

República Dominicana
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL CIBAO ORIENTAL
(UTECO)
“Sembrando el oro para forjar el futuro”



FACULTAD DE INGENIERÍA Y RECURSOS NATURALES
Escuela de Agropecuaria

Trabajo de Grado para Optar por el Título de Ingeniero Agrónomo,
Mención Producción Agrícola

TÍTULO:
CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE SUELOS DEDICADOS A LA
PRODUCCIÓN DE ARROZ Y EL IMPACTO EN LA CALIDAD DEL AGUA DE
RIEGO

Sustentantes:
José Andrés Amparo Marte
Marco Sully de Jesús Pérez Ynoa
Robert Julio Vargas Antigua

Asesora:
Dra. Glenny López Rodríguez

Cotuí, provincia Sánchez Ramírez
Año académico, 2023

TÍTULO:

**CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE SUELOS DEDICADOS A
LA PRODUCCIÓN DE ARROZ Y EL IMPACTO EN LA CALIDAD DEL AGUA
DE RIEGO**

Hoja de Evaluación
CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE SUELOS DEDICADOS A
LA PRODUCCIÓN DE ARROZ Y EL IMPACTO EN LA CALIDAD DEL AGUA
DE RIEGO

Por:

José Andrés Amparo Marte
Marco Sully de Jesús Pérez Ynoa
Robert Julio Vargas Antigua

Trabajo de Grado sometido a la Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO). Como requisito parcial para obtener el título de ingeniero Agrónomo, mención Producción Agrícola.

Dra. Glenney Llinee López
Rodríguez
Profesor asesor

Ing. Leocadia Sánchez Martínez,
M.Sc.
Miembro de Comité Evaluador

Ing. Alejandro María Núñez,
M.Sc.
Miembro de Comité Evaluador

Lic. Bélgica A. Lazala Calderón,
M.Sc.
Miembro de Comité Evaluador

Lic. Sigfredo A. Rodríguez González
Director Escuela de Agropecuaria

Ing. Juan Antonio Graciano Domínguez
Decano de la Facultad de Ingeniería y Recursos Naturales

Calificación: _____

Cotuí, provincia Sánchez Ramírez, República Dominicana, Julio, 2023

Declaración de Autoría

Los conceptos emitidos en la presente propuesta de investigación titulada “*Caracterización Físico-Química de Suelos Dedicados a la Producción de Arroz y el Impacto en la Calidad del Agua de Riego*”, son responsabilidad de los sustentantes de la misma. Las citas y consultas bibliográficas se han realizado respetando el derecho de autor; por tanto, se libera a la Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO) de su responsabilidad, sin embargo, para la reproducción total o parcial se requiere de su autorización.

Sustentantes:

José Andrés Amparo Marte
Marco Sully de Jesús Pérez Ynoa
Robert Julio Vargas Antigua

Agradecimientos

A nuestro creador **Dios**, por darnos fuerza continuamente para que este sueño se cumpliera y con ello contribuir a la formación profesional de nosotros sus hijos.

A la **Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO)**, por estar siempre al servicio de la educación superior de la región y por formar jóvenes talentosos en la carrera de Agronomía, a través de la **Escuela de Agropecuaria**.

Al **Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF)** por brindarnos siempre apoyo y todas las herramientas posibles para que esta tesis se lograra.

Al **Ministerio de Educación Superior, Ciencia y Tecnología (MESCYT)**, a través del **Fondo Nacional de Innovación y Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDOCYT)**, por el financiamiento de la tesis a través del proyecto: “Utilización de RPAS (Remotely Piloted Aircraft Systems) para el mapeo de nutrientes en el cultivo de arroz en República Dominicana (IDIAF-FONDOCyT 2020-2021-3A5-027)”.

Al equipo de investigación del proyecto IDIAF-FONDOCyT 2020-2021-3A5-027: **Dra. Cristina Gómez, Ing. Elpidio Avilés, Dra. Carmen Vargas, Ing. Leocadia Sánchez y Dra. Glenny López Rodríguez** (investigadora principal), por el acogimiento y acompañamiento a los muestreos y facilitar las informaciones pertinentes.

A los **productores de arroz de las regiones Noroeste, Norcentral y Nordeste**, que permitieron el acceso a las fincas para la toma de muestras de suelo y agua.

A la **Dra. Glenny Llinee López Rodríguez**, en calidad de asesora, por estar siempre presente, ayudarnos de manera incondicional y servirnos como guía en la realización de esta investigación. Muchas gracias por todo su apoyo.

Los Sustentantes

Dedicatoria

A **Dios** por darme la Fe de creer en mí para no rendirme nunca.

A mis padres **Cándido Amparo Jerez y Betania Marte Soto**, por ser los mayores promotores durante este proceso, por brindarme apoyo material y ser ejemplo para mí de superación, valores y motivación e inculcarme avanzar por el buen camino con Dios en primer lugar.

A **Mi hermana Bierca**, por siempre estar presente cuando la necesito y por sus buenos deseos para que siga avanzando.

A mis abuelos **Paula Rivera, Pedro Antonio Amparo y Reyes Sotos Chalas**, por motivarme y confiar en mí en todo momento y brindarme su amor sincero.

A mis tíos **Andrés Amparo, Teresa Amparo, William Amparo, Arizmendi Amparo, Clarisa Soto, Yralda Soto, Manuel Soto, Oscar Soto, Danny Soto**, por su apoyo incondicional.

A mis amigos **Deury Santana, Gherald Santana, Guarionex Frías, Danelsy Sánchez, Ariel García, Johan Dark, Vismersy Sánchez**, por ayudarme en los momentos difíciles, por colaborar y por siempre estar presente, los quiero.

A **Crismeilin Adames Sánchez**, por ser motor que me impulsó con sus motivaciones, consejo y ayuda para que nunca me rindiera y siguiera adelante en la carrera.

A los compañeros de estudios **Robert Julio Vargas, Marileisy Jerez, Rosaura Salas, Ireni Jiménez, Alejandro Rodríguez, Manuel Rosario, Cristian Ferreira, Noemí Encarnación, Gregory Acosta, Lissette Estévez, Elizabeth Paulino, Manuel Rosario, Luis Cosme, José Antonio Monegro, Rafy José, Adalberto Quezada, y Laura Jaquez** por el apoyo brindado y por estar presente siempre.

A los profesores **Glenny López, Leocadia Sánchez, Cristina Gómez, Margarita Cruz Ángeles, Alejandro María, Lucilo De la Cruz**, por el apoyo incondicional, amabilidad, disponibilidad y dedicación mostrados durante el proceso de formación en la carrera.

José Andrés Amparo Marte

Dedicatoria

Quiero agradecer primeramente a **Dios** por no dejarme caer.

A mi hermano **Juan Marco Pérez Ynoa**, mi hermana **Mercedes Melania Pérez Ynoa**, mi padre **Marco Ulises Pérez García**, mi madre **Lidia Ynoa Soriano**, mi hermana **Isabel Criseida Pérez Ynoa** les doy gracias a todos ellos por apoyarme incondicionalmente en estos años. De igual manera, quiero dedicarles este logro a mis familiares **Teresa Ynoa Soriano**, **Adriana Ynoa Soriano**, **Lidia Soriano Abreu (Filin)**. También a mi querida profesora **Miguelina Santos**.

A mis queridos profesores **Margarita Cruz Ángeles**, **Alejandro María Núñez**, **Lucilo de la Cruz**, **Glenny López Rodríguez**, **Leocadia Sánchez**, **Cristina Gómez**, **Rafael David Cordero**, **Lester Frías**, **Manuel Coronado**, **Adalgisa Severino**, **Jorge Acosta**, **Danny Manzueta**, **Radhames Guzmán**, **Lewis Santos**, **Oliver Aquino Salcedo**, **Luis Urbáez**, **Asmilda Torres**, **Diógenes Jiménez**, **Biena Victoria Mirambeaux**, **Fátima Juderka Graciano (Judi)**.

A los distinguidos miembros de la UTECO quienes son: **Laura González Rosa**, **Margaret Reynoso**, **Juan Graciano (Fifo)**, **Sigfredo Rodríguez**, **Jaime Arismendi Acosta**, **Teresa Cruz**.

A mis amigos: **Eugenio Sánchez**, **Jesús Concepción**, **Pablo Trejo**, **Ariel Rosario**, **Jhonny Sandoval**, **Antonio Sánchez Basora**, **Edwin Concepción Marte**, **Edilio Hernández Reynoso**, **Víctor Enmanuel García Rosario**, **Julio Enrique Álvarez Mateo**, **José Mendoza**, **Katherine Fernández**, **Oscar Feliz**, **Rainier Ramírez**.

Marco Sully de Jesús Pérez Ynoa

Dedicatoria

A **Dios**, por ser el creador de todas las cosas, por darme la fuerza, la perseverancia, dedicación en estos cuatro años y medio de estudios sin descansar, hoy le doy la honra y la gloria a su nombre.

A mi familia, mi padre **Robert Vargas**, mi madre **Petronila Antigua** y mis hermanos **Sandra Jackeline, Isaí David y Robert David**, por siempre darme el apoyo en los estudios y siempre motivarme.

A mis maestros, **Glenny López, Leocadia Sánchez, Margarita Cruz, Alejandro María y Lucilo De la Cruz**, por influir con sus lecciones y experiencias para formarme como persona de bien y prepararme para los retos que pone la vida, gracias a cada uno de ustedes que son mi top 5 de los mejores en la carrera.

A mis amigos de toda la vida **Ramón Antonio Matos, Jean Luis Pichardo, Christian Luis Santos, Jhonatan Custodio, Yanilsa Pérez, Frank Felix Gil** y mi novia **Joheyemi Reyes** por siempre estar y motivarme ser mejor persona siempre.

A los compañeros que fui conociendo en el transcurso de los años de estudios que se convirtieron en mi familia **Alejandro Rodríguez, Adalberto Quezada, Cristian Ferreira, Elizabeth Paulino, Gregory Acosta, Ireni Maria Jiménez, José Amparo, José Antonio Monegro, Lissette Estévez, Luis Cosme, Laura Jaquez, Marileisy Jerez, Manuel Rosario, Noemí Encarnación, Rafy José y Rosaura Matilde**, gracias por siempre contar con ese apoyo y pasar tantos buenos momentos con ustedes en todo este tiempo son los mejores.

Robert Julio Vargas Antigua

ÍNDICE DE CONTENIDO

PÁG.

