de área de estudio serían considerados con concentraciones tóxicas de Mg en el suelo si comparado con el valor de $0,3 \text{ meq L}^{-1}$ Mg, indicado por Dobermann y Fairhurst (2012), como un valor límite de suficiencia para el cultivo de arroz.

Se encontró un valor medio de HCO_3^- de $2,13 \text{ meq L}^{-1}$, el mínimo con $0,75$ y máximo con $4,29 \text{ meq L}^{-1}$. La concentración de SO_4^{2-} presentó promedio de $186,95 \text{ meq L}^{-1}$ con valor mínimo de $24,05 \text{ meq L}^{-1}$ y máximo de $373,46 \text{ meq L}^{-1}$. Para el Cl^- se observó un promedio $23,26 \text{ meq L}^{-1}$, con mínimo de $2,28$ y máximo de $90,00 \text{ meq L}^{-1}$ (Tabla 24).

Tabla 24: Contenido de aniones, Na, CIC y PSI en suelos de las fincas del cantón San Jacinto de Yaguachi, provincia del Guayas - Ecuador

N°	Localidades de muestreo	Aniones solubles meq L ⁻¹			Na*	CIC	PSI
		HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻²	Cl ⁻			
1	Providencia 1	4,21	312,84	71,35	9,53	73,72	12,92
2	Providencia 2	1,26	224,49	51,20	5,45	57,82	9,42
3	San Martín 1	1,30	24,05	8,00	0,70	25,53	2,73
4	San Martín 2	1,37	79,00	26,26	3,44	40,99	8,38
5	María Eugenia	4,29	96,08	18,45	1,59	39,46	4,02
6	Cooperativa San Jacinto	3,33	271,72	9,43	3,92	61,62	6,37
7	Piscina de oxidación	3,33	263,74	11,86	3,73	56,08	6,64
8	Blanca Nieves	3,33	297,94	10,34	3,27	64,29	5,09
9	Pensamiento	1,91	72,57	16,47	2,79	51,47	5,42
10	Hacienda Olinda 1	1,94	70,65	16,57	2,63	37,96	6,93
11	Hacienda Olinda 2	1,91	86,64	20,32	3,20	45,68	7,01
12	Monterrey	1,24	47,37	6,38	3,32	51,88	6,40
13	La Conformidad 1	0,77	59,86	11,32	1,66	39,80	4,18
14	La Conformidad 2	0,75	51,65	9,77	2,95	50,01	5,90
15	Gloria	1,23	128,74	17,34	2,33	46,58	5,01
16	Cascol	1,67	203,15	12,92	4,70	60,48	7,78
17	Cuatro Hermanos	3,79	296,20	16,38	6,04	69,24	8,72
18	Santiago Antonio	1,76	190,60	12,12	3,38	45,24	7,47
19	Santo Tomás	3,83	180,44	9,98	2,72	61,47	4,42
20	Caimito	2,44	36,96	2,28	0,40	28,26	1,40
21	Caimito	2,52	91,36	5,63	1,42	45,91	3,09
22	Hacienda Palo largo 1	3,19	269,65	12,26	5,23	62,43	8,37
23	Hacienda Aurora	2,48	33,98	12,59	0,62	32,27	1,92
24	Refino Rodríguez	2,91	280,97	12,78	2,69	43,90	6,13
25	Recinto Samán	1,05	261,26	49,42	10,75	80,77	13,31
26	Hacienda Rosa Amelia	1,24	241,56	24,38	7,04	61,23	11,50
27	Cone	0,95	126,25	22,40	7,44	64,39	11,56
28	Recinto Jaboncillo	1,62	302,50	74,45	8,81	98,35	8,96
29	Chobo	2,38	260,07	37,56	7,30	60,96	11,98

<<Continuación>>

30	Vuelta Larga	1,72	278,03	26,36	5,19	59,20	8,77
31	Recinto Bodeguita	1,64	347,91	17,44	7,05	71,79	9,82
32	Gloria	1,37	373,46	27,67	8,08	120,35	6,71
33	Hacienda Palo largo 2	2,71	333,63	19,11	6,39	50,32	12,70
34	Carlos Hernández	0,86	160,98	90,00	1,48	5,18	28,57
Promedio		2,13	186,95	23,26	4,33	54,84	7,93
Desviación estándar		1,04	108,45	20,73	2,71	20,72	4,81
Coeficiente de variación (%)		48,8	58,0	89,2	62,5	37,8	60,7

4.1.4. Agua

La Tabla 25 muestra que el pH de las 10 muestras tiene valores constantes con un promedio de 6,86 que la clasifica como ligeramente ácida, adecuada para una buena relación suelo/agua, sin posibilidad de elevar el pH del suelo (Custodio y Llamas 2001).

Sobre el total de sólidos disueltos (TSD), en el agua, su media fue de 1 433 mg L⁻¹, valor que la hace restrictiva para el riego, limitación que lo confirma la University of California Committee of Consultante (1984), al indicar que con un TSD entre 250 y 2 000 mg L⁻¹, presentan restricción ligera a moderada. Los sólidos totales disueltos es un parámetro de suelos y agua de riego para determinar su calidad y su efecto sobre los cultivos (Torres 2008). Con respecto a la relación de adsorción de sodio (RAS), alcanzó 8,56 meq L⁻¹, valor adecuado, según lo señalado por la University of California Committee of Consultants (1984), quienes mencionan que aguas de riego con valores de 0-15 meq L⁻¹, son normales.

En referencia a la conductividad eléctrica (CE), como índice de la salinidad, en este caso del agua empleada en el riego, presentó valores entre 2,09 y 3,52 dS m⁻¹, con un coeficiente de variación de 14,37 por ciento (Tabla 19), lo que indica que el agua es moderadamente salina, la University of California Committee of Consultants (1984), expresan que con CE entre 0,7 y 3,0 dS m⁻¹, el agua presenta restricción de uso de ligero a moderado. De acuerdo al nomograma de Riverside, se puede establecer que esta agua es clasificada como C4S3, de salinidad alta, que debe utilizarse en riego, pero con buen drenaje, sembrando especies muy tolerantes a la salinidad (Figura 17). Según los resultados la salinidad del agua podría reducir el crecimiento de las plantas a través de efectos osmóticos, disminuye la capacidad de las plantas para absorber agua (Munns 2002).

Tabla 25: Contenido de elementos en agua de riego de las fincas del cantón San Jacinto de Yaguachi, provincia del Guayas – Ecuador

N°	Localidades de muestro	dS m ⁻¹		mg L ⁻¹		meq L ⁻¹					
		pH	CE	TSD	Na	Ca	Mg	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻²	RAS
1	Coop. San Jacinto	6,91	2,49	1350	20,85	2,76	6,22	19,45	2,43	10,72	9,84
2	Providencia	6,44	2,84	1520	22,39	1,25	4,79	20,13	1,27	9,92	12,89
3	Bodeguita	6,78	2,53	1360	19,25	2,48	5,61	19,04	2,08	12,91	9,57
4	Blanca Nieves	6,70	2,63	1440	21,12	2,86	6,18	20,40	2,44	12,36	9,94
5	Monterrey	6,77	2,74	1470	27,56	6,40	9,49	28,97	4,46	22,35	9,78
6	Gloria	6,90	3,52	1920	21,30	1,47	5,87	26,38	1,30	12,66	11,12
7	Conformidad	7,01	2,32	1240	19,55	1,09	4,28	18,64	1,76	9,41	11,94
8	Cascol. Coop. 1001	6,90	2,81	1580	8,31	4,66	5,72	17,68	5,20	34,05	3,65
9	Cuatro hermanos	7,06	2,46	1330	7,44	4,02	5,22	21,49	5,38	34,98	3,46
10	La Carmela. Rcto. Finalín	7,16	2,09	1120	6,61	3,22	4,25	12,10	6,53	32,41	3,42
	Promedio	6,86	2,64	1433	17,44	3,02	5,76	20,43	3,29	19,18	8,56
	Valor máximo	7,16	3,52	1920	27,56	6,40	9,49	28,97	6,53	34,98	12,89
	Valor mínimo	6,44	2,09	1120	6,61	1,09	4,25	12,10	1,27	9,41	3,42
	Rango	0,72	1,43	800	20,95	5,31	5,24	16,87	5,26	25,57	9,47
	Desviación estándar	0,20	0,38	217,51	7,27	1,66	1,49	4,63	1,92	10,73	3,64
	CV (%)	2,9	14,5	15,2	41,7	54,9	25,9	22,6	58,5	55,9	42,5

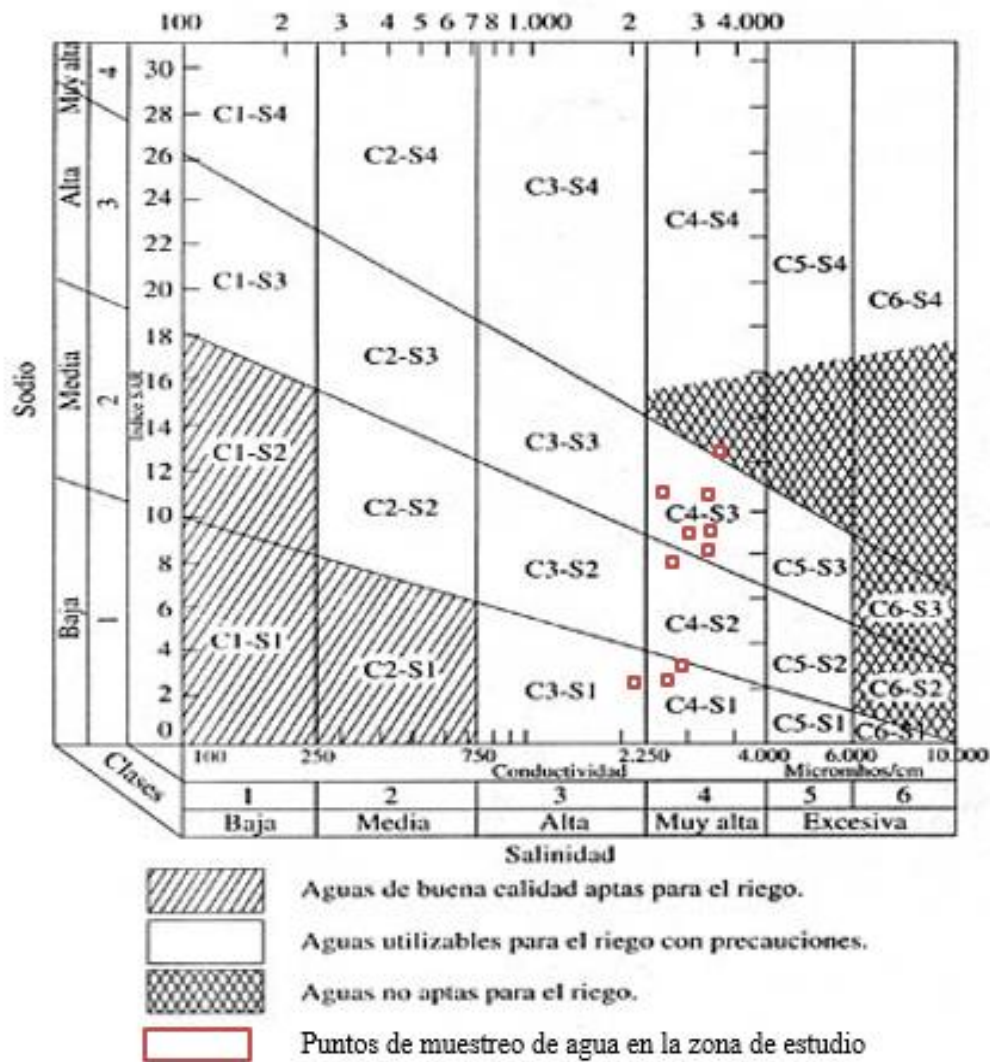


Figura 17. Nomograma de distribución de la calidad de las aguas de riego de las fincas del cantón San Jacinto de Yaguachi, provincia del Guayas – Ecuador

Las concentraciones de Na varían entre 6,61 y 27,56 meq L⁻¹ (Tabla 24), que resulta apta para el riego. Según la FAO (2015), un valor normal se encuentra entre 0 a 40 meq L⁻¹, sin embargo, habría de tener cuidado con cultivos sensibles al Na. Los valores promedio de Ca y Mg fueron de 3,02 meq L⁻¹ y 5,76 meq L⁻¹, respectivamente, que según la tabla de interpretación del INIAP, el Mg se encontraría en cantidades excesivas al superar los 2 meq L⁻¹.

Sobre el anión cloruro (Cl^-), que tuvo un valor promedio de $20,43 \text{ meq L}^{-1}$, resulta elevado si se considera los valores de 10 meq L^{-1} o 4 y 10 meq L^{-1} indicados como referentes por Castellanos (2000) y Ayers y Westcot (1985), quienes indican que con valores elevados presentan restricción severa para riego por superficie y cuya clasificación corresponde a una salinidad C4, caracterizándose por la influencia que tiene el cloro en la conductividad eléctrica del agua.

En el caso de los HCO_3^- el análisis detectó un valor medio $3,29 \text{ meq L}^{-1}$, el mínimo con $1,27$ y máximo con $6,53 \text{ meq L}^{-1}$ (Tabla 25), que según Castellanos *et al.* (2000), estas aguas presentan un grado de restricción de leve a moderada para riego, al presentar valores entre $1,5 - 8,5 \text{ meq L}^{-1}$.

4.2. DIAGNÓSTICO Y CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE ARROZ EN EL CANTÓN SAN JACINTO YAGUACHI, ECUADOR CON ÉNFASIS EN ESTRATEGIAS PARA MITIGAR EL EFECTO DE LA SALINIDAD

4.2.2. Características del productor y de la finca

4.2.1.1. Aspecto social

- **Género de los encuestados**

La principal actividad económica es la agricultura, seguida de la cría de animales y otras actividades relevantes que generan ingresos a los productores arroceros. El 90 por ciento de las UPAS están bajo la dirección del sexo masculino y solo el 10 por ciento del sexo femenino.

Estos resultados son similares a los encontrados por Cortez y León (2016), quienes manifiestan que la agricultura y en especial la producción arroceras, es una actividad de hombres, solo el 12 por ciento son mujeres, ellas se han dedicado a la agricultura, obligadas por circunstancias como la viudez y la descomposición familiar, pero ninguna la considera como la mejor opción para su desarrollo y sustentabilidad.

- **Nivel educativo del productor de arroz**

El nivel de instrucción de los agricultores de arroz se limita en mayor porcentaje al primer nivel. La mayor parte de los agricultores tienen educación primaria (61 por ciento), un 18 por ciento con educación secundaria, seguido por un grupo pequeño con estudios de

pregrado (9 por ciento) y el 12 por ciento no posee ningún grado de instrucción. Según el CIMMYT (2003) y Pinedo *et al.* (2020), la educación es un factor clave para el desarrollo tecnológico de la agricultura.

- **Ingresos**

Se observó que el mayor porcentaje de agricultores (56,8 por ciento), tienen un ingreso mensual neto mayor a los 384 USD, seguido un grupo (29,7 por ciento) que tiene un ingreso entre 300 a 383 USD, hay un grupo menor que tiene un ingreso de 200 a 300 USD (11,6 por ciento); además hay un pequeño grupo (1,9 por ciento) que sus ingresos van desde 100 a 200 USD. INEC (2017), estableció que en un hogar típico en Ecuador tiene cuatro miembros y más de uno gana el salario básico, el cual está en 375 USD mensuales para ese año.

Cobos *et al.* (2020), en su investigación sobre caracterización de productores arroceros determinaron que el 54 por ciento de los entrevistados indican que todos sus ingresos provienen de la actividad arrocera, mientras que un gran porcentaje (46 por ciento) aseguran que necesitan otras fuentes de ingresos para subsistir. La principal actividad secundaria que realizan es la cría de animales (41 por ciento), seguido del comercio (29 por ciento) y por último las artesanías y otras actividades (30 por ciento).

- **Servicios**

Con respecto a los servicios básicos en las fincas arroceras de la zona se tuvo que el 65 por ciento posee luz y agua de pozo y el 25 por ciento posee instalación de agua y luz, 8 por ciento posee instalación completa de agua, luz y teléfono cercano y el 2 por ciento sin luz y sin fuente de agua cercana.

Una minoría tiene instalación completa de agua, luz y teléfono cercano el 10 por ciento. La Secretaría Nacional para la Planificación y Desarrollo “SENPLADES” (2014) afirma que el acceso de la población rural a los servicios de agua potable (38,8 por ciento) es muy bajo, por lo que el gran desafío del país es reducir las brechas existentes entre las áreas urbanas y las áreas rurales en la dotación de estos servicios.

- **Tipo de vivienda**

El 79 por ciento de los productores de Yaguachi tienen viviendas con características buenas.

- **Ubicación de la residencia**

Con relación a la residencia del productor de arroz, el 58 por ciento habita en su finca, mientras que el 42 por ciento lo hace en el cantón San Jacinto de Yaguachi. Según Campos *et al.* (2014), si la familia vive dentro de la finca, las opciones de un planeamiento adecuado de manejo de cultivo son diferentes a cuando la familia vive lejos de la finca.

- **Capacitación técnica**

El 65 por ciento de los productores arroceros indican que no han recibido capacitación por parte del MAGAP, INIAP, Agrocalidad y Universidades, el 35 por ciento expresan que han recibido recomendaciones técnicas por las casas comerciales de insumos agropecuarios. Estos resultados concuerdan con García (2019), quien menciona que la presencia de las casas comerciales en el rol de la asistencia técnica, tendencia que en los últimos tiempos ha tomado más forma, pues las empresas de insumos agrícolas en rigor venden un paquete que comprende a más de los productos e insumos agrícolas su correspondiente asistencia técnica.

- **Organización**

El 35 por ciento de los productores de arroz pertenece a la Junta de Riego de Guajala y un 65 por ciento no pertenece. Es necesario indicar que la Junta de Riego recién se encuentra en trámite para su conformación jurídica. Ferrando (2015), menciona que la asociatividad de los pequeños productores ayuda a mejorar competitividad. Las formas más predominantes son la asociación, la cooperativa y las comunidades campesinas y nativas.

- **Recibe ayuda del gobierno**

Según la encuesta realizada, el 93 por ciento de los agricultores no reciben ayuda por parte del gobierno en cambio, solo el 7 por ciento la han recibido.

4.2.3. Características de la producción arrocerá

4.2.2.1. Aspectos económicos

- **Tenencia de la tierra**

Con respecto a la tenencia de la tierra, muestra la proporción de propietarios y arrendatarios en un 54 por ciento y 46 por ciento, respectivamente, los arrendatarios son agricultores que alquilan a sus vecinos para ampliar sus áreas de cultivos. El costo de arrendamiento está en 250 \$ ha⁻¹ ciclo⁻¹.

- **Área sembrada de arroz**

En el estudio investigativo que se realizó en el sector de Yaguachi, el 100 por ciento de los agricultores encuestados son productores de arroz, en este sector no se identificó a los agricultores que siembran otros cultivos. El 39 por ciento siembran de 1 a 5 ha; 27 por ciento de 5 a 10 ha; 8 por ciento entre 10 a 15 ha; 9 por ciento entre 15 a 30 ha y 17 por ciento más de 30 ha. Estos resultados concuerdan con INEC (2011), quien menciona que la superficie cultivada de arroz en Ecuador, está en manos de pequeños productores que han desarrollado el cultivo mediante la aplicación de diversas tecnologías que están en relación a la disponibilidad de recursos económicos, acceso a la capacitación e incentivo de los precios del mercado.

- **Preparación de suelo y costo**

El 93 por ciento de los agricultores prepara el suelo para la siembra, realizándolo mediante una aradura. El 53 por ciento utiliza una rastra. El 87 por ciento fangua el suelo, que es una labor técnica removiendo mecánicamente el suelo lleno de agua. Con relación al costo por preparar una hectárea de suelo el 58 por ciento gasta de 75 USD, el 19 por ciento entre 75 a 100 USD y el 23 por ciento de 100 - 150 USD. Es necesario indicar que el costo varía según la actividad, si realiza arada, rastra y fanguo. En cuanto a la preparación del terreno tenemos que los agricultores realizan sus labores de labranza del suelo en forma mecanizada. Comienzan con una roturación del suelo utilizando un arado de discos o vertedera, luego con labores de desmenuzado y nivelado utilizando una rastra, y finalmente mediante un tractor con ruedas de aspas (canastas) realizan el fanguo del suelo.

- **Siembra y época de siembra**

Referente al número de siembras que realizan los agricultores al año, el 35 por ciento lo hace una sola vez, el 63 por ciento dos veces y el 3 por ciento restante tres veces. En relación a la época de siembra el cultivo de arroz es cultivado en distintas épocas del año, el 46 por ciento realizan sus siembras en los meses de enero a febrero (invierno) y el 54 por ciento en los meses de agosto y septiembre (verano). Las épocas diferencian al manejo del cultivo, de enero a mayo es la temporada de lluvia y se aprovecha las aguas de esta estación no así de junio a diciembre temporada seca donde se aplica el riego.

- **Variedades**

Los agricultores encuestados siembran distintas variedades de arroz las más utilizadas son: INIAP 11 (25 por ciento), INIAP 14 Filipino (24 por ciento) y Fedearroz 60 (20 por ciento) (Tabla 26). Estos resultados son similares a lo reportado por Zambrano *et al.* (2019) quienes mencionan que las principales variedades de arroz que se siembran en Ecuador son INIAP 14 (33,7 por ciento), INIAP 11 (10.4 por ciento) e INIAP 15 (4,7 por ciento), liberadas por el INIAP, así como las variedades SFL 09 (29,6 por ciento) y SFL011 (7 por ciento) distribuidas por la empresa Procesadora Nacional de Alimentos (PRONACA).

Tabla 26: Variedades de arroz que se siembran en el cantón San Jacinto de Yaguachi, 2018

Variedades	Porcentaje (%)
INIAP 11	25
INIAP 14 "Filipino"	24
Fedearroz 60	20
SFL 011	16
SFL-09	9
INIAP FL-1480 Cristalino	6

- **Procedencia de la semilla**

El 72 por ciento utiliza semilla reciclada (el agricultor conserva parte de la cosecha anterior para sembrar en el siguiente ciclo) y el 28 por ciento emplea semilla certificada. Los agricultores informaron que les resultan mejor reciclar la semilla ya que la semilla certificada en las parcelas no tiene un buen resultado. Las semillas certificadas son adquiridas en las casas comerciales por aquellos productores que no optan por el paquete de productos para la siembra (semilla, fertilizantes, herbicida e insecticida) que oferta el estado a través del MAGAP; dentro de su Plan semillas subsidiado en el 30 por ciento, y cancelado el 70 por ciento por el productor; semillas que definitivamente no representan ningún nivel de productividad en las hectáreas del sembrío, lo cual obligan a los interesados a elegir la adquisición de manera particular sin intervención estatal (Espinoza 2016).

- **Cantidad de semilla**

Con respecto a la cantidad de semilla que utilizan por ha, los agricultores siembran 95 kg ha⁻¹ a 100 kg ha⁻¹.

- **Método de siembra**

El 73 por ciento de los agricultores encuestados utilizan el método de siembra al voleo y el 41 por ciento aplica el trasplante. Estos resultados son similares a los encontrados por Sotomayor y Villavicencio (2016), quienes indican que el método de siembra que mayor acogida tiene en el sector de Yaguachi nuevo, es el método de siembra al voleo que tiene un 65 por ciento de agricultores que lo utilizan y un 35 por ciento que utilizan el método de trasplante.

