

Gestión de sistemas de producción

Artículo de investigación científica y tecnológica

Sistema de producción del cultivo de arroz en zonas con alta salinidad en suelos y agua

Rice cultivation production system in areas with high salinity of soil and water

 Reina Concepción Medina Litardo ^{1*}  Sady Javier García Bendezú ²
 Manuel Danilo Carrillo Zenteno ³  Fernando Cobos Mora ⁴  Laura Lucía Parismoreno Rivas ¹

¹ Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

² Universidad Nacional Agraria La Molina, La Molina, Perú.

³ Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Los Ríos, Ecuador.

⁴ Universidad Técnica de Babahoyo, Babahoyo, Ecuador.

*Autor de correspondencia: Reina Concepción Medina Litardo, Universidad de Guayaquil, avenida Delta y avenida Kennedy, Guayaquil, Ecuador, 090510. reina.medinal@ug.edu.ec

Recibido: 19 de noviembre del 2021
Aprobado: 13 de diciembre del 2022
Publicado: 16 de abril de 2023

Editor temático: Gustavo Rodríguez,
(Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [AGROSAVIA]), Bogotá, Colombia.

Para citar este artículo: Medina Litardo, R. C., García Bendezú, S. J., Carrillo Zenteno, M. D., Cobos Mora, F., & Parismoreno Rivas, L. L. (2023). Sistema de producción del cultivo de arroz en zonas con alta salinidad en suelos y agua. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 24(2), e2812. https://doi.org/10.21930/rcta.vol24_num2_art:2812

Resumen: El 15 % de los suelos del mundo están en proceso de degradación física y química y una de sus causas es por la salinidad. En la cuenca del río Guayas, Ecuador, sus suelos presentan este tipo de deterioro, la cual fue la razón para este estudio, cuyo objetivo fue determinar la salinidad de agua y suelo, y la caracterización de los de los sistemas de producción de arroz de San Jacinto de Yaguachi, provincia del Guayas. En las 19.027 hectáreas analizadas, se georeferenciaron 99 puntos de muestreo para los análisis del suelo y para el agua de riego se seleccionaron 10 sitios para análisis químico. En el diagnóstico de los SPA se consideraron 2235 unidades de producción agropecuaria (UPA) y se aplicaron 113 encuestas usando estadísticas descriptivas, donde luego las 51 variables fueron analizadas con Infostat. Del área de estudio, 6.533,87 ha presentaron problemas de salinidad, lo cual se asocia al uso indiscriminado de fertilizantes químicos sin orientación de análisis de suelo y agua, debido a que el 89 % aplica fertilizantes inorgánicos, lo que genera contaminación. Se concluye que tanto el suelo como el agua son limitantes relevantes para la producción de arroz en el cantón de San Jacinto de Yaguachi, ya que los suelos son vertisoles, de textura arcillosa y con un pH de 6,9 (neutro); sin embargo, la conductividad eléctrica (CE) de 4 dS.m⁻¹ se relaciona con el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) en el orden del 7,93 %. Por otro lado, el agua para riego tuvo un CE de 2,64 dS.m⁻¹, es de categoría C4S3 y es dura y de salinidad alta.

Palabras clave: análisis del suelo, calidad de agua, producción de arroz, productividad, salinidad del suelo, análisis de agua.

Abstract: A total of 15 % of the world's soils are in processes of physical and chemical degradation and one of its causes is due to salinity. In the Guayas river basin, Ecuador, their soils present this type of deterioration, reason for this study whose objective was to determine the salinity of water and soil, and the characterization of those of the rice production systems of San Jacinto de Yaguachi, Guayas province. In the 19 027 hectares analyzed, 99 sampling points were georeferenced for soil analysis. For irrigation water, 10 sites were selected for chemical analysis. In the diagnosis of the SPAs, 2 235 UPAs were considered and 113 surveys were applied, using descriptive statistics, the 51 variables were analyzed with Infostat. From the results it was known that the soil in Yaguachi is vertisol, clayey. Slightly acidic water. Of the study area, 6,533.87 ha presented salinity problems. The indiscriminate use of chemical fertilizers without orientation of soil and water analysis, generate pollution. It is concluded that both soil and water are relevant limiting factors for rice production in the canton of San Jacinto de Yaguachi since the soil is saline. In addition, it was found that monoculture has determined that there are rice savannas, with an absence of diversified flora, exacerbating pest problems and consequently increasing dependence on agrochemicals.

Keywords: productivity, soil analysis, soil salinity, rice production, water analysis, water quality.



Introducción

El arroz es el primer cereal de consumo a nivel mundial. En el año 2015, los principales productores fueron: China con 30 %, India con 22 %, Indonesia con 8 %, Bangladesh con 7 %, Vietnam con 6 % y Tailandia con 3 %, el resto corresponde a otros 72 países (sede Subregional de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2015). En Latinoamérica se destacan Argentina, Uruguay, Perú y Brasil con rendimientos de 7,5, 8,5, 7,6 y 7,89 t.ha⁻¹, respectivamente, y en la costa ecuatoriana el rendimiento en promedio es de 4,19 t.ha⁻¹ (Faostat, 2018).

En Ecuador, el consumo anual de arroz es de 53,20 kg por habitante, superior a Colombia y Perú (Gavilánez et al., 2016). La superficie sembrada en el 2018 fue de 315.976 ha, con una producción de 1.772.929 t., donde la provincia del Guayas, con 222.676 ha, representa el 61 %, localizada en sus cantones Daule (35.421 ha), Samborondón (24.778 ha), Urbina Jado (27.242 ha), Yaguachi (24.384 ha) y Santa Lucía (20.034 ha), según el Sistema de Información Pública Agropecuaria (2018).

Los datos de salinidad del suelo a nivel mundial señalan que el 15 % de la totalidad de los suelos salinos se encuentran en procesos de degradación física y química, habiendo una acumulación excesiva de sales solubles como el sodio intercambiable y suelos conocidos como solonetz, los cuales afectan la productividad de los cultivos (Lamz & González, 2013). Así, hay alrededor de 830 millones de hectáreas con problemas de salinización (Shrivastava & Kumar, 2015), las cuales se incrementan por uso de agua de riego salina, siendo que, a nivel mundial, 45 millones de ha están afectadas por esta causa (Hoang et al., 2016), por consiguiente, la salinización es uno de los problemas en los suelos para la siembra de arroz (González et al., 2018).

La salinidad de los suelos precede al origen de la civilización humana y continúa siendo, en la actualidad, el mayor estrés abiótico que perjudica la productividad y la calidad de las cosechas. Aproximadamente, el 20 % de las áreas cultivadas a nivel mundial y cerca de la mitad de las tierras irrigadas son afectadas por este factor. Así, el estrés salino es uno de los factores que mayores daños ocasiona en el crecimiento, el desarrollo y el rendimiento de los cultivos, especialmente, en arroz, ya que este factor es uno de los limitantes principales para su productividad (Rodríguez et al., 2019).

Los síntomas del estrés en arroz por salinidad incluyen: puntas blancas en las hojas afectadas, retraso en el crecimiento de las plantas, reducción del macollamiento, crecimiento irregular y, en casos graves, muerte de la planta. La salinidad reduce significativamente el número de tallos por planta, el número de espiguillas por panícula, la fertilidad, la longitud y el número de panículas (Cobos et al., 2020).

En la cuenca del río Guayas, Ecuador, los suelos también presentan problemas de degradación química, así se reportan suelos con salinidad alta en Guayas (66.698 ha), El Oro (4943 ha) y Manabí (1165 ha) (Baquerizo et al., 2019). Según Pozo et al. (2010), cada vez más se expande la formación de suelos halomórficos. La subcuenca del río Yaguachi, en sus 3000 ha de sembríos de arroz, presenta una baja productividad debido a los altos niveles de salinidad que aumentan

paulatinamente (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2008), siendo necesario investigar y desarrollar métodos de conservación y sustentabilidad en el manejo de los suelos, con el fin de combatir las causas de la salinización.