HOJA DE EVALUACIÓN	II
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
DEDICATORIA.....	V
ÍNDICE DE CONTENIDO	VIII
ÍNDICE DE CUADROS	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
ÍNDICE DE ANEXOS	XIII
RESUMEN	14
CAPÍTULO I: MARCO INTRODUCTORIO	15
1.1.....	INTRODUCCIÓN
15	
1.2.....	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA
17	
1.3.....	JUSTIFICACIÓN
19	
1.4.....	OBJETIVOS
21	
1.4.1.	OBJETIVO GENERAL
21	
1.4.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS
21	
1.5.....	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS
22	
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	23
2.1.....	ANTECEDENTES
23	
2.2.....	IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE ARROZ
25	
2.2.1	ORIGEN Y EVOLUCIÓN
26	
2.2.2	GENERALIDADES Y TAXONOMÍA
26	
2.3.....	MANEJO DE LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS ARROCEROS
27	
2.4.....	MANEJO Y CALIDAD DEL AGUA
29	
2.5.....	ANALÍTICAS EN SUELOS Y AGUAS: PARÁMETROS FÍSICOS-QUÍMICOS
30	
2.5.1	INDICADORES DE CALIDAD DE SUELOS AGRÍCOLAS
31	

2.5.2	PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUA DE RIEGO	32
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO 37		
3.1.....	ZONAS DE ESTUDIO	37
3.2.....	DELIMITACIÓN TEMPORAL	37
3.3.....	ENFOQUE, DISEÑO Y TIPO DE INVESTIGACIÓN	38
3.4.....	LIMITACIONES	38
3.5.....	PROCESOS DE TRABAJO DE CAMPO	38
3.5.1.	MUESTREO DE SUELOS: PROCEDIMIENTO Y PROTOCOLO	38
3.5.2.	ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL SUELO	39
3.5.3.	MUESTREO DE AGUA DE RIEGO	39
3.5.4.	ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA	40
3.6.....	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN Y PROCESAMIENTO DE LOS DATOS	40
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES..... 41		
4.1.....	RESULTADOS OBJETIVO ESPECÍFICO 1: EVALUACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EN SUELOS DE FINCAS ARROCERAS DE LAS REGIONES NOROESTE, NORCENTRAL Y NORDESTE.	41
4.1.1.	INDICADORES FÍSICOS DE SUELOS ARROCEROS	41
4.1.2.	INDICADORES QUÍMICOS DE SUELOS ARROCEROS	42
4.2.....	RESULTADOS OBJETIVO ESPECÍFICO 2: EVALUACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EN AGUA DE RIEGO PROVENIENTES DE FINCAS ARROCERAS DE LAS REGIONES NOROESTE, NORCENTRAL Y NORDESTE.	50
4.2.1.	INDICADORES DE CALIDAD DE AGUA DE RIEGO PARA SUELOS ARROCEROS	50
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 59		
5.1.....	CONCLUSIONES	59
5.2.....	RECOMENDACIONES:	60
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		61
ANEXOS.....		¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

ÍNDICE DE CUADROS

No.	Descripción	Pág.
	Cuadro 1. Parámetros utilizados para evaluar la calidad del agua de riego, FAO (Ayers y Wescott, 1994).	33
	Cuadro 2. Parámetros independientes de control de calidad del agua de riego	36

ÍNDICE DE FIGURAS

No.	Descripción	Pág.
Figura 1.	Área de estudio, regiones Norcentral (Región Cibao Noroeste), Noroeste (Región Cibao Sur) y Nordeste (Región Cibao Nordeste) de la República Dominicana (Fuente: Recursos Google).	37
Figura 2.	Barreno Edelman que será utilizado en los muestreos de suelos (Fuente imagen: Recursos Google: https://www.amp-sas.net/portfolio-items/barreno-para-suelos-combinados-extensible/).	39
Figura 3.	Valores promedios de arena, limo y arcilla registrados en muestras de suelos provenientes fincas arroceras de las regiones Norcentral, Nordeste y Noroeste de Rep. Dom. Fuente: Proyecto IDIAF-FONDOCYT 2020-2021-3A5-027, febrero-marzo 2023..	42
Figura 4.	Valores promedios de pH registrados en muestras de suelos provenientes fincas arroceras de las regiones Norcentral, Nordeste y Noroeste de Rep. Dom. Fuente: Proyecto IDIAF-FONDOCYT 2020-2021-3A5-027, febrero-marzo 2023.	42
Figura 5.	Valores promedios de conductividad eléctrica (CE) en muestras de suelos provenientes de fincas arroceras de las regiones Norcentral, Nordeste y Noroeste de Rep. Dom. Fuente: Proyecto IDIAF-FONDOCYT 2020-2021-3A5-027, febrero-marzo 2023.	43
Figura 6.	Valores promedios de capacidad de intercambio efectiva (CICe) en muestras de suelos provenientes de fincas arroceras de las regiones Norcentral, Nordeste y Noroeste de Rep. Dom. Fuente: Proyecto IDIAF-FONDOCYT 2020-2021-3A5-027, febrero-marzo 2023..	44
Figura 7.	Valores promedios de materia orgánica (MO) en muestras de suelos provenientes de fincas arroceras de las regiones Norcentral, Nordeste y Noroeste de Rep. Dom. Fuente: Proyecto IDIAF-FONDOCYT 2020-2021-3A5-027, febrero-marzo 2023.	45
Figura 8.	Valores promedios de carbono orgánico (CO) en muestras de suelos provenientes de fincas arroceras de las regiones Norcentral, Nordeste y Noroeste de Rep. Dom. Fuente: Proyecto IDIAF-FONDOCYT 2020-2021-3A5-027, febrero-marzo 2023.	45
Figura 9.	Valores promedios de nitrógeno (N) (superior), fósforo (P) (centro) y potasio (K) (inferior) en muestras de suelos provenientes de fincas arroceras de las regiones Norcentral, Nordeste y Noroeste de Rep. Dom. Fuente: Proyecto IDIAF-FONDOCYT 2020-2021-3A5-027, febrero-marzo 2023.....	46
Figura 10.	Valores promedios de calcio (Ca) (superior) y magnesio (Mg) (inferior) en muestras de suelos provenientes de fincas arroceras de las regiones Norcentral, Nordeste y Noroeste de Rep. Dom. Fuente: Proyecto IDIAF-FONDOCYT 2020-2021-3A5-027, febrero-marzo 2023.	48
Figura 11.	Valores promedios de manganeso (Mn) y hierro (Fe) en muestras de suelos provenientes de fincas arroceras de las regiones Norcentral, Nordeste y Noroeste de Rep. Dom. Fuente: Proyecto IDIAF-FONDOCYT 2020-2021-3A5-027, febrero-marzo 2023..	49

Figura 12. Valores promedios de acidez extraíble en muestras de suelos provenientes de fincas arroceras de las regiones Norcentral, Nordeste y Noroeste de Rep. Dom. Fuente: Proyecto IDIAF-FONDOCYT 2020-2021-3A5-027, febrero-marzo 2023.	50
Figura 13. Valores promedios de pH en muestras de agua de riego provenientes de fincas arroceras de las regiones Norcentral, Nordeste y Noroeste de Rep. Dom. Fuente: Proyecto IDIAF-FONDOCYT 2020-2021-3A5-027, febrero-marzo 2023.	51
Figura 14. Valores promedios de conductividad eléctrica (CE) en muestras de agua de riego provenientes de fincas arroceras de las regiones Norcentral, Nordeste y Noroeste de Rep. Dom. Fuente: Proyecto IDIAF-FONDOCYT 2020-2021-3A5-027, febrero-marzo 2023..	52
Figura 15. Valores promedios contenidos de sólidos totales disueltos (STD) en muestras de agua de riego provenientes de fincas arroceras de las regiones Norcentral, Nordeste y Noroeste de Rep. Dom. Fuente: Proyecto IDIAF-FONDOCYT 2020-2021-3A5-027, febrero-marzo 2023.	53
Figura 16. Valores promedios de contenidos de calcio (Ca) (arriba), magnesio (Mg) (centro) y sodio (Na) (abajo) en muestras de agua de riego provenientes de fincas arroceras de las regiones Norcentral, Nordeste y Noroeste de Rep. Dom. Fuente: Proyecto IDIAF-FONDOCYT 2020-2021-3A5-027, febrero-marzo 2023.	53
Figura 17. Valores promedios de contenidos de cloruros (arriba), fosfatos (centro) y sulfatos (abajo) en muestras de agua de riego provenientes de fincas arroceras de las regiones Norcentral, Nordeste y Noroeste de Rep. Dom. Fuente: Proyecto IDIAF-FONDOCYT 2020-2021-3A5-027, febrero-marzo 2023.	55
Figura 18. Valores promedios de contenidos de carbonatos y bicarbonatos en muestras de agua de riego provenientes de fincas arroceras de las regiones Norcentral, Nordeste y Noroeste de Rep. Dom. Fuente: Proyecto IDIAF-FONDOCYT 2020-2021-3A5-027, febrero-marzo 2023.	57
Figura 19. Valores promedios de relación de adsorción de sodio (RAS) en muestras de agua de riego provenientes de fincas arroceras de las regiones Norcentral, Nordeste y Noroeste de Rep. Dom. Fuente: Proyecto IDIAF-FONDOCYT 2020-2021-3A5-027, febrero-marzo 2023.	58

ÍNDICE DE ANEXOS

No.	Descripción	Pág.
Anexo 1.	Triángulo de textura. Disponible en: https://energypedia.info/images/archive/7/73/20190429141352%21RIEGA_Herramienta_de_suelos.xlsx	75
Anexo 2.	Atributos usados como indicadores de calidad de suelos agrícolas, valores límites.	76
Anexo 3.	Requerimientos nutricionales para la producción de arroz	76
Anexo 4.	Parámetros de calidad del agua de riego para uso agrícola.	77
Anexo 5.	Criterios y grado de restricción para evaluar la calidad de aguas para riego.	78
Anexo 6.	Normas de Riverside para evaluar la calidad de las aguas de riego (u.s. soil salinity laboratory) y tabla de clasificaciones de las agua de riego de acuerdo a esta norma.	79
Anexo 7.	Resultados de análisis de análisis de muestras de suelos y agua de riego, recolectadas en fincas arroceras de las regiones Noroeste, Norcentral y Nordeste.	81
Anexo 8.	Fotografías de actividades realizadas para la recolección de muestras de suelos y agua de riego, en fincas de productores de arroz en las regiones Noroeste, Norcentral y Nordeste.	91

REPÚBLICA DOMINICANA
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL CIBAO ORIENTAL
(UTECO)

“Sembrando el oro para forjar el futuro”



Resumen

Título de la tesis: Caracterización Físico-Química de Suelos Dedicados a la Producción de Arroz y el Impacto en la Calidad del Agua de Riego.

Sustentantes: José Andrés Amparo Marte, Marco Sully de Jesús Pérez Ynoa y Robert Julio Vargas Antigua.

Asesora: Dra. Glenney López Rodríguez.

La producción de arroz representa una actividad agrícola vital en muchas regiones del mundo. En la República Dominicana representa el principal cultivo alimenticio. Sin embargo, en la actualidad los suelos arroceros enfrentan un acelerado proceso de degradación antropogénica como consecuencia de una agricultura intensiva. En este sentido, es fundamental conocer la situación actual de los suelos dedicados al arroz bajo condiciones locales. Atendiendo a lo anterior, el objetivo principal de esta investigación fue determinar las propiedades físico-químicas de los suelos arroceros y la calidad del agua de riego utilizada en las regiones Noroeste, Norcentral y Nordeste del país. Este estudio se realizó durante el periodo febrero-junio 2023, se seleccionaron 15 fincas arroceras (cinco muestras por región) y se tomaron siete sub-muestras de suelos a una profundidad que osciló entre 20-30 cm para conformar una muestra compuesta. Las muestras de agua fueron recolectadas en la parte por donde tenía su entrada hacia la finca. Las muestras de suelo y agua recolectadas se enviaron al Laboratorio de análisis de la Junta Agroempresarial Dominicano para análisis físico-químico. En suelo se determinó textura, pH, CE, MO, CO, N, P, K; acidez extraíble, Ca, Mg, Na, CIC efectiva, saturación de bases, Al y microelementos (Cu, Mn, Fe y Zn). En el agua de riego las variables analizadas fueron: pH, CE, sólidos totales disueltos, Ca, Mg, N, P, K, Na, Cloruros, carbonatos, bicarbonatos, sulfatos, principalmente. Se determinó que en los suelos arroceros en las regiones evaluadas predomina la clase textural franco-arenosa. Los valores de pH fueron de 5.5 en la región Nordeste, 5.8 en la región Norcentral y 7.0 en la región Noroeste con respecto a la CE, los suelos dedicados a la producción de arroz en las regiones Nordeste con 447.20 micromhos/cm y Norcentral con 872.00 micromhos/cm presentaron contenidos de sales por encima de los valores normales. Las regiones de estudio mostraron valores entre 2.9 a 2.6 los cuales son adecuados en MO. Las aguas de riego utilizada por los productores arroceros en las regiones Norcentral y Nordeste son aptas para tales fines, sin embargo, en la región Norcentral se debe de tomar medidas para ajustar el pH, la conductividad y la alcalinidad.