- **Riego y sistema de riego**

El 100 por ciento de los agricultores utilizan riego en la época seca. El sistema de riego implementado es por inundación (canales y luego utilizan bomba) en un 96 por ciento y solo el 4 por ciento utiliza riego por aspersión. Estos resultados son similares a los encontrados por Sotomayor y Villavicencio (2016), quienes mencionan que el sistema de riego que es utilizado en el sector de Yaguachi Nuevo es un 100 por ciento el sistema por inundación, no hubo ninguna novedad acerca de otro riego utilizado.

- **Fuente de agua**

El 96 por ciento de los agricultores utiliza como fuente de agua la del río Babahoyo que es conducida por los canales de riego y el 4 por ciento de los agricultores usan agua de pozo. El 79 por ciento de los agricultores no disponen de pozo en su plantación y el 21 por ciento sí cuenta con pozo.

- **Horas de riego y frecuencia de riego**

El 42 por ciento de los agricultores en el riego emplean de 8 a 15 horas, el 19 por ciento entre 15 a 20 horas y el 39 por ciento de 20 a 30 horas. Con respecto a la frecuencia de riego, el 54 por ciento los agricultores riegan cada 8 a 10 días y el 46 por ciento de 10 a 15 días. Es necesario indicar que el 31 por ciento de los agricultores el riego lo realiza con marea baja, el 65 por ciento con marea alta y, el 4 por ciento con marea baja y alta. La marea presente en el río Babahoyo afluente del Guayas muy cercano al mar.

- **Cosecha**

Según las encuestas aplicadas, el 100 por ciento de los agricultores realizan la cosecha de arroz en forma mecánica. Con respecto al costo de cosechar un quintal de arroz en época de invierno el 19 por ciento informó que es de 1 a 2 dólares y el 81 por ciento entre 2 a 3, mientras que en época de verano le cuesta de 1 a 2 dólares (35 por ciento) y de 2 a 3 dólares (65 por ciento).

- **Rendimiento del cultivo de arroz**

Los resultados demuestran que el rendimiento de arroz varía entre los diferentes productores. La mayor parte de los encuestados reportan rendimientos entre 2,5 a 3 t ha⁻¹ (Figura 18).

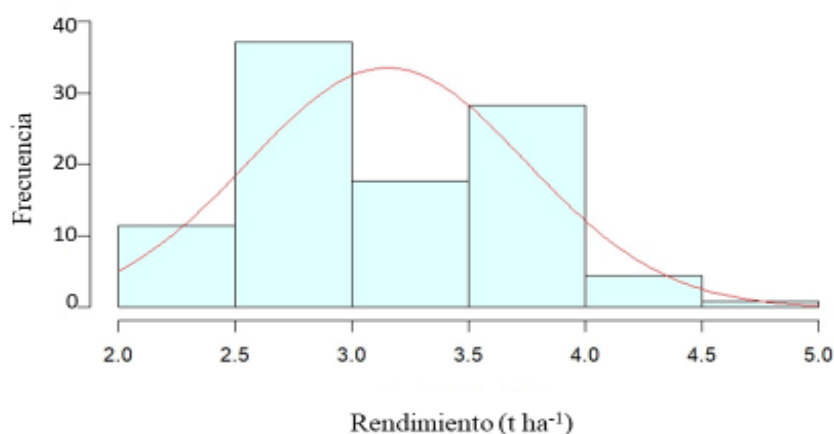


Figura 18. Rendimiento del cultivo de arroz en el cantón San Jacinto de Yaguachi, 2018

- **Precio de venta de arroz**

Con respecto al precio de venta de arroz la mayor parte de los agricultores vendieron el arroz (110 kg de arroz paddy) de 20 a 26 USD (87 por ciento) y el 13 por ciento de agricultores vendieron el arroz a un precio de 27 a 34 USD. Referente a esto Cobos *et al.* (2021), mencionan que en Ecuador existe mucho descontento ya que el precio oficial es de: USD 35,50 la saca (de 200 libras de arroz en cáscara), pero esto no se respeta ya que se pudo evidenciar en las encuestas que el 97 por ciento de los encuestados mencionan que el precio promedio de la venta está entre 0,32 y 0,34 USD el kg y solo un pequeño grupo (3 por ciento) recibe un valor de 0,36 USD por su producto. Los precios se ven afectados a causa del eslabón de comercialización, el mismo que participa de un 57 por ciento de la distribución de ganancias en la cadena, mientras que el productor participa con el 22 por ciento y procesador con el 21 por ciento.

- **Destino de la producción**

Según las encuestas realizadas el 97 por ciento de los agricultores venden su producción a las piladoras que se encuentran en el sector de Yaguachi, el 9 por ciento restante venden a los intermediarios.

- **Acceso al crédito**

El 97 por ciento de los arroceros de Yaguachi carecen de líneas de crédito. Los arroceros solo cuentan con 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 y el 3 por ciento es de manera formal con BAN Ecuador especialmente a los grandes productores que les facilitan el crédito. Esto concuerda con lo manifestado por Álava *et al.* (2018), quienes reportan no existe un apoyo a créditos a los pequeños agricultores debido a que no cumplen con los requisitos para la misma, donde son obligados a recurrir a los créditos informales como dueños de piladoras y chulqueros, donde se queda la mayor ganancia de su cosecha.

4.2.2.2. Aspecto ecológico

- **Utiliza productos orgánicos**

Con respecto al uso de productos orgánicos, el 91 por ciento no los utiliza, solo 9 por ciento lo aplica. En relación al tipo de producto empleado, el 3 por ciento aplica humus de lombriz en dosis de 500 kg ha⁻¹ y el 6 por ciento incorpora compost en dosis de 150 kg ha⁻¹. Realizando una sola aplicación por ciclo de siembra, y lo hacen al voleo antes de la siembra.

- **Aplicación de fertilizantes**

Referente al uso de fertilizantes el 89 por ciento de los agricultores encuestados si aplica fertilizantes inorgánicos y el 11 por ciento no lo hace.

- **Números de aplicaciones de fertilizantes**

En cuanto al número de aplicaciones, el 11 por ciento no realiza aplicaciones, el 9 por ciento lo hace una sola vez, el 23 por ciento en dos aplicaciones y el 58 por ciento tres aplicaciones.

Con respecto al tipo de fertilizante, el 11 por ciento no aplica, el 9 por ciento usa urea, el 23 por ciento emplea urea más sulfato de amonio y el 58 por ciento lo hace con urea, más, fosfato diamónico (DAP) y sulfato de amonio. En relación a la dosis de nutrientes, el 24 por

ciento de los agricultores emplean de 46 a 207 kg de N ha⁻¹, el 15 por ciento utiliza 109 kg de N más 72 kg de S ha⁻¹ y el 50 por ciento de los agricultores emplea de 302 kg de N, 23 kg P₂O₅ ha⁻¹ y 72 kg de S ha⁻¹.

Con respecto a la forma de aplicación el 89 por ciento de los agricultores aplican el fertilizante al voleo. Del total del 89 por ciento encuestados el 35 por ciento aplica el fertilizante a los 15 -30 dds, el 49 por ciento a los 30 - 45 dds y el 6 por ciento aplica el fertilizante a los 15- 30- 45 dds.

- **Análisis foliar y aplicación de fertilizantes foliares**

Según las encuestas realizadas, 100 por ciento de los agricultores no realiza análisis foliar. En relación si aplica fertilizantes foliares, el 64 por ciento no aplica. De los productores que aplican fertilizantes foliares el 13 por ciento utilizan Kristalon (nitrógeno 13 por ciento, fósforo 40 por ciento y potasio 13 por ciento y Evergreen (hierro 4,5 por ciento, manganeso 1 por ciento y zinc 0,5 por ciento) en dosis de 1 a 2 L ha⁻¹ y el 23 por ciento emplean sulfato de zinc en dosis de 1 L ha⁻¹.

- **Época de aplicación**

En lo que respecta a la época de aplicación del fertilizante foliar, de los productores que aplican, el 16 por ciento lo hace entre los 15 a 30 días y el 20 por ciento de 30 - 45 dds.

- **Presencia de plagas y enfermedades**

Con respecto a las plagas y enfermedades, los productores de arroz mencionaron que los principales fitófagos que atacan al cultivo son *Rupela albinella* (14 por ciento), *Hydrellia* sp (46 por ciento), *Phyllophaga* spp (18 por ciento), *Tibraca limbativentris* y *Tagosodes oryzae* (22 por ciento). En la presencia de las enfermedades, en la planta de arroz se destacan: *Pyricularia oryzae* (16 por ciento), manchado del grano (35 por ciento) y *Rhizoctonia solani* (17 por ciento). Según Rodríguez *et al.* (2018), las plagas que frecuentemente se presentan en el cultivo de arroz son: *Hydrellia* sp, *Spodoptera* sp., *Tagosodes oryzae*, *Diatraea saccharalis* y *Rupela albinella*.

Algo similar mencionan Pérez *et al.* (2018) así como Fairhurst y Witt (2012), quienes encontraron que el daño provocado por quemazón (*Pyricularia grisea*), pudrición de la vaina (*Sarocladium oryzae*), bacteriosis, pudrición del tallo y tizón de la vaina (*Rhizoctonia* spp.)

es mayor donde se han usado cantidades excesivas de N e insuficiente fertilización con K. Por lo tanto, se debe evitar el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados para prevenir el desarrollo de un follaje verde succulento que atraiga plagas y enfermedades. El uso eficiente de N y la nutrición balanceada minimiza el riesgo de volcamiento, plagas y enfermedades.

- **Productos químicos para controlar insectos plagas**

El 76 por ciento de los productores utilizan productos químicos y el 24 por ciento no utiliza. De los productos utilizados, el 26 por ciento aplica Clorpirifós en dosis de 0,3 a 1 L ha⁻¹, seguido de cipermetrina con el 27 por ciento, en dosis de 0,2 a 1 L ha⁻¹ y el 23 por ciento emplea metomilo, en dosis de 0,5 a 1 L ha⁻¹.

Con respecto al color de la etiqueta de los productos químicos el 26 por ciento y 27 por ciento el color de la etiqueta es de color amarillo, es decir, son productos medianamente tóxicos y el 23 por ciento de color de la etiqueta es de color rojo. Categoría Toxicológica: Ib, Altamente peligroso.

- **Aplicación de fungicidas**

Con relación al uso de fungicidas el 90 por ciento de los agricultores no aplica fungicidas para controlar las enfermedades en el cultivo de arroz y el 10 por ciento si utiliza. En relación al tipo de fungicida el 7 por ciento emplea Propiconazol en dosis de 0,5 a 0,7 L ha⁻¹ y el 3 por ciento aplica Mancozeb en dosis de un l/ha. Con respecto al color de la etiqueta de los productos químicos es de color verde; es decir, son productos de categoría toxicológica IV.

- **Control de malezas**

Según la información obtenida el 15 por ciento de agricultores que se dedican al cultivo de arroz el control de malezas lo hacen en forma manual, el 56 por ciento lo realizan en forma química y el 29 por ciento lo hacen en forma manual y químico. Esta actividad la realizan utilizando herbicidas tales como glifosato y amina en dosis de 2 a 2,5 L ha⁻¹ y 1 L ha⁻¹, respectivamente.

En relación al tipo de herbicidas el 29 por ciento aplica Aura y Clincher en dosis de 0,5 a 1,5 L ha⁻¹, el 17 por ciento Clincher y Butaclor en dosis 0,5 a 2 L ha⁻¹, el 25 por ciento aplica Pendimetalin y Butaclor en dosis de 0,3 a 1 L ha⁻¹ y el 14 por ciento usa Propanil en con 0.4 a 4 L ha⁻¹.

Con respecto al número de aplicación de herbicidas para controlar las malezas en el cultivo de arroz, el 78 por ciento realiza una aplicación, mientras que el 7 por ciento dos veces.

- **Salinidad**

A lo que se refiere si conoce sobre la salinidad el 65 por ciento de los agricultores respondieron que no conocen y el 35 por ciento si conocen. Con respecto si realizan análisis de suelos el 88 por ciento no lo hacen y el 12 por ciento sí. Sobre análisis de agua el 100 por ciento de los agricultores respondieron que no realizan.

- **Medidas que emplean para la salinidad**

El 82 por ciento de los agricultores encuestados no aplican enmienda para disminuir el sodio intercambiable y solo el 18 por ciento aplica sulfato de calcio en dosis de 50 kg ha⁻¹. Con respecto a los meses que se presentan mayor salinidad son octubre y noviembre 76 por ciento y el 24 por ciento los meses de agosto y septiembre.

4.2.4. Tipificación del sistema de producción de arroz

Se realizó empleando 39 variables con un coeficiente de variación superior a 60 por ciento. Al aplicar el Método de Ward y la distancia euclidiana al cuadrado, comparando con lo expresado por Martínez (2013), se formaron tres grupos de sistemas (Figura 19), el primero corresponde al segmento de productores del sistema de producción avanzado (SPA) con 8,85 por ciento, el conglomerado 2 corresponde a sistemas de producción medianamente avanzado (SPMA) con 83,19 por ciento y el tercero agrupa la menor parte de productores que conforma el sistema de producción básica (SPB) con 7,96 por ciento.

- **Conglomerado 1. Sistema de Producción Avanzado (SPA)**

Este sistema estuvo conformado por 10 arroceros (8,85 por ciento), cinco de ellos con superficie mayor a 10 ha y aplican entre 20- 30 h de riego, con frecuencia de 10 - 15 días. Todos aplicaron productos orgánicos y químicos para fertilizar los cultivos. El 30 por ciento incorporan al suelo humus de lombriz en dosis de 500 kg ha⁻¹ y el 70 por ciento abonan con compost en 150 kg ha⁻¹. El 40 por ciento aplican 250 kg ha⁻¹ de urea; el 20 por ciento fertiliza con urea y sulfato de amonio en dosis de 100 y 300 kg ha⁻¹ respectivamente y el 40 por ciento además de urea usan fosfato di amónico (DAP) y sulfato de amonio en dosis de 300 -50- 150 kg ha⁻¹.

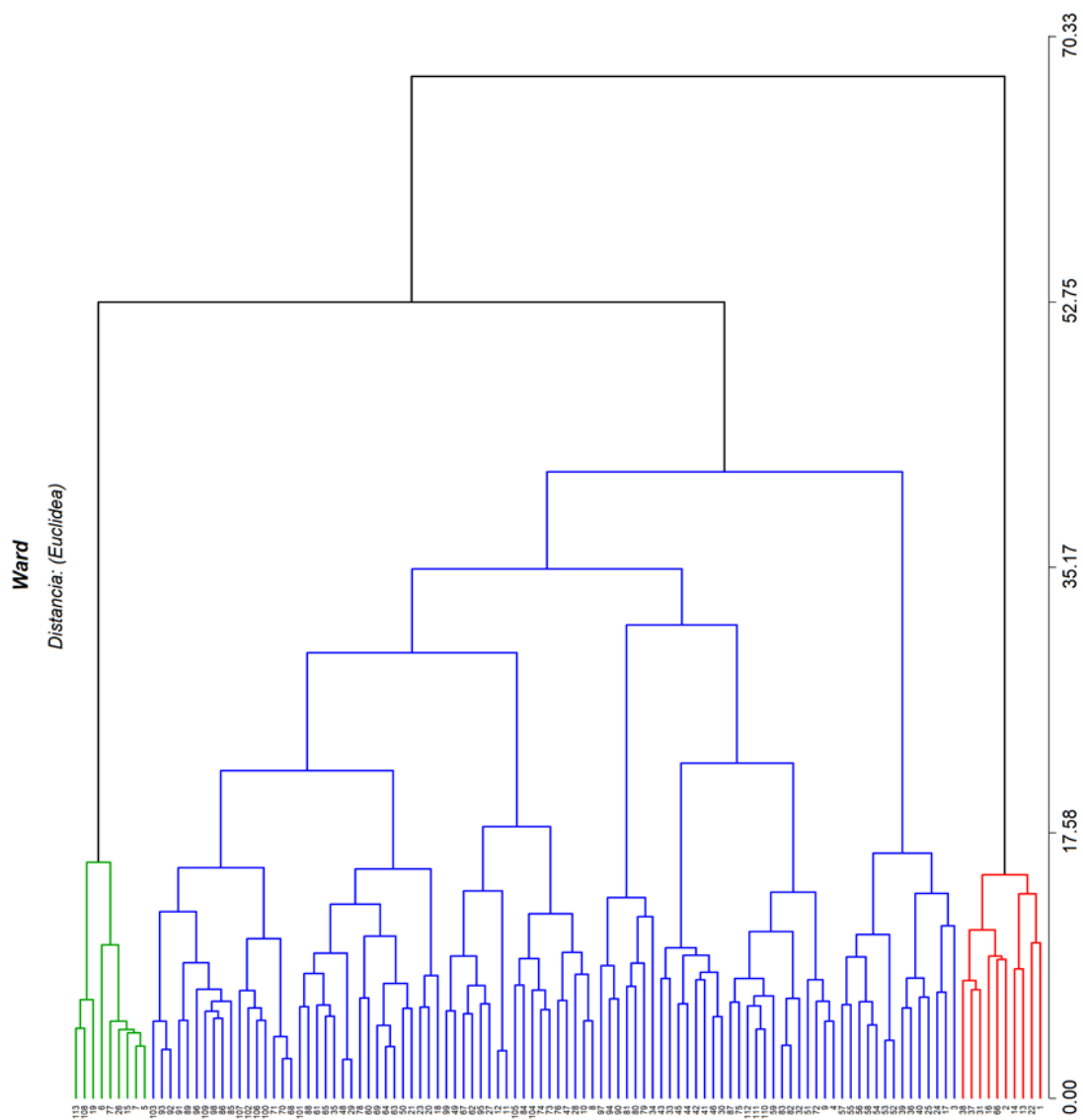


Figura 19. Dendrograma-Análisis de conglomerados y tipificación de los sistemas de producción

Sobre la salinidad del suelo, el 60 por ciento conocen sobre el tema mientras que el 40 por ciento desconocen. El 30 por ciento de los agricultores utilizan sulfato de calcio como enmienda para disminuir la salinidad del suelo. Según los reportes de los análisis de laboratorio, se conoce que los suelos del 70 por ciento de las fincas tienen CE con rangos de 3,50 a 12,96 dS m⁻¹. El 80 por ciento emplean agroquímicos para el manejo de plagas. No usan fungicidas para el control de enfermedades. Este grupo obtiene un promedio de rendimiento de 3,25 t ha⁻¹.

- **Conglomerado 2. Sistema de Producción Medianamente Avanzado (SPMA)**

Lo integran 94 fincas (83,19 por ciento). El 68,08 por ciento con superficies menores a 10 ha; en cambio, con áreas mayores a 10 ha el 31,92 por ciento. En cuanto a la superficie sembrada, tienen menos de 10 ha y aplican de 15- 20 horas de riego, con una frecuencia de 8- 10 días. No usan productos orgánicos (100 por ciento). Con respecto a la fertilización el 25,53 por ciento de agricultores fertilizan con 250 kg ha⁻¹ de urea, el 15,96 por ciento utilizan de 100-300 kg ha⁻¹ urea y sulfato de amonio y, el 58,51 por ciento aplican de 300-50-150 kg ha⁻¹ de urea, DAP y sulfato de amonio, respectivamente. Sobre la salinidad del suelo, el 36,17 por ciento conocen sobre el tema mientras que el 63,83 por ciento lo desconoce.

El 18,18 por ciento utilizan sulfato de calcio como enmienda para disminuir la salinidad. Los suelos del 56,38 por ciento de las fincas, tienen CE de 3,00 a 12,08 dS m⁻¹. En referencia, al manejo integrado de plagas el 82 por ciento recurren a los agroquímicos. No utilizan fungicidas para el manejo de las enfermedades (90 por ciento). Este grupo obtiene promedio de rendimiento de arroz en 2,98 t ha⁻¹.

- **Conglomerado 3. Sistema de Producción Básica (SPB)**

Agrupar a nueve agricultores (7,96 por ciento), el 100 por ciento de las fincas poseen una superficie menor a 5 ha. Aplican de 8 a 15 horas de riego, con una frecuencia de 10-15 días. El 100 por ciento no aplican productos orgánicos ni químicos para fertilizar los cultivos, tampoco para control de plagas y enfermedades. Los suelos de todas las UPAs tienen CE de 3,35 a 6,96 dS m⁻¹, los productores no conocen sobre la salinidad del suelo y consiguen rendimientos promedios de 2,50 t ha⁻¹.

En las variables superficie sembrada, fertilización química y orgánica, uso de agroquímicos para controlar plagas y enfermedades, aplicación de productos para disminuir la salinidad, rangos de la salinidad de los suelos y rendimiento, se hallaron diferencias; al respecto Rivera *et al.* (2016), sostienen que, para tipificar, en el caso de las unidades pecuarias, estas pueden agruparse en función de sus características que difieren entre sí.

Discerniendo, en las variables, en el caso de superficie sembrada con arroz, los grupos presentaron las siguientes características: el uno tiene más de 10 ha, en superficie; el dos con menos a 10 ha y el tres con superficie inferior a 5 ha, lo que corresponde con el estudio realizado por Cobos *et al.* (2021) donde caracterizan fincas arroceras en sistemas de

producción bajo riego, en el cantón Daule, encontrando tres sistemas de producción en fincas arroceras, representados en tres conglomerados: primero correspondió al segmento de productores de sistema de producción desarrollado, el segundo conglomerado al sistema de producción medianamente desarrollado y el tercero que agrupó al sistema de producción básico.

En la aplicación de productos orgánicos, mostró predominio el conglomerado uno mientras que en el dos y tres no aplican. Para la salinidad de los suelos, se halló que la agrupación uno y dos están entre los rangos de 3,00 a 12,96 dS m⁻¹, mientras que el tres presentó valores de CE 3,35 a 6,96 dS m⁻¹. Al respecto Barriga (2003); Pozo y Hernández (2008), mencionan que las principales causas de la salinidad en los suelos, en el sector de arroceros de Yaguachi, es la utilización de aguas salinas procedentes del río Yaguachi para el riego del cultivo, lo que ocasiona la acumulación de sales en la superficie de suelos, produciendo bajos rendimientos.

En lo relativo a la aplicación de productos orgánicos para disminuir la salinidad, el grupo uno lo hace usando productos orgánicos, no así el dos y tres. Finalmente, en cuanto a la variable del rendimiento del cultivo de arroz, el conglomerado uno obtiene el mayor rendimiento en cambio, el dos y tres se mantienen en una baja producción.

4.2.5. Análisis de componentes principales

En la Figura 20, se observa en dimensión reducida 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 dosis de productos químicos, época y forma aplicación, números de aplicación, tipo y dosis de fertilización. De la misma manera sucede con el cuadrante superior izquierdo, para las variables, época aplicación, utiliza químicos, dosis de plaguicidas, destino de la producción, horas de riego, hectáreas de cultivo, rendimiento (t ha⁻¹), conoce sobre la salinidad y aplicación de productos para disminuir la salinidad.