Debido al bajo nivel de productividad del arroz en los suelos afectados por la salinidad de las mareas marinas y por los escasos estudios de esta problemática en la cuenca del río Guayas, Ecuador, se realizó esta investigación, con los objetivos de determinar la salinidad del suelo y del agua como limitantes de la producción de arroz en el cantón de San Jacinto de Yaguachi, Ecuador, así como caracterizar el sistema de producción del cultivo de arroz en este cantón.

Materiales y métodos

La investigación fue de enfoque cuantitativo de tipo descriptivo, con una modalidad de campo y de corte transversal. Se realizó en 19.027 ha del cantón San Jacinto de Yaguachi, provincia del Guayas, Ecuador, ubicado a 2° 5' 48,5" latitud sur, 79° 41' 41,4" longitud oeste a 15 m s.n.m. (figura 1).

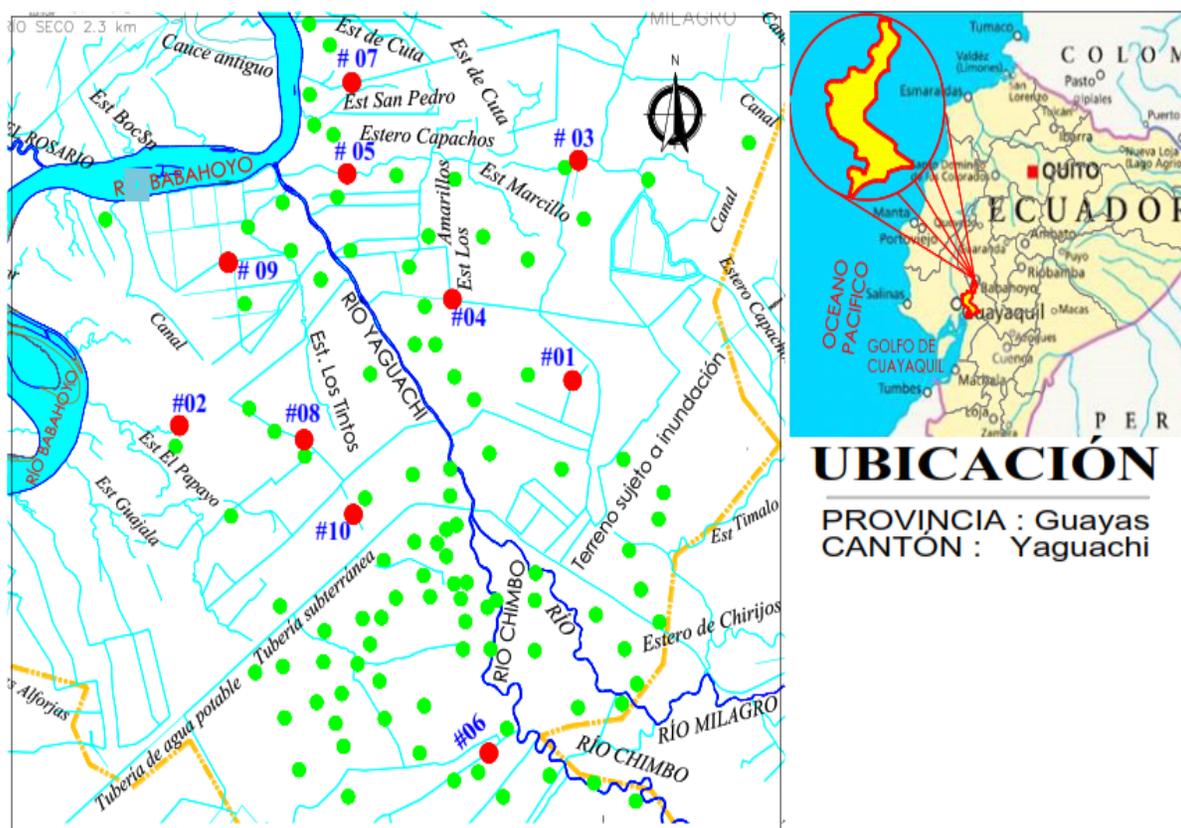


Figura 1. Cantón San Jacinto de Yaguachi, provincia del Guayas, Ecuador
 Fuente: Elaboración propia

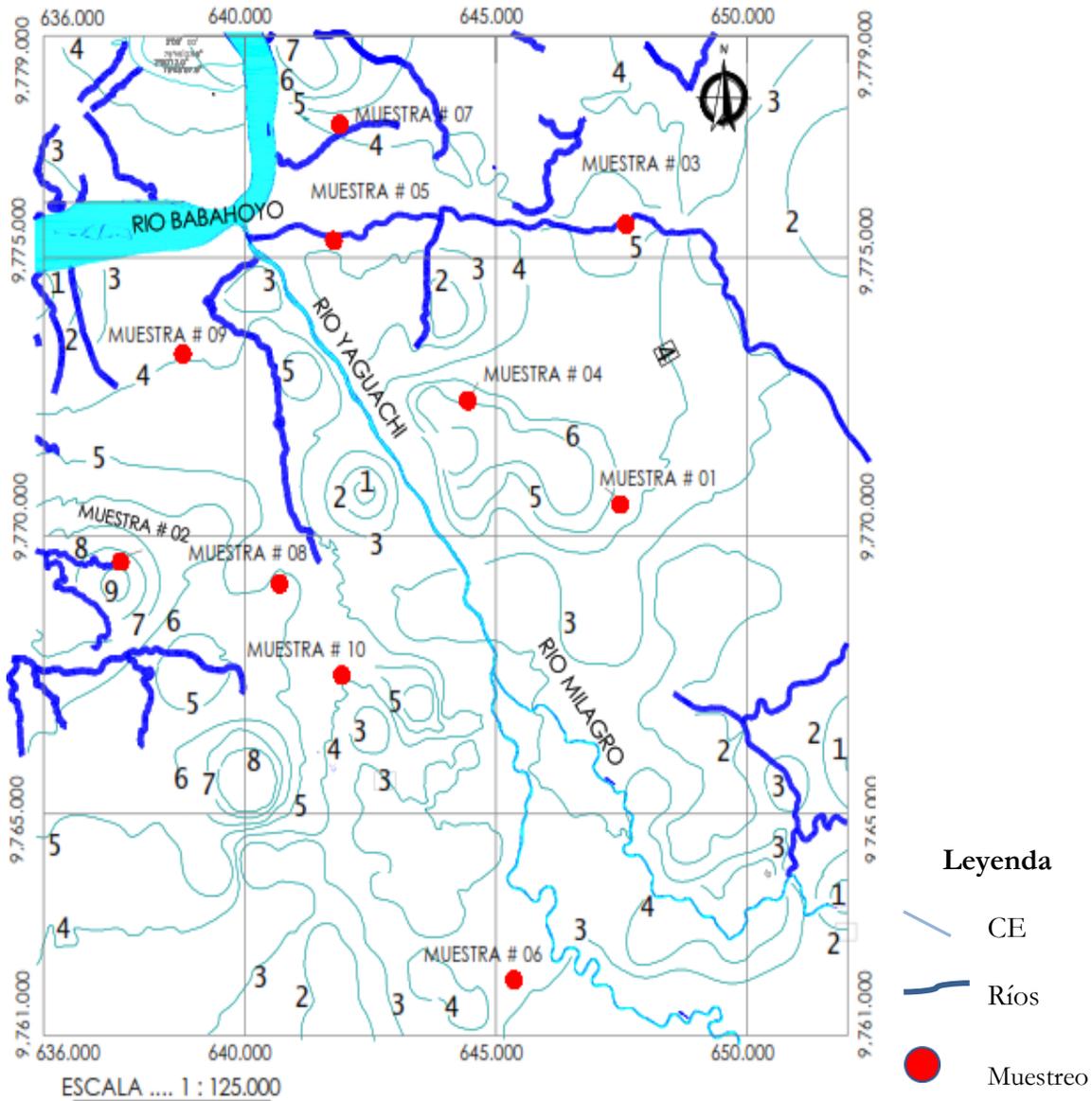


Figura 2. Zonas de levantamiento de muestras

Fuente: Elaboración propia

La temperatura media anual es de 24,5 a 26 °C, la precipitación media anual varía de 750 mm a 1342 mm, la velocidad media del viento es de 0,8 m.s⁻¹ y la humedad relativa es del 80 % (Portillo, 2018). El estudio se desarrolló en dos etapas:

Etapla 1: determinación de los niveles de salinidad de suelos y agua. Se realizaron las siguientes actividades:

Muestreo del suelo: se establecieron 99 puntos de muestreo debidamente georreferenciados (GPS, marca Garmin, modelo Monterra). Cada muestra recolectada estuvo compuesta de 15 submuestras, las cuales fueron recabadas a una profundidad de 20 cm. La época del muestreo fue en septiembre del 2018, donde se determinó el pH y la conductividad eléctrica (CE). A su vez, a 34 muestras se les analizó: materia orgánica (MO), sodio, potasio, calcio, magnesio, cloruro, bicarbonato y sulfatos, en extracto de pasta saturada y con acetato de amonio a pH 7 se determinaron: sodio, potasio, calcio y magnesio intercambiables, con los que se estimó la capacidad de intercambio de cationes y porcentaje de sodio (PSI) intercambiables.