CAPÍTULO I: MARCO INTRODUCTORIO

1.1. Introducción

El arroz es una de las fuentes de alimentos básicos más importantes para la nutrición humana del mundo. Es el segundo cereal más cultivado del mundo, ocupando una superficie aproximada de 161 millones de hectáreas. En 2020, la producción mundial de arroz fue de aproximadamente 514 millones de toneladas (SISA, 2021), con predominio de países asiáticos como China e India.

La Sociedad Brasileña Sur de Arroz de Riego (SOSBAI, por sus siglas en portugués, 2018) especifica que el arroz se encuentra entre los cereales más cultivados y consumidos en el mundo, en ese sentido, indican que merece una mención especial. Primero, porque es un alimento en el que el grano sale del campo y se consume prácticamente sin proceso de industrialización. En segundo lugar, atiende a poblaciones de alto y bajo poder adquisitivo, y en esta última tiene mucha importancia porque tiene un precio relativo más bajo que otros cereales y se encarga de aportar el 20 % de las calorías. Por lo tanto, juega un rol estratégico en soluciones para la seguridad alimentaria.

El Ministerio de Agricultura de la República Dominicana (MA, 2023), establece que el arroz es uno de los productos más importantes dentro de la canasta básica dominicana, que el volumen de producción de este cereal representa el 93 % de la producción total del grupo de los cereales arroz, maíz y sorgo. De acuerdo al Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA, s/f), la República Dominicana es considerado un país autosuficiente en la producción de arroz, además mencionan que es un cultivo básico en la alimentación del pueblo dominicano.

Las estadísticas del MA (2023) indican que en el periodo 2017- 2021, la producción de este cultivo presentó un crecimiento promedio anual de 2.8 %. En 2021 se registró la mayor producción de arroz, al obtenerse 14.4 millones de quintales ($\pm$ 654 ton de arroz paddy), como resultado del uso de nuevas variedades. La producción de arroz en el país mantiene promedio de rendimiento de 4.7 qq/ tarea (equivalente a 7.52 ton/ ha), siendo el

consumo per cápita en el país de unas 127 libras (57 kg), uno de los promedios de consumo más alto de América Latina (IICA, s/f).

Unos 30,000 productores se dedican al cultivo, para ese mismo año 2021 se reportó una superficie sembrada de 199,907 ha y una superficie cosechada de 191,194 ha. Del total de productores, el 45 % corresponde a parceleros de la Reforma Agraria, en parcelas pequeñas de entre 1.3 a 4.7 hectáreas, la mayoría utiliza baja tecnología, mientras que el 55 % restante de productores de arroz pertenecen al sector privado con superficies más grande de las mencionadas (IICA, s/f).

Cabe destacar que en el establecimiento y manejo del cultivo, existen dos aspectos fundamentales que se deben tomar en cuenta dos componentes: el agua de riego y el suelo. Ambos recursos considerados a nivel global como los factores más limitantes en la producción de arroz. En el país la producción de arroz se hace fundamentalmente bajo sistema de riego (98 % de la producción), generalmente, los suelos bajo condiciones saturadas, sufren una serie de transformaciones como consecuencia de reacciones físicas entre el suelo y el agua, además de procesos químicos y biológicos provocados por los excesos de humedad (Baldotto *et al.*, 2010).

En conjunto la calidad del suelo y agua para la agricultura influyen de manera directa en el rendimiento y calidad de los cultivos (Mickelbart y Arpaia, 2002) existen condiciones puntuales que determinan el estado de ambos recursos: la salinidad y la sodicidad son dos de las principales (Valdovinos, 2016), además de la presencia de ciertos elementos que pueden ser considerados como micronutrientes y a la vez iones tóxicos en cantidades excesivas como el Boro (Mancilla-Villa *et al.*, 2016).

La calidad del suelo se entiende como la capacidad de éste para funcionar dentro de los límites de un ecosistema natural o manejado y sostener la productividad de plantas y animales, según Comité para la Salud del Suelo de la Soil Science Society of America (Cruz *et al.*, 2004; Estrada-Herrera *et al.*, 2017). La pérdida en la calidad del suelo puede conducir a una degradación permanente de la productividad de la tierra (Manoj *et al.* 2017),

en este caso en particular del cultivo. Está asociada a cambios en el uso y las prácticas de manejo de suelo, que afectan su estructura y movilidad o disponibilidad de nutrientes (Abid y Lal, 2009; Hernández Jiménez *et al.*, 2017). En este sentido, los indicadores de calidad del suelo tienen relación directa con la producción agrícola o funciones ambientales, siendo las propiedades más sensibles al manejo del suelo las más deseables como indicadores.

1.2. Planteamiento del problema

El arroz es uno de los cultivos más importantes a nivel mundial, y su producción se concentra principalmente en zonas de suelos aluviales. La calidad del suelo utilizado para la producción de arroz tiene un impacto directo en la calidad del agua de riego utilizada en el cultivo. El suelo es un recurso natural y su calidad depende del manejo sustentable (Burbano, 2016), la buena calidad del suelo no solamente proporciona mayor productividad en los cultivos, sino que también mantiene la calidad ambiental, por consiguiente, la salud vegetal, animal y humana (Araújo *et al.*, 2012).

Los métodos agrícolas usados en la producción del cultivo de arroz, se han concentrado en labranzas intensivas (sobre-mecanización), lo que ha generado problemas de compactación en estratos superficiales de suelo (capa arable), induciendo características no deseables (altas densidad aparente, baja porosidad, baja infiltración, mal drenaje, bajo crecimiento de raíces y pérdida de materia orgánica), que afectan el crecimiento, el desarrollo y la productividad de este cultivo (Prieto *et al.* 2010; Navarro-Bravo *et al.* 2012; Dutta *et al.* 2017). En este contexto es señalado que, para evaluar las alteraciones de la salud del suelo como resultado de las prácticas agrícolas empleadas es necesario medir un mínimo de indicadores (Vallejo-Quintero, 2013).

Los suelos utilizados para la producción de arroz pueden contener altas concentraciones de nutrientes y productos químicos, lo que puede afectar la calidad del agua de riego y, por ende, la calidad del agua en los cuerpos de agua cercanos (FAO, 2018). De acuerdo a Pozo-Gálvez (2017), el cultivo intensivo del arroz es uno de los que mayor degradación provoca en las propiedades de los suelos, debido fundamentalmente a las

condiciones de inundación a las que son sometidos, al empleo intensivo de la maquinaria y al laboreo en condiciones físicas no adecuadas (Gathala *et al.*, 2011; Bullar, 2012). Igualmente, prácticas de monocultivo tienen efectos desfavorables sobre las propiedades de los suelos arroceros (Pozo-Galves, 2017).

Los suelos dedicados a la producción de arroz bajo riego, en términos generales, se caracterizan por tener bajo contenido de materia orgánica y están expuestos a la degradación (Bird *et al.* 2011; Pereira-Quisintuña, 2019. Sin embargo, es necesaria la evaluación de características físico-químicas del suelo y otras propiedades para la adopción de técnicas que mejoren la calidad de los suelos, al igual que el manejo adecuado del agua en el cultivo maximizando de ese modo la productividad del cultivo de arroz y reduciendo el impacto al medio ambiente.

Es necesario conocer las características de los suelos dedicados a la producción de arroz en la República Dominicana, su estado actual y su relación con la calidad del agua de riego, a fin de establecer estrategias para minimizar los impactos ambientales y garantizar la sostenibilidad de la actividad agrícola. En este sentido, es importante desarrollar un estudio que permita conocer las propiedades físico-químicas de los suelos arroceros y la calidad del agua de riego utilizada, a través de la realización de muestreos y análisis de laboratorio.

Conocer la calidad del suelo y del agua de riego en las fincas de arroz permitirá a los productores y autoridades del sector agrícola implementar medidas para mejorar la sostenibilidad de la producción, minimizando la contaminación y el deterioro del suelo y de los recursos hídricos. Además, la evaluación periódica de estos factores puede ayudar a detectar posibles problemas y tomar medidas preventivas antes de que se conviertan en problemas mayores. A partir de estas problemáticas surge la siguiente interrogante:

¿Cuáles son las características físico-químicas de los suelos arroceros bajo riego y cuál es la calidad del agua utilizada en las regiones Norcentral, Nordeste y Noroeste de la República Dominicana?

1.3. Justificación

En la actualidad, la siembra del cultivo de arroz constituye una alternativa productiva para garantizar la seguridad y la soberanía alimentaria actual y futura (Gadal *et al.*, 2019), por lo que su rol es fundamental para los países del mundo. Según las proyecciones de la ONU, se prevé que para el 2050, la población mundial aumente en más de un tercio, lo que equivale a 2.300 millones de personas. En los próximos 2 años se alcanzarán 8 mil millones de personas y en los próximos 17 años se podría llegar a los 9 mil millones.

El arroz es la clave para la seguridad alimentaria, proporciona el sustento y es el cultivo básico para miles de millones, pero el cultivo de arroz también es el segundo mayor emisor de metano en la agricultura. El cultivo de arroz cubre unos 167 millones de hectáreas y con una población estimada en 9,600 millones para 2050, la demanda de alimentos y tierras agrícolas aumentará sin cambios radicales en la forma en que se cultiva (McCallum, 2022). El principal desafío de la producción de arroz tiene que ver con el buen uso de los recursos naturales, en especial con los recursos suelo y agua (RedAgrícola, 2021).

La producción de arroz en cáscara (paddy) en el mundo se ha incrementado en un 13.8 % en la última década, de acuerdo a Red Agrícola (2021) llegando cerca a los 782 millones de toneladas (2018) comparado con el 2008, esto se debe principalmente, al incremento del área en un 4.4 % y de la productividad del 9 % en ese mismo periodo. Esto podría considerarse como una respuesta positiva frente a los retos que tiene la agricultura, sin embargo, en términos de agua el panorama es diferente, debido principalmente a la disminución de la disponibilidad hídrica en zonas tradicionalmente arroceras. Lo que obliga a implementar nuevas estrategias que estén en concordancia a la Agenda 2030 y sus Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (CEPAL, 2018).

República Dominicana ocupa una posición privilegiada en la región del Caribe y Centroamérica en producción de arroz, tanto para el consumo como para semilla, debido a

que, en las últimas décadas, el país ha desarrollado variedades de alto valor genético, produce arroz de alta calidad de consumo y para semilla. El Ministerio de Agricultura, conjuntamente con el sector privado (Cluster de Molineros de Arroz del Noroeste), ha logrado importantes avances en selección y mejoramiento de variedades de arroz de alto valor genético, que permiten al país ser autosuficiente en producción del cereal, tanto para semilla como para consumo (CMAN, competitividad.org, 2015).

En el país, este cereal se produce bajo condiciones de riego (más del 95 %) y en menor porcentaje en secano (5 %). Las zonas arroceras se ubican en las regiones Norcentral, Noroeste y Nordeste con un 86 %, aproximadamente y en menores porcentajes en las zonas Este (4 %) y Sureste (10 %). Estas zonas tienen condiciones edafo-climáticas diferentes. Sin embargo, el suelo para la producción de arroz es manejado con los mismos criterios técnicos, sin considerar dichas diferencias. En todas las zonas del cultivo de arroz se usa intensivamente el suelo e insumos químicos. Ambos factores afectan la calidad y salud de los suelos, desde el punto de vista físico-químico y microbiológico. Esto pudiera tener implicaciones negativas sobre los rendimientos y la rentabilidad del cultivo (Pérez, 2009).