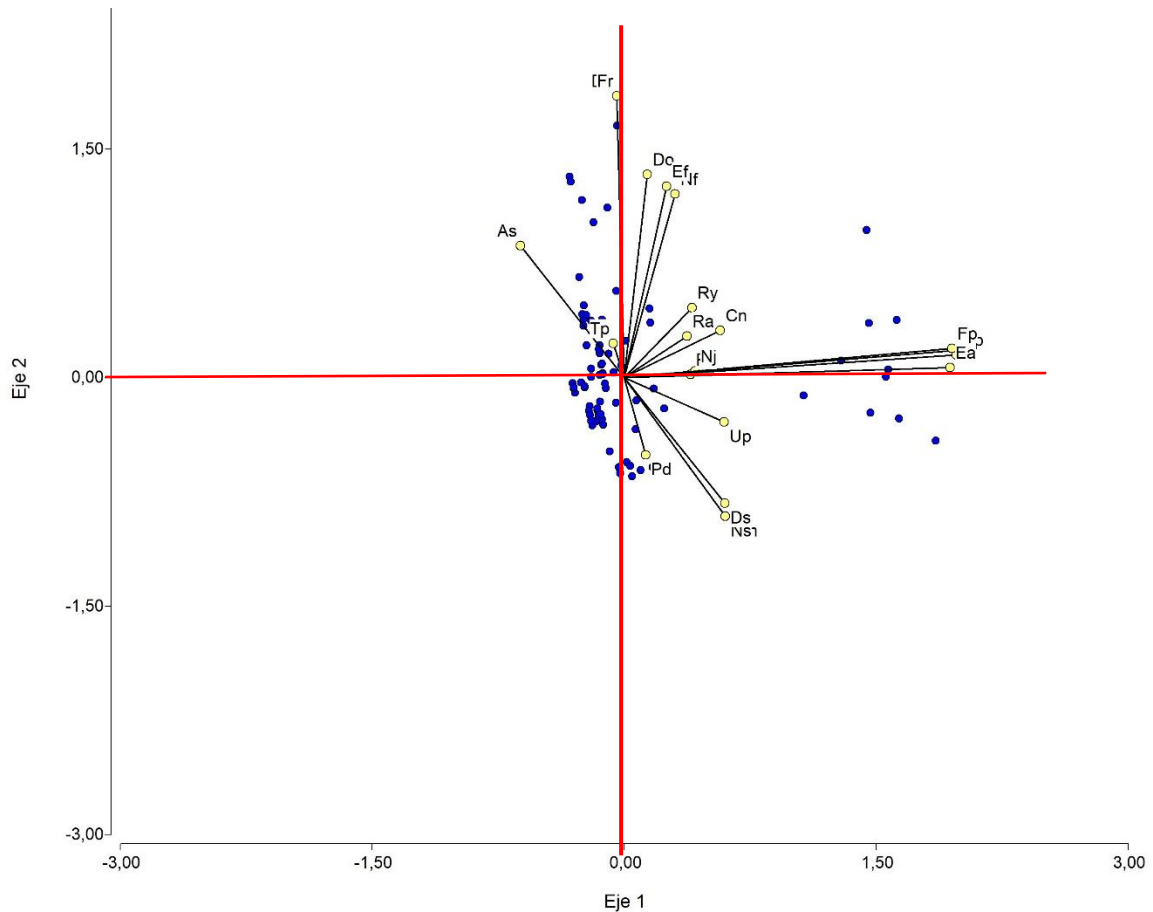


Figura 20. Análisis de componentes principales en los sistemas producción, en el cantón San Jacinto de Yaguachi

4.3. USO DE FUENTES ORGÁNICAS Y MINERALES COMO ALTERNATIVA TECNOLÓGICA PARA MITIGAR LA SALINIDAD EN SUELOS ARROCEROS DEL CANTÓN SAN JACINTO DE YAGUACHI, ECUADOR.

4.3.1. Números de macollos m^{-2}

En esta variable no se encontró diferencias estadísticas significativas, el coeficiente de variación fue de 16,9 por ciento. La Figura 21 muestra los promedios del número de macollos, donde se observa que las enmiendas orgánicas superan al yeso y al testigo, destacándose el compost, que alcanzó 424 macollos m^{-2} , corroborado por los resultados encontrados por Hu y Barker (2004), quienes midieron en tomate, el efecto de tres compost (restos agrícolas, lodos y residuos de jardín) sobre el crecimiento, biomasa, números de flores y hojas, así como materia seca; encontrando que el mejor compost fue con restos agrícolas.

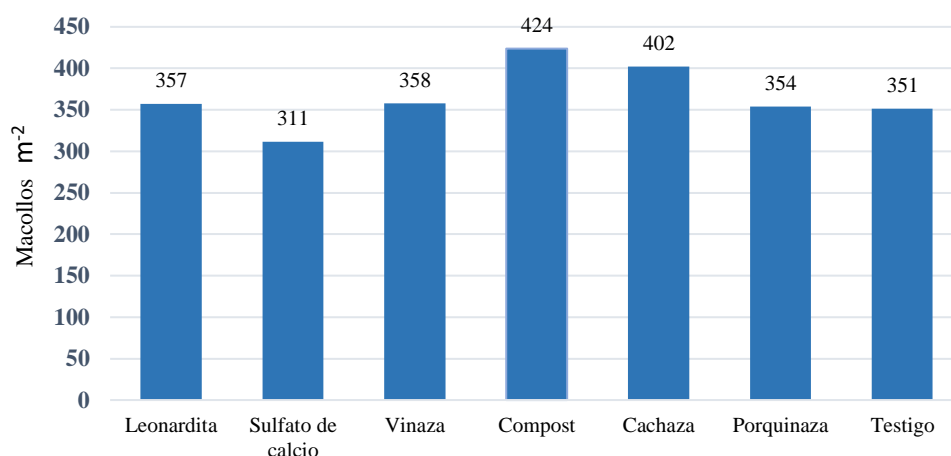


Figura 21. Número de macollos m⁻² en plantas de arroz, sembradas en suelos salinos de Yaguachi, con aplicación de enmiendas minerales y orgánicas

4.3.2. Altura de la planta

Para la altura de planta de arroz, no hubo diferencias estadísticas entre enmiendas. El coeficiente de variación fue de 3,31 por ciento. En la Figura 22 se observa valores más altos con el uso de compost y vinaza, coincidiendo con Forero *et al.* (2010), quienes determinaron valores mayores de altura de planta, con la aplicación de 15 t ha⁻¹ de cachaza fresca en maíz.

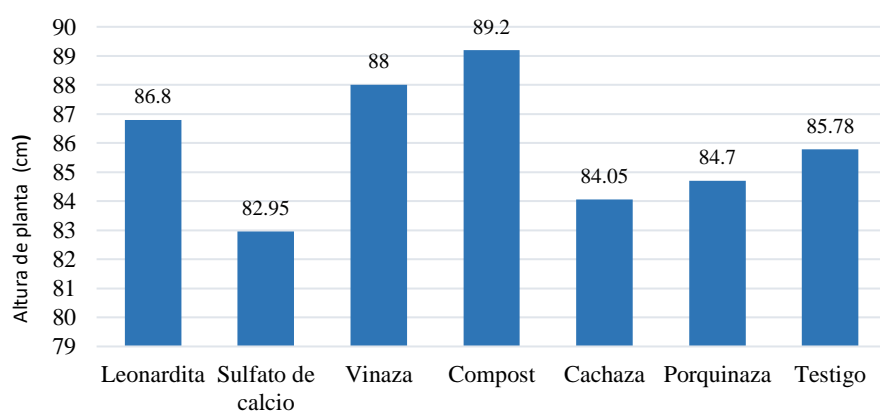


Figura 22. Variación de la altura de planta de arroz en suelo salino de Yaguachi, con aplicación de enmiendas minerales y orgánicas

4.3.3. Número de panículas m⁻²

Se encontraron diferencias estadísticas significativas para esta variable con CV de 6,9 por ciento. En la Tabla 27, se presentan los promedios del número de panícula m⁻² alcanzados, donde se destaca el compost con 315, superando al testigo en un 22,3 por ciento que solo produjo 260 panículas.

Tabla 27: Variación en el número de panícula m⁻², longitud de panícula, número de granos por panícula, peso de 1 000 granos (g) y rendimiento (kg ha⁻¹), afectados por la aplicación de enmiendas orgánicas en suelos salinos de Yaguachi

Enmiendas	Número panículas m ⁻²	Longitud de panícula (cm)	Granos por panícula	Porcentaje de granos vanos	Peso de 1000 granos (g)	Rendimiento kg ha ⁻¹
Leonardita	270 ab*	24,2 a *	127 b	9,3 a*	23,4 a*	4972,3 ab*
Sulfato de calcio	274 ab	25,2 ab	142 b	8,1 a	22,7 a	3778,8 ab
Vinaza	271 ab	24,4 a	144 b	7,2 ab	23,2 a	4950,0 ab
Compost	315 b	26,9 b	172 a	3,9 ab	31,0 b	5641,8 b
Cachaza	280 ab	25,1 ab	141 b	5,2 ab	23,8 a	4996,8 ab
Porquinaza	278 ab	24,3 a	130 b	6,0 ab	25,2 a	3772,3 ab
Testigo	260 a	24,5 a	126 b	12,3 b	20,9 a	3254,0 a
CV (%)	6,9	3,4	8,3	38,0	10,3	18,6

Valores de cada columna seguidos por la misma letra, no son estadísticamente diferentes. p > 0,05: *; p > 0,01 **.

4.3.4. Longitud de panícula (cm)

Se encontraron diferencias estadísticas significativas y el CV fue de 3,4 por ciento. En la Tabla 27, se aprecia que con aplicación compost tuvo un promedio de longitud de la panícula de 26,9 cm, seguido por cachaza con 25,1 cm y el testigo registró un valor de 24,5 cm.

4.3.5. Número de granos por panícula

Los resultados nos indican que se evidenciaron diferencias estadísticas significativas con CV de 8,3 por ciento. En la Tabla 27, se observa que con aplicación de compost se obtuvo 172 granos, que supera en un 57,96 por ciento al testigo que logró solo 126 granos.

4.3.6. Porcentaje de granos vanos

En esta variable se presentaron diferencias estadísticas significativas con un coeficiente de variación de 38,0 por ciento. En la Tabla 27, se observa que con aplicación de compost se obtuvo un valor de 3,9 por ciento de granos vanos, que es inferior al testigo que alcanzó un valor de 12,3 por ciento.

4.3.7. Peso de 1 000 granos

Se detectaron diferencias estadísticas significativas y CV de 10,3 por ciento. Las enmiendas que produjeron mayor peso en las semillas fueron en el siguiente orden: compost, porquinaza y cachaza con valores de 31,0 g, 25,2 g y 23,8 g, respectivamente, a diferencia del testigo que solo alcanzó 20,9 g (Tabla 27).

4.3.8. Rendimiento

Se presentaron diferencias estadísticas significativas entre las enmiendas aplicadas con un CV de 18,6 por ciento. El compost, la cachaza y la leonardita alcanzaron valores de 5 641,8 kg ha⁻¹, 4 996,8 kg ha⁻¹ y 4 972,3 kg ha⁻¹, respectivamente (Tabla 27). El testigo obtuvo menor rendimiento, apenas 3 254,0 kg ha⁻¹, estos resultados son similares a los encontrados por Damián *et al.* (2018), quienes con aplicación de yeso agrícola y materia orgánica (humus de lombriz y compost mejorado) para mejorar un suelo salino para cultivo de arroz, obtuvieron un rendimiento de 4 795,20 kg ha⁻¹, superando al tratamiento con fertilizantes químicos que presentó un rendimiento de 3 124 kg ha⁻¹.

Por otra parte, Zayed *et al.* (2013), encontraron que la aplicación combinada de fertilizantes orgánicos y biofertilizantes se obtiene un mejor rendimiento de arroz en condiciones salinas, mientras que Weber *et al.* (2007), mencionan que la adición de compost en suelos salinos enriquece la rizosfera con micronutrientes y macronutrientes y puede contrarrestar el agotamiento de nutrientes, agregando que la liberación continua de nitrógeno del compost al suelo mejora la fertilidad del suelo y las condiciones de mineralización de la materia orgánica (Weber *et al.* 2007). Además, la aplicación de compost a base de residuos vegetales aumenta significativamente la CIC del suelo y sus niveles disponibles de N, P y K (Wang *et al.* 2014).

4.3.9. Índice de cosecha

No se encontraron diferencias estadísticas significativas y el coeficiente de variación fue de 13,7 por ciento. Se obtuvo un índice de cosecha medio de 0,40 para las enmiendas leonardita, vinaza, compost y cachaza, que generaron un incremento de 33,3 por ciento, respecto al testigo, sulfato de calcio y porquinaza que alcanzaron valores de 0,30, 0,33 y 0,33, en su orden. En este tema, Dobermann y Fairhurst (2012), señalan valores más altos, sosteniendo que una variedad de arroz de alto rendimiento tiene un índice de cosecha de 0,45-0,50, con un ciclo de precoz a medio (100 - 120 días) y un potencial de rendimiento de 10 t ha⁻¹ en temporada seca y de 7- 8 t ha⁻¹ en condicione lluviosas o con nubes, en suelo no salino.

4.3.10. Peso de materia seca del grano de arroz por hectárea

En esta variable se encontraron diferencias estadísticas significativas con un CV de 18,6 por ciento. La aplicación de compost provocó mayor peso de materia seca (4 967 kg), con un incremento de 44,8 por ciento, en relación al testigo (2 746 kg) (Tabla 28).

4.3.11. Peso de materia seca de panca por hectárea

No se encontraron diferencias estadísticas significativas por efecto de las aplicaciones de las enmiendas y el CV fue de 13,6 por ciento. Los rangos oscilaron entre 6 556 kg y 7 505 kg, siendo el compost y la porquinaza los de mayor peso (Tabla 28).

Tabla 28: Peso de materia seca del grano y panca de arroz por hectárea sometidas a diferentes enmiendas con fuentes orgánicas y minerales en los suelos arroceros y salinos del cantón San Jacinto de Yaguachi, Ecuador

Enmienda	Peso de materia seca del grano de arroz (kg ha ⁻¹)		Peso de materia seca de panca (kg ha ⁻¹)	
Leonardita	4330	ab*	6875	a*
Sulfato calcio	3277	b	6556	a
Vinaza	4269	ab	6891	a
Compost	4967	a	7505	a
Cachaza	4324	ab	7122	a
Porquinaza	3234	b	7392	a
Testigo	2746	b	7128	a
CV (%)	18,6		136	

Valores de cada columna seguidos por la misma letra, no son estadísticamente diferentes. p > 0,05: *; p > 0,01 **.

4.3.12. Relación grano - panca

Los resultados en esta variable indican que se encontraron diferencias estadísticas significativas con un CV de 17,7 por ciento. En la Figura 23, se observa que con aplicación de compost se logró una relación de grano- panca de 0,66, seguido de la leonardita y vinaza que presentaron valores de 0,63 y 0,62, respectivamente. El menor valor se encontró en el testigo.

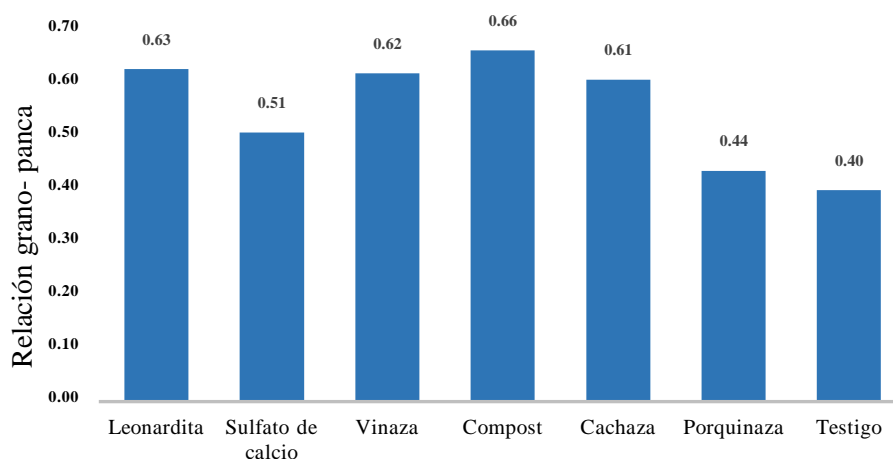


Figura 23. Relación grano - panca de arroz en suelo salino de Yaguachi, con aplicación de enmiendas minerales y orgánicas

4.3.13. Contenido de clorofila 30 días después del trasplante

El contenido de clorofila a los 30 días (Tabla 29) varió de 40,80 a 53,45 y de acuerdo a la prueba de significación Tukey ($\alpha=0,05$) no hay diferencias significativas entre estos valores. El coeficiente de variación fue de 18,8 por ciento. Con el promedio más bajo se presentó el testigo y el valor más alto el tratamiento a base de porquinaza. Con un promedio similar se presentó el tratamiento a base de leonardita.

4.3.14. Contenido de clorofila 45 días después del trasplante

Según los resultados para contenido de clorofila a los 45 días (Tabla 29), el rango osciló de 40,20 a 42,83 y no existen diferencias significativas entre estos valores Tukey ($\alpha=0,05$). El coeficiente de variación a los 45 días fue de 6,9 por ciento. Los tratamientos a base de sulfato de calcio y porquinaza tienen el menor y mayor contenido de clorofila; respectivamente.

Tabla 29: Medias del color de clorofila a los 30, 45, 60 y 75 días después del trasplante

Tratamientos	Días después del trasplante							
	30		45		60		75	
Leonardita	48,73	a*	40,65	a *	44,38	a*	47,90	a*
sulfato de calcio	46,85	a	40,20	a	43,48	a	46,23	a
Vinaza	41,30	a	41,80	a	45,88	a	46,68	a
Compost	40,80	a	42,75	a	48,25	a	47,43	a
Cachaza	48,98	a	40,78	a	45,68	a	46,25	a
Porquinaza	53,45	a	42,83	a	46,03	a	46,10	a
Testigo	41,15	a	40,25	a	43,43	a	46,95	a
Coeficiente de variación (%)	18,8		6,9		5,8		3,4	

Valores de cada columna seguidos por la misma letra, no son estadísticamente diferentes. $p > 0,05$: *; $p > 0,01$ **.

4.3.15. Contenido de clorofila 60 días después del trasplante

En la Tabla 29 se presentan los valores para contenido de clorofila a los 60 días. El rango varió de 43,43 a 48,25 y no existen diferencias significativas entre estos valores Tukey ($\alpha=0,05$). El coeficiente de variación fue de 5,8 por ciento. El tratamiento testigo y el tratamiento compost tienen el menor y mayor contenido de clorofila; respectivamente. Por otro lado, también destacó el tratamiento a base de porquinaza con una media de 46,03.

4.3.16. Contenido de clorofila 75 días después del trasplante

En la Tabla 29 se observan los promedios para esta variable, el rango varió de 46,10 a 47,90 y de acuerdo a la prueba de significación Tukey ($\alpha=0,05$) no hay diferencias significativas entre estos valores. El coeficiente de variación fue de 3,4 por ciento. Con el promedio más bajo se presentó en la porquinaza y el valor más alto para leonardita seguido del compost. De acuerdo a los parámetros de medición de clorofila del SPAD, Dobermann y Fairhurst (2012), mencionan que rendimientos máximos en plantas de arroz, se presenta en la concentración de N en la hoja más joven, donde debe mantenerse totalmente extendida o superar los 1,4 g m² de N. Los contenidos críticos que se presentan en las hojas tienen un valor SPAD de 35, en cualquier estadio de desarrollo del cultivo, siendo útil en arroz de trasplante en época de verano en variedades índicas semi enanas. Comparando con los resultados obtenidos en el estudio, se tiene que, en todos los tratamientos, se mejoró

sustancialmente la actividad de la clorofila y por consiguiente la concentración de N en toda la biomasa aérea del arroz, consiguiendo un valor de clorofila mayor de 40 en todas las evaluaciones realizadas.

4.3.17. Concentración de nutrientes

En la Tabla 30 se muestran las concentraciones de nutrientes presentes en las hojas y se observa que con la aplicación de vinaza se consiguió una concentración foliar de 3,46 por ciento de N, seguido del compost con 3,44 por ciento. El testigo presentó un 3,42 por ciento; en tanto que, con leonardita apenas llegó al 3,17 por ciento, valor que resultó ser el más bajo. Estos valores son superiores a los adecuados establecidos por INIAP (2019) que son del 2,6 al 3,2 por ciento de N.

Tabla 30: Concentración de nutrientes en hojas de arroz a los 60 ddt (etapa floración), afectados por la aplicación de enmiendas minerales y orgánicas en suelos salinos de Yaguachi

Enmiendas	N	P	K	Ca	Mg	S
Leonardita	3,17	0,24	1,97	0,41	0,18	0,36
Sulfato de calcio	3,22	0,24	1,67	0,41	0,22	0,34
Vinaza	3,46	0,24	1,56	0,48	0,20	0,35
Compost	3,44	0,24	1,86	0,43	0,22	0,32
Cachaza	3,32	0,25	1,64	0,33	0,19	0,34
Porquinaza	3,40	0,25	2,00	0,35	0,21	0,34
Testigo	3,42	0,25	1,84	0,42	0,21	0,32

Para el P, la aplicación de leonardita, sulfato de calcio, vinaza y compost mostraron valores de 0,24 por ciento, con adición de porquinaza y el testigo alcanzó 0,25 por ciento. Esta mínima diferencia no corresponde con lo sostenido por Estrada (2007), quien menciona que la porquinaza contiene N, P, K, Ca, Mg, B, Fe, Mn, Zn y Cu disponibles y no fue aprovechado por el cultivo.

En referencia al K, se puede observar que el tratamiento con porquinaza presentó un contenido del 2,0 por ciento de K, valor que está dentro del rango establecido por Mejía y Menjívar (2010) afirmando que del macollamiento al inicio del primordio (60 ddt), el valor está entre 1 por ciento – 2,2 por ciento de K. La mínima proporción del elemento se registró con uso de vinaza que registró el 1,56 por ciento, menor aún al 1,84 por ciento de K del tratamiento testigo. Se encontró que la leonardita eleva en 0,13 por ciento la concentración de K, hecho que corresponde a lo reportado por Gómez y Rodríguez (2000).

Con aplicación de vinaza la concentración de Ca alcanzó el 0,48 por ciento, el compost 0,43 por ciento, que superaron al tratamiento testigo que mostró 0,42 por ciento; por lo contrario, la leonardita y SO_4Ca redujeron el Ca a 0,41 por ciento y superaron a la cachaza y porquinaza que registraron 0,33 por ciento y 0,35 por ciento, respectivamente.

Para el Mg, la aplicación de compost y SO_4Ca (0,22 por ciento) resultaron mayores con 0,1 por ciento respecto al testigo, valores adecuados según INIAP (2019) y la mayor diferencia se observó con la aplicación de leonardita donde la concentración de Mg fue de 0,18 por ciento.

En general, estos resultados son similares a los encontrados por Mejía y Menjívar (2010), quienes señalan que el nivel de concentración de K es de 0,2 por ciento – 0,4 por ciento. Por otro lado, el Ca y Mg presentan valores altos de absorción con la aplicación de compost, resultados que están en correspondencia con INIAP (2019) que son del 0,4 por ciento – 1,2 por ciento y 0,2 por ciento – 0,3 por ciento.

En la misma Tabla 30 se observa que el N fue el elemento más absorbido, seguido del K, Ca, S, P y Mg, secuencia que no coincide con el orden indicado por INIAP (2019) que es de $\text{N}>\text{K}>\text{Ca}>\text{Mg}>\text{P}$, tampoco con lo aseverado por Molina y Rodríguez (2012), quienes presentan el orden K, N, Ca, P y Mg.