Muestreo de agua: se seleccionaron 10 sitios, distribuidos entre los canales de riego, utilizando métodos de las normas de la ASTM (1995) y la American Society for Testing and Materials (1995), dentro del área de estudio. Los puntos fueron posicionados por GPS portátil (marca Garmin, modelo Monterra). Las muestras, producto de tres submuestras de 1 litro de agua, fueron tomadas de la parte superficial del canal de riego (0,30 m), empleando botellas de polietileno se las trasladó inmediatamente al laboratorio. Los criterios de selección de los sitios de muestreo fueron: **a) representatividad de los sitios de muestreo**, donde cuidadosamente se seleccionaron los canales que eran más utilizados por los agricultores, **b) homogenización**, para lo cual se necesitaba que se normalizara el agua por los canales y que no hubiera turbulencia, por lo que se esperó una hora de iniciado el riego y **c) contaminación**, mediante recorridos por los canales se constató que no hubiera residuos químicos.

Se analizó el potencial del hidrógeno (pH) y la CE, además de elementos como sodio (Na), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) y los aniones bicarbonatos, cloruros y sulfatos. Además, se calculó la relación de absorción de sodio (RAS) y los sólidos totales disueltos.

Etapa 2. Caracterización de los sistemas de producción del cultivo del arroz. La población estuvo constituida por 2235 unidades productivas agropecuarias (UPA) que fueron cultivadas con arroz (República del Ecuador, 2014). Se utilizó una muestra de 113 UPA, la cual se obtuvo por el método de proporciones con un nivel de confianza del 90 % y con un margen de error del 10 % y a 126 UPA se les aplicó una encuesta. Para el análisis de la información de caracterización, esta fue sistematizada en hojas de cálculo en Excel del 2017, analizadas con el paquete estadístico Infostat y se empleó la estadística descriptiva de frecuencias y porcentajes.

Luego, se tipificaron los sistemas de producción de los productores arroceros, empleando un análisis multivariante, se calcularon los coeficientes de variación para descartar aquellas variables que carecen de poder discriminador, se seleccionaron 39 variables con alto poder discriminante (tabla 1) ($CV_{132} > 60\%$) y se realizó el análisis de componentes principales, para lo cual se aplicó el método de Ward, el cual es utilizado como variables de clasificación en el análisis de conglomerados y, como medida de distancia euclidiana cuadrada y gráfica, se utilizó un dendrograma.

Tabla 1. Variables que se utilizaron para la tipificación

Variables	Código
Nivel de estudio	Ne
Viven en el predio agrícola	Vp
Pertenece a la junta de riego	Pu
Hectáreas de cultivo de arroz que siembran	He
Superficie de arroz sembrada	Su
Utiliza rastra para preparar el suelo	Rt
Tiene pozo en su plantación	Tp
Horas de riego	Hr
Cantidad de horas de riego	Cc
El riego lo realiza con marea alta o baja	Rr
Cuántas veces siembra	Cu
En qué mes siembra	Em
Tipos de fertilizantes	Tf
Dosis de fertilizantes por ha	Df
Productos orgánicos que utilizan	Pg
Dosis de productos orgánicos	Dr
Número de aplicaciones	Np
Forma de aplicación del producto orgánico	Fp
Época de aplicación	Ea
Nombre del producto foliar	Nf
Dosis de productos foliares	Do
Época de aplicación	Ef
Insectos que atacan al cultivo	In
Enfermedades que atacan al cultivo	En
Utiliza productos orgánicos y químicos	Up
Nombre de producto orgánico	Nq
Dosis del producto orgánico	Du
Nombre del producto químico	Uc
Dosis del producto químico	Dg
Dosis de herbicidas	Dh
Producción de arroz en toneladas	Pt
Comercialización del producto	Pd
Conoce sobre salinidad	Cn
Conductividad eléctrica de los suelos	CE
Realiza análisis del suelo	Ra
Usa enmienda	Um
Nombre del producto que utiliza para la salinidad	Ns
Dosis del producto para la salinidad	Ds
Reciben capacitación de las casas comerciales	Ry

Fuente: Elaboración propia

Resultados y discusión

Análisis de suelos y agua

El suelo es de tipo vertisol con textural arcillosa y pH de 6,90 (neutro), donde el 24,24 % de las muestras presentan CE de 3,8-5,1 dS.m⁻¹ y estos resultados evidencian que los suelos tienen problemas de salinidad, dado que según las tablas interpretativas del Instituto Nacional de investigaciones Agropecuarias (2002), donde para la costa ecuatoriana establecen que por debajo 2 dS.m⁻¹ los suelos no se consideran salinos, mientras que entre 2 y 4 dS.m⁻¹ son ligeramente salinos, mayor de 4 u 8 dS.m⁻¹ son suelos salinos y mayor a 8 y 10 dS.m⁻¹ son muy salinos, lo que podría reducir en un 25 % la producción de arroz, donde el 14,14 % de la producción tiene rangos de 5,1-7,1, lo que disminuiría la producción en un 50 %. (Willadino & Rangel, 2010).

El PSI con valores promedio es de 7,93 %, se encuentra un mínimo de 1,40 % y un máximo de 28,57 %, por lo tanto, con las medias de pH 6,90 y CE de alrededor de 4,0 dS.m⁻¹, se puede deducir que el suelo es salino. La investigación de Allbed et al. (2014) coincide con este resultado, donde la salinidad del suelo se describe y caracteriza típicamente en términos de concentraciones de sales solubles, entendiendo que la solución salina con un alto nivel de contenido de sal tendrá un resultado de 4 dS.m⁻¹.

Kochba 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, el PSI, el Na⁺ (intercambiable) y el pH. Estos autores denominan a los suelos como salinos cuando tienen un pH inferior a 8,5, CE de 4 dS.m⁻¹ y PSI inferior al 15 %.

La MO con sus macro y micronutrientes tiene un promedio de 3,05 % de concentración, lo que es aceptable para esta zona tropical (Instituto Nacional de investigaciones Agropecuarias, 2002). Con respecto a la mineralización de esta MO en la relación C:N, se obtuvo un valor que no concuerda con la descripción de Porta et al. (2014), quienes sostienen que la MO es estable si la relación C:N es de 10 a 14. Al respecto, Gamarra et al. (2018) mencionan que cuando la relación C:N es de 10 a 14 se favorece la proliferación de microorganismos, ya que tendrían nitrógeno para su desarrollo y así sintetizar sus proteínas, también suficiente carbono como fuente de energía.

El fósforo (P) presentó un promedio de 11,58 mg.l⁻¹, el cual es un valor favorable para la producción de arroz y que está dentro del rango medio para suelos de la costa ecuatoriana, que es de 8 a 14 mg.l⁻¹ (Instituto Nacional de investigaciones Agropecuarias, 2002). Desde una opinión teórica, Deng et al. (2020) describen que el P, como macronutriente vegetal esencial, desempeña un papel clave en la regulación de los procesos de vida de las plantas, incluida la síntesis de ácidos nucleicos, lípidos de membranas y proteínas y el metabolismo energético. Del mismo modo, López *et al.* (2014) opinan que la disponibilidad de P en el suelo es baja, debido a su unión con compuestos orgánicos y minerales, y la escasez de P disponible a menudo limita el desarrollo del crecimiento y la formación de rendimiento y calidad en los cultivos, a menos que se suministre P como fertilizante.