El agua y los fertilizantes están entre los factores más limitantes para su ciclo productivo, entre éstos un 20 y 25 % del costo total de producción se destina a compra de fertilizantes (Durán, 2022). El uso eficiente de agua y nutrientes determina el futuro de este cultivo en el país debido a que el primero es un factor que condiciona el área sembrada, mientras que el segundo condiciona el rendimiento de la cosecha y los costos de producción. Por lo anterior, es necesario determinar las características físicas, químicas y biológicas de los suelos arroceros para definir la estrategia de manejo en cada región particular.

Las propiedades de los suelos arroceros y de cualquier cultivo se ven afectadas dependiendo del manejo que se le dé al mismo a través del uso de maquinaria, riego, utilización de agroquímicos para fertilización o manejo de plagas, enmiendas orgánicas y otros, por lo tanto, las propiedades de los suelos son dinámicas y están asociadas

principalmente al uso y a su función (Jamioy-Orozco, 2011). Por tal razón, al momento de llevar a cabo alguna actividad agrícola en el suelo es necesario conocer las propiedades que este presenta y su fertilidad, sin embargo, el hecho de que un suelo sea fértil no quiere decir que sea productivo, ya que para que las plantas tengan un buen desarrollo es indispensable la presencia de ciertos componentes (pH, MO, N, P, CIC) que permitan crecimiento satisfactorio del cultivo.

De acuerdo al cuarto eje de la Estrategia Nacional de Desarrollo 2030 (Ley 1-12), cada día se torna más evidente que todo el devenir del planeta y de la humanidad está siendo condicionado por el deterioro que provocan los actuales patrones de producción y consumo sobre el medio ambiente mundial, situación de la cual no escapa la República Dominicana (MEPYD, 2012). Por lo que, las prácticas de manejo orientadas a reducir las pérdidas de nutrientes y mantener la productividad agrícola deben eficientizar su uso con el manejo del agua simultáneamente. La mejora de ambos elementos en la agricultura de forma sincronizada tiene más ventajas a nivel productivo y medioambiental que su mejora por separado (IAgua, 2017).

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Determinar analíticamente las propiedades físico-químicas de los suelos arroceros y la calidad del agua de riego utilizada en las regiones Noroeste, Norcentral y Nordeste de la República Dominicana.

1.4.2. Objetivos Específicos

- a) Evaluar parámetros físico-químicos en suelos provenientes de fincas arroceras de las regiones Noroeste, Norcentral y Nordeste.
- b) Evaluar la calidad del agua de riego utilizada en fincas arroceras de las regiones Noroeste, Norcentral y Nordeste, a través de parámetros físico-químicos.

1.5. Definición de términos

Calidad del suelo es definida, simplemente, como la “capacidad de funcionar de un específico tipo de suelo”. En general es evaluada midiendo un grupo mínimo de datos de propiedades del suelo para estimar la capacidad del suelo de realizar funciones básicas (por ej. mantener la productividad, regular y separar agua y flujo de solutos, filtrar y tamponar contra contaminantes, y almacenar y reciclar nutrientes) (USDA, 1999).

Calidad del agua de un recurso hídrico es el conjunto de sus características físicas, químicas y composición y estado de los organismos que en habitan en él (Chapman, 1996).

Calidad de agua de riego, un agua será de buena calidad para el riego agrícola cuando, cumpliendo con sus funciones básicas hacia la planta garantice un rendimiento óptimo de su desarrollo y no produzca efectos perjudiciales al suelo (Monge, 2022).

Fertilidad del suelo se refiere a la capacidad que tiene el suelo para proporcionar a las plantas los nutrientes necesarios para su crecimiento y desarrollo (Hillock, 2022).

Salud del suelo se refiere a la dinámica de las propiedades físicas, químicas y biológicas que cambian como consecuencia de uso y manejo de los suelos por el ser humano (Herrera-Ramos, 2021).

Textura del suelo se refiere a las proporciones porcentuales de las agrupaciones por tamaños de los granos individuales en una masa de suelo. Se refiere específicamente a los porcentajes de arcilla, del limo y de las arenas de menos de 2 mm de diámetro. Si las partículas mayores de 2 mm están presentes en cantidades significativas, al nombre de la textura se le agregará el adjetivo de gravoso o pedregoso según sea el caso (Blanco, 2020).

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

La USDA-NTCS (2012) especifica que la calidad y salud de los suelos puede medirse por medio de indicadores, que no son más que variables de suelo que permiten evaluar su condición y conllevan información acerca de los cambios o tendencias de esa condición (Intagri, 2018). De acuerdo a (Noemeller et al., 2021), la calidad del suelo abarca los componentes físicos, químicos y biológicos del suelo y sus interacciones. Por esto, para captar la naturaleza holística de la calidad, o salud, del suelo, deberán ser medidos todos los parámetros. Sin embargo, no todos los parámetros tienen la misma relevancia para todos los suelos, o situaciones.

Sione (2012) evaluó el impacto del sistema de producción de arroz sobre el suelo a nivel de establecimiento en Argentina. El estudio se desarrolló en el área arrocería tradicional de Entre Ríos. Se evaluó un conjunto mínimo de datos conformados por seis (6) indicadores: índices de estabilidad estructural y de percolación, contenido de materia orgánica total (MOT), contenido de sodio de intercambio (CSI), conductividad eléctrica del extracto de saturación (CE-e) y reacción del suelo (pH). Los indicadores fueron estandarizados e integrados en un índice de calidad de suelo. Se establecieron 5 rangos de calidad de suelo: muy baja, baja, moderada, alta y muy alta, en función de los valores asignados a cada CSI.

De acuerdo con Estrada-Herrera *et al.*, (2017), "la caracterización de suelos arroceros incluye la evaluación de las propiedades físicas y químicas del suelo, la textura, la estructura, la capacidad de retener agua y nutrientes, lo que permite mejorar la producción de arroz y reducir los impactos ambientales negativos" En un estudio realizado en Colombia, en el cual (Muñoz, 2016) en su estudio "Diagnóstico de la degradación de los suelos en cultivos de arroz riego intermitente y secano bajo el sistema de labranza tradicional aplicado, en los llanos del Casanare", evaluó el impacto de diferentes prácticas de manejo del suelo en la calidad del suelo y la producción de arroz. Los autores encontraron que las prácticas de manejo sostenible del suelo, como la rotación de cultivos

y la aplicación de abonos orgánicos, mejoraron significativamente la calidad del suelo y la producción de arroz.

En Ecuador, Bolaños y Vargas (2019), evaluaron la calidad de los suelos dedicados a la producción de arroz bajo inundación en la Parroquia Canuto, Chone, Manabí; encontraron que los suelos de la localidad estudiada presentan niveles medios y altos de macro y micronutrientes para la producción de arroz, excepto el nitrógeno, zinc y la materia orgánica que fueron deficientes en la mayoría de suelos evaluados. Estos autores manifiestan que, actualmente, los suelos arroceros enfrentan un acelerado proceso de degradación antropogénica como consecuencia de una agricultura intensiva, que amenaza con disminuir su fertilidad y salud. En este sentido, es indispensable conocer la situación actual de los suelos dedicados al arroz bajo condiciones locales, con fines de identificar potenciales problemas y tomar acciones correctivas a tiempo.

En República Dominicana, se han publicado algunos trabajos sobre la influencia del cultivo del arroz en las propiedades de los suelos y sobre la calidad de agua de riego, uno de ellos sobre los “Índices de calidad y salud de suelos en fincas arroceras en tres regiones de la República Dominicana” (Avilés *et al.*, 2013), con el objetivo de determinar los índices de calidad y salud de suelos arroceros en fincas de las regiones Norcentral, Nordeste y Noroeste de República Dominicana. Estos estudios reportaron que, los suelos arroceros de las fincas estudiadas en las regiones Norcentral, Nordeste y Noroeste presentaron bajos índices de calidad y salud de suelo. En ese mismo orden, señalan que las variables químicas evaluadas donde se encontró los valores críticos fueron en las relaciones Ca/Mg y Ca/K y en los contenidos de materia orgánica (MO).

En cuanto a variables químicas encontraron valores críticos en porcentaje de arena, resistencia a la penetración (dureza del suelo) y porosidad del suelo, aunque enfocados principalmente al cambio de su fertilidad (nutrientes).

Núñez *et al.* (2022), evaluaron la calidad de las aguas utilizadas en la producción de arroz de la zona de riego Yuna-Camú, distrito municipal Angelina, se analizaron físico-

químicamente muestras de aguas tomadas en la parte alta, baja y media del afluente antes citado. Para ello se determinaron parámetros fisicoquímicos, los cuales se compararon con estándares internacionales propuestos por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS). Se midió turbidez, dureza total, color, pH, conductividad eléctrica (CE), cationes sodio, calcio, magnesio y aniones como: carbonatos, bicarbonatos, cloruros, además, sulfatos, nitratos, fosfatos.

2.2. Importancia del cultivo de arroz

El arroz es el segundo cereal con mayor área cosechada (IICA, INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACIÓN PARA LA AGRICULTURA, 2010) a nivel mundial, después del trigo y es el alimento básico para la mitad de la población mundial. La producción mundial de arroz para el año 2016 fue de 472.25 millones de toneladas, siendo China (144.9 millones TM) e India (106.500 millones TM) los mayores productores mundiales, seguidos por Indonesia (37.2 millones TM) y Bangladesh (34.6 millones TM) (IICA, s/f). El arroz tiene la particularidad de ser una planta semi-acuática y se siembra tradicionalmente en inundación continua durante la mayor parte de su ciclo de crecimiento (Hattori *et al.*, 2011), se plantea que tiene relativamente pocas adaptaciones a las condiciones de agua limitada y es extremadamente sensible a la sequía (Kamoshita *et al.*, 2008).

El arroz es uno de los principales cultivos agrícolas de República Dominicana, con un área de siembra de 110 mil hectáreas/año, un volumen de producción de 831,600 toneladas arroz paddy en el 2007 y un valor de USD\$ 295 millones. El consumo promedio nacional de este cereal es de 50 kg /año, con un precio promedio para el consumidor de USD\$1.0 por kg de arroz blanco. Este cultivo genera unos 250 mil empleos directos y 800 mil indirectos (Pérez, 2009; Ministerio de Agricultura, 2014; Durán 2022). Los rendimientos promedios oscilan entre 4-5 ton/ha y los costos de producción son aproximadamente RD\$6,756.00/ tarea (US\$2,910/ha), lo cual es superior a los costos de la mayoría de los países competidores en este rubro (IICA, 2016).

2.2.1 Origen y evolución

El arroz es una planta monocotiledónea perteneciente a la familia Poaceae. El cultivo del arroz comenzó hace casi 10.000 años, en muchas regiones húmedas de Asia tropical y subtropical. Posiblemente sea la India el país donde se cultivó por primera vez el arroz debido a que en ella abundaban los arroces silvestres. Pero el desarrollo del cultivo tuvo lugar en China, desde sus tierras bajas a sus tierras altas. Probablemente hubo varias rutas por las cuales se introdujeron los arroces de Asia a otras partes del mundo (DFINNOVA, 2020).

Hasta el presente 24 especies son generalmente incluidas dentro del género *Oryza*. De éstas, las especies asiáticas perennes conocidas como *O. ruffipogon* y *O. nivara* (anual) son los progenitores de la especie cultivada *O. sativa* L., mientras que las especies africanas perennes (*O. barthii*) y anual (*O. breviligulata*) son los progenitores directos de la especie cultivada *O. glaberrima* Steud., cultivada básicamente en el oeste del África (Acebedo *et al.*, 2006).