4.3.18. Extracción de nutrientes

En la Tabla 31, se observa mayor contenido de N con la aplicación de compost, cachaza y leonardita con $114,1 \text{ kg ha}^{-1}$, $106,8 \text{ kg ha}^{-1}$ y $104,6 \text{ kg ha}^{-1}$ superando al testigo que alcanzó $91,3 \text{ kg ha}^{-1}$ y corresponde con lo establecido por Arreola *et al.* (2004), quienes indican que la cachaza es rica en N, P, K y Ca; por tanto, mayor absorción de estos elementos. Los

resultados encontrados corresponden a lo mencionado por Dobermann y Fairhurst (2012), quienes indican que para una producción promedio de 6 t ha⁻¹, el arroz absorbe 105 kg ha⁻¹ de N.

Tabla 31: Extracción total de macronutrientes por plantas de arroz sometidas a diferentes enmiendas con fuentes orgánicas y minerales en suelos salinos del cantón San Jacinto de Yaguachi, Ecuador

Enmienda	kg ha ⁻¹											
	N		P		K		Ca		Mg		S	
Leonardita	104,51	ab*	23,41	ab*	101,13	a*	33,20	a*	23,12	a*	19,97	bc*
Sulfato	81,46	b	19,54	b	94,37	A	30,05	a	18,03	a	18,47	c
Vinaza	97,00	ab	24,27	ab	116,46	A	31,18	a	24,57	a	18,24	c
Compost	114,09	a	29,21	a	126,97	A	31,03	a	22,81	a	28,96	a
Cachaza	106,81	ab	24,36	ab	113,16	A	33,41	a	18,13	a	25,99	ab
Porquinaza	100,14	ab	22,77	ab	110,23	A	33,56	a	19,33	a	24,21	abc
Testigo	91,28	ab	20,15	b	108,86	A	32,83	a	19,21	a	22,37	abc
CV (%)	16,2		16,0		13,6		16,4		16,7		16,5	

Valores de cada columna seguidos por la misma letra, no son estadísticamente diferentes. p > 0,05: *; p > 0,01 **.

Las aplicaciones de cachaza y vinaza indujeron mayor absorción de P con valores de 29,2 y 24,3 kg ha⁻¹, respectivamente. El CaSO₄, obtuvo solo 19,5 kg ha⁻¹ que fue superado por el testigo que llegó a 20,2 kg ha⁻¹.

Respecto a la absorción de K, los valores más altos fueron con compost y vinaza llegando a 127,0 kg ha⁻¹ y 116,5 kg ha⁻¹, en su orden, superando al testigo y CaSO₄ que obtuvieron contenidos de 108,8 kg ha⁻¹ de K y 94,3 kg ha⁻¹ de K. En el caso de la vinaza, esta absorción tiene razón de ser, por sus niveles altos de K, Ca y MO (Gómez y Rodríguez 2000).

Con relación a la extracción total de nutrientes, existen diferencias para los elementos N, P, S, Fe, Cu, B y Cl (Tabla 31 y Tabla 32). En todos los casos, el compost superó estadísticamente al testigo o no fue superado por ninguna de las otras enmiendas evaluadas. Los nutrientes más absorbidos fueron el potasio y el nitrógeno en cantidades muy similares, de manera que la secuencia de absorción de los macronutrientes fue K=N>Ca>P>=S>Mg,

la cual difiere ligeramente de la N>K>Ca>Mg>P señalada para el arroz por INIAP (2019). Para los micronutrientes la secuencia de absorción fue Fe>Mn>Zn>Cu>B, usual en muchos cultivos.

Tabla 32: Extracción total de micronutrientes por plantas de arroz sometidas a diferentes enmiendas con fuentes orgánicas y minerales en suelos salinos del cantón San Jacinto de Yaguachi, Ecuador

Enmienda	Fe		Mn		Zn		Cu		B		Cl	
	kg ha ⁻¹											
Leonardita	2,472	abcd*	1,965	a	0,273	a	0,08	b	0,033	a	98,94	a
Sulfato	1,845	d	1,620	a	0,250	a	0,08	b	0,023	b	72,61	b
Vinaza	3,160	a	1,683	a	0,285	a	0,09	b	0,037	a	81,05	a
Compost	2,897	abc	1,977	a	0,330	a	0,12	a	0,040	a	96,50	a
Cachaza	2,175	cd	1,753	a	0,250	a	0,07	b	0,040	a	41,73	c
Porquinaza	2,987	ab	1,520	a	0,250	a	0,073	b	0,037	a	76,69	a
Testigo	2,323	cd	1,877	a	0,263	a	0,075	b	0,030	a	76,31	a
CV (%)	16,3		16,9		16,3		16,8		25,1		16,6	

Valores de cada columna seguidos por la misma letra, no son estadísticamente diferentes. $p > 0,05$: *; $p > 0,01$ **.

4.3.19. Análisis económico

De acuerdo con los resultados expuestos en el Anexo 5, sobre el análisis económico de los tratamientos del estudio, con la aplicación de las enmiendas los tratamientos otorgaron resultados rentables.

4.4. RESPUESTA DE CINCO VARIEDADES COMERCIALES DE ARROZ CULTIVADAS POR LOS AGRICULTORES SAN JACINTO DE YAGUACHI, ECUADOR A UN NIVEL ELEVADO DE SALINIDAD

4.4.1. Números de macollos por m⁻²

La aplicación de leonardita incrementó el número de macollos por m⁻² en 12,9 por ciento en promedio de las variedades (Tabla 33). Las variedades INIAP 11 e INIAP 14 superaron los 450 macollos y se diferenciaron estadísticamente de las demás, que mostraron un máximo de 357 macollos m⁻². Estos valores se encuentran dentro del intervalo de 224 a 608 macollos m⁻², indicado para la variedad INIAP 11 por el INIAP (2015).

Tabla 33: Variación en los promedios de altura de planta (cm) y número de macollos m⁻² por efecto de los factores variedades, enmiendas y la interacción variedades x enmienda

Factor A	Factor B	Altura (cm)		N° de macollos m ⁻²	
Leonardita	Variedades				
0		93,5	b	371	b
150		100,5	a	419	a
	INIAP FL-Arenillas	95,6	bc	331	b
	SFL011	105,8	a	357	b
	INIAP 14	98,6	b	467	a
	INIAP 11	92,0	c	464	a
	Fedearroz 60	93,0	bc	357	b
0	INIAP FL-Arenillas	93,7	bcd	301	d
0	SFL011	101,6	abc	346	cd
0	INIAP 14	93,1	cd	438	abc
0	INIAP 11	87,7	d	438	abc
0	Fedearroz 60	91,3	cd	333	cd
150	INIAP FL-Arenillas	97,4	bcd	361	bcd
150	SFL011	110,0	a	368	abcd
150	INIAP 14	104,0	ab	496	a
150	INIAP 11	96,4	bcd	489	ab
150	Fedearroz 60	94,6	bcd	381	abcd
	Factor A		**		**
	Factor B		**		**
	Interacción		*		*
CV (%)		3,7		11,0	

Valores de cada columna seguidos por la misma letra, no son estadísticamente diferentes. $p > 0,05$: *; $p > 0,01$ **.

El mayor número de macollos m⁻² se consiguió con la interacción de la variedad INIAP 14 con aplicación de leonardita que alcanzó 496 macollos m⁻² valor que resultó estadísticamente diferente al obtenido con otros materiales sembrados que mostraron menos macollos m⁻² (Tabla 33). Los ácidos húmicos obtenidos a partir de leonardita pueden presentar directamente efectos positivos sobre el crecimiento de la planta aumentando su desarrollo,

en los brotes, raíces, permitiendo mejor absorción de nitrógeno, potasio, calcio, magnesio y fósforo (Ayón *et al.* 2017) que facilitan el crecimiento de las plantas al mejorar la absorción de nutrientes por sus efectos hormonales (Chang *et al.* 2012).

Altura de planta (cm)

Esta variable demostró diferencias significativas para la aplicación de leonardita, las variedades y su interacción. La aplicación de leonardita incrementó la altura de planta en 7 cm. Siendo la variedad SFL 011 la de mayor altura, comparada a las demás variedades que fluctuaron entre 98,6 (INIAP 14) y 92,0 cm (INIAP 11) (Tabla 33).

La aplicación de leonardita incrementó la altura de planta en las variedades SFL-011 e INIAP 14, alcanzando 110 cm y 104 cm, respectivamente. Estos tratamientos se diferenciaron con la variedad Fedearroz 60 e INIAP 11, sin leonardita que mostraron 91,3 cm y 87,7 cm de altura, en su orden (Tabla 33). Esto difiere con lo indicado por la Procesadora Nacional de Alimentos C.A - PRONACA (2016), quien expresa que la variedad de arroz SFL 011 presenta una altura de planta de 124 a 126 cm. Esta diferencia probablemente se deba a la presencia de sales en el suelo como lo indican Cristo *et al.* (2012), quienes observaron reducción sustancial del crecimiento por el efecto del estrés osmótico, el desbalance de iones específicos y efectos tóxicos ocasionados por la excesiva acumulación de iones.

4.4.2. Número de panículas m⁻²

Se encontraron diferencias estadísticas significativas en los factores A, B y las interacciones. El factor A (aplicaciones leonardita), fue superior en las parcelas donde hubo aplicación, que provocó un incremento de 49 panículas m⁻² que corresponde al 13,5 por ciento.

El comportamiento de las variedades de arroz fue estadísticamente diferente, encontrando que las variedades INIAP (11 y 14) superaron las 450 panículas m⁻², resultandos superiores al resto de variedades que presentaron menos de 355 panículas m⁻² (Tabla 34).

Tabla 34: Variación del número de panícula m⁻², longitud de panícula, número de granos por panícula, por ciento de granos vanos, peso de 1 000 granos (g) y rendimiento (kg ha⁻¹), por efecto de los factores variedades, enmiendas y su interacción

Factor A Leonardita (kg ha ⁻¹)	Factor B Variedades	Número de Panículas (m ⁻²)		Longitud de panícula (cm)		N° de granos por panícula		Porcentaje de granos vanos		Peso 1 000 granos (g)		Rendimiento kg ha ⁻¹ (14%)	
0		364	b	24,3	b	125,1	b	2,3	a	24,9	b	6922,8	b
150		413	a	26,9	a	135,7	a	2,8	a	28,3	a	8393,7	a
	INIAP FL-Arenillas	326	b	27,5	a	126,9	ab	3,2	a	26,8	a	7322,9	a
	SFL011	353	b	25,6	ab	123,3	b	3,3	a	27,4	a	7413,0	a
	INIAP 14	460	a	24,0	b	124,4	b	2,4	a	25,7	a	8506,2	a
	INIAP 11	452	a	24,5	b	130,7	ab	2,1	a	26,3	a	7407,6	a
	Fedearroz 60	354	b	26,3	ab	146,6	a	1,8	a	26,7	a	7378,9	a
0	INIAP FL-Arenillas	292	d	26,5	ab	125,3	ab	2,2	a	25,4	bc	6889,1	a
0	SFL011	341	cd	24,9	abc	120,7	ab	4,2	ab	25,7	bc	6410,9	a
0	INIAP 14	433	abc	22,2	c	121,7	ab	3,1	ab	23,7	c	8052,9	a
0	INIAP 11	426	abc	22,8	bc	115,7	b	3,6	ab	24,4	c	6576,7	a
0	Fedearroz 60	329	cd	25,0	abc	142,2	a	2,0	ab	25,4	bc	6684,1	a
150	INIAP FL-Arenillas	359	bcd	28,4	a	128,7	ab	2,8	ab	28,3	ab	7756,6	a
150	SFL011	364	abcd	26,2	abc	126,0	ab	2,4	ab	29,1	a	8404,3	a
150	INIAP 14	488	a	25,8	abc	127,0	ab	1,7	ab	27,6	ab	8959,4	a
150	INIAP 11	478	ab	26,2	abc	145,7	ab	1,5	b	28,2	ab	8774,8	a
150	Fedearroz 60	378	abcd	27,7	ab	150,9	a	2,1	Ab	28,0	ab	8073,6	a
	Factor A		*		**		*		ns		*		*
	Factor B		**		*		*		ns		ns		ns
	Interacción		*		*		*		*		*		ns
CV (%)		10,9		4,1		6,5		35,8		3,7			

Valores de cada columna seguidos por la misma letra, no son estadísticamente diferentes. $p > 0,05$: *; $p > 0,01$ **.

El mejor tratamiento resultó en la interacción de la variedad INIAP 14 con aplicación de leonardita que alcanzó 488 panículas m^{-2} y se diferencia de la variedad Arenillas sin leonardita que alcanzó 292 panículas m^{-2} . Estos valores resultaron superiores a los obtenidos por Apolo (2015), quien reporta una cantidad de 243 panículas m^{-2} , en la variedad de INIAP 15, sembrada en suelos salinos con la aplicación de silicio en la zona de Taura (Tabla 34).

4.4.3. Longitud de panícula

En la Tabla 34, se presenta los datos de longitud de la panícula; donde existen diferencias estadísticas significativas entre la aplicación y no aplicación de leonardita, lo que provocó el incremento de 2,6 cm en esta variable que corresponde al 10,7 por ciento.

Las variedades de arroz mostraron longitudes de panícula estadísticamente diferentes, siendo la variedad INIAP FL-Arenillas que mostró 27,5 cm, superior al resto de variedades que presentaron alturas por debajo de 24,0 cm.

El mejor tratamiento resultó en la combinación de la variedad INIAP FL-Arenillas con aplicación de leonardita que alcanzó 28,4 cm valor que resultó superior a las variedades INIAP 11 y 14 sin leonardita que presentaron longitudes menores a 23 cm. Discrepando a lo obtenido por Aguilar (2011), que obtuvo resultados de longitud de esta variable superiores a 23 cm bajo condiciones experimentales y en suelos salinos de Samborondón.

4.4.4. Número de granos por panícula

En la variable de número de granos por panícula existen diferencias estadísticas significativas, donde la incorporación de leonardita, causó un aumento de 10,6 granos por panícula que corresponde el 10,7 por ciento.

Las variedades mostraron diferencias estadísticas, siendo Fedearroz 60 la que superó los 146.6 granos por panícula, resultandos superiores al resto de materiales que presentaron valores por debajo de 131 granos por panícula. El mejor tratamiento lo obtuvo Fedearroz 60 con aplicación de leonardita que alcanzó 150,9 granos por panícula, muy distante al INIAP 11 sin leonardita que alcanzó 115,7 granos por panícula. Este comportamiento pudo deberse a la elevada concentración de sales durante la fase reproductiva, que provocan “vaneamiento” en los granos; es decir, no se logra fecundación del óvulo o polen no viable (Cristo *et al.* 2012).

4.4.5. Porcentaje de granos vanos

En esta variable no se mostraron diferencias significativas, con y sin incorporación de enmienda (Tabla 34). Las variedades fueron estadísticamente iguales entre 1,8 y 2,73 por ciento. Los mejores tratamientos se obtuvieron con la variedad INIAP FL-Arenillas y Fedearroz 60 con aplicación de leonardita que presentaron de 2,2 por ciento y 1,5 por ciento de granos vanos, respectivamente, superiores al resto de variedades que presentaron porcentajes por encima de 1,5 por ciento.

4.4.6. Peso de 1 000 granos

En esta variable se detectaron diferencias significativas, con incorporación de leonardita, lo cual provocó el incremento de 3,4 g que corresponde el 13,7 por ciento (Tabla 34).

Entre variedades fueron estadísticamente similares entre 26,3 y 27,4 granos. Estos resultados son similares a los encontrados por Aguilar (2011), quien sembró arroz en los suelos salinos de Samborondón y encontró un promedio de 27 gramos por 1 000 granos.

El mejor tratamiento resultante fue la interacción de la variedad SFL 011 y aplicación de leonardita que alcanzó 29,1 g por 1 000 granos, valor que resultó estadísticamente diferente a las restantes combinaciones, principalmente de la variedad INIAP 14 e INIAP 11 sin leonardita que mostraron menos de 25 g por 1 000 granos.

4.4.7. Rendimiento

En la variable de rendimiento se observaron diferencias estadísticas significativas, entre la aplicación de leonardita, el cual consiguió incrementar el rendimiento del arroz en 1 470,9 kg ha⁻¹ que corresponde a un incremento del 21,24 por ciento (Tabla 34).

No se observaron diferencias estadísticas significativas entre variedades, sin embargo, se observó variación del rendimiento desde 8 506,2 kg ha⁻¹ con la variedad INIAP 14 y 7 322,9 kg ha⁻¹ con la INIAP FL-Arenillas.

Se observó diferencias estadísticas significativas por aplicación de leonardita, mas no por efecto de materiales y sus interacciones. Sin embargo, los mejores tratamientos fueron INIAP (14 y 11) con aplicación de leonardita que fueron los menos afectados por la salinidad, alcanzando rendimientos de 8 959,4 kg ha⁻¹ y 8 774,8 kg ha⁻¹ respectivamente.

Estos resultados difieren con Morocho (2014), quien no encontró diferencias en rendimiento con la aplicación de sustancias húmicas. Por otro lado, Torabi y Halim (2013) mencionan que la salinidad es uno de los principales factores abióticos que afectan el crecimiento y calidad de los cultivos a través del estrés. También afecta al trasplantarse y la etapa de floración, incrementando la esterilidad de las espigas, disminuyendo el peso, afectando el rendimiento (Dobermann y Fairhurst 2012).

4.4.8. Índice de cosecha

En esta variable no se detectaron diferencias estadísticas significativas por efecto de la aplicación de leonardita y las variedades evaluadas. El coeficiente de variación fue de 15,2 por ciento (Tabla 35).

Con respecto a la interacción de las variedades con 150 kg ha⁻¹ de leonardita todos los tratamientos resultaron estadísticamente iguales, las variedades INIAP 14 e INIAP 11, mostraron mayores índices (0,50 y 0,47, respectivamente). En este tema, Dobermann y Fairhurst (2012), mencionan acordes a los encontrados, sosteniendo que una variedad de arroz de alto rendimiento tiene un índice de cosecha de 0,45-0,50, con un ciclo de precoz a medio (100 - 120 días) y un potencial de rendimiento de 10 t ha⁻¹ en temporada seca y de 7- 8 t ha⁻¹ en condiciones lluviosas o con nubes, en suelo no salino.

4.4.9. Peso de materia seca del grano de arroz por hectárea

En esta variable se encontraron diferencias estadísticas significativas, donde la incorporación de leonardita, obtuvo el mayor peso de materia seca con 7598,5 kg ha⁻¹, provocando un aumento de 1488.4 kg ha⁻¹ que corresponde el 24,4 por ciento. El coeficiente de variación de 15,9 por ciento (Tabla 35). Los comportamientos de las variedades de arroz fueron estadísticamente iguales, la variedad INIAP 14 obtuvo 7694,4 kg ha⁻¹ el mayor peso de materia seca.

Los mejores tratamientos resultaron en la combinación de las variedades INIAP (11 y 14) con 150 kg ha⁻¹ de leonardita que alcanzaron 8283,9 kg ha⁻¹ y 8027,7 kg ha⁻¹ peso de materia seca del grano valores que resultaron estadísticamente iguales a las demás variedades y se diferencia principalmente de las variedades de SFL 011 y INIAP FL- Arenillas 60 sin leonardita que presentaron valores de 5 595,8 kg ha⁻¹ y 5683,5 kg ha⁻¹ de materia seca, respectivamente.

Tabla 35: Promedios índice de cosecha (grano/panca), peso de materia seca del grano de arroz (kg ha⁻¹) y materia seca de panca de arroz (kg ha⁻¹) de los factores de enmiendas, variedades y la interacción AB (variedades x enmienda)

Factor A Leonardita	Factor B Variedades	Índice de cosecha		Materia seca del grano de arroz (kg ha ⁻¹)		Materia seca de panca de arroz (kg ha ⁻¹)		Relación grano/panca	
0		0,39	a	6110,1	b	8338,2	b	0,82	a
150		0,44	a	7598,5	a	10 794,5	a	0,73	a
	INIAP FL-Arenillas	0,42	a	6360,6	a	9253,1	a	0,72	a
	SFL011	0,39	a	6538,9	a	10 720,9	a	0,73	a
	INIAP 14	0,47	a	7694,4	a	8329,6	a	0,98	a
	INIAP 11	0,44	a	7231,9	a	9023,9	a	0,82	a
	Fedearroz 60	0,39	a	6445,4	a	10 504,3	a	0,62	a
0	INIAP FL-Arenillas	0,40	a	5683,5	a	7580,7	ab	0,77	a
0	SFL011	0,37	a	5595,8	a	9037,9	ab	0,83	a
0	INIAP 14	0,43	a	7104,9	a	6742,2	b	1,13	a
0	INIAP 11	0,40	a	6436,2	a	8486,9	ab	0,77	a
0	Fedearroz 60	0,37	a	5730,3	a	9843,3	ab	0,60	a
150	INIAP FL-Arenillas	0,43	a	7037,8	a	10 925,4	ab	0,67	a
150	SFL011	0,40	a	7481,9	a	12 403,9	a	0,63	a
150	INIAP 14	0,50	a	8283,9	a	9916,9	ab	0,83	a
150	INIAP 11	0,47	a	8027,7	a	9560,8	ab	0,87	a
150	Fedearroz 60	0,40	a	7160,5	a	11 165,3	ab	0,63	a
	Factor A		ns		*		*		ns
	Factor B		ns		ns		ns		ns
	Interacción		ns		ns		*		ns
CV (%)		15,2		15,9		19,1		29,0	

Valores de cada columna seguidos por la misma letra, no son estadísticamente diferentes. $p > 0,05$: *; $p > 0,01$ **.

4.4.10. Peso de materia seca de panca por hectárea

En la variable de materia seca de panca por hectárea se encontraron diferencias estadísticas significativas con la incorporación de leonardita. El coeficiente de variación fue de 19,1 por ciento (Tabla 35). Los comportamientos de las variedades de arroz fueron estadísticamente iguales, la variedad SFL 011 obtuvo 10 720,9 kg ha⁻¹ el mayor peso de materia seca de panca.

El mejor tratamiento resultó en la combinación de la variedad SFL 011 con leonardita que obtuvo 12 403,9 kg ha⁻¹ de peso de materia seca de panca valor que resultó estadísticamente diferentes a las demás variedades y se diferencia de las demás variedades sin leonardita que presentaron valores que van desde 6742,3 kg ha⁻¹ a 9843,3 kg ha⁻¹ de materia seca de panca. Estos resultados son similares a los encontrados por Anton *et al.* (2010), donde evaluaron la influencia del compost, nitrógeno y ácido húmico sobre el rendimiento y la composición química de las plantas del trigo encontraron que con la adición de ácido húmico aumentan los rendimientos de grano, panca, contenido de NPK y proteína de grano.

4.4.11. Relación grano - panca

Los resultados en esta variable indican que no se encontraron diferencias estadísticas significativas con un CV de 29 por ciento. En la Tabla 35 se observa los comportamientos de las variedades de arroz fueron estadísticamente iguales, la variedad INIAP 14, logró mayor relación de grano- panca de 0.98, seguido de la variedad INIAP 11 que presentó valor de 0,82. La interacción de las variedades con y sin leonardita todos los tratamientos resultaron estadísticamente iguales.

4.4.12. Color de clorofila a los 30 días después del trasplante

En la variable del color de la clorofila a los 30 días después del trasplante, se detectaron diferencias significativas, donde con la aplicación de 150 kg ha⁻¹ de leonardita, se obtuvo 47,3. El coeficiente de variación de 2,2 por ciento (Tabla 36).