El Na con promedio de 24,19 meq.L⁻¹ se considera alto, ya que el rango normal es de 8 a 12 meq.L⁻¹ (Instituto de Investigaciones Agropecuarias, 2008), pero ello no concuerda con los hallazgos de Pozo et al. (2010), quienes encontraron valores promedios de Na de 32,5 mg.L⁻¹; 38,4 mg.L⁻¹ y 304,1 mg.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 % de los suelos analizados tienen un contenido alto de este elemento.

En tal sentido, Reddy et al. (2017) mencionan que los altos niveles de Na son una evidencia clara de que una alta salinidad puede provocar un estrés osmótico similar a la sequía fisiológica y la alta deposición de sal en el suelo hace que para las plantas sea cada vez más difícil adquirir agua y nutrientes, sin embargo, bajo el contexto del objetivo de estudio, se entiende que, en función a los resultados, la salinidad del suelo es una de las principales limitaciones que afectan a la producción de arroz en todo el mundo, especialmente en las zonas costeras.

El K tuvo un resultado de 0,16 meq.L⁻¹, el cual se considera bajo, lo normal es de 2 a 4 meq.L⁻¹ (Instituto de Investigaciones Agropecuarias, 2008), diferente a los encontrados por Pozo et al. (2010), quienes sostienen promedios de 0,5 y 1,5 meq.L⁻¹. Por otro lado, estudios anteriores como los de Pérez-Dominguez et al. (2021) y Terrazas (2019) también han informado que las tasas de K más altas dan como resultado un aroma más fuerte, una apariencia más blanca y vidriosa y una menor suavidad en el arroz y la fertilización con potasio aplicada como fertilizante de panícula, la cual es una sustancia química que lleva varios nutrientes para aumentar significativamente el rendimiento y robustecer el grano y los nutrientes del carbohidrato (Atapattu et al., 2018).

En referencia al Ca, con una media de 21,88 meq.L⁻¹, se considera alto y el rango normal es de 15 a 20 meq.L⁻¹ (Instituto de Investigaciones Agropecuarias, 2008), en este punto hay concordancia con Pozo et al. (2010), quienes manifiestan que los valores promedios de Ca en los suelos de los humedales de arroz en la cuenca baja del río Guayas son de 15,4 y 67,8 meq/L⁻¹, lo que permite deducir que este catión tiene valores muy superiores.

Desde otra perspectiva, hay autores como Contreras-Santos *et al.* (2021) y Lifen et al. (2016) que mencionan que para comprender la interacción del sistema de la producción del arroz es necesario analizar nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio y calcio, con el fin de mejorar la sostenibilidad y la productividad de los diferentes sistemas de producción (Rehman et al., 2018).

En el caso del Mg con valor medio de 22,84 meq.L⁻¹, este valor es alto, ya que lo normal es de 9 a 13 meq.L⁻¹ (Instituto de Investigaciones Agropecuarias, 2008), estos resultados son similares a los reportados por Pozo et al. (2010), quienes encontraron valores promedios de Mg de 18,9, 19,3 y 105,6 meq.L⁻¹. Por el contrario, con lo emitido por Zhang et al. (2019), la deficiencia de Mg inhibe el crecimiento de las plantas y se ha convertido en un problema creciente para la producción de cultivos en la agricultura, aunque este no es el caso del presente estudio.

El agua, con un pH promedio de 6,86, se le clasifica como ligeramente ácida, lo cual es favorable en la relación suelo: agua, sin posibilidad de aumentar el pH del suelo. En el total de sólidos disueltos (TSD), la media fue de 1433 meq.L⁻¹, lo que la hace restrictiva para su uso en riego, según lo manifestado por la University of California (1984), indicando que las aguas de riego con

valores de TSD entre 250 y 2000 mg.L⁻¹ presentan una restricción de ligera a moderada. La relación de absorción de sodio (RAS) alcanzó los 8,56 meq.L⁻¹, el cual es un valor adecuado según lo señalado por la University of California (1984), quienes mencionan que las aguas de riego con valores de 0 a 15 meq.L⁻¹ son normales.

La CE presenta una media de 2,64 dS.m⁻¹, con un máximo de 3,52 dS.m⁻¹ y un mínimo de 2,09 dS.m⁻¹, siendo un valor restrictivo para su uso en riego, esto según la University of California (1984), quienes confirman que con CE entre 0,7 y 3,0 dS.m⁻¹ el agua presenta una restricción de uso de ligera a moderada. De acuerdo con el nomograma de Heredia (s. f.), se puede establecer que esta agua es clasificada como C4S3, de salinidad alta, que debe utilizarse en riego pero con un buen drenaje, sembrando especies muy tolerantes a la salinidad.

La media en el contenido de Na es de 17,44 meq.L⁻¹, la cual resulta apta para el riego, la FAO (2015) indica un valor normal entre 0 y 40 meq.L⁻¹, sin embargo, habría de tener cuidado con cultivos sensibles al Na. Los valores promedios de K, Ca y Mg fueron de 0,41 meq.L⁻¹, 3,02 meq.L⁻¹ y 5,76 meq.L⁻¹, respectivamente, que según la tabla de interpretación del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (2008), el Mg se encontraría en cantidades excesivas al superar los 2 meq.L⁻¹, lo que equivale a 2,88 veces más. El Cl, con promedio de 20,43 meq.L⁻¹, podría generar ciertos daños en el arroz, al respecto, la University of California (1984) establece una restricción severa de uso con valores > a 9 meq.L⁻¹. El HCO₃⁻ en el análisis se detectó una media de 3,29 meq.L⁻¹, que según la University of California (1984), en aguas con HCO₃⁻ en rangos de 1,5-8,5 meq.L⁻¹, presenta un grado restricción de ligera a moderada para su riego.

Caracterización de los sistemas de producción de arroz

Los resultados de caracterización del sistema de producción del cultivo de arroz en zonas del cantón de San Jacinto de Yaguachi demuestran que, en la dimensión social, el 90 % de los agricultores responsables de la finca son de sexo masculino, mientras que el 10 % son 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 arrocería, es realizada con más frecuencia por el género masculino.

El 61 % de los agricultores tienen educación primaria, en cambio, un 18 % tiene nivel secundario, el 9 % cuenta con estudios universitarios y el 12 % no posee ningún grado de instrucción. Según el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz (1993), la educación es un factor clave para el desarrollo tecnológico de la agricultura.

Por otro lado, el 58 % de los agricultores habita en su finca y el 42 % lo hace en el cantón de San Jacinto de Yaguachi, el 35 % de los productores de arroz pertenece a la Junta de Riego de Guajala, la cual que se encuentra en trámite para la vida jurídica, el 65 % de los agricultores no está organizado, es decir, no pertenecen a ninguna organización y el 93 % de los agricultores no recibe ningún tipo de ayuda. En la tabla 2 se especifican los resultados de la dimensión productiva y en la tabla 3 se detallan los resultados de la dimensión técnico-ambiental.

La dimensión económica exige redefinir los conceptos de la economía tradicional, en especial los conceptos de necesidades y satisfactores, y las necesidades materiales e inmateriales del ser

(Abraham et al., 2014). Por otra parte, la dimensión técnico-ambiental considera aquellos aspectos que tienen que ver con preservar y potenciar la diversidad y la complejidad de los ecosistemas, su productividad, los ciclos naturales y la biodiversidad (Abraham et al., 2014).