De acuerdo a este autor, la especie *O. sativa* presenta mayor diversidad genética encontrándose hasta tres sub-especies, las cuales son clasificadas basada en su ecología y morfología en: Indica, Japónicas y Javánicas; mientras que en *O. glaberrima*, tal tendencia no fue encontrada. Esto puede sugerir que diferencias en el sistema genético de las especies silvestres ancestrales pueden haber llevado a diferentes tipos de evolución de las formas cultivadas. La sub-especie Indica está distribuida en los trópicos y subtrópicos, la Javánica se cultiva en Indonesia, siendo también conocida como Japónica tropical, mientras que la Japónica, se encuentra distribuida en zonas no tropicales (templadas), sin embargo, existe sobre posición de caracteres entre esos tipos, (Acebedo, 2006).

2.2.2 Generalidades y taxonomía

El arroz se inició a cultivar hace aproximadamente diez mil años en numerosas regiones húmedas de Asia tropical y sub-tropical. El arroz constituye el alimento básico

para la mitad de la población del mundo y ocupa el segundo lugar con respecto a superficie cultivada (Acevedo *et al.*, 2006).

El cultivo de arroz presenta amplia adaptabilidad ecológica y puede cultivarse en diferentes partes del mundo ya sea bajo condiciones de secano o bajo condiciones de riego, sin embargo, la producción de arroz bajo condiciones de secano fue asociada de bajos retornos económicos y altos riesgos climáticos (Naylor *et al.* 2007).

De acuerdo a (Pamies, 2016), el arroz es una planta herbácea cultivada en condiciones de semi a permanente inundación. Planta formada por tallos rectos dispuestos en macolla, con sistema radicular principal adventicio, raíces delgadas, fibrosas, cilíndricas y fasciculadas cuyo crecimiento y desarrollo son características varietales, que van a ser afectada según el nivel de fertilización. La planta, provista de 7-11 hojas durante la fase vegetativa, alcanza una altura variable comprendida entre 80 y los 150 centímetros (cm), según la variedad y las condiciones ambientales del cultivo (Bernis y Pamies, 2008). Según Moquete (2004) la taxonomía del cultivo de arroz es:

- | | |
|---------------------------|----------------------------|
| • Reino: Plantae | • Familia: Poaceae |
| • Subreino: Tracheobionta | • Subfamilia: Bambusoideae |
| • División: Magnoliophyta | • Tribu: Oryzeae |
| • Clase: Liliopsida | • Género: Oryza |
| • Subclase: Commelinidae | • Especie: <i>Oryza</i> |
| • Orden: Poales | |
| • <i>sativa</i> , L | |

2.3. Manejo de la fertilidad de los suelos arroceros

La fertilidad del suelo está determinada por sus propiedades físicas y químicas, las propiedades físicas de más influencia son la textura, la estructura, la profundidad del suelo y el color. Las propiedades químicas que afectan en mayor grado la fertilidad son el pH, la capacidad de intercambio catiónico, la materia orgánica y la acidez (FAO 2015).

La fertilidad del suelo es un aspecto crítico para la producción exitosa de arroz. Según Ordoñez (2019), la fertilidad del suelo se refiere a la capacidad del suelo para proporcionar los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas. A continuación, se presentan algunos de los principales factores que afectan la fertilidad del suelo en la producción de arroz. De acuerdo a Blanco (2003), algunos de los parámetros que limitan la producción de arroz son:

Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), es un indicador muy importante de la fertilidad del suelo,) es la cantidad de cargas negativas presentes en los minerales y la composición orgánica del suelo (arcilla, materia orgánica o sustancias húmicas), representa la cantidad de cantidad de cationes que las superficies pueden retener (Ca, Mg, Na, K, NH_4 etc.) (Arevalo y Gauggel 2014). La CIC indica la disponibilidad y cantidad de nutrientes, la habilidad de los suelos de retener cationes, su pH potencial entre otros indicadores químicos de suelos. Una baja CIC hace referencia a la baja habilidad de ese suelo de retener nutrientes, es característico de los suelos arenosos o pobres en materia orgánica. La unidad de medición de CIC es en centimoles de carga por kg de suelo cmol^+/kg de suelo o su equivalencia en $\text{meq}/100$ g de suelo (FAO 2015).

pH del suelo: el pH del suelo es un factor crítico que afecta la fertilidad del suelo para el cultivo de arroz. El rango de pH óptimo para el crecimiento es entre 5.5 y 7.0. Si el pH del suelo es demasiado ácido o alcalino, los nutrientes pueden estar bloqueados en el suelo y no estar disponibles para las raíces del arroz (Blanco, 2003).

Nutrientes del suelo: los nutrientes del suelo, como el nitrógeno, el fósforo y el potasio, son fundamentales para la producción de arroz. El nitrógeno es especialmente importante para la producción, ya que el arroz es un cultivo que requiere mucha agua y nitrógeno. Por lo tanto, es importante asegurarse que el suelo tenga suficientes nutrientes disponibles para las plantas de arroz (WikiFarmer, 2017).

Materia orgánica: la materia orgánica es importante para la fertilidad del suelo, debido a que proporciona nutrientes y mejora la estructura del suelo. Además, la materia orgánica ayuda a mantener la capacidad de retención de agua del suelo, lo que es especialmente importante para el cultivo de arroz (Bioenergy, 2019).

Textura del suelo: la textura del suelo también afecta la fertilidad. Los suelos arcillosos son más fértiles que los suelos arenosos, ya que los suelos arcillosos tienen una mayor capacidad de retener agua y nutrientes (Fertilab, 2015).

Manejo del suelo: el manejo del suelo, como la labranza y la fertilización, también puede afectar la fertilidad. Es importante utilizar prácticas agrícolas sostenibles que minimicen la erosión del suelo y promuevan la retención de nutrientes. Generalmente, los suelos bajo condiciones saturadas, sufren una serie de transformaciones como consecuencia de reacciones físicas entre el suelo y el agua, además de procesos químicos y biológicos provocados por el exceso de humedad (Baldotto *et al.* 2010).

2.4. Manejo y calidad del agua

El arroz es, además, el cultivo que usa la mayor cantidad de agua con cerca del 65 % del agua disponible, el manejo del agua en el cultivo de arroz es una de las prácticas más importantes para garantizar un rendimiento óptimo y reducir los efectos negativos del cultivo en el medio ambiente (IICA, 2016). Según Pineda y Morales (2018), para mejorar la eficiencia en el uso del agua en el cultivo de arroz es necesario adecuar, tanto el predio como el suelo de la mejor manera posible. La reducción potencial estimada de los rendimientos a nivel mundial, debido a la menor disponibilidad de agua para riego, podría en promedio alcanzar los 18 millones de toneladas anuales de arroz (O'Toole, 2004).

Por ello, la disminución de la disponibilidad del recurso hídrico es un gran desafío para la producción de arroz, donde se necesita contar con alternativas de manejo que permitan lograr una mejora en la optimización y uso del agua, sin disminuir significativamente la producción de grano (Dunn y Gaydon, 2011).

Para la (FAO, 2010) la calidad del agua se define en función del uso específico al que va a ser destinada (Veritas, 2008), por ejemplo, si se trata de agua para consumo humano, para uso agrícola o industrial, para recreación, o para mantener la calidad ambiental. La FAO, la define como una característica importante que afecta la salud de los ecosistemas y el bienestar humano, el alimento que se ha de producir, las actividades económicas y la diversidad biológica. Por consiguiente, la calidad del agua influye también sobre la pobreza, la riqueza y los niveles de educación (FAO, 2010). Por lo general, la calidad del agua se determina comparando las características físicas y químicas de una muestra de agua con las directrices o estándares de calidad del agua. De acuerdo con lo anterior, tanto los criterios como los estándares de calidad de agua variarán dependiendo de su uso.

La calidad del agua de riego se refiere a su idoneidad para su uso. El agua de buena calidad tiene el potencial para permitir la producción máxima si se siguen prácticas acertadas en el manejo del agua. Sin embargo, si se riega con agua de mala calidad, lo más seguro es que aparezcan problemas relacionado con el suelo y con el cultivo, lo cual reducirá los rendimientos a menos que se adopten prácticas de cultivo especiales para mantener o restaurar la máxima capacidad de producción bajo un conjunto de condiciones dadas (Bonet y Ricardo, 2011). La idoneidad del agua, desde el punto de vista de su calidad, se determina por su posibilidad de causar problemas y se relaciona con las prácticas de cultivo especiales que son necesarias o a la reducción de rendimiento originada. Para evaluar la idoneidad del agua, es necesario evaluar un conjunto de parámetros físicos, químicos y biológicos que definen su adecuación (Cruz Quin, 2021).

2.5. Analíticas en suelos y aguas: parámetros físicos-químicos

El suelo y el agua son dos recursos naturales estratégicos e imprescindibles para la producción arrocera. El análisis de suelo permite a los agricultores conocer las características químicas y físicas de sus suelos (pH, salinidad, materia orgánica, nutrientes,

textura, etc.), primero para saber si el suelo presenta condiciones favorables o limitaciones para el cultivo y luego para elegir los fertilizantes y las dosis óptimas (Figuerola, 2005).

2.5.1 Indicadores de calidad de suelos agrícolas

De acuerdo a García y Ramírez (2012), el uso de indicadores de la calidad del suelo puede ser una herramienta rápida para la toma de decisiones, ya que estos son sensibles al manejo en el corto, mediano y largo plazos, en dependencia de la propiedad y del suelo que se evalúe. Algunos indicadores físicos y químicos se describen a continuación:

Indicadores físicos

Las características físicas del suelo son una parte necesaria en la evaluación de la calidad de este recurso, ya que no se pueden mejorar fácilmente (Singer y Ewing, 2000). La calidad física del suelo se asocia con el uso eficiente del agua, los nutrientes y los pesticidas, lo cual reduce el efecto invernadero (Navarro *et al.*, 2008), y conlleva un incremento de la producción agrícola (Lal, 1998). Esta calidad no se puede medir directamente, pero se infiere a través de los indicadores de la calidad (estáticos o dinámicos) y de la medición de los atributos que están influenciados por el uso y las prácticas de manejo (Carter, 2002; Sánchez-Maranon *et al.*, 2002; Dexter, 2004). La estructura, la densidad aparente, la estabilidad de los agregados, la infiltración, la profundidad del suelo superficial, la capacidad de almacenamiento del agua y la conductividad hidráulica saturada son las características físicas del suelo que se han propuesto como indicadores de su calidad.

Indicadores químicos

Los indicadores químicos se refieren a las condiciones de este tipo que afectan las relaciones suelo-planta, la calidad del agua, la capacidad amortiguadora del suelo, y la disponibilidad de agua y nutrientes para las plantas y los microorganismos (SQI, 1996). Entre ellos se encuentran la disponibilidad de nutrientes, el carbono orgánico total, el carbono orgánico lábil, el pH, la conductividad eléctrica, la capacidad de absorción de fosfatos, la capacidad de intercambio de cationes, los cambios en la materia orgánica, el nitrógeno total y el nitrógeno mineralizable.

2.5.2 Parámetros de calidad de agua de riego

La calidad del agua de riego se refiere a su idoneidad para su uso. Un agua de buena calidad tiene el potencial para permitir la producción máxima si se siguen prácticas acertadas en el manejo del agua (Estrada, 2012). La calidad del agua de riego afecta principalmente a dos factores: al rendimiento del cultivo y a largo plazo a las condiciones físicas del suelo. En muchas ocasiones las características químicas del agua van cambiando a lo largo del tiempo por lo que se recomienda realizar el análisis de agua periódicamente.

Todas las fuentes de agua de riego deben ser analizadas para determinar el pH, la alcalinidad, la conductividad, la dureza, el cloro y el sodio como mínimo (PennState Extension, 2021).