El color de clorofila más alto correspondió a la variedad SFL 011, con valor de 49,60, resultando estadísticamente diferentes al resto de las variedades que presentaron valores más bajos de 46,90.

El mejor tratamiento resultó en la combinación de la variedad SFL 011 con 150 kg ha⁻¹ de leonardita que alcanzó 50,20 valor que resultó estadísticamente diferente a las demás

variedades más leonardita y se diferencia principalmente de la variedad Fedearroz 60 sin leonardita que presentó 43,90. El contenido de clorofila desempeña un importante papel en el crecimiento y desarrollo de las plantas (Jahan *et al.* 2014) y la disminución en su contenido es la principal causa de alteraciones en el proceso de fotosíntesis (Khairi *et al.* 2015). Por su parte, Gomathi y Rakkiyapan (2011) al evaluar el efecto del estrés salino en genotipos de caña de azúcar, observaron una disminución significativa del contenido de clorofila y carotenoides en diferentes estadios de desarrollo del cultivo.

Tabla 36: Promedios de color de clorofila a 30, 45, 60 y 75 ddt de los factores de enmiendas, variedades y la interacción AB (variedades x enmienda)

Factor A Leonardita	Factor B Variedades	Días después del trasplante							
		Color de clorofila	de 30	Color de clorofila	de 45	Color de clorofila	de 60	Color de clorofila	de 75
0		46,1	b	46,6	b	47,9	b	39,4	b
150		47,3	a	49,3	a	50,5	a	43,8	a
	INIAP FL-Arenillas	46,2	bc	48,9	ab	50,0	a	41,8	a
	SFL011	49,6	a	49,5	a	50,0	a	42,1	a
	INIAP 14	45,8	bc	46,1	b	49,8	a	44,6	a
	INIAP 11	46,9	b	48,6	ab	49,7	a	41,1	a
	Fedearroz 60	44,9	c	46,6	ab	46,5	b	39,4	a
0	INIAP FL-Arenillas	46,0	cd	48,0	ab	48,7	ab	40,0	a
0	SFL011	49,0	ab	48,0	ab	48,5	ab	42,0	a
0	INIAP 14	45,0	cd	45,0	ab	48,4	ab	44,0	a
0	INIAP 11	46,0	bcd	47,0	ab	48,4	ab	38,0	a
0	Fedearroz 60	44,0	d	44,0	b	45,7	ab	36,0	a
150	INIAP FL-Arenillas	47,0	bcd	50,0	ab	51,3	a	44,0	a
150	SFL011	50,0	a	51,0	a	51,5	a	42,0	a
150	INIAP 14	46,0	bcd	47,0	ab	51,1	a	45,0	a
150	INIAP 11	47,0	abc	50,0	a	51,0	a	45,0	a
150	Fedearroz 60	46,0	bcd	49,0	ab	47,3	ab	43,0	a
	Factor A		*		*		*		*
	Factor B		*		*		*		ns
	Interacción		*		*		*		ns
CV (%)		2,2		3,9		3,5		8,3	

Valores de cada columna seguidos por la misma letra, no son estadísticamente diferentes. $p > 0,05$: *; $p > 0,01$ **.

4.4.13. Color de clorofila a los 45 días después del trasplante

Los promedios para esta variable se presentan en la Tabla 36, la misma que alcanzó diferencias estadísticas significativas donde la aplicación de 150 kg ha⁻¹ de leonardita, provocó aumento de 2,7 que corresponde el 5,8 por ciento. El coeficiente de variación de 3,9 por ciento.

El color de clorofila más alto correspondió a la variedad SFL 011, con valor de 49,50, resultando estadísticamente diferentes al resto de las variedades que presentaron valores más bajos de 48,90.

En lo que respecta a las interacciones, la variedad SFL 011 con 150 kg ha⁻¹ de leonardita que obtuvo y 50,8 valor que resultó estadísticamente diferentes a las demás variedades más leonardita y se diferencia principalmente de las variedades de Fedearroz 60 sin leonardita que presentó el menor valor de clorofila con 44,40.

4.4.14. Color de clorofila a los 60 días después del trasplante

Los promedios para esta variable se presentan en la Tabla 36, la misma que alcanzó diferencias significativas donde la aplicación de 150 kg. ha⁻¹ de leonardita, provocó aumento de 2,6 que corresponde el 5,4 por ciento. El coeficiente de variación de 3,5 por ciento.

Los comportamientos de las variedades de arroz fueron estadísticamente iguales, excepto la variedad Fedearroz 60 que obtuvo 46,50 de color de clorofila, resultando diferente al resto de materiales probados que presentaron mayor color de clorofila.

Los mejores tratamientos resultaron con la combinación de la variedad SFL 011, INIAP FL-Arenillas y INIAP (14 y 11) con 150 kg. ha⁻¹ de leonardita que alcanzaron 51,3; 51,5 y 51,1 respectivamente, valores que resultaron estadísticamente diferentes a las demás variedades y se diferencia principalmente de la variedad de Fedearroz 60 sin leonardita que presentó el menor valor de clorofila con 45,7. Estos resultados concuerdan con lo manifestado por Ragab y Abd (2015), señalan que las plantas de maíz bajo condiciones de estrés salino, disminuye el contenido de clorofila y la tasa de transpiración, afectando negativamente la actividad fotosintética.

4.4.15. Color de clorofila a los 75 días después del trasplante

En la variable de clorofila a los 75 ddt, se detectaron diferencias estadísticas significativas, la incorporación de leonardita, obtuvo el mayor índice de 43,8. El coeficiente de variación de 8.3 por ciento (Tabla 36).

Los comportamientos de las variedades de arroz fueron estadísticamente iguales, la variedad INIAP 14 obtuvo el mayor valor de 44,60 de color de clorofila.

Con respecto a la combinación de las variedades de 150 kg ha⁻¹ de leonardita y sin leonardita todos los tratamientos resultaron estadísticamente iguales, la variedad de INIAP 14 con leonardita mostró el valor de clorofila más alto de 45,2 (Tabla 36).

4.4.16. Extracción de nutrientes

a) Macronutrientes

En lo que respecta a la extracción de N y P, solo se encontraron diferencias estadísticas significativas entre la aplicación de leonardita. Para la extracción de K, se detectaron diferencias estadísticas significativas entre la aplicación de leonardita, lo que estimuló una absorción del SFL011 de 137,4 kg. ha⁻¹, superando al INIAP 14 sin aplicación de leonardita en 58,8 kg ha⁻¹ de K. En esta misma variable no se presentaron diferencias de absorción entre las variedades evaluadas (Tabla 37).

Para la extracción de calcio se encontraron diferencias estadísticas significativas, donde la aplicación de leonardita, provocó mayor absorción de calcio 85,85 kg ha⁻¹ de Ca, incrementando 15,32 kg ha⁻¹ de Ca que corresponde al 21,7 por ciento (Tabla 37).

Los comportamientos de las variedades de arroz fueron estadísticamente iguales, la variedad Fedearroz 60 obtuvo el mayor contenido de calcio (89,52 kg ha⁻¹). El mejor tratamiento resultó de la combinación de la variedad SFL 011 con leonardita que alcanzó una absorción de 105,5 kg ha⁻¹ Ca valor que resultó estadísticamente superior a lo extraído por otras variedades.

En la variable de extracción de magnesio se detectaron diferencias significativas, la incorporación de leonardita, obtuvo el mayor valor de 54,58 kg ha⁻¹ de Mg. El coeficiente de variación de 15,7 por ciento (Tabla 37).

Los comportamientos de las variedades de arroz fueron estadísticamente iguales, la variedad Fedearroz 60 obtuvo el mayor valor de 49,25 kg ha⁻¹ de Mg.

El mejor tratamiento resultó de la combinación de la variedad SFL 011 con la aplicación de leonardita que obtuvo una extracción de 64,80 kg ha⁻¹ de Mg valor que resultó estadísticamente superior a lo extraído por otras variedades.

En la extracción de azufre se encontraron diferencias estadísticas significativas, donde la incorporación de leonardita, provocó mayor absorción de azufre 25,84 kg ha⁻¹ de S, incrementando 3,5 kg ha⁻¹ de S que corresponde al 16,11 por ciento (Tabla 37).

Los comportamientos de las variedades de arroz fueron estadísticamente diferentes, la variedad INIAP 11 obtuvo el mayor contenido de azufre (28,03 kg ha⁻¹) superando a las variedades INIAP 14 e INIAP FL-Arenillas, que llegaron a un máximo de 22,05 kg ha⁻¹ de S absorbido. El mejor tratamiento resultó de la combinación de la variedad INIAP 11 con 150 kg ha⁻¹ de leonardita que alcanzó una absorción de 33,50 kg ha⁻¹ de S, valor que resultó estadísticamente superior a lo extraído por otras variedades.

- **Micronutrientes**

En relación a la extracción de hierro no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre la aplicación de leonardita.

Con respecto a la combinación de las variedades con la incorporación de leonardita todos los tratamientos resultaron estadísticamente diferentes, la variedad de INIAP FL-Arenillas con leonardita mostró el valor más alto de 7,30 kg ha⁻¹ de Fe (Tabla 38).

Para la extracción de manganeso se detectaron diferencias estadísticas significativas entre la aplicación de leonardita. El coeficiente de variación fue de 14,2 por ciento. Los comportamientos de las variedades de arroz fueron estadísticamente diferentes, la variedad INIAP FL-Arenillas alcanzó el mayor contenido de manganeso (3,77 kg ha⁻¹). El mejor tratamiento resultó de la combinación de la variedad INIAP FL-Arenillas con leonardita que alcanzó una absorción de 4,80 kg ha⁻¹ de Mn valor que resultó estadísticamente superior a lo extraído por otras variedades.

Tabla 37: Variación en la extracción de macronutrientes de cinco variedades de arroz, creciendo en suelos salino con y sin aplicación de leonardita

Factor A Leonardita	Factor B Variedades	kg ha ⁻¹											
		Nitrógeno		Fósforo		Potasio		Calcio		Magnesio		Azufre	
0		136,58	b	30,17	B	87,57	b	70,53	b	38,89	a	22,34	b
150 kg		160,91	a	23,61	A	110,05	a	85,85	a	54,58	b	25,84	a
	INIAP FL-Arenillas	147,93	a	20,25	a	103,22	a	69,28	a	45,40	a	21,53	b
	SFL011	151,72	a	25,55	a	117,92	a	83,72	a	52,07	a	23,85	ab
	INIAP 14	158,55	a	26,19	a	91,59	a	71,05	a	43,22	a	22,05	b
	INIAP 11	155,93	a	29,12	a	88,19	a	77,38	a	43,75	a	28,03	a
	Fedearroz 60	129,58	a	33,37	a	93,14	a	89,52	a	49,25	a	24,98	ab
0	INIAP FL-Arenillas	119,83	a	17,17	a	85,27	ab	53,43	c	35,03	b	22,37	bc
0	SFL011	153,40	a	27,93	a	98,43	ab	61,90	bc	39,33	b	24,20	bc
0	INIAP 14	143,67	a	29,67	a	78,57	b	64,93	bc	36,50	b	21,97	bc
0	INIAP 11	144,90	a	35,70	a	79,90	ab	76,43	bc	38,40	b	22,57	bc
0	Fedearroz 60	121,07	a	40,40	a	95,70	ab	95,97	a	45,20	ab	20,60	c
150	INIAP FL-Arenillas	176,03	a	23,33	a	121,17	ab	85,13	abc	55,77	a	20,70	c
150	SFL011	150,00	a	23,17	a	137,40	a	105,53	a	64,80	ab	23,50	bc
150	INIAP 14	173,43	a	22,70	a	104,60	ab	77,17	abc	49,93	ab	22,13	bc
150	INIAP 11	166,97	a	22,53	a	96,47	ab	78,33	abc	49,10	ab	33,50	a
150	Fedearroz 60	138,1	a	26,33	a	90,60	ab	83,07	abc	53,30	ab	29,37	ab
	Factor A		*	*			*		*		*		*
	Factor B		ns	ns			ns		ns		ns		*
	Interacción		ns	ns			*		*		*		*
CV (%)		15,0		41,6		19,6		17,9		15,7		11,2	

Valores de cada columna seguidos por la misma letra, no son estadísticamente diferentes. $p > 0,05$: *; $p > 0,01$ **.

En la variable de extracción de zinc se detectaron diferencias significativas, la aplicación de leonardita, obtuvo el mayor valor de 0,45 kg ha⁻¹ de Zn. El coeficiente de variación de 14,6 por ciento (Tabla 38).

Los comportamientos de las variedades de arroz fueron estadísticamente diferentes, la variedad INIAP FL-Arenillas alcanzó el mayor valor de 0,47 kg ha⁻¹ de Zn.

Tabla 38: Variación en la extracción de micronutrientes de cinco variedades de arroz, creciendo en suelos salino con y sin aplicación de leonardita

Factor A	Factor B	Hierro	Manganeso	Zinc	Boro	Cloro					
Leonardita	Vareidades	kg ha ⁻¹									
0		5,31	a	2,77	b	0,35	b	0,19	b	273,54	a
150 kg		5,70	a	3,35	a	0,45	a	0,27	a	330,71	b
	INIAP FL-Arenillas	6,00	a	3,77	a	0,47	a	0,22	a	240,15	b
	SFL011	5,17	a	2,63	ab	0,43	ab	0,25	a	335,27	a
	INIAP 14	6,20	a	3,00	ab	0,37	ab	0,25	a	318,38	a
	INIAP 11	5,62	a	2,80	b	0,38	ab	0,20	a	317,62	a
	Fedearroz 60	4,55	a	3,12	b	0,33	b	0,23	a	299,20	a
0	INIAP FL-Arenillas	4,70	c	2,73	b	0,43	abc	0,17	a	222,83	c
0	SFL011	4,87	bc	2,33	b	0,37	abc	0,20	a	287,70	abc
0	INIAP 14	6,77	b	2,97	b	0,27	c	0,20	a	277,73	bc
0	INIAP 11	5,70	abc	2,87	b	0,37	abc	0,20	a	278,97	bc
0	Fedearroz 60	4,53	c	2,97	b	0,30	bc	0,20	a	300,47	bc
150	INIAP FL-Arenillas	7,30	a	4,80	a	0,50	a	0,27	a	257,47	c
150	SFL011	5,47	bc	2,93	b	0,50	a	0,30	a	382,83	a
150	INIAP 14	5,63	abc	3,03	b	0,47	abc	0,30	a	359,03	ab
150	INIAP 11	5,53	abc	2,73	b	0,40	abc	0,20	a	356,27	ab
150	Fedearroz 60	4,57	c	3,37	ab	0,37	abc	0,27	a	297,93	bc
	Factor A		ns		*		*		*		*
	Factor B		n.s		*		ns		ns		*
	Interacción		*		*		*		ns		*
	CV (%)	12,2		17,4		14,6		22,1		10,8	

Valores de cada columna seguidos por la misma letra, no son estadísticamente diferentes. p > 0,05: *; p > 0,01 **.

Los mejores tratamientos resultaron de las combinaciones de las variedades de INIAP FL-Arenillas y SFL 011 con la aplicación de leonardita que alcanzaron una extracción de 0,50 kg ha⁻¹ de Zn respectivamente, valores que resultaron estadísticamente superiores a lo extraído por otras variedades.

Para la extracción de boro se detectaron diferencias estadísticas significativas entre la aplicación de leonardita. El coeficiente de variación fue de 22,1 por ciento. En esta misma variable no se presentaron diferencias de absorción entre las variedades evaluadas, sin embargo, las variedades INIAP 14 y SFL 011 presentaron mayores extracciones de boro 0,30 kg ha⁻¹ de B, respectivamente (Tabla 38).

En la extracción de cloro se encontraron diferencias estadísticas significativas, donde la incorporación de leonardita, provocó mayor absorción de cloro 330,71 kg ha⁻¹ de Cl, incrementando 57,17 kg ha⁻¹ de Cl que corresponde al 20,9 por ciento (Tabla 38).

Los comportamientos de las variedades de arroz fueron estadísticamente iguales, a excepción de la variedad INIAP FL-Arenillas que fue diferente que obtuvo el menor contenido de cloro (240,15 kg ha⁻¹).

4.4.17. Análisis económico

En los tratamientos con y sin aplicación de enmiendas la relación beneficio/costo fue mayor a USD 2 lo que indica que obtuvieron dividendos monetarios. La mejor relación beneficio/costo se obtuvo con la variedad INIAP 14 sin enmiendas, donde se obtuvo una ganancia de USD 1,7 por cada dólar invertido, seguido por la INIAP FL-Arenillas y INIAP 14 con aplicación de enmienda que se alcanzaron una ganancia de USD 1,4 de rentabilidad por cada dólar invertido (Anexo 6).

V. CONCLUSIONES

Objetivo 1

- Con los resultados obtenidos en esta investigación, se concluye que en los suelos de la subcuenca del río Yaguachi - Ecuador, dedicados al cultivo de arroz, la salinidad limita la producción de arroz. El origen de estas sales se debe al uso de agua dulce mezclada con las sales de las aguas de mareas que se transportan a través de la confluencia de los ríos Yaguachi, Babahoyo, Guayas que desemboca en el océano Pacífico.
- El agua de riego presenta una CE de 2,64 dS m⁻¹, de categoría C4S3, es dura, salinidad alta, puede emplearse en riego, pero con drenaje. Del total del área de estudio 6 533,87 ha presenta problemas de salinidad que podrían afectar considerablemente la productividad del cultivo de arroz

Objetivo 2

- Se determinaron las características del sistema de producción, encontrándose tres sistemas de producción en fincas arroceras, representados en tres conglomerados: el primero que es el sistema tecnológico avanzado, lo conforman agricultores que poseen superficie sembrada mayor de 10 ha. Los suelos de sus fincas tienen CE con rangos de 3,50 a 12,96 dS m⁻¹. El conglomerado 2, corresponde al sistema tecnológico semi-básico, los agricultores tienen superficie sembrada de menos de 10 ha. Los suelos de las fincas, tienen CE de 3,00 a 12,08 dS m⁻¹, y el sistema tecnológico básico, los agricultores tienen superficie sembrada de menos de 5 ha. Los suelos de las fincas tienen CE de 3,35 a 6,96 dS m⁻¹.

Objetivo 3

- Las aplicaciones de compost, cachaza y leonardita, en suelo salino, mejoraron las características morfológicas y de rendimiento del arroz de inundación, logrando incrementar las concentraciones de N, K, Ca, S y P, en los tejidos foliares, confirmándose la hipótesis que con las enmiendas se obtiene mayor rendimiento de arroz y se contrarresta los efectos dañinos de la salinidad.

Objetivo 4

- Las variedades de arroz INIAP FL- Arenillas, SFL011, INIAP 14, INIAP 11 y Fedearroz 60 sometidas al nivel de salinidad de 7,44 dS m⁻¹ y aplicando leonardita, presentaron un desempeño superior frente a las mismas variedades, pero sin aplicación leonardita en características como: altura de la planta, número de macollos por planta, panículas por planta, granos por panícula y peso de 1 000 granos.
- Por los resultados obtenidos, se destaca que empleando 150 kg ha⁻¹ leonardita, todas variedades de arroz presentaron mayores rendimientos; por lo que los ácidos húmicos y fúlvicos que posee la leonardita tiene el atributo de potenciar a las plantas diversas funciones físicas, químicas y biológicas en las que puede mejorar su desarrollo, además de proporcionar elevadas cantidades de materia orgánica fósil humificada que garantiza a la planta a brindarle todos los nutrientes necesarios para su crecimiento.

VI. RECOMENDACIONES

- En vista que los agricultores de la zona de Yaguachi son independientes, se recomiendan que los agricultores se asocien para obtener mayores rendimientos del cultivo de arroz con bajos costos de producción.
- Se recomienda realizar análisis de suelo previo a la siembra para elaborar un plan de fertilización de acorde con las características químicas y necesidades del cultivo.
- Promover el uso de enmiendas orgánicas en el manejo de suelos irrigados con aguas salinas, ya que estas poseen efectos positivos sobre el suelo y tienen buen potencial para la remediación de la salinidad.
- Investigar diferentes dosis de compost, aplicados al suelo, para verificar si se presentan cambios en las características físicas, químicas y biológicas del suelo, así como su incidencia en el rendimiento del arroz.
- Mejorar la fertilidad del suelo empleando un sistema de manejo orgánico - mineral autosostenido, incorporando compost a base de los residuos de las cosechas para reducir la salinidad de los suelos y mejorar la eficiencia de uso de fertilizantes minerales.
- En sectores con problemas de salinidad, utilizar variedades con mejor comportamiento para estas condiciones como son: INIAP 14, INIAP 11, SFL011 y Fedearroz 60 por presentar los mayores rendimientos y tolerancia a la salinidad.
- Iniciar programas de mejoramiento genético del arroz que permitan desarrollar variedades tolerantes para zonas con problema de salinidad.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abd, M. 2018. Influence of long-term wastewater irrigation on soil quality and its spatial distribution. *Annals of Agricultural Sciences*, 63,191-199.
- Adler, P; Wilcox, G. 1985. Rapid perchloric acid digest methods for analysis of major elements in plant tissue. *Commun. In Soil Sci. and Plant Anal.* 16(11):1153 – 1163.
- Aguilar, I. 2011. Respuesta agronómica del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) a la aplicación de un corrector de suelos salinos y tres fuentes de fertilizantes nitrogenados. Tesis de Grado, Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador.
- Aguilar, M; Fernández, J; Aguilar, M; Ortiz, C. 2016. Respuesta agronómica del arroz al riego salino en distintas fases del cultivo. Alcalá del Río (Sevilla). Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. Producción Agraria. 1-25 p.
- Ahmad, P; Rasool, S; Hameed, A; Azooz, M; Muneeb-U-Rehman; Siddiqi, TO. 2013. Salt Stress: Causes, Types and Responses of Plants. In: Ahmad, P; Azooz, M; Prasad, M. 2013. *Ecophysiology and Responses of Plants under Salt Stress*. Springer, New York, NY.
- Álava, M; Poaquiza, J; Castillo, G. 2018. La producción arroceras del Ecuador: Caso Samborondon, 2011 – 2015. *Revista espacio*. ISSN 0798 1015.
- Alcaraz, F. 2012. Universidad de Murcia. Salinidad y vegetación. Consultado el 14 de marzo del 2020. Disponible en: <https://www.um.es/docencia/geobotanica/ficheros/tema18.pdf>.

- Alshammary, SF. 2013. Effect of salinity on ion relations of four turfgrasses. *J. Food Agric. Environ*, 11(2):1321-1326.
- Álvarez, J. 2005. Respuesta del arroz (*Oryza sativa* L.) variedad Fedearroz 50 a diferentes dosis y épocas de aplicación de un fertilizante enriquecido con materia orgánica bajo las condiciones agroecológicas de la meseta de Ibagué y el Guamo en el Tolima. Tesis de Magister, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Angamarca, G; Pinango, J. 2013. Evaluación de cuatro niveles de porquinaza, aplicados mediante dos sistemas de riego en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) var. crisphead, en la parroquia San Francisco cantón Ibarra. Tesis de Grado, Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador.
- APHA. 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21th Edition. New York. 210 pp.
- Apolo, J. 2015. Efecto de la aplicación de una enmienda en suelo salino y dosis de silicio para mejorar la productividad en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.). Tesis de grado, Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador.
- Apse, MP; Blumwald, E. 2007. Na⁺ transport in plants. *FEBS Letters*, 581(12):2247- 2254. <https://doi.org/10.1016/j.febslet.2007.04.014>
- Argentel, L; Fonseca, I; Garatuza, J; Yépez, E; González, J. 2016. Efecto de la salinidad en callos de variedades de trigo durante el cultivo in vitro. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(3):477-488.
- Arreola, J; Palma, D; Salgado, S; Camacho, W; Obrador, J; Juárez, F; Pastrana, L. 2004. Evaluación de abono órgano-mineral de cachaza en la producción y calidad de la caña de azúcar. *Terra Latinoamericana*, 22(3):351-357.
- Ashraf, M. 2004. Some important physiological selection criteria for salt tolerance in plants. *Flora*, 199(5):361-376. <https://doi.org/10.1078/0367-2530-00165>.