Tabla 2. Resultados de la dimensión productiva

Variables	Resultados de la dimensión productiva
Tenencia de la tierra	Propietarios de la tierra 54 % y arrendatarios 46 %
Hectáreas de arroz sembradas	El 39 % de agricultores siembran de 1 a 5 ha, el 27 % de 5 a 10 ha, el 8 % entre 10 y 15 ha, el 9 % entre 15 y 30 ha y el 17 % más de 30 ha.
Preparación del suelo y costo	El 93 % de los productores realiza una preparación del suelo para la siembra que consiste en arar, rastrear y fanguear. El costo de preparar una hectárea de suelo es de USD 100-150.
Siembra y época de siembra	El 34 % de los agricultores siembran una sola vez al año, el 63 % lo hace dos veces al año y el 3 % restante lo hace tres veces. El 46 % siembra en los meses de enero a febrero (invierno) y el 54 % entre agosto y septiembre (verano, época seca).
Variedades y tipos de semilla	Las variedades de arroz más utilizadas son: Iniap-11 (25 %), Iniap-14 “Filipino” (24 %), Fedearroz-60 (20 %), SFL-11 (16 %), SFL-09 (9 %) y Iniap FL-1480 Cristalino (6 %). El 28 % emplea semillas certificadas, y el 72 % reciclan la semilla. La variedad de Fedearroz -60 es tolerante a las sales.
Método de siembra	El 64 % de los agricultores siembra al voleo y el 36 % lo hacen al voleo y por trasplante.
Riego y sistema de riego	El 100 % de los agricultores riegan en la época seca.
Fuentes de agua	El 96 % de los agricultores utiliza, para el riego, las aguas del río Babahoyo y el 4 % la obtienen de pozos.
Horas de riego y frecuencia de riego	El 42 % de los agricultores riegan durante 8 y 15 horas, el 19 % entre 15 y 20 horas y el 39 % emplea de 20 a 30 horas. En la frecuencia de riego, el 54 % lo hacen cada 8 a 10 días y el 46 % de 10 a 15 días. Las muestras de agua se tomaron del canal de riego para los análisis.
Cosecha	El 100 % de los agricultores cosechan el arroz de forma mecánica. Con respecto al costo de cosechar 100 kg de arroz paddy en época de invierno, el 19 % gasta de 1 a 2 dólares y el 81 % entre 2 y 3 dólares, mientras que en la estación de verano les cuesta de 1 a 2 dólares americanos (35 %) y de 2 a 3 dólares americanos (65 %).
Destino de la producción	El 91 % de los agricultores venden su producción a las piladoras que se encuentran en el sector de Yaguachi y el 9 % restante a intermediarios.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Resultados de la dimensión técnico-ambiental

Variables	Resultados de la Dimensión técnico ambiental
Aplicación y dosis de fertilizantes	El 89 % de los agricultores aplican fertilizantes inorgánicos mientras que el 11 % no aplica fertilizantes. En relación con la dosis de fertilizantes, el 25 % emplea 250 kg.ha ⁻¹ de urea, el 15 % utiliza 100 kg de urea más 300 kg de sulfato de amonio por ha y el 50 % de los agricultores emplea 300 kg de urea, 50 kg de fosfato diamónico (DAP) y 100 kg de sulfato de amonio por ha, por consiguiente, de estas cantidades, los promedios de los elementos químicos nutritivos fueron: 149,20 kg.ha ⁻¹ de nitrógeno, 23 kg.ha ⁻¹ de fósforo y 37,97 kg.ha ⁻¹ de azufre. Para el caso del nitrógeno, primordial en el cultivo de arroz, existió una sobreaplicación con respecto a la recomendación por el Iniap (100-120 kg.ha ⁻¹).
Análisis foliar y aplicación de fertilizantes foliares	Se cuestionó a los agricultores sobre si realizan análisis foliar, quienes respondieron que no lo realizan (100 %).
Presencia de plagas y enfermedades	Los agroquímicos que más usan son: clorpirifos, cipermetrina y metomilo. Con relación a los fungicidas, el 90 % de los agricultores no los aplica.
Control de malezas	Los herbicidas que utilizan son: aura y clincher en dosis de 0,5 a 1,5 L.ha ⁻¹ (29 %), clincher y butaclor en dosis 0,5 a 2 L.ha ⁻¹ (17 %), pendimentalin y butaclor en dosis de 0,3 a 1 L.ha ⁻¹ (25 %) y propanil en dosis de 0,4 a 4 L.ha ⁻¹ (14 %). Entendiendo que estos productos no favorecen la salinidad.

Fuente: Elaboración propia

Tipificación del sistema de producción de arroz

Al aplicar el método Ward y la distancia euclidiana, comparando con lo expresado por Martínez (2013), se conformaron tres grupos y para facilidad de identificación se adoptó una denominación que tomó como base el nivel tecnológico empleado por los agricultores.

Tabla 4. Concentración de aniones y cationes del suelo en el cantón San Jacinto de Yaguachi, provincia del Guayas, Ecuador

Propietario	Cationes								Aniones			
	pH	CE ⁽²⁾	%	mg/L	meq/L				meq/L			
	Potencial de hidrógeno	Conductividad eléctrica	Materia orgánica	Fósforo	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	PSI	Bicarbonatos	Sulfatos	Cloro
H ₂ O	dS/m	MO	P	Na	K	Ca	Mg	PSI	(HCO ₃) ⁻	(SO ₄) ₂ ⁻	Cl ⁻	
Propietario 1	7,25	12,96	2,14	6,73	75,3	0,359	42,8	44,2	12,92	4,21	312,8	71,4
Propietario 2	6,53	9,30	3,90	10,00	54,0	0,258	30,7	31,7	9,42	1,26	224,5	51,2
Propietario 3	7,09	1,16	2,71	20,7	11,2	0,041	3,6	3,8	2,73	1,30	24,1	8,0
Propietario 4	7,49	3,81	4,37	19,00	36,7	0,133	11,9	12,3	8,38	1,37	79,0	26,3
Propietario 5	7,49	3,35	3,72	25,9	23,5	0,113	19,1	11,3	4,02	4,29	96,1	18,4
Propietario 6	7,28	6,84	6,70	7,78	16,6	0,122	27,2	25,6	6,37	3,33	271,7	9,4
Propietario 7	7,27	5,97	3,74	7,07	14,0	0,121	24,3	24,3	6,64	3,33	263,7	11,9
Propietario 8	7,33	7,50	3,14	13,00	18,2	0,133	29,8	28,1	5,09	3,33	297,9	10,3
Propietario 9	7,25	3,43	2,71	12,00	9,3	0,119	12,7	9,2	5,42	1,91	72,6	16,5
Propietario 10	7,23	2,63	2,91	7,85	10,5	0,094	10,1	9,9	6,93	1,94	70,7	16,6
Propietario 11	6,98	3,23	3,72	7,30	12,9	0,115	12,4	12,1	7,01	1,91	86,6	20,3
Propietario 12	6,78	2,87	2,68	3,44	4,9	0,056	3,8	5,0	6,40	1,24	47,4	6,4
Propietario 13	6,71	3,50	2,86	7,80	7,6	0,092	9,8	7,8	4,18	0,77	59,9	11,3
Propietario 14	6,56	3,02	4,42	6,86	6,6	0,079	8,5	6,7	5,90	0,75	51,6	9,8
Propietario 15	6,74	7,80	2,36	12,50	13,2	0,153	10,5	13,5	5,01	1,23	128,7	17,3
Propietario 16	6,86	5,18	2,13	13,00	7,4	0,095	26,5	16,0	7,78	1,67	203,1	12,9
Propietario 17	7,20	6,96	2,46	13,9	20,5	0,229	37,5	26,8	8,72	3,79	296,2	16,4
Propietario 18	7,22	4,86	3,89	12,7	6,9	0,090	24,9	15,1	7,47	1,76	190,6	12,1
Propietario 19	7,28	4,24	3,15	13,5	12,5	0,140	22,8	16,3	4,42	3,83	180,4	10,0
Propietario 20	7,28	1,06	2,50	9,5	1,9	0,041	4,5	3,4	1,40	2,44	37,0	2,3