La idoneidad del agua se determina según su calidad y su capacidad para causar problemas, así como su relación con las prácticas de cultivo especiales requeridas o la posible reducción del rendimiento. Para evaluar su idoneidad, es necesario examinar un conjunto de parámetros físicos, químicos y biológicos que determinan su adecuación (Ayers y Westcot, 1984). Para la interpretación de la calidad del agua con fines agrícolas y pecuarios, normalmente se recurre a las normas FAO, Ayers y Wescott (1994).

Estas normas, Tabla 1, se refieren principalmente a peligro de salinidad, problemas de infiltración, toxicidad específica de iones (sodio, cloruro, boro, elementos trazas) y, en riego por aspersión, al contenido de sodio y de bicarbonatos. Estas normas también ofrecen un rango de pH esperado.

En base a los parámetros físicos, químicos es posible interpretar si la calidad del agua es apta para riego. Una mala calidad de agua puede generar problemas de salinidad, permeabilidad de los suelos, toxicidad a las plantas y otros.

Tabla 1: Parámetros utilizados para evaluar la calidad del agua de riego, FAO (Ayers y Wescott,

Potencial problema de irrigación				Unidad	Grado de restricción en el uso		
					Ninguno	Ligero a moderado	Severo
Salinidad (afecta la disponibilidad de agua para el cultivo) ²							
	CE _w			dS/m	< 0.7	0.7 – 3.0	> 3.0
	(o)						
	SDS			mg/l	< 450	450 – 2000	> 2000
Infiltración (afecta la tasa de infiltración del agua en el suelo. (Evaluada a través de la CE _w y el RAS juntos) ³							
RAS	= 0 – 3	and CE _w	=		> 0.7	0.7 – 0.2	< 0.2
	= 3 – 6		=		> 1.2	1.2 – 0.3	< 0.3
	= 6 – 12		=		> 1.9	1.9 – 0.5	< 0.5
	= 12 – 20		=		> 2.9	2.9 – 1.3	< 1.3
	= 20 – 40		=		> 5.0	5.0 – 2.9	< 2.9
Toxicidad específica de iones (afecta a cultivos sensibles)							
	Sodio (Na)⁴						
	Riego por superficie			SAR	< 3	3 – 9	> 9
	Riego por aspersión			me/l	< 3	> 3	
	Cloruros (Cl)⁴						
	Riego por superficie			me/l	< 4	4 – 10	> 10
	Riego por aspersión			me/l	< 3	> 3	
	Boro (B)⁵			mg/l	< 0.7	0.7 – 3.0	> 3.0
Efectos misceláneos (afecta a cultivos sensibles)							
	Nitrógeno (NO₃ - N)⁶			mg/l	< 5	5 – 30	> 30
	Bicarbonato (HCO₃)						
	(Riego por aspersión solamente)			me/l	< 1.5	1.5 – 8.5	> 8.5
	pH				Rango Normal 6.5 – 8.4		

CEw = salinidad del agua de riego; SDS = Solidos totales disueltos

CEw = salinidad del agua de riego; SDS = Sólidos totales disueltos

1994).

Fuente: Cepeda (2019). Disponible en: <https://www.sodiaf.org.do/apf/index.php/apf/article/download/94/89>

Algunas consideraciones para los parámetros de calidad de agua sugeridas por PennState Extension (2021), se detallan a continuación:

pH. El pH del agua se mide en una escala de 0 a 14. Un pH de 7.0 es neutro, mientras que los niveles de pH inferiores a 7.0 son ácidos y los superiores a 7.0 son básicos. Cada número entero de diferencia representa una diferencia de diez veces la acidez. El pH del agua, junto con la alcalinidad, afecta a la solubilidad y disponibilidad de los nutrientes y a otras características químicas del agua de riego. Un pH elevado (>7.0) puede reducir la disponibilidad de varios metales y micronutrientes, causando síntomas de deficiencia. Un pH elevado suele ir acompañado de una alcalinidad elevada. Los problemas de pH alto pueden corregirse mediante una inyección de ácido o, en algunos casos, utilizando un fertilizante ácido. El agua de lluvia en PA es ácida (pH 4.0 a 5.0). Un pH bajo (< 5.0) puede

dar lugar a altos niveles tóxicos de metales como el hierro y el manganeso; esto se encuentra generalmente en combinación con una baja alcalinidad.

Conductividad eléctrica (CE o sales solubles). Debe ser proporcional al contenido total de sales presentes en el agua. Los iones más comunes en el agua de riego son: calcio, sodio, magnesio, potasio, boro y hierro. La CE es una medida de la corriente eléctrica que transportan las sustancias disueltas en el agua. La conductividad también suele denominarse "sales solubles" o "salinidad" (IAgua, 2017). A medida que se disuelven más sales, el agua conduce mejor la electricidad, lo que da lugar a una lectura de conductividad más alta. La conductividad suele indicarse en miliohms por centímetro (mohms/cm) o miliSiemens por centímetro (mS/cm), que son unidades equivalentes. Los niveles elevados de conductividad en el agua pueden dañar los medios de crecimiento y la función de enraizamiento, lo que provoca desequilibrios de nutrientes y problemas de absorción de agua. La conductividad del agua limpia típica es de 0 a 0,6 mohms/cm.

Alcalinidad total, bicarbonatos y carbonatos. La alcalinidad es una medida de los materiales disueltos en el agua que pueden amortiguar o neutralizar los ácidos. Entre ellos se encuentran los carbonatos (CO_3^{2-}), los bicarbonatos (HCO_3^-) y los hidróxidos (OH^- , raramente presentes en esa forma) (Morales y Pavón, 2022). La alcalinidad se suele indicar como mg/L de carbonato de calcio. La alcalinidad puede provenir de los carbonatos o bicarbonatos que se disuelven de la roca donde se almacena el agua subterránea (por ejemplo, el agua de lluvia que disuelve la piedra caliza) (Digiuni, 2022).

Dureza. La dureza viene determinada por el contenido de calcio y magnesio del agua. Dado que el calcio y el magnesio son nutrientes esenciales para las plantas, los niveles moderados de dureza de 100 a 150 mg/L se consideran ideales para el crecimiento de las plantas (PennState Extension, 2021).

Calcio (Ca). Las concentraciones de calcio en el agua suelen ser un reflejo del tipo de roca donde se origina el agua. Las aguas subterráneas y los arroyos de las zonas calcáreas tendrán niveles de calcio elevados, mientras que los suministros de agua de las

zonas de arenisca o arena/grava del estado tendrán normalmente concentraciones de calcio bajas. Los niveles de calcio por debajo de 40 mg/L suelen requerir la adición de fertilizantes de calcio para evitar la deficiencia, mientras que los niveles altos de calcio por encima de 100 mg/L pueden provocar antagonismo y la consiguiente deficiencia de fósforo o magnesio. Los niveles elevados de calcio también pueden provocar la obstrucción del equipo de riego debido a la formación de incrustaciones (CaCO_3 y otros compuestos que precipitan fuera de la solución) (Gómez, *et al.*, 2015).

Magnesio (Mg). Al igual que el calcio, el magnesio en el agua tiende a originarse en la roca y, por lo general, sólo causa problemas cuando está por debajo de 25 mg/L, lo que hace necesaria la adición de magnesio en el abono (PennState Extension, 2021).

Índice de adsorción de sodio (SAR). De acuerdo a Linares (2012), el SAR se utiliza para evaluar las concentraciones relativas de sodio, calcio y magnesio en el agua de riego y proporciona un indicador útil de sus posibles efectos perjudiciales sobre la estructura y la permeabilidad del suelo. Normalmente, un valor de SAR inferior a 2,0 se considera muy seguro para las plantas, especialmente si la concentración de sodio es también inferior a 50 mg/L. Aguas con un alto índice de RAS representa un mayor riesgo al suelo en la medida que su concentración salina es menor debido a que entre más baja su CE, mayor será el impacto del sodio en la reducción de la velocidad de infiltración del suelo (Fertilab, s/f).

Otra forma útil de caracterizar el agua de riego, es mediante la presencia individual de cada uno de los cationes y nutrientes, para ello la Tabla 2 a continuación, resume los valores normales para cada parámetro.

Tabla 2. Parámetros independientes de control de calidad del agua de riego

Parámetros	Símbolo	Unidad	Valores normales en agua de riego
SALINIDAD			
Contenido de sales			
Conductividad eléctrica	CE _a		0 - 3
Total sólidos en solución	TSD	mg/l	0 - 2000
Cationes y aniones			
Calcio	Ca ²⁺	meq/l	0 - 20
Magnesio	Mg ²⁺	meq/l	0 - 5
Sodio	Na ⁺	meq/l	0 - 40
Carbonatos	CO ₃ ²⁻	meq/l	0 - 0'1
Bicarbonatos	HCO ₃ ⁻	meq/l	0 - 10
Cloro	Cl ⁻	meq/l	0 - 30
Sulfato	SO ₄ ²⁻	meq/l	0 - 20
NUTRIENTES			
Nitrato-nitrógeno	NO ₃ -N	mg/l	0 - 10
Amonio-nitrógeno	NO ₄ -N	mg/l	0 - 5
Fosfato-fósforo	PO ₄ -P	mg/l	0 - 2
Potasio	K ⁺	mg/l	0 - 2

Fuente: <https://www.iagua.es/blogs/miguel-angel-monge-redondo/interpretacionanalisis-agua-riego>

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Zonas de estudio

El estudio correspondiente al muestreo de suelos y agua se realizó en fincas de productores de arroz, ubicadas en zonas representativas de las regiones Norcentral (Región Cibao Noroeste), Noroeste (Región Cibao Sur) y Nordeste (Región Cibao Nordeste) de la República Dominicana (Figura 1).

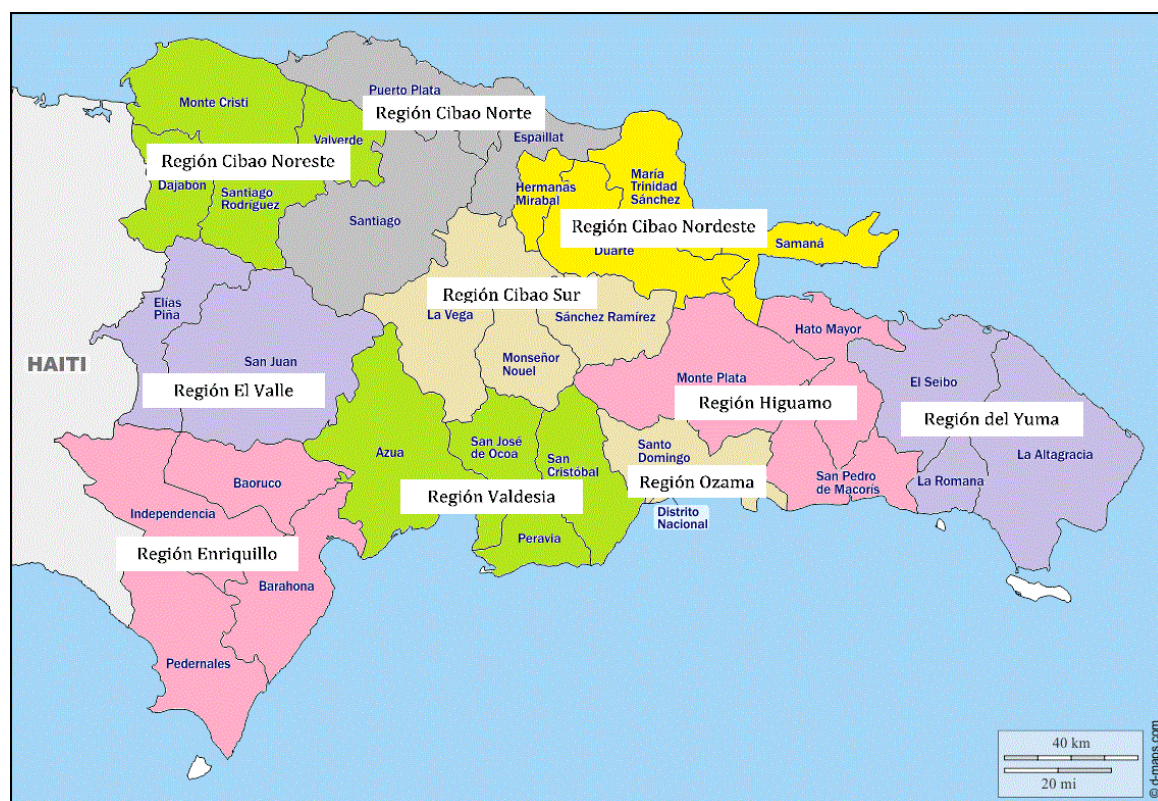


Figura 1. Área de estudio, regiones Norcentral (Región Cibao Noroeste), Noroeste (Región Cibao Sur) y Nordeste (Región Cibao Nordeste) de la República Dominicana (Fuente: Recursos Google).