- Assaha, D; Ueda, A; Saneoka, R; Al-Yahyai, R; Yaish, M. 2017. The role of Na⁺ and K⁺ transporters in salt stress adaptation in glycophytes. *Frontiers in Physiology* 8:509, <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00509>
- ASTM. 2005. Standard Test Methods for Acidity or Alkalinity of Water D. Philadelphia.
- Aucatoma, B; Solís, G. 2011. Estandarización de metodologías de análisis por espectroscopía con un equipo de plasma de acoplamiento inductivo (ICP) en muestras foliares. *El Triunfo: CINCAE*.
- Ávila, L.; Muños, M; Rivera, B. 2000. Tipificación de los sistemas de producción Agropecuaria en la zona de influencia del programa UNIR (CALDAS). Universidad de Caldas, Departamento de sistemas de producción, Programa UNIR.
- Aydin, A; Kant, C; Turan, M. 2012. Humic acid application alleviate salinity stress of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants decreasing membrane leakage. *African J. Agric. Res*, 7(7):1073-1086.
- Ayers, R; Wescot, D. 1985. La calidad del agua en la agricultura. FAO. Estudio Riego y Drenaje. N° 29 Rev. 1. Roma, 174.
- Ayón, F; Veliz, D; Gabriel, J. 2017. El caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp) y su respuesta a la aplicación de ácidos húmicos (AH's) en el Cantón Jipijapa en Ecuador. *Journal of The Selva Andina Biosphere*, 5(1):4-14.
- Bandera, R. 2004. Rehabilitación de suelos salino-sódicos: evaluación de enmiendas y especies forrajeras. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. 1-56 pp.
- 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*, 3,309-320.
- Beato, J; Burns, G; Platou, J. 1968. Determination of sulphur in soils and plant material. *Tech. Bull. N° 14. The Sulphur Institute*. pp 14-32

- Ben-Amor, N; Megdiche, W; Lundqvist, M; Sevilla, F; Abdelly, K. 2007. Kinetics of the anti-oxidant response to salinity in the halophyte *Cakile maritime*. *J. intergr. Plant Biol*, 49,982-992.
- Ben-Amor, N; Megdihe, W; Jimenez, A; Sevilla, F; Abdell, C. 2010. The effect of calcium on the antioxidant systems in the halophyte *Cakile maritima* under salt stress. *Acta Physiologiae Plantarum*, 32(3):453-461.
- Benton, J; Steyn, W. 1973. Sampling, handling and analyzing plant tissue samples. En: Walsh, L.M. and Beaton, J.D. (ed) soil testing and plant analysis. Soil Sci. of Amer. Inc. Madison, Wisconsin, U.S.A. pp 249 – 270.
- Bhattacharyya, P; Chakrabarti, K; Chakraborty, A; Nayak, DC; Tripathy, S; Powell, MA. 2007. Municipal waste compost as an alternative to cattle manure for supplying potassium to lowland rice. *Chemosphere*, 66(9):1789–1793.
- Bizhani, S; Salehi, H. 2014. Physio-morphological and structural changes in common bermudagrass and Kentucky bluegrass during salt stress. *Acta Physiol. Plant*, 36(3):777-786.
- Borja, M; Vélez, A; Ramos, J. 2018. Differentiation and classification of guava (*Psidium guajava* L.) producers in Calvillo, Aguascalientes, México. *Región y Sociedad*, 71(1):48-59.
- Brito, H; Viteri, R; Guevara, L; Villacrés, M; Jara, J; Jiménez, S; Moya, P; Parra, C. 2016. Obtención de compost a partir de residuos sólidos orgánicos generados en el mercado mayorista del cantón Riobamba. *European Scientific Journal*, 12(29):76-94. <http://dx.doi.org/10.19044/esj.2016.v12n29p76>.
- Bunning, S; Lane, A. 2003. Proposed framework for indicators of biodiversity, land and socio-economic condition. In: Extract of a paper on Selection and Use of Indicators and Methods for Assessing Biodiversity and Land Condition conducted as part of a Stocktaking of Biodiversity Issues in the Context of the Land Degradation Assessment of Drylands (LADA), 11 pp.

- Caleros, L. 1988. Métodos analíticos para la determinación del azufre en suelos y tejidos vegetales. Memorias seminario Nacional El Azufre en la Agricultura. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, Capítulo del Valle del Cauca. 82 p.
- Campos, R; Salazar, R; Robles, C. 2014. Plan de Producción Agropecuario Sostenible en Shuabb. Escuela de Agronegocios Centro de Investigación en Gestión Agroindustrial (CIGA). Tecnológico de Costa Rica.
- Cano, M. 2014. Acidez y Alcalinidad de los Suelos: Manejo y Corrección de la Acidez de los Suelos. Consultado el 23 de febrero 2019. Disponible en: <http://tiposagricultura.blogspot.pe/2014/07/acidez-y-alcalinidad-de-los-suelos.html>
- Castellanos, J; Uvalle, B; Aguilar, S. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelos, aguas agrícolas, plantas y ECP. 2da edición. INTAGRI, México.
- Cavalcante, L; Dos Santos, R; Hernandez, F; Gheyi, H; Dias, T; Nunes, J; De Lima, G. 2016. Recuperação de solos afetados por sais. En H. R. Gheyi, N. da Silva, & C. Feitosa, Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos Básicos e Aplicados, Fortaleza: INCT Sal. 461-477.
- Cedeño, C. 2015. Enmiendas para disminuir la salinidad y mejorar la fertilidad de tres suelos dedicados al cultivo de arroz de inundación. Tesis de Maestría, Universidad Tecnológica Equinoccial. Santo Domingo, Ecuador.
- Celestina, C; Caza, JR; Venta, PWG; Francos, AE. 2019. Atribución de las respuestas del rendimiento de los cultivos a la aplicación de enmiendas orgánicas: una revisión crítica. Soil & Tillage Research, 186, 135-145.
- Chahal, S; Choudhary, O; Mavi, M. 2017. Organic amendments decomposability influences microbial activity in saline soils. Arch. Agron. Soil. Sci, 63(13):1875-1888.
- Chaman, M. 2007. Variaciones en el contenido relativo de agua y la concentración de prolina en *Capsicum annuum* L. inducido por NaCl. Arneloa, 14(2):251- 258.

- Chang, L; Wu, Y; Xu, W; Nikbakht, A; Xia, Y. 2012. Effects of calcium and humic acid treatment on the growth and nutrient uptake of Oriental Lily. *African Journal of Biotechnology*, 11(9):2218-2222.
- Chen, J; Zong, J; Gao, Y; Chen, Y; Jiang, Q; Zheng, Y. 2014. Genetic variation of salinity tolerance in Chinese natural bermudagrass (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.) germplasm resources. *Acta Agr. Scand. Soil & Soil Plant Science*, 64(5):416-424. <https://doi.org/10.1080/09064710.2014.919349>
- Chinnusamy, V; Zhu, JK. Plant salt tolerance. In: Hirt, H., Shinozaki, K. (eds) *Plant Responses to Abiotic Stress. Topics in Current Genetics*. Springer, Berlin, Heidelberg. 4, 241-251. https://doi.org/10.1007/978-3-540-39402-0_10.
- Choudhury, F; Rivero, R; Blumwald, E; Mittler, R. 2017. Reactive oxygen species, abiotic stress and stress combination. *The Plant Journal*, 90:856-867, <https://doi.org/10.1111/tpj.13299>
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 2010. *Producción Eco-Eficiente del Arroz en América Latina [CD-ROM]* Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 487 p.
- CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz). 2003. *La adopción de tecnologías agrícolas: Guía para el diseño de encuestas* (p. 95). México, D.F. Consultado el 2 de agosto de 2020. Disponible en: <http://repository.cimmyt.org/xmlui/handle/10883/894>.
- Cobos, F; Gómez, L; Reyes, W; Hasang, E. 2020. Evaluación de la tolerancia a la salinidad en poblaciones segregantes F5 de arroz (*Oryza sativa* L.). *Journal of Science and Research*, 5, 1–23.
- Cobos, F; Gómez, L; Reyes, W; Medina, R. 2021a. Sustentabilidad de dos sistemas de producción de arroz, uno en condiciones de salinidad en la zona de Yaguachi y otro en condiciones normales en el sistema de riego y drenaje Babahoyo, Ecuador. *Ecología Aplicada*, 20(1), 65-81.

- Cobos, F; Hasang, E; Lombeida, E; Medina, R. 2021b. Caracterización de fincas arroceras en sistemas de producción bajo riego, en el cantón Daule. *Journal of Science and Research*, 5, 156–168.
- Collantes, R; Rodríguez, A; Canto, M. 2015. Caracterización de fincas productoras de palto (*Persea americana* Mill.) y mandarina (*Citrus* spp.) en Cañete, Lima, Perú. *Aporte Santiaguino*, 8 (1), 33-44.
- Corcuera, C. 2016. Análisis de la fertilidad de los suelos agrícolas destinados al cultivo de arroz en la cuenca baja del río Jequetepeque. PUCP - Escuela Posgrado, 1-136.
- 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*. 36(140):1-121. Disponible en: [https:// www. scielo.org.mx/pdf/prode](https://www.scielo.org.mx/pdf/prode)
- Cortez, L; León, F. 2016. Identificación de las necesidades de los productores de arroz en la zona de Yaguachi, para realizar una producción sana, rentable y sustentable. *Yachana Revista Científica*. <http://revistas.ulvr.edu.ec/index.php/yachana/article/view/176/136>.
- Cotrisa. 2020. Datos Históricos de Superficie, Producción, Rendimiento Nacionales de arroz. Temporada 2019/2020. Consultado el 13 de julio de 2021. Disponible en: <https://www.cotrisa.cl/mercado/arroz/nacional/productivos.php>
- Criollo, H; Lagos, T; Bacca, T; Muñoz, J. 2016. Caracterización de los sistemas productivos de café en Nariño, Colombia. *Actualidad & Divulgación Científica*, 19(1):105-113.
- Cristo, E; González, M; Pérez, N. 2012. Comportamiento de genotipos de arroz (*Oryza sativa* L.) promisorios para suelo salino. *Cultivos Tropicales*, 33(3):42-46.
- Cuero, R. 2012. Hacia un sistema complementario de producción más limpia en suelos degradados por salinidad. *Revista del Doctorado Interinstitucional en Ciencias Ambientales. Ambiente y Sostenibilidad*, 2, 59-68.

- Custodio, E; Llamas, M. 2001. Hidrología subterránea, segunda edición. Ediciones Omega S.A. Barcelona, España.
- Da Silva, A; Bono, A; Pereira, F. 2014. Aplicação de vinhaça na cultura da cana-de-açúcar: Efeito no solo e na produtividade de colmos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, 18(1):38-43.
- Damián, M; Gonzáles, F; Quiñones, P; Terán, J. 2018. Plan de enmiendas, yeso agrícola, compost mejorado y enriquecido con EM y humus de lombriz, para mejorar el suelo. *Arnaldoa*, 25(1):141-158. <http://dx.doi.org/http://doi.org/10.22497/arnaldoa.251.25109> .
- Dekoum, V; Assaha, A; Hirofumi, S; Rashid, A; Mahmoud, W. 2017. The role of Na⁺ and K⁺ transporters in salt stress adaptation in glycophytes. *Frontiers in Physiology*, 8, 509. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00509>.
- Delgado, D. 2017. Aplicación de enmiendas orgánicas para la recuperación de propiedades físicas del suelo asociadas a la erosión hídrica. *Lámpsakos*, 7, 77-83. <https://doi.org/10.21501/21454086.1907>
- Delgado, M; Mendoza, K; Gonzáles, M; Tadeo, L; Valero, J. 2019. Evaluación del proceso de compostaje de residuos avícolas empleando diferentes mezclas de sustratos. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 35 (4) 965-977. <http://doi.org/10.20937/RICA.2019.35.04.15>
- Diacono, M; Montemurro, F. 2010. Long-term effects of organic amendments on soil fertility: A review. *Agron. Sustain. Dev*, 30, 401- 422.
- Díaz, S; Morejón, R; Lucinda, D; Castro, R. 2015. Evaluación morfoagronómica de cultivares tradicionales de arroz (*Oryza sativa* L.) colectados en fincas de productores de la provincia Pinar del Río. *Cultivos Tropicales*, 36, 131 - 141.
- Dobermann, A; Fairhurst, T. 2012. Arroz: desordenes nutricionales y manejo de nutrientes. International Plant Nutrition Institute (IPNI) and International Rice Research Insititute (IRRI). 213 p.

- Duan, J; Li, J; Guo, S; Kang, Y. 2008. Exogenous spermidine affects polyamine metabolism in salinity-stressed *Cucumis sativus* roots and enhances short-term salinity tolerance. *J. Plant Physiol*, 165 (15):1620-1635. [https://doi: 10.1016 / j.jplph.2007.11.006](https://doi.org/10.1016/j.jplph.2007.11.006). Epub.
- Escobar, E; Berdegue, J. 1990. Conceptos y metodologías para tipificación de sistemas de finca la experiencia de Red internacional de metodologías de investigación de sistemas de producción. En: Tipificación de sistemas de producción agrícola. RIMISP- Centro latinoamericano para el desarrollo rural. Santiago de Chile.
- Espinoza, E. 2016. Empresa pública Unidad Nacional de Almacenamiento (UNA EP interviene en compra de arroz Pilado). *El Agro*, 246, 1-43.
- Estrada, J. 2007. Porquinaza. Consultado el 20 de abril de 2018. Disponible en: <http://books.google.com.ec/>.
- Evelin, H; Kapoor, R; Giri, B. 2009. Arbuscular mycorrhizal fungi in alleviation of salt stress: a review. *Annals of Botany*, 104, 1263-1280.
- Eyidogan, F.; Oz, M.T. 2007. Effect of salinity on antioxidant responses of chickpea seedlings. *Acta Physiol. Plant.* 29, 485-493. <https://doi.org/10.1007/s11738-007-0059-9>.
- Fairhurst, T; Witt, C. 2012. Guía práctica para el manejo de nutrientes, Potash & Phosphate Institute (PPI), Potash & Phosphate Institute of Canada (PPIC): p. 104.
- FAO - ITPS (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2015. Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Main Report. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils, Rome, Italy.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2018. Seguimiento del mercado del arroz de la FAO (SMA). Volumen XXI. Edición N°5.

- FAOSTAT. 2019. Food and Agriculture Organization statistical database. Consultado el 30 de noviembre de 2019. Disponible en: <http://faostat.fao.org/default.aspx>.
- FAOSTAT. 2021. Food and Agriculture Organization statistical database. Consultado el 15 de mayo de 2021. Disponible en: <http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/es/>.
- Fassbender, H. 1987. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. 343-357 p.
- Fernández, E; Brooks, M; Cordon, E. 2008. Estudio biofísico de la finca académica Snaki - URACCAN, en la comunidad de Moss, municipio de Waspam Río Coco, RAAN. Ciencia e Interculturalidad 2, 44-66.
- Ferrando, A. 2015. Asociatividad para mejora de la competitividad de pequeños productores agrícolas. Anales Científicos, 76(1):177-185.
- Flowers, T; Colmer, T. 2008. Salinity tolerance in halophytes. New Phytologist 179, 945-963. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2008.02531.x>.
- Forero, F; Fernández, J; Álvarez, J. 2010. Efecto de diferentes dosis de cachaza en el cultivo de maíz (*Zea mays*). Revista Actualidad. Divulgación Científica, 13(1):77-86.
- Freitas, J; Chagas, R; Almeida, I; Cavalcanti, F; Silveira, J. 2001. Expression of physiological traits related to salt tolerance in two contrasting cowpea cultivars. Documentos Embrapa MeioNorte, 56, 115-118.
- García, A. 2012. Criterios modernos para evaluación de la calidad del agua de riego. International Plant Nutrition Institute, IAH 6, 26-33.

- García, A. 2014. Problemática de la salinidad en el cultivo de arroz. Comisión de Fertilidad del Suelo y Nutrición de Plantas. International Union of Soil Science Societies. International Plant Names Index (IPNI). 92 p. [http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/0/8BDECBA3B42BF11105257C27004F16D4/\\$FILE/3.%20Salinidad%20Alvaro%20Garc%C3%ADa.pdf](http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/0/8BDECBA3B42BF11105257C27004F16D4/$FILE/3.%20Salinidad%20Alvaro%20Garc%C3%ADa.pdf)
- García, A. 2019. Informe de rendimientos objetivos de arroz en cáscara. Dirección de Análisis de Información Agropecuaria Sistema de Información Pública Agropecuaria (SIPA) Un producto: Coordinación General de Información Nacional Agropecuaria Ministerio de Agricultura y Ganadería. Quito, Ecuador.
- Gardi, C; Angelini, M; Barcelo, S; Comerma, J; Cruz, G; Rojas, E; Jones, A; Krasilnikov, P; Santos, M; Montanarella, L; Muñiz, L; Schad, P; Vara, R; Vargas, M. 2014. Atlas de suelos de América Latina y el Caribe, Comisión Europea- Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, L- 2995 Luxembourg. 176 p.
- Gavilánez, F; Martillo, J; Morán, C; Cruz, C; Alcívar, F. 2016. Influencia del zinc sobre el estrés generado por la aplicación de una mezcla herbicida en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.). El Misionero Del Agro, 10(3):8–17.
- Gomathi, R; Rakkiyapan, P. 2011. Comparative lipid peroxidation, leaf membrane thermostability, and antioxidant system in four sugarcane genotypes differing in salt tolerance. International Journal of Plant Physiology and Biochemistry 3(4):67-74.
- Gómez, J; Rodríguez, O. 2000. Effects of vinasse on sugarcane (*Saccharum officinarum*) productivity. Rev. Fac. Agron. Luz, 17, 318-326.
- 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.

- Guerrero, J; Pla-Sentis, I; Camacho, R; Valera, A; Ferrer, J. 2017. Génesis de un suelo salino-sódico de Tucupido, estado Guárico-Venezuela. *Agronomía Trop*, 57(3). Consultado el 4 de mayo de 2018. Disponible en: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2007000300003.
- Gutiérrez, J; González, G; Segura, M; Sánchez, I; Orozco, J; Fortis, M. 2015. Efecto de ácidos húmicos de leonardita en la estabilidad de agregados del suelo y raíces de melón en condiciones de invernadero. *Revista Internacional de Botánica Experimental*, 84, 298-305
- Gutiérrez, M; Zuñiga, O; Ospina-Salazar, D. 2016. Effect of three biowastes on the productivity potential of a sodic soil. *Agronomía Colombiana*, 34(2):250-259.
- Hasegawa, P; Bressan, R; Zhu, J-K; Bohnert, HJ. 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 51:463-499.
- Hasegawa, PM. 2013. Sodium (Na⁺) homeostasis and salt tolerance of plants. *Environmental and Experimental Botany*, 92,19-31.
- Henríquez, C; Bertsch, F; Salas, R. 1998. La fertilidad de suelos: Manual de laboratorio. San José, Costa Rica. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. 64 p.
- Heredia, L. 2013. Utilización del yeso agrícola como enmienda para suelos de la costa peruana. Lima, Perú. Monografía. <https://www.monografias.com/trabajos95/yeso-como-enmienda-agricola-suelos-costa-peruana/yeso-como-enmienda-agricola-suelos-costa-peruana>.
- Hernández, J; López, J. 2011. Efecto de cuatro enmiendas de suelos salinos en la productividad del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en la zona de Yaguachi. Tesis de Grado, Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador.

- Heros, E. 2019. Alternativas tecnológicas para contribuir a la sustentabilidad del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en el Perú, Tesis Doctoral. Lima, Perú.
- Hoang, T; Tran, T; Nguyen, T; Williams, B; Wurm, P; Bellairs, S; Mundree, S. 2016. Improvement of salinity stress tolerance in rice: Challenges and opportunities. *Agronomy*, 6(4), 1–23. <https://doi.org/10.3390/agronomy6040054>.
- Holguín, V; Ibrahim, M; Mora, J. 2008. Caracterización de fincas ganaderas de doble propósito en la zona del Pacífico Central de Costa Rica. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 1(1):1-10.
- Horneck, D; Sullivan, D; Owen, J; Hart, J. 2011. Soil Test Interpretation Guide. Oregon State University, Extension service. EC 1478:1-12.
- Hossain, R. 2019. Present Scenario of Global Salt Affected Soils, its Management and Importance of Salinity Research. *International Research Journal of Biological Sciences*, 1(1):1-3. pISSN: 2663-5968, eISSN: 2663-5976.
- Hu, Y; Barker, A. 2004. Evaluation of composts and their combinations with Other Materials on tomato growth. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 35(19):2789–2807.
- Huaraca, H; Noriega, R. 2016. Guía para facilitar el aprendizaje en el manejo integrado del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) Guía de Aprendizaje Nro. 6. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Estación Experimental del Litoral Sur “Dr. Enrique Ampuero Pareja”. Guayas, Ecuador. 152 p.
- Hussain, M; Park, H; Farooq, M; Jabran, K; Lee, D. 2013. Morphological and physiological basis of salt resistance in different rice genotypes. *International Journal of Agriculture and Biology*, 15(1):113–118.

- Hussain, S; Zhang, J; Zhong, C; Zhu, L; Cao, X; YU, S; Allen, B; HU, J; Jin, Q. 2017. Effects of salt stress on rice growth, development characteristics, and the regulating ways: A review. *Journal of Integrative Agriculture*, 16(11): 2357–2374, [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(16\)61608-8](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(16)61608-8)
- Ibáñez, J; Manríquez, J. 2014. Solonetz (suelos sódicos). Visitado el 02 de enero del 2018. Disponible en: <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2014/02/12/144>.
- ICA (Instituto Colombiano Agropecuario). 1989. El análisis de suelos, plantas y aguas para riego. Manual de Asistencia Técnica N° 47. Bogotá- Colombia.
- INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología). 2021. Anuarios Meteorológicos 2000- 2020 publicados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. Estación meteorológica Milagro (Ingenio Valdez). Guayas. Quito, Ecuador.
- INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos). 2011. Censo Nacional 2000. Base de datos. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-nacional-agropecuario/>.
- INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos). 2017. Ingreso de familias. Quito, Ecuador. 152 p.
- INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias). 2019. Departamento Nacional de Manejo de Suelos y Aguas. Estación Experimental Tropical Pichilingue.
- INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias). 2002. Departamento Nacional de Manejo de Suelos y Aguas. Estación Experimental Tropical Pichilingue.
- INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias). 2012. Lista de variedades liberadas por el INIAP. Quito-Ecuador.

- INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias). 2014. Superficie de las provincias de Manabí, Guayas y El Oro con problemas de salinidad.
- INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias). 2015. Ficha técnica del cultivo de arroz variedad INIAP-11. Departamento de comunicación social y relaciones públicas. Quito- Ecuador. Plegable No. 105.
- INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias). 2016. Estación Experimental del Litoral Sur. Dr. Enrique Ampuero. Programa de Arroz. Ficha técnica. De la variedad de arroz INIAP FL- 1480. Guayaquil- Ecuador.
- IPNI (Instituto Internacional de Nutrición Vegetal). 2014. Cuarta Reunión de la Nutrición de Plantas. Manual para mejorar el manejo de la nutrición de las plantas. XX Congreso Latinoamericano y XVI Congreso Peruano de la Ciencia del Suelo. Cuzco-Perú. 3-31 p.
- Iqbal, T. 2018. Rice straw amendment ameliorates harmful effect of salinity and increases nitrogen availability in a saline paddy soil. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 17, 445-453.
- IUSS Working Group WRB, 2015. Base referencial mundial del recurso suelo 2014, Actualización 2015. Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos. Informes sobre recursos mundiales de suelos 106. FAO, Roma. p. 218.
- Ivushkin, K; Bartholomeus, H; Bregt, AK; Pulatov, A; Kempen, B; De Sousa, L. 2019. Mapeo global del cambio de salinidad del suelo. Detección remota del medio ambiente, 231(111260), 12. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111260>
- Jahan, MS; Nozulaidi, M; Moneruzzaman, M; Afifah, A; Husna, N. 2014. Control of plant growth and water loss by a lack of light-harvesting complexes in photosystem-II in *Arabidopsis thaliana* ch1-1 mutant. *Acta Physiologiae Plantarum*. 36, 1627-1635. <https://doi.org/10.1007/s11738-014-1538-4>.

- Jenks, M; Hasegawa, M. 2005. Plant Abiotic Stress. Blackwell Publishing Ltd. Ames, Iowa. 270 pp.
- JISA (Jiloca Industrial S.A.). 2014. Ácidos Húmicos de Leonardita. <https://www.fertilizantesyabonos.com/acidos-humicos-de-leonardita/>
- Joseph, B; Jini, D. 2011. Development of salt stress- tolerant plants by gene manipulation of antioxidant enzymes. *Asian Journal of Agricultural Reseach*, 5 (1):17-27.
- Juárez, J; Herman, E; Soto, A; Ávalos, A; Vilaboa, J; Díaz, P. 2015. Tipificación de sistemas de doble propósito para producción de leche en el distrito de desarrollo rural 008, Veracruz, México. *Revista Científica FCVLUZ*, 25(4):317-323.
- Karimi, S; Rahemi, M; Maftoun, M; Tavallali, V. 2009. Effects of Long-term Salinity on Growth and Performance of Two Pistachio (*Pistacia* L.) Rootstocks. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 3(3):1630-1639.
- Khairi, M; Nozulaidi, M; Jahan. S. 2015. Effects of different water levels on physiology and yield of salinity rice variety. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 9(2):339-345. Journal home page: www.ajbasweb.com.
- Khanam, T; Akhtar, N; Halim, MA; Hossain, F. 2018. Effect of irrigation salinity on the growth and yield of two Aus rice cultivars of Bangladesh. *Jahangirnagar University Journal of Biological Sciences*, 7(2):1-12. <https://doi.org/10.3329/ujbs.v7i2.40742>.
- Kochba, M; Ritvo, G; Avnimelech, Y. 2004. The effect of municipal solid waste compost (MSW) on the replacement of sodium in sodic soil models. *Soil Science*, 169(8):567-572.
- Krasilnikov, P; Gutierrez-Castorena, MC; Ahrens, RJ; Cruz-Gaistardo, CO; Sedov, S; Solleiro-Robelledo, E. 2013. The soils of Mexico. Springer, London.

- Lakhdar, A; Hafsi, C; Rabhi, M; Debez, A; Montemurro, F; Abdelly, C; Jedidi, N; Ouerghi, Z. 2008. Application of municipal solid waste compost reduces the negative effects of saline water in *Hordeum maritimum* L. *Bioresource Technology*, 99, 7160-7167. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.12.071>.
- Lakhdar, A; Rabhi, M; Ghnaya, T; Montemurro, F; Jedidi, N; Abdelly, C. 2009. Effectiveness of compost use in salt-affected soil. *Journal of Hazardous Materials*, 17, 29–37. <https://doi:10.1016/j.jhazmat.2009.05.132>.
- Lamz, A; González, M. 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>.
- Layne, J; Méndez, J; Mayz, J. 2008. Efecto de la salinidad y del tamaño de la semilla sobre la germinación y crecimiento de plántulas de maíz (*Zea mays* L.) bajo condiciones de laboratorio. *Revista especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 11(1):17-25. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43211943002>.
- Leblanc, HA; Cerrato, ME; Miranda, A; Valle, G. 2007. Determinación de la calidad de abonos orgánicos a través de bioensayos, *Tierra Tropical*, 3, 97-107.
- Leogrande, R; Vitti, C. 2019. Use of organic amendments to reclaim saline and sodic soils: a review. *Arid Land Res. Manage*, 33, 1-21. <https://doi.org/10.1080/15324982.2018.1498038>.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería) – CGINA (Coordinación General de Información Nacional Agropecuaria). 2020. Superficie, Producción y Rendimiento de Arroz.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 2015. Rendimientos de arroz en cáscara en el Ecuador. Informe del primer cuatrimestre del 2015, Quito-Ecuador.
- Mahajan, S; Tuteja, N. 2005. Cold, salinity and drought stresses: AnL overview. *Arch. Biochem. Biophys*, 444 (2):139-158.

- Manuchehri, R; Salehi, H. 2014. Physiological and biochemical changes of common bermudagrass (*Cynodon dactylon* L. Pers.) under combined salinity and deficit irrigation stresses. *S. Afr. J. Bot*, 92, 83-88.
- Marín, D; Urioste, S; Celi, R; Castro, M; Pérez, P; Aguilar, D; Labarta, R; Andrade, R. 2021. Caracterización del sector arrocero en Ecuador 2014-2019: ¿Está cambiando el manejo del cultivo? Publicación CIAT No. 511. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego (FLAR); Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) de Ecuador; Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) de Ecuador. Cali, Colombia. 58 p.
- Márquez, F. 2015. Sustentabilidad de la caficultura orgánica en la convención Cusco. Tesis Doctoral en Agricultura Sustentable. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- Martín, B; Sosa, O; Magra, R; Zerpa, G; Besson, P. 2012. Emergencia de forrajeras en un suelo salino-alcálico tratado con yeso. *Revista Argentina de Producción Animal*, 32(2):157-164.
- Martínez, L. 2013. La agricultura familiar en el Ecuador. FIDA-RIMISP LA. https://flacsoandes.edu.ec/sites/default/files/%25f/agora/files/la_agricultura_familiar_en_el_ecuador.pdf.
- Martínez, N; López, C; Basurto, M; Pérez, R. 2011. Efectos por salinidad en el desarrollo vegetativo. *Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable*. *Tecnociencia*, 5, 156161.
- Mata, I; Rodríguez, ML; López, J; Vela, G. 2014. Dinámica de la salinidad en los suelos. *Revista Digital del Departamento. El Hombre y su Ambiente*, 1(5):26-35.
- Mavi, MS; Sanderman, J; Chittleborough, D; Cox, JW; Marschner, P. 2012. Sorption of dissolved organic matter in salt-affected soils: effect of salinity, sodicity and texture. *Science of the Total Environment*, 435–436, 337–344.

- Mejía, LV. 1997. Mapa general de clasificación por capacidad – fertilidad, Suelos del Ecuador. Reconocimiento general de los suelos del Ecuador en base a su capacidad – fertilidad. Ed. Instituto Geográfico Militar (IGM), Quito, Ecuador. 57 p.
- Mejía, S; Menjivar, J. 2010. Nutrición mineral del arroz. En: V.M. Beltramo et al., editores, Producción eco-eficiente del arroz en América Latina. Tomo I. CIAT, FLAR, y Unicordoba, Cali, COL. p. 306-335.
- Misra, N; Gupta, AK. 2005. Effect of salt stress metabolism in two high yielding genotypes of green gram. *Plant Science*, 169, 331-339.
- Mitran, T., Mani, PK., Basak, N., Biswas, S. & Mandal, B. (2017). Organic amendments influence on soil biological indices and yield in Rice-Based cropping system in coastal sundarbans of India. *Commun. Soil Sci. Plant Anal*, 48(2):170-185. <https://doi.org/10.1080/00103624.2016.1254229>
- Mogollón, J; Martínez, A; Rivas, W. 2014. Degradación química de suelos agrícolas en la Península de Paraguaná, Venezuela. Artículo de Investigación Científica. *Suelos Ecuatoriales*, 44(1):22-28.
- Molina, E; Rodríguez, J. 2012. Fertilización con N, P, K Y S, y curvas de absorción de nutrientes en arroz var. CFX 18 en Guanacaste. *Agron. Costarricense*, 36(1):39-51. <https://doi:10.15517/rac.v36i1.9963>.
- Montaño, M; Sanfeliu, T. 2008. Ecosistema Guayas (Ecuador), Medio ambiente y Sostenibilidad. *Revista Tecnológica, Espol*, 21(1):1- 6.
- Mora, J; Castañeda, R; Piñeros, R. 2014. Paisajes, pasturas y pastos: métodos para determinar cantidad y calidad Grupo de Investigación en Sistemas Agroforestales Pecuarios. Ibagué-Tolima: Sello Editorial Universidad del Tolima.

- Moraes, S; Junqueira, L; Pavanello, G; Cavalett, O; Mantelatto, E; Bonomi, A; Zaiat, M. 2014. Anaerobic digestion of vinasse from sugarcane biorefineries in Brazil from energy, environmental, and economic perspectives: Profit or expense. *Applied Energy*. 113, 825-835.
- Morocho, V. 2014. Efecto de dosis de ácidos húmicos en suelos salinos sobre las características agronómicas de arroz. Tesis de Grado, Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador.
- Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell Environ*, 25, 239–50. <https://doi.org/10.1046/j.0016-8025.2001.00808>.
- Munns, R; Gilliam, M. 2015. Salinity tolerance of crops-what is the cost?. *New Phytologist*, 208, 668-673. <https://doi.org/10.1111/nph.13519>.
- Munns, R; James, R; Lauchli, A. 2006. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *Journal of Experimental Botany*, 57(5):1025- 1043.
- Muñoz, R. 2016. Diagnóstico de la degradación de los suelos en cultivos de arroz riego intermitente y seco bajo el sistema de labranza tradicional aplicado, en los llanos del Casanare. Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Colombia.
- Muyen, Z; Moore, GA; Wrigley, RJ. 2011. Soil salinity and sodicity effects of wastewater irrigation in southeast Australia. *Agriculture Water Management*, 99, 33-41.
- Narváez, M; Sánchez, M; Menjívar, J. 2010. Efecto de la aplicación de vinazas en las propiedades físicas y la actividad deshidrogenasa en suelos cultivados con maíz dulce (*Zea mays* L.). Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Colombia.
- 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*, 9(34):5475-5480.

- Nizam, I. 2011. Effect of salinity stress on water uptake, germination and early seedling growth of perennial ryegrass. *Afr. J. Biotechnol*, 10 (51):10418-10424.
- Novozamsky, I; Hovba, V; Van Eck, R; Van, W. 1983. A novel digestion technique for multi-element plant analysis. *Commun. In Soil Sci. and Plant Anal.* 14(3), pp 239-248
- Omuto, CT. 2020. Soil assessment: Assessment Models for Agriculture Soil Conditions and Crop Suitability. <https://cran.r-project.org/web/packages/soilassessment/index.html>.
- Orosco, B; Núñez, H; Pérez, L; Valencia, M; Trejo, L; Díaz, F; Ruiz, J; Abraham, M. 2018. Tolerancia a salinidad en plantas cultivadas: una visión agronómica. *Agroproductividad*, 11 (7):51-57.
- Padilla, W. 2007. Fertilización de suelos y nutrición vegetal. Cuarta edición. Quito, EC, Agrobiolab. 1 disco compacto.
- Painii, R; Montero, V; González, O; Santillán, O; Garcés, F. 2018. Vines UG03 y Vines UG-10, nuevas variedades de arroz para la costa ecuatoriana. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 41(1):93-95. Recuperado de <http://www.redalyc.org/jatsRepo/610/61054744013/61054744013.pdf>.
- Panzardi, C; Quiroz, N; Erkia, S. 2020. Recuperación de suelos sódicos. *Agrotecnia* 29: 73-76 <http://dx.doi.org/10.30972/agr.0294523>
- Peel, M; Finlayson, B; McMahon, T. 2007. Updated world map of the Koppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences* 11, 633–1644.
- Penatti, C; De Araújo, J; Donzelli, J; De Souza, A; Forti, J; Ribeiro, R. 2005. Vinasse: A liquid fertiliser. *Proc. XXV Cong. Int. Soc. Sugar Cane Technol*, 1, 403-411.
- Pérez, H; Rodríguez, I; García, R. 2018. Principales enfermedades que afectan al cultivo del arroz en Ecuador y alternativas para su control. *Revista Científica Agroecosistemas*, 6(1):16-27. Recuperado de <https://aes.ucf.edu/cu/index.php/aes>

- Pérez, H; Rodríguez, I; Moreno, A; Jara, W. 2017. Efecto del compost en un suelo dedicado al cultivo de caña de azúcar en el Ingenio Valdez, Ecuador. *Revista científica Agroecosistemas*, 5 (2):55-65. <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/index>.
- Pérez, H; Santana, I; Rodríguez, I. 2015. Manejo Sostenible de Tierras en la Producción de Caña de Azúcar. Tomo II. Machala, Ecuador: Editorial UTMCH. ISBN: 978-9942-24-031-6.
- Perri, S; Suweis, S; Entekhabi, B; Molini, A. 2018. Vegetation controls on dryland salinity. *Geophysical Research Letters*, 45(21):11669-11682. <https://doi.org/10.1029/2018GL079766>
- Pinedo, R; Gómez, L; Julca, A. 2020. Sostenibilidad ambiental de la producción de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en los valles interandinos del Perú. *Cienc. Tecnol*, 21 (3):1-17. https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num3_art:1309.
- Powell, G; Mitchell, G. 1979. Boron determinations in plant tissues by the azomethine H method. *Commun. In SoilSci. And Plant Anal.* 10(8), pp 1099-1108
- Pozo, W; Hernández, F. 2008. Delimitación de la zona de transición costera en el golfo de Guayaquil - Ecuador. *ESPOL. Revista Tecnológica Espol*, 21(1):7-15.
- 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 Resumen. *Revista Tecnológica Espol.* 23(1):73-79. <http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/about/submissions>.
- Proaño, J; Briones, C. 2008. Gestión del riego y la salinidad en los cultivos de la Península de Santa Elena y la Cuenca baja del Río Guayas. XI Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. <http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/5.-Jaime-Proano.-Riego.pdf>.
- PRONACA (Procesadora Nacional de Alimentos C.A). 2016. Características Agronómicas de la variedad SFL-11. Ecuador.

- Pulido, A; Rigol, JP; Vallejos, A; Andreu, J; Ceron, J; Molina, L; Sola, F. 2018. Impacts of agricultural irrigation on groundwater salinity. *Environmental Earth Sciences*. 77, 197. <https://doi.org/10.1007/s12665-018-7386-6>.
- Quintero, C. 2009. Factores limitantes para el crecimiento y productividad del arroz en entre Ríos, Argentina. Tesis Doctoral, Universidad de Coruña. Argentina.
- Ragab, H; Abd, M. 2015. Comparative Response of Salt Tolerant and Salt Sensitive Maize (*Zea mays* L) Cultivars to Silicon. *Journals - American Counseling Association* 2(1):1-5.
- Raj, H; Da Silva, N; Feitosa de Laceda, C. (Edits.). 2016. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos basicos y aplicados (Segunda ed.). Brasil: Fortaleza, CE.
- Ramírez, M; Urdaneta, A; Pérez E. 2017. Germinación del guayabo tipo "criolla roja" bajo condiciones de salinidad por cloruro de sodio. *Bioagro*, 29(1):65-72.
- Rath, K.; Rousk, J. 2015. Salt effects on the soil microbial decomposer community and their role in organic carbon cycling: a review. *Soil Biol. Biochem.* 81, 108–123. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2014.11.001>.
- Ribeiro, MR; Ribeiro, MR; Jacomine, PK. 2016. Origem e classificação dos solos afectados por sais. En Raj Gheyi, H., da Silva Dias, N., & Feitosa de Laceda, C. (Edits.). *Manejo da salinidade na agricultura: Estudos basicos y aplicados* (Segunda ed.). Brasil: Fortaleza, CE.
- Richards, L.A. 1954. Diagnosis and improvements of saline and alkali soils. *Agriculture Handbook No. 60*. USDA, Washington.
- Rietz, DN; Haynes, RJ. 2003. Effects of irrigation-induced salinity and sodicity on soil microbial activity. *Soil Biology and Biochemistry*, 35, 845-854.

- Rivera, S; Mora, J; Rodríguez, M. 2016. Técnicas de estadística multivariada para la tipificación de sistemas de producción pecuarios. *Revista Tumbaga*, 1(11). <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/1004/704>.
- Rocha, C; Mora, J; Romero, J. 2016. Tipología de sistemas de producción en la zona rural del municipio de Ibagué, Colombia. *Agronomía Mesoamericana*, 27(2);253-264.
- Rodríguez, N; Cano, P; Figueroa, U; Favela, E; Moreno, A; Márquez, C; Ochoa, E; Preciado, P. 2009. Uso de abonos orgánicos en la producción de tomate en invernadero. *Terra Latinoamericana*, 27(4):319-327.
- Rodríguez, N; Torres, C; Chaman, S; Rodríguez, H. 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 <http://doi.org/10.22497/arnaldoa.263.26305>.
- Roy, S; Negrão, S; Tester, M. 2014. Salt resistant crop plants. *Current Opinion in Biotechnology*. 115-124 pp.
- Sajid, H; Jun-hua, Z; Chu, Z; Lian-feng, Z; Xiao-chuang, C; Sheng-miao, Y; James, AB; Ji-jie, H; Sajid, J. 2017. Effects of salt stress on rice growth, development characteristics, and the regulating ways: a review. *J Integr Agric*, 16, 2357–2374. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(16\)61608-8](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(16)61608-8)
- Salazar, M; Sánchez, M. 2010. Carta Informativa: Guía para el muestreo de suelos y foliares en caña de azúcar. Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador, El Triunfo, Ecuador.
- Salazar, M; Sánchez, M; Aucatoma, B. 2009. Uso de cachaza descompuesta y porcentaje de sustitución de fertilización química en un lote del Ingenio Valdez. *Manejo de Suelos y Fertilizantes*. Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador (CINCAE).

- Salgado, G; Bucio, A; Riestra, D; Lagunes, E. 2003. Caña de Azúcar: Hacia un Manejo Sustentable. Colegio de Postgraduados. Tabasco, México. 369 pp.
- Sall, SN; Ndour, N; Diédhiou-Sall, S; Dick, R; Chotte, JL. 2015. Microbial response to salinity stress in a tropical sandy soil amended with native shrub residues or inorganic fertilizer. *J. Environ. Manage.* 161, 30–37. <https://doi:10.1016/j.jenvman.2015.06.017>.
- Sánchez, L; Solorio, J; Santos, J. 2008. Factores limitativos al desarrollo del sistema familiar de producción de leche, en Michoacán, México. *Cuadernos de Desarrollo Rural. Pontificia Universidad Javeriana Bogotá, Colombia* 5(60):133-146. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=11711501007>.
- Sánchez, R; Guerra, L; Scherger, M. 2015. Evaluacion de las areas bajo riego afectadas por salinidad y/o sodicidad en Argentina. FAO- INTA Programa Nacional del agua.
- Santos, A; Stone, F; Heinemann, B; Santos, B. 2017. Índices fisiológicos de arroz irrigado afectados pela inundação e fertilização nitrogenada. *Revista CERES*, 64(2):122-131. Recuperado de <http://www.scielo.br/pdf/rceres/v64n2/2177-3491-rceres-64-02-00122.pdf>.
- Sardinha, M; Muller, T; Schmeisky, H; Joergensen, RG. 2003. Microbial performance in soils along a salinity gradient under acidic conditions. *Applied Soil Ecology*, 23(3):237–244.
- Scheaffer, R; Mendenhall, W; Ott, L. 1987. Elementos de muestreo. Traducido por G. Rondón S. y J. Gómez A. Grupo Editorial Iberoamericana S.A. de C. V. México D.F. 321 pp.
- SENPLADES (Secretaría Nacional para la Planificación y Desarrollo). 2014. Realidad ecuatoriana. Quito, Ecuador. 282 p.
- Shannon, MC; Grieve, CM. 1999. Tolerance of vegetable crops to salinity. *Sci. Hortic.* 78, 5-38.

- Shukla, M; Lal, R; Ebinger, M. 2004. Soil quality indicators for the north Appalachian experimental watersheds in Coshocton Ohio. *Soil Science*, 169(3):195-205.
- SINAGAP (Sistema de Información Nacional de Agricultura y Ganadería). 2014. III Censo Nacional Agropecuario: Referencias del levantamiento censal. Consultado el 5 de julio del 2017. Disponible en: <http://sinagap.agricultura.gob.ec/censonacional-agropecuario>.
- SIPA (Sistema de Información Pública Agropecuaria). 2018. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Principales cultivos - 2017. Nivel Provincial: Guayas. Disponible en <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas>.
- Sivakova, L; Lesnikova, P; Kim, M; Rotova, M. 2010. Physicochemical Properties of the Humic Substances of Peat and Brown Coal. *Solid Fuel Chemistry*, 45(1):1-6.
- 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.
- Sotomayor, H; Villavicencio, E. 2016. Análisis de factibilidad para mejorar la producción de arroz de las parcelas de los agricultores de la parroquia Yaguachi nuevo del cantón San Jacinto de Yaguachi de la provincia del Guayas. Tesis de Grado, Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador.
- SSS (Soil Survey División Staff). 1993. Soil Survey Manual. Soil Conservation Service U.S. Department of Agriculture. Handbook 18. Visitada el 08 de marzo del 2018. Disponible en: <http://soils.usda.gov/procedures/ssm/main.htm>.
- Strauss, A; Corbin, J. 2002. Bases de la investigación cualitativa. Técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada. Medellín: Universidad de Antioquia.