Propietario 21	7,53	2,62	2,78	9,90	4,6	0,100	11,2	8,5	3,09	2,52	91,4	5,6
Propietario 22	7,51	5,00	2,42	6,98	17,2	0,120	26,8	24,8	8,37	3,19	269,6	12,3
Propietario 23	7,49	1,31	3,12	5,53	4,3	0,029	8,5	7,1	1,92	2,48	34,0	12,6
Propietario 24	6,84	5,21	3,84	12,00	17,9	0,125	27,9	25,9	6,13	2,91	281,0	12,8
Propietario 25	5,90	5,89	1,96	10,0	32,0	0,236	33,6	33,0	13,31	1,05	261,3	49,4
Propietario 26	5,98	4,55	1,72	8,0	18,6	0,309	25,8	26,4	11,50	1,24	241,6	24,4
Propietario 27	5,94	4,35	2,39	11,0	19,3	0,172	14,7	15,1	11,56	0,95	126,3	22,4
Propietario 28	5,95	6,44	5,42	13,9	47,6	0,331	39,0	46,6	8,96	1,62	302,5	74,5
Propietario 29	6,14	5,37	1,31	13,8	28,6	0,159	32,1	31,6	11,98	2,38	260,1	37,6
Propietario 30	6,01	4,26	1,73	15,3	22,9	0,122	30,4	23,3	8,77	1,72	278,0	26,4
Propietario 31	6,48	6,34	2,79	10,0	37,5	0,135	27,0	34,3	9,82	1,64	347,9	17,4
Propietario 32	6,55	7,51	2,56	11,0	45,2	0,145	28,4	44,8	6,71	1,37	373,5	27,7
Propietario 33	6,78	6,38	3,27	18,8	72,3	0,218	25,6	35,9	12,70	2,71	333,6	19,1
Propietario 34	7,55	12,1	2,10	17,00	91,0	0,740	39,4	96,4	28,57	0,86	161,0	90,0
Máximo	7,55	12,96	6,70	25,88	90,96	0,74	42,78	96,38	28,57	4,29	373,46	90,00
Mínimo	5,90	1,06	1,31	3,44	1,87	0,03	3,63	3,45	1,40	0,75	24,05	2,28
Promedio	6,90	5,21	3,05	11,58	24,19	0,16	21,88	22,84	7,93	2,13	186,95	23,26
SD	0,53	2,71	1,09	4,75	21,89	0,13	11,20	17,88	4,81	1,04	108,45	20,73
CV	7,68	52,15	35,74	40,99	90,49	79,60	51,18	78,30	60,72	48,80	58,01	89,15
SE (error estándar)	0,09	0,47	0,19	2,68	3,75	0,02	1,92	3,07	0,83	0,18	18,60	3,56

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. Concentración de pH, CE, total de sólidos solubles, aniones y cationes en el agua de riego del arroz en el cantón de San Jacinto de Yaguachi, provincia del Guayas, Ecuador

N ^o	Localidades de muestreo	pH	dS/m	mg/L	meq/L				meq/L		
			Conductividad eléctrica	Total de sólidos solubles	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Cloruros	Sulfatos	Bicarbonatos
1	Coop. San Jacinto	6,91	2,49	1350	20,85	0,67	2,76	6,22	19,45	10,72	2,43
2	Providencia	6,44	2,84	1520	22,39	0,6	1,25	4,79	20,13	9,92	1,27
2	Bodeguita	6,78	2,53	1360	19,25	0,53	2,48	5,61	19,04	12,91	2,08
4	Blanca Nieves	6,70	2,63	1440	21,12	0,51	2,86	6,18	20,4	12,36	2,44
5	Monterrey	6,79	2,74	1470	27,56	0,26	6,4	9,49	28,97	22,35	4,46
6	Gloria	6,90	3,52	1920	21,3	0,5	1,47	5,87	26,38	12,66	1,3
7	Conformidad	7,03	2,32	1240	19,55	0,45	1,09	4,28	18,64	9,41	1,76
8	Cascol. Coop.1001	6,90	2,810	1580	8,31	0,19	4,66	5,72	17,68	34,05	5,2
9	Cuatro hermanos	7,06	2,460	1330	7,44	0,17	4,02	5,22	21,49	34,98	5,38
10	La Carmela. Recinto Finalín	7,16	2,090	1120	6,61	0,2	3,22	4,25	12,1	32,41	6,53
	Mínimo	6,44	2,09	1120	6,61	0,17	1,09	4,25	12,1	9,41	1,27
	Máximo	7,16	3,52	1920	27,56	0,67	6,4	9,49	28,97	34,98	6,53
	Promedio	6,86	2,67	1433	17,438	0,408	3,021	5,763	20,428	19,177	3,285
	SD	0,20	0,38	217,51	7,27	0,19	1,66	1,49	4,63	10,73	1,92
	CV	2,99	14,37	15,18	41,68	45,51	54,95	25,89	22,65	55,97	58,46
	SE (error estándar)	0,02	0,12	68,78	2,30	0,06	0,52	0,47	1,46	3,39	0,61

Fuente: Elaboración propia

El grupo 1, en cuestión a los agricultores, es el nivel tecnológico avanzado (NTA) con (8,85 %), el grupo 2 corresponde al nivel tecnológico semiavanzado (NTSA) (83,19 %) y el tercero, que agrupa la menor parte de productores, conforma al nivel tecnológico básico (NTB) (7,96 %).

A continuación, se describen las características de cada grupo formado:

Grupo 1. Nivel tecnológico avanzado (NTA). Conformado por 10 productores (8,85 %), de los cuales el 50 % tiene fincas con superficies de 1 a 10 ha y el otro 50 % con un tamaño mayor a 10 ha. En la superficie sembrada que era mayor de 10 ha se aplicaron, de 20 a 30 horas de riego durante 10 a 15 días. El 50 % de ellos siembran arroz una sola vez al año y el otro 50 % lo hace dos veces. El 100 % aplica productos orgánicos y químicos para fertilizar los cultivos. Además,

el 30 % incorpora al suelo humus de lombriz en dosis de $500 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y el 70 % abona con compost en $150 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Por su parte, el 40 % aplica $250 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de urea, el 20 % fertiliza con urea y sulfato de amonio en dosis de 100 y $300 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, respectivamente y el 40 %, además de urea, usa DAP y sulfato de amonio en dosis de 300, 50 y $150 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Sobre la salinidad del suelo, el 60 % conoce sobre el tema, mientras que el 40 % lo desconoce. Así, el 30 % de los agricultores utiliza 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 % de las fincas tienen CE con rangos de 3,50 a $12,96 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$. Por otra parte, el 80 % emplean agroquímicos para el manejo de plagas y no usan fungicidas para el control de enfermedades. Como conclusión, este grupo obtiene un promedio de rendimiento de $3,25 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Grupo 2. Nivel tecnológico semiavanzado (NTSA). Lo integran 94 fincas (83,19 %), de las cuales el 68,08 % tiene superficies menores a 10 ha y el 31,92 % cuenta con áreas mayores a 10 ha. En cuanto a la superficie sembrada, estas tienen menos de 10 ha y se aplicó el riego durante 8 a 10 días por 15-20 horas y estos productores no usan productos orgánicos (100 %). Con respecto a la fertilización, el 25,53 % de los agricultores fertilizan con $250 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de urea, el 15,96 % utilizan de $100\text{-}300 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ urea y sulfato de amonio y el 58,51 % aplican de 300, 50 y $150 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de urea, DAP y sulfato de amonio, respectivamente. Sobre la salinidad del suelo, el 36,17 % conocen sobre el tema mientras que el 63,83 % lo desconoce.

El 18,18 % utilizan sulfato de calcio como enmienda para disminuir la salinidad, donde se sabe que los suelos del 56,38 % de las fincas tienen CE de 3,00 a $12,08 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$. En referencia al manejo integrado de plagas, el 82 % recurre a los agroquímicos y no utilizan fungicidas para el manejo de las enfermedades (90 %). Este grupo obtiene un promedio de rendimiento de arroz en $2,98 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Grupo 3. Nivel tecnológico básico (NTB). Agrupa a nueve agricultores (7,96 %), donde el 100 % de las fincas posee una superficie menor a 5 ha. La superficie sembrada es de menos de 5 ha y aplican de 8 a 15 horas de riego, con una frecuencia de 10 a 15 días.

El 100 % no usa productos orgánicos ni químicos para fertilizar los cultivos y los suelos de todas las UPA tienen CE de 3,35 a $6,96 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$. El 100 % de los agricultores no aplican agroquímicos para controlar las plagas y las enfermedades y tampoco conocen sobre la salinidad del suelo. Este grupo obtiene un promedio de rendimiento de $2,50 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$.