3.2. Delimitación temporal

Este estudio se realizó durante el periodo enero- junio 2023, en el marco del proyecto IDIAF-FONDOCYT 2020-2021-3A5-027: “Utilización de RPAS (*Remotely Piloted Aircraft Systems*) para el mapeo de nutrientes en el cultivo de arroz en República Dominicana”.

3.3. Enfoque, diseño y tipo de investigación

El enfoque del estudio correspondió a un enfoque mixto, debido a que se recopilaron y analizaron datos cuantitativos sobre variables de estudio y a su vez recolectó información de tipo cualitativo. En cuanto al diseño, corresponde a un diseño no experimental y a una investigación de campo, porque en este estudio se analizaron propiedades físico-químicas de suelo y agua de riego en fincas arroceras. El estudio fue de tipo descriptivo en la que la información se recolectó sin cambiar el entorno (es decir, sin ninguna manipulación).

3.4. Limitaciones

Las posibles limitaciones o supuestos en la ejecución de este trabajo fueron: que los productores no permitieran el acceso a las fincas para la toma de muestras y que los resultados provenientes del laboratorio no estuvieran en la fecha programada.

3.5. Procesos de trabajo de campo

A continuación, se describe el procedimiento empleado para la toma de muestras de suelo y agua, así como los materiales utilizados para realizarlo.

3.5.1. Muestreo de suelos: procedimiento y protocolo

El criterio principal para la toma de muestra de suelos fue ubicar fincas arroceras que no estuvieran fertilizadas o que la cosecha haya finalizado. Se tomaron siete sub-muestras representativas de cada finca, colectadas con un barreno tipo Edelman a una profundidad desde 0 a ± 30 cm. Las sub-muestras se colocaban en una cubeta y se homogenizaban, posteriormente se tomaba aproximadamente 1 kg de suelo en una bolsa tipo *ziploc* previamente identificada con un marcador permanente, los datos generales de la finca, ubicación, fecha de muestreo y nombre del productor. Se conservaron en un lugar fresco antes de su traslado al laboratorio.



Figura 2. Barreno Edelman que será utilizado en los muestreos de suelos (Fuente imagen: Recursos Google: <https://www.amp-sas.net/portfolio-items/barreno-para-suelos-combinados-extensible/>).

3.5.2. Análisis físico-químico del suelo

Se analizaron los siguientes parámetros para la determinación de propiedades físico-químicas en suelos: pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, nitrógeno, fósforo, calcio, magnesio, potasio, capacidad de intercambio catiónico, saturación de calcio, magnesio, potasio, relación magnesio/calcio, relación calcio + magnesio/potasio, cobre, manganeso, hierro, textura. Las analíticas se realizaron bajo los protocolos establecidos por el laboratorio al que se le solicitaron los análisis (Laboratorio de la Junta Agroempresarial Dominicana (LAD)).

3.5.3. Muestreo de agua de riego

Se utilizaron botellas de plástico limpias (sin ningún residuo) como envase para la toma de muestra de agua. Se lavaron varias veces el envase con agua similar a la que se va a enviar como muestra. El recipiente se llenó hasta el borde, para evitar que la aireación ocasionara variaciones en el pH de la muestra. Dependiendo de dónde provenía el agua de riego se procedió a lo siguiente:

- **Agua de reservorio:** se tomó la muestra de agua en cinco diferentes puntos. Estas sub-muestras se mezclarán para obtener la muestra final que se enviará al laboratorio, aproximadamente 500 ml.

- **Agua de vertiente:** en el caso de que las aguas procedieran de vertientes o acequias se muestrearon varios puntos a profundidad media. Estas sub-muestras se mezclaron para obtener la muestra final que se envió al laboratorio, aproximadamente 500 ml/ muestra.
- **Agua de pozo:** si el agua provenía de pozos se debía accionar el bombeo y esperar varios minutos antes de la toma de muestra.

Se completó un formulario por escrito para la remisión de la muestra donde se reflejó la: procedencia, persona que realizó el envío de la muestra, aprovechamiento del agua, tipo de análisis solicitado. La muestra se conservó en una nevera, protegida de la luz solar hasta que se envió al laboratorio.

3.5.4. Análisis de calidad de agua

Se analizaron los siguientes parámetros para determinar calidad de agua: pH, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, calcio, magnesio, sodio, potasio, cloruros, carbonatos, bicarbonatos, sulfatos, Nitratos, Fosfatos, RAS y PSI, carbonato de sodio residual (RSC). Las analíticas se realizaron bajo los protocolos establecidos por el laboratorio LAD.

3.6. Análisis de la información y procesamiento de los datos

Los datos provenientes de los análisis físicos-químicos de suelo y agua fueron procesados en Microsoft Excel® y se graficaron en el programa Excel®.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Resultados objetivo específico 1: Evaluación de parámetros físico-químicos en suelos de fincas arroceras de las regiones Noroeste, Norcentral y Nordeste.

A continuación, se describen los resultados correspondientes a propiedades físico-químicas analizadas en muestras de suelos provenientes de las regiones Norcentral, Nordeste y Noroeste. Se presentan los parámetros: textura, pH, conductividad eléctrica (CE), materia orgánica (MO), carbono orgánico (CO), nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), manganeso (Mn), hierro (Fe) capacidad de intercambio catiónico (CIC), y acidez extraíble ($Al+H^+$).

4.1.1. Indicadores físicos de suelos arroceros

El único indicador físico evaluado en este estudio fue la textura del suelo. En la Figura 3 se muestran valores promedios de los contenidos de arena, limo y arcilla registrados en muestras de suelos recolectadas en fincas arroceras de las regiones Norcentral, Nordeste y Noroeste de República Dominicana. Se puede apreciar que el predominio de las arenas prevalece en las tres regiones (entre 62 y 74 %), seguido del limo (entre 19 y 29 %). Haciendo uso del triángulo de textura (Anexo 1.) se determinó que en los suelos dedicados a la producción de arroz en las regiones evaluadas predomina la clase textural franco-arenosa. De acuerdo a INTA (2009), los suelos en donde el cultivo del arroz se desarrolla de forma favorable son aquellos de topografía plana, de textura franco arcillosa a arcillosa y de una fertilidad media a buena.

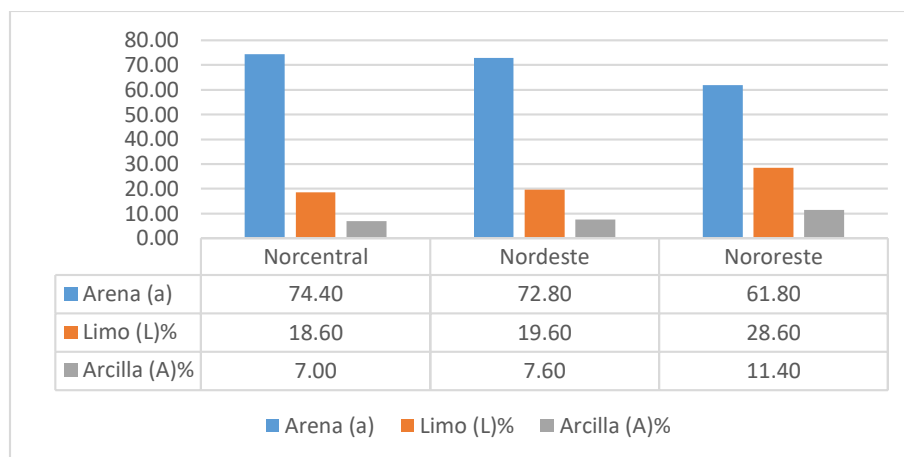


Figura 3. Valores promedios de arena, limo y arcilla registrados en muestras de suelos provenientes fincas arroceras de las regiones Norcentral, Nordeste y Noroeste de Rep. Dom.

4.1.2. Indicadores químicos de suelos arroceros

En la Figura 4 se muestran valores promedios de pH registrados en muestras de suelos recolectadas en fincas arroceras de las regiones Norcentral, Nordeste y Noroeste de República Dominicana. Los suelos arroceros evaluados mostraron valores de pH de 5.5 en la región Nordeste, 5.8 en la región Norcentral y 7.0 en la región Noroeste. Esto indica que los suelos dedicados a la producción de arroz van desde ácido, ligeramente ácidos hasta los que presentan un pH neutro.

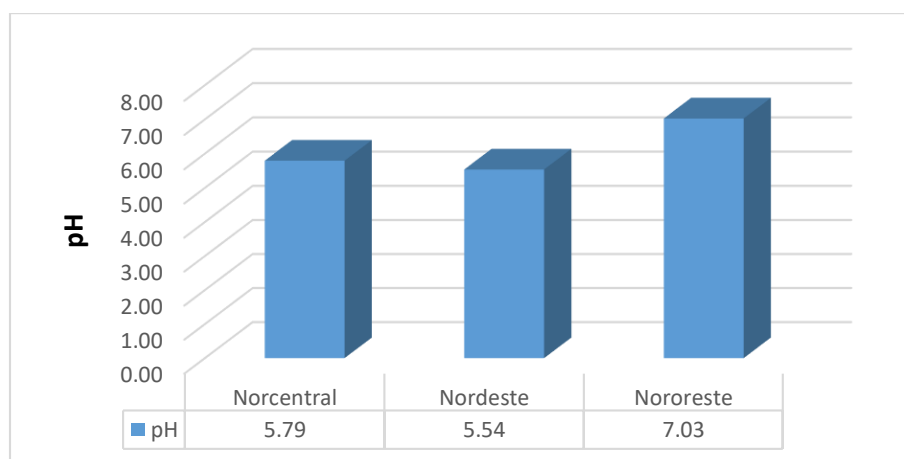


Figura 4. Valores promedios de pH registrados en muestras de suelos provenientes fincas arroceras de las regiones Norcentral, Nordeste y Noroeste de Rep. Dom.

Los valores registrados pueden estar asociados al material parental o formación (Combatt *et al.* 2008), lavado de bases cambiables (Ca, Mg, Na y K) y acumulación de

cationes formadores de ácido, como Al, Fe y Mn, que favorecen una mayor acidez (Sadeghian, 2016; Dutta *et al.* 2017; García Guzmán *et al.* 2019). Sadeghian (2016), encontró que la alternativa para corregir acidez del suelo se relacionaba con la aplicación de enmiendas agrícolas a base de carbonatos, óxidos o materiales silicatados (por ejemplo, CaCO_3 o MgCO_3 , CaO , Ca(OH)_2), permitiendo la absorción de nutrientes por las plantas. Por otro lado, la variabilidad en el pH de los suelos de las diferentes zonas estudiadas se relaciona con diversos factores, entre los cuales se destaca la actividad agrícola en procesos de fertilización y manejo de plagas utilizando sustancias químicas las cuales están formadas por ciertos componentes que hacen variar el pH del suelo (Sadeghian y Lince, 2014).