- Suarez, M. 2010. Efecto de enmiendas de origen químico y orgánico en condición de salinidad del agua de riego para incrementar el rendimiento de cebolla (*Allium cepa* L.). Tesis de Grado, Universidad Estatal Península de Santa Elena. Libertad, Ecuador.
- Tabatabai, M.A. 1982. Sulfur. 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. pp 501-538.
- Taboada, M; Lavado, R. 2009. Alteraciones de la Fertilidad de los Suelos: el Halomorfismo, la Acidez, el Hidromorfismo y las Inundaciones. Primera Edición Buenos Aires, Argentina. 163 p.
- Taiz, L; Zeiger, E. 2010. Plants Physiology. Fifth edition. Sinauer Associates Inc., Publisher. Sunderland, Massachusetts, USA. 782 p.
- Tejada, J. 2013. Rendimiento y calidad: uso de enmiendas orgánicas. [En línea] En: http://www.expocafeperu.com/archivos2013/conferencias/05_presentacion%20cpisac%20jose%20antonio%20tejada.pdf.
- Tejada, M.; García, C.; González, J.; Hernández, M. 2006. Use of organic amendment as a strategy for saline soil remediation: influence on the physical, chemical and biological properties of soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 38(6):1413-1421.
- Terrazas, J. 2019. Aprovechamiento del suelo salino: agricultura salina y recuperación de suelos. *Apthapi* 5(1):1539-1563. file:///C:/Users/reina/Downloads/333-Texto%20del%20art%20C3%ADculo-1180-1-10-20190503%20(1).pdf
- Terrazas, M. 2018. Efecto de tres niveles de salinidad en el crecimiento del pasto agropiro variedad Alkar (*Thinopyrum ponticum*) mediante reproducción sexual y vegetativa. *Apthapi*, 4(3):1295-1311. Obtenido de <http://ojs.agro.umsa.bo/index.php/ATP/article/view/261>

- Tittarelli, F; Petruzzelli, G; Pezzarossa, B; Civilini, M; Benedetti, A; Sequi, P. 2007. Quality and agronomic use of compost- Chapter 7. Waste Management Series, 8, 119- 157.
- 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. pp. 4880.
- 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. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España.
- Trasviña, A; Bórquez, R; Leal, J; Castro, L; Gutiérrez, M. 2018. Rehabilitación de un suelo salino con yeso agrícola en un cultivo de nogal en el valle del Yaqui. Terra Latinoamericana 36(1): 85-90. <https://doi.org/10.28940/terra.v36i1.310>.
- University of California - Committee of consultants. 1984. Guidelines for interpretation of water quality for agriculture. Davis. 13 p.
- Usón, A; Boixadera, J. 2010. Información de suelos y principios del manejo de suelos: Tecnología de suelos: estudio de casos. Universitat de Lleida. Prensas Universitarias de Zaragoza. ISBN 978-84- 8409-311-4. p 46- 47.
- Vadivel, R; Minhas, S; Kumar, S; Singh, Y; Dvk, R; Nirmale, A. 2014. Significance of vinasses waste management in agriculture and environmental quality- Review. African Journal of Agricultural Research, 9(38):2862-2873. <https://doi10.5897/ajar2014.8819>
- Valdivieso, F. 2016. Generación de recomendaciones de fertilización a partir de resultados de análisis de suelos. Interpretación de suelos Ecuador. 58 p.

- Vega, M. 2020. Evaluación de cachaza fresca y descompuesta como abono orgánico en el rendimiento de arveja (*Pisum sativum* L.) variedad piquinegra, en la granja experimental “La Pradera”. Tesis de Pregrado, Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador.
- Velásquez, V. 2016. Análisis económico, social y político de la cadena agroalimentaria del arroz en el Ecuador, periodo 2005-2014. Tesis de Pregrado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Guayaquil, Ecuador.
- Verma, S; Mishra, SN. 2005. Putrescine alleviation of growth in salt stressed Brassica juncea by inducing antioxidative defense system. J. Plant Physiol, 162(6):669-677. <http://doi: 10.1016 / j.jplph.2004.08.008>.
- Villa, M; Catalán, E; Inzunza, M; Ulery, A. 2006. Absorción y traslocación de sodio y cloro en plantas de chile fertilizadas con nitrógeno y crecidas con estrés salino. Fitotecnia Mexicana, 29(1):79- 88.
- Villa, P; Gómez, M; Pacheco, A. 2016. Análisis morfológico en la confluencia de los ríos Daule y Babahoyo realizado en el año 2016, Acta Oceanográfica del Pacífico, 21(1): 2016-2017.
- Walker, D; Bernal, M. 2008. The effects of olive mill waste compost and poultry manure on the availability and plant uptake of nutrients in a highly saline soil. Bioresour. Technol, 99(2):396-403. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.12.006>.
- Wang, L; Sun, X; Li, S; Zhang, T; Zhang, W; Zhai, P. 2014. Application of organic amendments to a coastal saline soil in North China: Effects on soil physical and chemical properties and tree growth. PLoS ONE, 98(2): e89185. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0089185>.
- Weber, J; Karczewska, A; Drozd, J; Licznar, M; Licznar, S; Jamroz, E; Kocowicz, A. 2007. Agricultural and ecological aspects of a sandy soil as affected by the application of municipal solid waste composts, Soil Biol. Biochem, 39(6):1294-1302. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2006.12.005>.

- Wichern, F; Islam, M; Hemkemeyer, M; Watson, C; Joergensen, R. 2020. Organic amendments alleviate salinity effects on soil microorganisms and mineralisation processes in aerobic and anaerobic paddy rice soils. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4(30):1-14. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00030>.
- Wichern, J; Wichern, F; Joergensen, R. 2006. Impact of salinity on soil microbial communities and the decomposition of maize in acidic soils. *Geoderma*, 137, 100-108. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2006.08.001>.
- Willadino, L; Rangel, T. 2010. Tolerância das plantas à salinidade: Aspectos fisiológicos e bioquímicos. *Centro Científico Conhecer Goiânia*, 6(11):2-23. https://www.academia.edu/26849870/tolerancia_das_plantas_a_salinidade_aspectos_fisiologicos_e_bioquimicos.
- Wu, Y; Wang, Y; Xie, X. 2014. Spatial occurrence and geochemistry of soil salinity in Datong basin, northern China. *J. Soils Sediments*, 14(8):1445-1455.
- Xiaogang, L; Fengmin, S; Bhupinderpal, C; Zhijun, R; Zed, R. 2006. Decomposition of maize straw in saline soil. *Biol. Fertil. Soils* 42, 336-370.
- Yang, X; Frey, MK; Ghodes, RH; Norris, SJ; Brooks, IM; Anderson, SP; Nishimura, K; Jones, AE; Wolff, WE. 2019. Sea salt aerosol production via sublimating wind-blown saline snow particles over sea-ice: parameterizations and relevant microphysical mechanisms. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 19, 8407- 8424. <https://doi.org/10.5194/acp-19-8407-2019>.
- Zaman, M; Shahid, SA; Heng, L. 2018. *Guidelines for Soil Salinity Assessment, Mitigation and Adaptation Using Nuclear and Related Techniques*. International Atomic Energy Agency-Springer, Vienna.
- Zambrano, C; Andrade, M; Carreño, W. 2019. Factores que inciden en la productividad del cultivo de arroz en la provincia Los Ríos. *Universidad y Sociedad*, 11(5):270-277. Recuperado de <http://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus>.

- Zayed, BA; Elkhoby, WM; Salem, AK; Ceesay, M; Uphoff, NT. 2013. Effect of integrated nitrogen fertilizer on rice productivity and soil fertility under saline soil conditions. *Journal of Plant Biology Research*, 2(1):14-24.
- Zhang, Q; Zuk, A; Rue, K. 2013. Salinity tolerance of nine fine fescue cultivars compared to other cool-season turfgrasses. *Sci. Hortic. Amsterdam*. 159:67-71.
- Zhu, JK. 2003. Regulation of ion homeostasis under salt stress. *Current Opinion in Plant Biology*, 6: 441-445.
- Zhu, YG; Luo, J.X. 1993. Release of non-exchangeable soil K by organic-acids. *Pedosphere*, 3(3): 269-276.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Determinación de pH y conductividad eléctrica del suelo



Anexo 2. Muestras de suelo lado norte. Muestras de suelo lado norte

#	X (Coordenadas)	Y (Coordenadas)	Muestra	pH	CE
1	639228.00	9772400.50	S1864	6.51	4.20
2	640396.00	9773618.00	S1887	6.90	4.18
3	639314.37	9774163.85	S-318	7.49	3.81
4	640188.00	9774722.00	S-317	7.09	1.16
5	641569.00	9774848.00	S-325	7.23	2.63
6	641470.00	9776280.00	S-328	6.71	3.50
7	640982.00	9776505.00	S-327	6.78	2.87
8	640872.00	9777203.00	S-329	6.56	3.02
9	641385.00	9778339.00	754	6.55	7.51
10	640850.00	9778862.00	S-330	6.74	7.80
11	635708.30	9774334.00	733	6.24	0.77

Muestras de suelo lado sur

#	X (Coordenadas)	Y (Coordenadas)	Muestra	pH	CE
1	640599.9	9761700	S1895	7.07	2.82
2	641844.94	9761086.54	S1884	6.80	3.80
3	644521.00	9761456.60	S1894	7.04	4.62
4	645133.50	9761646.90	S1891	6.94	3.60
5	645760.00	9761081.00	722	6.38	1.58
6	646935.24	9761571.65	723	6.68	0.76
7	648055.31	9761397.96	S1841	6.77	0.54
8	649111.11	9760798.82	S1819	6.68	0.68
9	645854.67	9762646.69	S755	5.94	4.35
10	647656.43	9763128.53	S1824	7.14	4.76
11	648765.20	9763220.00	744	6.14	5.37
12	649142.99	9763674.55	738	5.95	6.44
13	649713.14	9765092.00	726	6.28	0.87

Muestras de suelo lado este

#	X (Coordenadas)	Y (Coordenadas)	Muestra	pH	CE
1	646560.03	9764435.91	S1840	6.45	3.46
2	648830.11	9764473.55	731	6.22	0.85
3	646564.30	9765593.00	S1839	6.09	3.53
4	648106.47	9765264.73	S1803	6.51	3.50
5	649242.30	9765841.15	724	6.41	0.59
6	646580.00	9766222.00	S1857	6.50	0.72
7	648947.88	9766743.37	S1813	6.98	0.65
8	649692.49	9767458.76	725	7.23	2.63
9	649819.58	9768064.55	S1892	7.16	3.07
10	648803.00	9768832.00	S1860	6.48	0.88
11	647240.00	9768606.00	S-333	7.22	4.86
12	645417.37	9768965.43	S1812	6.91	0.61
13	644528.00	9770722.00	S-321	7.27	5.97
14	645031.00	9770200.00	S-319	7.49	3.35
15	646391.00	9770768.00	S-320	7.28	6.84
16	643529.12	9771470.55	S1818	6.70	3.86
17	644050.00	9771467.00	S-322	7.33	7.50
18	643779.00	9772344.00	753	6.48	6.34
19	641902.00	9773622.00	S1851	6.60	0.98
20	643388.00	9773247.00	S-324	7.25	3.43
21	643875.00	9773952.00	S1846	6.13	0.80
22	645251.55	9773940.93	S1890	6.98	3.70
23	646384.46	9773416.33	S1825	6.94	2.47
24	647800.85	9774346.05	755	6.78	6.38
25	643067.01	9775348.46	S-326	6.98	3.23
26	644539.33	9775259.34	S1875	6.76	3.01
27	647323.00	9775526.00	S-337	7.51	5.00
28	649426.00	9775246.00	S-336	7.53	2.62
29	651972.00	9776098.00	S-335	7.28	1.06

Muestra de suelo lado oeste

#	X (Coordenadas)	Y (Coordenadas)	Muestra	pH	CE
1	640237.00	9762894.00	S1885	7.05	3.75
2	641528.00	9762770.00	S1879	7.08	3.50
3	641726.90	9762240.88	S1845	6.10	3.86
4	642764.00	9762875.30	745	6.01	4.26
5	643649.00	9762085.00	S1861	6.51	4.73
6	639495.00	9763936.00	743	5.95	6.44
7	641047.37	9763252.73	S1880	6.63	4.07
8	641678.00	9763452.00	735	6.07	3.72
9	642636.00	9763739.00	736	6.13	3.84
10	643765.10	9763170.00	S1886	7.18	1.99
11	640195.00	9764076.00	S1877	6.90	3.10
12	641247.00	9764889.00	741	6.14	5.37
13	641217.00	9764178.00	S1883	6.93	3.90
14	642083.00	9764132.00	S1847	7.11	6.04
15	642396.93	9764586.79	S1814	6.67	3.50
16	644747.00	9764471.00	S-338	7.49	1.31
17	645444.20	9764470.00	S754	5.98	4.55
18	640124.00	9765460.00	S-315	7,25	12.96
19	642205.00	9765176.00	742	6.17	3.40
20	642683.83	9765193.45	S1817	6.60	0.79
21	643046.99	9765648.33	S1804	6.68	4.04
22	643915.10	9765676.00	S1897	6.81	2.11
23	644518.13	9765973.25	S1881	7.08	3.60
24	644841.00	9765999.00	S-340	6.84	5.21
25	644689.01	9765627.99	S1820	6.48	4.55
26	644807.60	9765106.00	S1888	6.73	4.02
27	645370.10	9765526.87	S1833	7.22	7.47
28	645591.00	9765589.00	732	6.21	0.95
29	642613.20	9766528.00	S1882	7.17	3.82
30	643519.14	9766937.32	756	7.55	12.08
31	643747.00	9766164.00	S1870	6.63	3.51
32	644092.00	9766902.00	S1815	6.37	3.20
33	644324.00	9766606.00	S1889	6.97	4.65
34	638879.30	9767528.60	744	6.01	4.26
35	642271.44	9767936.33	745	6.06	3.71
36	644325.01	9767217.51	S1837	6.72	0.71
37	644550.98	9767295.74	S753	5.90	5.89
38	644425.05	9767993.04	S1893	7.09	3.04
39	637443.00	9769104.00	S-316	6.53	9.30
40	639340.00	9769997.00	S-332	7.20	6.96
41	639984.00	9769468.00	S-334	7.28	4.24
42	640775.00	9768996.00	S-331	6.86	5.18
43	643476.00	9768479.00	S1878	7.08	2.24
44	644425.79	9768611.07	S1855	6.26	0.97
45	642402.01	9770788.67	S1807	6.66	4.35
46	641149.02	9772957.00	S1865	6.63	6.16

Anexo 3. Reunión con representantes del INIAP, piladoras de arroz y técnicos agrícolas del Ministerio de Agricultura, dedicados al trabajo arrocero



Anexo 4. Encuesta



UNIVERSIDAD AGRARIA LA MOLINA

Estamos realizando una encuesta para la Universidad de la Molina. El objetivo de la misma es caracterizar la actividad agrícola arrocerera de la provincia del Guayas. Queremos identificar los problemas que enfrentan ustedes en el cultivo de arroz y proponer soluciones. ¿Le importaría dedicarnos unos minutos?

Encuestador: _____ Fecha y lugar de realización: _____

DATOS PERSONALES

ENCUESTA DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE ARROZ

1. INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y MUESTRAL

Provincia	<input type="text"/>
Cantón	<input type="text"/>
Parroquia	<input type="text"/>
GEOREFERENCIACIÓN	
Coordenadas X	<input type="text"/>
Coordenadas Y	<input type="text"/>

2. DATOS DE LA PERSONA PRODUCTORA

Nombre del predio	<input type="text"/>
Nombres y apellidos	<input type="text"/>
Sexo	
Masculino	<input type="text"/>
Femenino	<input type="text"/>
Instrucción formal	
Primaria	<input type="text"/>
Secundaria	<input type="text"/>
Pregrado	<input type="text"/>
Maestría	<input type="text"/>
PhD	<input type="text"/>
Ninguna	<input type="text"/>
Vive en el predio agrícola	
1 Si	<input type="text"/>
2. No	<input type="text"/>

3. SUPERFICIE DEL PREDIO AGRÍCOLA

¿Cuántas ha de arroz tiene?

TENENCIA

Dueño

Arrendatario

Aparcería o al partir

Comunero

Otra ...especifique

4. Preparación del suelo

Prepara el suelo

Si

No

Arada

Rastra

Fanguero

¿Cuánto cuesta la preparación de suelo por cuadra?

¿Cuántas veces siembra arroz al año?

Una vez

Dos veces

Tres veces

¿Qué variedades de arroz siembra?

¿Qué tipo de semilla utilizan

Reciclada

Certificada

¿Cuántos kg/ha utilizan?

Directa

Trasplante:

¿A los cuantos días realiza el trasplante?

5. PRÁCTICAS EN EL CULTIVO

RIEGO

¿Aplica riego en sus cultivos?

Si

No

¿Cuál es el principal sistema de riego

Aspersión

Bombeo

Canales

En qué por ciento proviene el agua para riego:

Rio

Fuente natural subterránea

Lluvias

Otros

¿Existe pozo propio en la explotación?

Si

No

Pertenece a la junta de riego:

Si

No

¿Cómo se llama la junta de riego?

¿Cuántas horas de riego realiza?

¿Cada cuántos días realiza riega?

El riego lo realiza:

Con marea baja

Con marea baja

6. FERTILIZACIÓN

¿Utiliza en sus cultivos fertilizantes Orgánicos?

Si

No

Tipo	Dosis	Nº aplicaciones	Época de aplicación	Forma de aplicación

¿Utiliza en sus cultivos fertilizantes químicos?

Si

No

Tipo	Dosis	N° aplicaciones	Época de aplicación	Forma de aplicación

¿Cuál es la forma de aplicación?

Al voleo

Incorporado

Otros

Mezcla el fertilizante

Si

No

Tejido vegetal

¿Realiza análisis foliar?

Si

No

Tipo de fertilizante foliar	Dosis /ha	Época de aplicación

7. PRÁCTICAS EN EL CULTIVO

Cuáles son los principales insectos plagas que atacan el cultivo de arroz

--

Cuáles son los principales insectos plagas que atacan el cultivo de arroz

--

¿Utiliza en sus cultivos plaguicidas orgánicos?

Si

No

¿Utiliza en sus cultivos plaguicidas químico

Si

No

Tipo insecticida	Dosis/ha

8. CONTROL DE MALEZAS

¿Cómo realizan el control de malezas?

Manual	<input type="text"/>
Químico	<input type="text"/>
Ambos	<input type="text"/>

Tipo de herbicida	Dosis /ha	Época de aplicación
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

9. PRODUCCIÓN

Cosecha

¿Cómo realiza la cosecha?

Manual	<input type="text"/>
Mecánico	<input type="text"/>

¿Cuántos cuesta cosechar un saco de arroz (210 libras)?

Manual	<input type="text"/>
Mecánico	<input type="text"/>

¿Cuántos sacos de arroz cosecha por cuadra?

<input type="text"/>
<input type="text"/>

10. DESTINO DE LA PRODUCCIÓN

Autoconsumo (por ciento)	<input type="text"/>
Almacenamiento (por ciento)	<input type="text"/>
Semilla (por ciento)	<input type="text"/>
Intermediario (por ciento)	<input type="text"/>
Piladora (por ciento)	<input type="text"/>

11. SALINIDAD

¿Conoce sobre la salinidad de los suelos?

Si	<input type="text"/>
No	<input type="text"/>

Análisis

Realiza análisis de suelo por salinidad

Si	<input type="text"/>
No	<input type="text"/>

Realiza análisis de agua por salinidad	
Si	<input type="text"/>
No	<input type="text"/>
Sabe interpretar análisis suelo	
Si	<input type="text"/>
No	<input type="text"/>
Qué medidas toma para la salinidad	
Adelanta la siembra	<input type="text"/>
Posterga la siembra	<input type="text"/>
Qué medidas toma para la salinidad	
Adelanta la siembra	<input type="text"/>
Posterga la siembra	<input type="text"/>
Usa enmienda para disminuir la salinidad	
Si	<input type="text"/>
No	<input type="text"/>
Qué productos químicos utiliza para la salinidad	
	<input type="text"/>
	<input type="text"/>
Usa insumos orgánicos para disminuir la salinidad	
Si	<input type="text"/>
No	<input type="text"/>
Qué productos orgánicos utiliza para la salinidad	
	<input type="text"/>
	<input type="text"/>
Realiza lavado de suelo	
Si	<input type="text"/>
No	<input type="text"/>
Recibe asesoría sobre la salinidad	
Si	<input type="text"/>
No	<input type="text"/>
Quienes los asesoran	
MAGAP	<input type="text"/>
INIAP	<input type="text"/>

AGROCALIDAD	<input type="text"/>
UNIVERSIDAD	<input type="text"/>
OTROS	<input type="text"/>
Cómo consigue los productos	<input type="text"/>
	<input type="text"/>
Recibe ayuda del Gobierno	
Si	<input type="text"/>
No	<input type="text"/>

Anexo 5. Análisis económico de los tratamientos con aplicación de enmiendas

Concepto	Leonardita	Sulfato de calcio	Vinaza	Compost	Cachaza	Porquinaza	Testigo
Costo variable							
Mano de obra							
Siembra	60	60	60	60	60	60	60
Fertilización	30	30	30	30	30	30	30
Controles malezas	30	30	30	30	30	30	30
Controles fitosanitarios	30	30	30	30	30	30	30
Riego	60	60	60	60	60	60	30
Preparacion suelo	96	96	96	96	96	96	30
Semilla							
Iniap FL- 1480	51	51	51	51	51	51	51
Fertilizantes							
Urea y fertilización fondo	136	136	136	136	136	136	136
Muriato	62	62	62	62	62	62	62
Control Fitosanitarios							
Insecticidas	20	20	20	20	20	20	30
Fungicidas	15	15	15	15	15	15	15
Herbicidas	30	30	30	30	30	30	30
Costo indirecto							
Cosecha – Transporte	123.1	93.5	122.5	139.6	123.7	93.4	80.5
Enmiendas	150.0	225.0	200.0	475.0	200.0	200.0	
Aplicación de enmiendas	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	
Rendimiento (kg ha ⁻¹)	4972.3	3778.8	4950.0	5641.8	4996.8	3772.3	3254.0
Sacas de 200 libras	49.2	37.4	49.0	55.9	49.5	37.3	32.2
Rendimiento ajustado al 10 % (kg ha ⁻¹)	4475.1	3400.9	4455.0	5077.6	4497.1	3395.1	2928.6
Valor de venta (\$/kg)	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31

Costo total de producción	953.1	998.5	1002.5	1294.6	1003.7	973.4	700.1
Ingreso Bruto	1387.3	1054.3	1381.1	1574.1	1394.1	1052.5	907.9
Beneficio Neto	434.2	55.8	378.5	279.4	390.4	79.1	207.3
Relación Beneficio/Costo	1.5	1.1	1.4	1.2	1.4	1.1	1.3

Anexo 6. Análisis económico de los tratamientos con y sin aplicación de enmienda

Concepto	INIAP		INIAP 14	INIAP 11	Fedearroz 60	INIAP		INIAP 14	INIAP 11	Fedearroz 60
	FL- Arenillas	SFL011				FL- Arenillas	SFL011			
Costo variable										
Mano de obra										
Siembra	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Fertilización	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Controles malezas	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Controles fitosanitarios	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Riego	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Preparacion suelo	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96
Semilla										
Variedades de arroz	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51
Fertilizantes										
Urea y fertilizacion fondo	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136
Muriato	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62
Control fitosanitario										
Insecticidas	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Fungicidas	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Herbicidas	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Costo indirecto										
Cosecha - transporte	192.0	208.0	221.7	217.2	199.8	170.5	158.7	199.3	162.8	165.4
Enmiendas	150	150	150	150	150					
Aplicación de enmiendas	60	60	60	60	60					
Rendimiento (kg/ha ⁻¹)	7756.6	8404.3	8959.4	8774.8	8073.6	6889.1	6410.9	8052.9	6576.7	6684.1

Rendimiento ajustado al 10 por ciento (kg/ha ⁻¹)	6980.9	7563.9	8063.5	7897.3	7266.2	6200.2	5769.8	7147.6	5919.0	6015.7
Valor de venta (\$/kg)	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
Costo total de producción	1022.0	1038.0	1051.7	1047.2	1029.8	790.5	778.7	819.3	782.8	785.4
Ingreso Bruto	2164.1	2344.8	2499.7	2448.2	2252.5	1922.1	1788.6	2215.8	1834.9	1864.9
Beneficio neto	1142.1	1306.8	1447.9	1401.0	1222.7	1131.6	1010.0	1396.4	1052.1	1079.4
Relación Beneficio/Costo	2.1	2.3	2.4	2.3	2.2	2.4	2.3	2.7	2.3	2.3