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 niveles de rendimiento, se hallaron diferencias estadísticas, como analogía, Rivera et al. (2016) sostienen que, para tipificar, las unidades pecuarias se pueden agrupar en función de sus características. Discerniendo en las variables, en el caso de superficie sembrada con arroz, los grupos presentaron las siguientes características: el grupo 1 tiene más de 10 ha en superficie; el grupo 2 cuenta con menos de 10 ha y el grupo 3 tiene superficies inferiores a 5 ha. En la aplicación de productos orgánicos, el grupo 1 mostró predominio,

mientras que en los grupos 2 y 3 no aplican productos orgánicos. Para la salinidad de los suelos se halló que los grupos 1 y 2 están entre los rangos de 3,00 a 12,96 dS.m⁻¹, mientras que el 3 presentó valores de CE 3,35 a 6,96 dS.m⁻¹.

En lo relativo a la aplicación de productos orgánicos para disminuir la salinidad, el grupo 1 lo hace usando productos orgánicos, pero el 2 y el 3 no lo hacen. Finalmente, en cuanto a la variable del rendimiento del cultivo de arroz, el grupo 1 obtiene el mayor rendimiento, en cambio, los grupos 2 y 3 se mantienen con una baja producción.

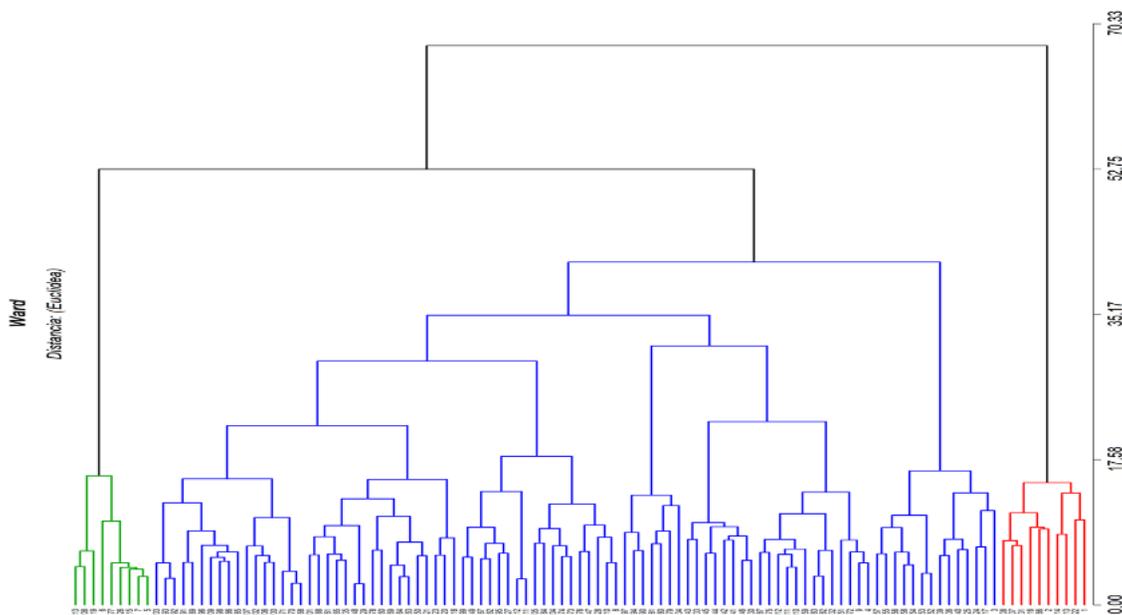


Figura 3. Dendrograma-análisis clúster y tipificación de los sistemas de producción

Fuente: Elaboración propia

Estudios realizados por Cobos et al. (2021), sobre la caracterización de fincas arroceras en sistemas de producción bajo riego en el cantón Daule, determinaron las características del sistema de producción y la tipificación correspondiente, encontrándose tres sistemas de producción en fincas arroceras, representados en tres conglomerados: el primero corresponde al segmento de productores del sistema de producción desarrollado, el segundo se asocia con el sistema de producción medianamente desarrollado y el tercero con el sistema de producción básico.

Conclusiones

Se concluye que tanto el suelo como el agua son limitantes relevantes para la producción de arroz en el cantón de San Jacinto de Yaguachi, debido a que el suelo es salino. En la zona de Yaguachi, los suelos son vertisoles, de textura arcillosa, con un pH de 6,9 (neutro), adecuado para que los

nutrientes se encuentren disponibles, sin embargo, la CE de 4 dS.m⁻¹ que relacionada con el PSI en el orden de 7,93 % determina que el suelo es salino y afecta la disponibilidad de nutrientes.

El agua para riego con CE de 2,64 dS.m⁻¹, de categoría C4S3, es dura, de salinidad alta y puede emplearse en riego, pero con drenaje en un pH de 6,86, ligeramente ácida. Del total del área de estudio, 6533,87 ha presentan problemas de salinidad que podrían afectar considerablemente la productividad del cultivo de arroz. El uso indiscriminado de fertilizantes químicos sin la orientación de análisis de suelo y agua es otro riesgo de contaminación de suelo y aguas superficiales y freáticas. Los agricultores no aplican MO, lo que es un inconveniente para la capacidad regenerativa del suelo, ya que la aplicación de MO en suelos salinos acelera la lixiviación de Na⁺ y disminuye la CE.

Contribución de los autores

Reina Medina Litardo: elaboración de la encuesta, registro de la información en campo, construcción de las bases de datos, análisis de la información y elaboración del manuscrito; Sady García Bendezú: elaboración del mapa, construcción de las bases de datos, análisis de la información y elaboración del manuscrito; Manuel Carrillo Benzeno: análisis de la información, interpretación de los análisis de suelo y agua y elaboración del manuscrito. Fernando Cobos Mora: toma de la muestra de suelo y agua, elaboración de la encuesta, análisis estadístico, registro de la información en campo y elaboración del manuscrito. Laura Parismoreno Rivas: toma de muestra de suelo y agua, elaboración de encuestas e interpretación de resultados de análisis de suelo y agua.

Implicaciones éticas

El presente artículo cuenta con el aval 09-2022 radicado el 4 de enero del 2023 del comité de ética de investigación de la Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería. También se obtuvo el consentimiento de los colaboradores para usar la información suministrada en la documentación del proceso presentado en el artículo.

Conflictos de interés

Los autores manifiestan que no existen conflictos de interés en este estudio.

Financiamiento

No hubo financiación, la investigación se realizó con los propios recursos de los investigadores.

Referencias

- Abraham, L., Alturria, L., Fonzar, A., Ceresa, A., & Arnés, E. (2014). Propuesta de indicadores de sustentabilidad para la producción de vida en Mendoza, Argentina. *Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias*, 46(1), 161-180. https://bdigital.uncuyo.edu.ar/objetos_digitales/6453/cp12-alturria.pdf
- Allbed, A., Kumar, L., & Sinha, P. (2014). Mapping and modelling spatial variation in soil salinity in the Al Hassa Oasis based on remote sensing indicators and regression techniques. *Remote Sensing*, 6(2), 1137-1157. <https://doi.org/10.3390/rs6021137>
- American Public Health Association. (2005). *Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater*. Estados Unidos: American Public Health Association. https://scholar.google.com.co/scholar_url?url=https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/pah-246827&hl=es&sa=X&ei=lnSfY6WZEsWTy9YPwfG0iAY&scisig=AAGBfm2pLYmSXCh0Crd8EbifUOwBIPP2Vw&oi=scholar
- American Society for Testing and Materials. (1995). *ASTM International, Helping our work you better*. Estados Unidos: American Society for Testing and Materials. <https://www.astm.org/>
- Atapattu, A. J., Prasantha, B., Amaratunga, K., & Marambe, B. (2018). Increased rate of potassium fertilizer at the time of heading enhances the quality of direct seeded rice. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 5(1), 1-9. <https://doi.org/10.1186/s40538-018-0136-x>
- Baquerizo, M., Acuña, M., & Solis, M. (2019). Contaminación de los ríos: caso río Guayas y sus afluentes. *Manglar*, 16(1), 63-70. <https://doi.org/10.17268/manglar.2019.009>
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz. (1993). *La adopción de tecnologías agrícolas: Guía para el diseño de encuestas*. México: Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz. <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. <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/995/695>
- Cobos, F., Hasang, E., Lombeida, E., & Medina, R. (2021). Caracterización de fincas arroceras en sistemas de producción bajo riego, en el cantón Daule. *Journal of Science and Research*, 5, 156-168. <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/1004/704>
- Contreras-Santos, J. L., Martínez-Atencia, J., Cadena-Torres, J., Novoa-Yanez, R.-S., & Tamara-Morelos, R. (2020). Una evaluación de las propiedades fisicoquímicas de suelo en sistema productivo de maíz - algodón y arroz en el Valle del Sinú en Colombia. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 23(2). <https://doi.org/10.31910/rudca.v23.n2.2020.1375>
- 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*, 1(1). <http://revistas.ulvr.edu.ec/index.php/yachana/article/view/176/136>
- Deng, Y., Men, C., Qiao, S., Wang, W., Gu, J., Liu, L., Zhang, Z., Zhang, H., Wang, Z., & Yang, J. (2020). Tolerance to low phosphorus in rice varieties is conferred by regulation of root growth. *Crop Journal*, 8(4), 534-547. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2020.01.002>

- FAO. (2015). Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2015. Land and plant nutrition management service. FAO Publications. www.fao.org/publications
- Faostat. (2018). *Food and Agriculture Organization statistical database*. Faostat. <http://faostat.fao.org/default.aspx>
- Gamarra, C., Lezcano, M., Vera, M., Galeano, M., & Cabrera, A. (2018). Relación carbono-nitrógeno en suelos de sistemas silvopastoriles del Chaco paraguayo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(46). <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i46.134>
- 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. http://www.uagraria.edu.ec/publicaciones/revistas_cientificas/REVISTA-10/mobile/index.html#p=9
- González, E., González, M., Ventura, E., & Rodríguez, A. (2018). Efecto de la salinidad en estadios iniciales del desarrollo de tres cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.). *Inca*, 39(3), 65-70. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v39n3/ctr09318.pdf>
- Hoang, T. M., Tran, T. N., Nguyen, T. K., 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>
- Instituto Nacional de investigaciones Agropecuarias. (2002). *La institución*. <https://www.iniap.gob.ec/institucion/>
- Instituto de investigaciones Agropecuarias (INIA). (2008). Laboratorio de suelos. Interpretación de análisis extracto saturado. Laboratorio de Chillán. INIA-Quilimapu, Chillán. <http://www.mdpi.com/2073-4395/6/4/54>
- 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. <https://doi.org/10.1097/01.ss.0000138417.37793.7b>
- Lamz, A., & González, M. (2013). La salinidad como problema en la agricultura: la mejora vegetal una solución inmediata. *Cultivos Tropicales*, 34(4), 31-42. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v34n4/ctr05413.pdf>
- Lifen, H., Yu, J., Yang, J., Zhang, R., Bai, Y., Sun, C., & Zhuang, H. (2016). Relationships Between Yield, Quality and Nitrogen Uptake and Utilization of Organically Grown Rice Varieties. *Pedosphere*, 26(1), 85-97. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(15\)60025-X](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(15)60025-X)
- López, D., Leyva, M., González, S., López, J., & Herrera, L. (2014). Phosphate nutrition: Improving low-phosphate tolerance in crops. *Annual Review of Plant Biology*, 65, 95-123. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-050213-035949>
- Martínez, L. (2013). *La agricultura familiar en el Ecuador*. FIDA-RIMISP. https://flacsoandes.edu.ec/sites/default/files/%25f/agora/files/la_agricultura_familiar_en_el_ecuador.pdf
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. (2008). *Programa de acción nacional contra la desertificación*. https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/publicaciones/pand_agosto_2008_tcm30-177181.pdf
- Pérez-Domínguez, G., Peñuelas-Rubio, O., Núñez-Vásquez, M., Martínez-González, L., López-Pedron, I., Reyes-Guerrero, Y., & Argente-Martínez, L. (2021). El estrés salino en el cultivo del arroz (*oryza sativa*). papel de los oligogalacturónidos como protectores de las

- plantas. *Fitotec*, 44(3), 283–291.
<https://revfitotecnia.mx/index.php/RFM/article/view/936>
- Porta, J., Acevedo, M., & Poch, R. (2014). *Edafología: uso y protección de suelos*. Madrid, España: Mundi-Prensa.
<https://books.google.com.ec/books?id=7x1fAwAAQBAJ&printsec=copyright>
- Portillo, F. (2018). *Agroclimatología del Ecuador*. Ecuador: Editorial Universitaria Abya-Yala.
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17047/1/Agroclimatologia%20del%20Ecuador.pdf>
- Pozo, W., Sanfeliu, T., & Carrera, G. (2010). Variabilidad Espacial Temporal de la Salinidad del Suelo en los Humedales de Arroz en la Cuenca Baja del Guayas, Sudamérica Resumen. *Revista Tecnológica-ESPOL*, 23(1), 73-79.
<http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/about/submissions>
- Reddy, I., Kim, B. K., Yoon, I. S., Kim, K. H., & Kwon, T. R. (2017). Salt Tolerance in Rice: Focus on Mechanisms and Approaches. *Rice Science*, 24(3), 123-144.
<https://doi.org/10.1016/j.rsci.2016.09.004>
- Rehman, A., Farooq, M., Rashid, A., Nadeem, F., Stuerz, S., Asch, F., Bell, R. W., & Siddique, K. (2018). Boron nutrition of rice in different production systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 38(3). <https://doi.org/10.1007/s13593-018-0504-8>
- República del Ecuador. (2014). *III Censo Nacional Agropecuario: Referencias del levantamiento censal*. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inc/Estadisticas_agropecuarias/CNA/Tomo_CNA.pdf
- Rivera, S., Mora, J., & Rodríguez, M. (2016). Técnicas de estadística multivariada para la tipificación de sistemas de producción pecuarios. *Revista Tumbaga*, 1(11).
<http://revistas.ut.edu.co/index.php/tumbaga/article/view/1292>
- Heredia, O. S. (s. f.). *El agua de Riego: Criterios de Interpretación. Efectos sobre el suelo y la producción*. https://hortintl.cals.ncsu.edu/sites/default/files/articles/agua_riego_criterios_interpretacion.pdf#:~:text=Utilizando%20el%20Nomograma%20de%20Riverside%2C%20se%20puede%20establecer,que%20origina%2016%20categor%3%ADas%20de%20calidad%20de%20aguas.
- Rodríguez, N. D., Torres, C. N., & Chaman, M. E. (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://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2413-32992019000300005&script=sci_arttext
- Sede Subregional de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2015). *Utilización de los balances de abastecimiento y utilización de granos en los análisis del mercado*. México: Cepal.
https://www.cepal.org/sites/default/files/courses/files/02_3_uso_analisis_de_mercado.pdf
- Sistema de Información Pública Agropecuaria (SIPA). (2018). *Ministerio de Agricultura y Ganadería. Principales cultivos-2017. Nivel Provincial: Guayas*. Sistema de información pública agropecuaria. <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas>
- Shrivastava, P., & Kumar, R. (2015). Soil salinity: A serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 22(2), 123-131. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2014.12.001>
- Terrazas, J. M. (2019). Aprovechamiento del suelo salino: agricultura salina y recuperación de suelos. *Apthapi*, 5(1), 1539-1563.

http://www.revistasbolivianas.ciencia.bo/scielo.php?pid=S0102-03042019000100016&script=sci_arttext&tlng=es

University of California. 1984. Guidelines for interpretation of water quality for agriculture.

Davis. <https://calisphere.org/item/ark:/86071/d28z3j/>

Willadino, L., & Rangel, T. (2010). Tolerância das plantas à salinidade: Aspectos fisiológicos e bioquímicos. *Centro Científico Conhecer*, 6(11), 1-20.

https://www.academia.edu/26849870/TOLERÂNCIA_DAS_PLANTAS_À_SALINIDADE_ASPECTOS_FISIOLÓGICOS_E_BIOQUÍMICOS

Zhang, L., Peng, Y., Li, J., Tian, X., & Chen, Z. (2019). OsMGT1 confers resistance to magnesium deficiency by enhancing the import of mg in rice. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(1), 1-13. <https://doi.org/10.3390/ijms20010207>