En la Figura 5 se observa que la CE promedio registrada fue de 872.00 $\mu\text{mhos/cm}$ en la región Norcentral, 413 $\mu\text{mhos/cm}$ en la región Nordeste y 750 $\mu\text{mhos/cm}$ en la región Noroeste. Un suelo agrícola se considera salino si supera los 4 dS/m (400 $\mu\text{mhos/cm}$) (Aimetta *et al.*, 2020). Esto indica que los suelos dedicados a la producción de arroz en la región Noroeste presentan contenidos de sales por encima de los valores normales.

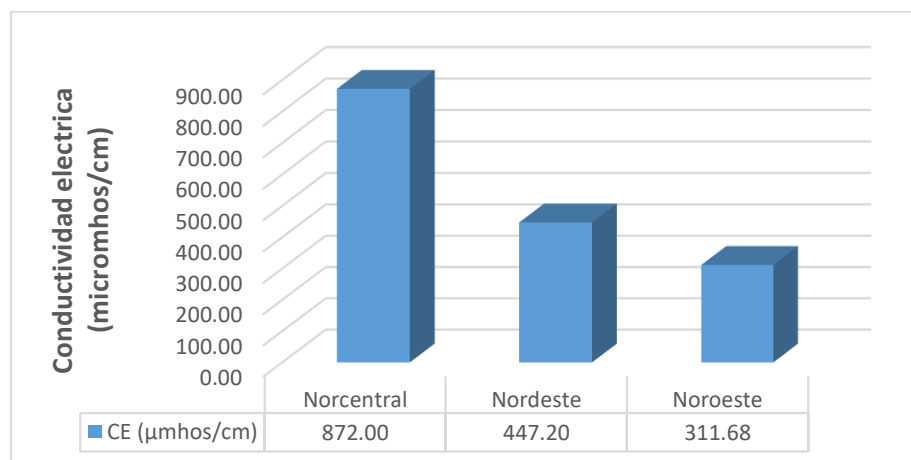


Figura 5. Valores promedios de conductividad eléctrica (CE) en muestras de suelos provenientes de fincas arroceras de las regiones Norcentral, Nordeste y Noroeste de Rep. Dom.

La mayoría de los cultivos tienen determinados estos parámetros con los que se evalúa su tolerancia a la salinidad. Gallard Martínez (2017) menciona que el arroz es considerado como un cultivo sensible y bastante tolerante a la salinidad ya que las pérdidas considerables de rendimiento comienzan a partir de los 7.2 dS/m (720 $\mu\text{mhos/cm}$).

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presenta la Capacidad de Intercambio Catiónica Efectiva (CICe) promedio registrado fue de 22.4 meq/100 gr en la región Norcentral, 20.5 meq/100 gr en la región Nordeste y 34.3 meq/100 gr en la región Noroeste, valores óptimos de acuerdo a la tabla de atributos usados como indicadores de calidad de suelos agrícolas (Anexo 2. Atributos usados como indicadores de calidad de suelos agrícolas, valores límites.). Los valores de CIC aumentan conforme aumenta el pH debido a la aparición de grupos funcionales, tales como carboxilos e hidroxilos (Rodríguez *et al.* s.f). La arcilla es uno de los materiales que posee la capacidad de intercambiar cationes, y está relacionado que a mayor nivel de arcilla los valores de CIC tienden a incrementar (Astera 2010).

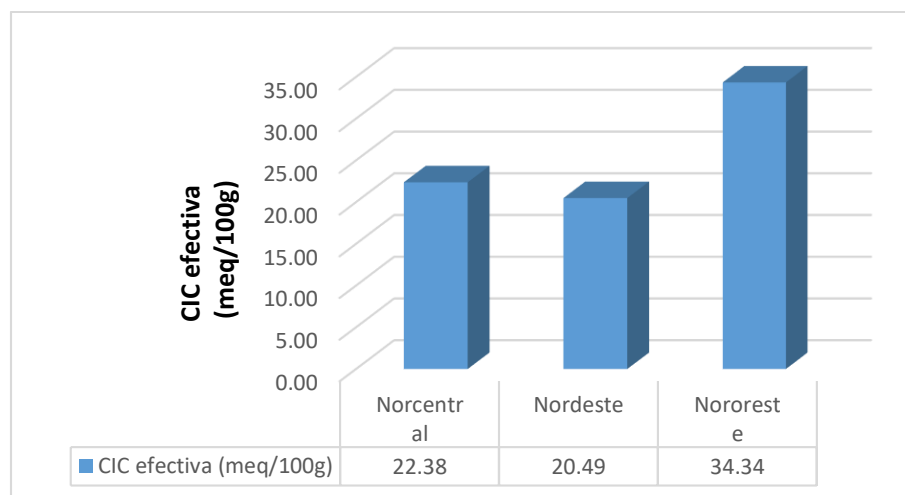


Figura 6. Valores promedios de capacidad de intercambio efectiva (CICe) en muestras de suelos provenientes de fincas arroceras de las regiones Norcentral, Nordeste y Noroeste de Rep. Dom.

En la Figura 7. Valores promedios de materia orgánica (MO) en muestras de suelos provenientes de fincas arroceras de las regiones Norcentral, Nordeste y Noroeste de Rep. Dom. se observa que, el porcentaje de MO promedio registrado fue de 2.6 % en la región Norcentral, 2.8 % en la región Nordeste y 2.6 % en la región Noroeste. De acuerdo a Castilla y Tirado (2019), la fertilidad de un suelo depende principalmente de su contenido en materia orgánica, de su textura y material parental. A mayor contenido de MO más fértil

es el suelo, ya que es a partir de ella que los microorganismos que viven en el suelo liberan elementos nutritivos para las plantas.

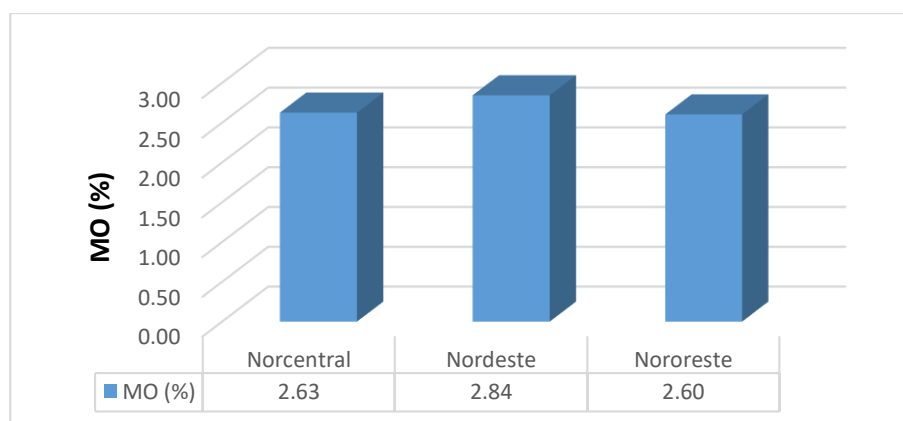


Figura 7. Valores promedios de materia orgánica (MO) en muestras de suelos provenientes de fincas arroceras de las regiones Norcentral, Nordeste y Noroeste de Rep. Dom.

En la

Figura 8 se presenta el contenido de carbono orgánico (CO) promedio, el cual tuvo un registro de 1.5 % en la región Norcentral, 1.7 % en Nordeste y 1.5 % en Noroeste. La presencia del CO en los suelos incide sobre la formación y la estabilización de los agregados (de León-González et al., 2000) que conlleva a una mayor resistencia ante el impacto de la gota de lluvia sobre la estructura de la superficie del suelo, mejora la tasa de infiltración y la capacidad de retención de agua en el suelo, incrementa el contenido de la biomasa microbiana y del reciclaje de nutrientes (Lal, 2014).

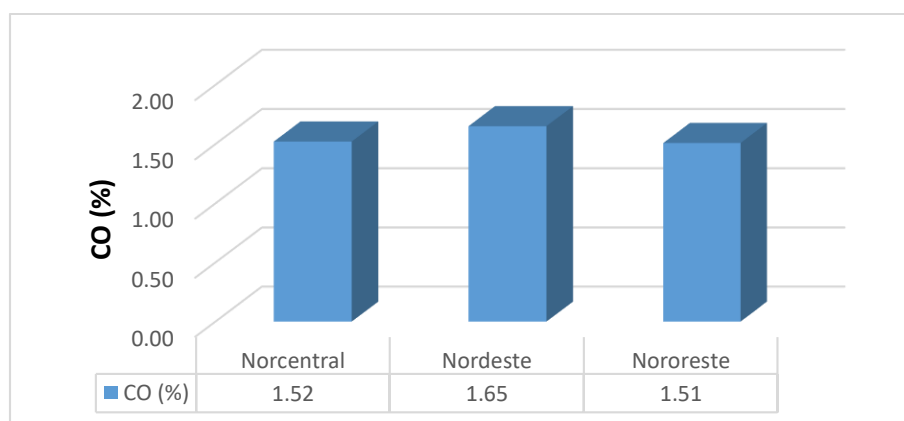


Figura 8. Valores promedios de carbono orgánico (CO) en muestras de suelos provenientes de fincas arroceras de las regiones Norcentral, Nordeste y Noroeste de Rep. Dom.

Según los resultados obtenidos en la disponibilidad de los nutrientes NPK en el suelo para la producción de arroz, se observa que de acuerdo a los requerimientos nutricionales del cultivo:

Figura 9 el N se encuentra en niveles intermedios (rango 0.07-0.15, (Anexo 3) en las tres regiones estudiadas (0.13 % en Norcentral y Noroeste y 0.14 % en zona Nordeste.

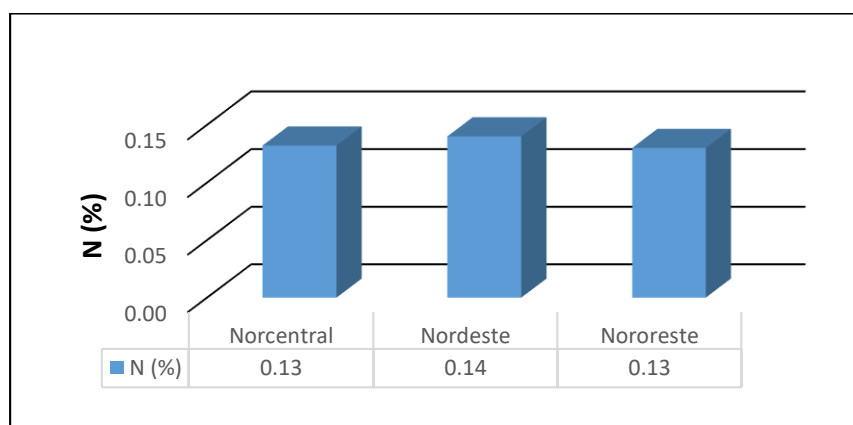


Figura 9. Valores promedios de nitrógeno (N) en muestras de suelos provenientes de fincas arroceras de las regiones Norcentral, Nordeste y Noroeste de Rep. Dom.

Figura 10 en cuanto al P, siguiendo la referencia anterior (Anexo 3), los niveles de este elemento se encuentran intermedios en Norcentral y Nordeste (13 y 12 ppm, respectivamente) y en la región Noroeste supera el límite máximo (< 20 ppm o mg/kg.

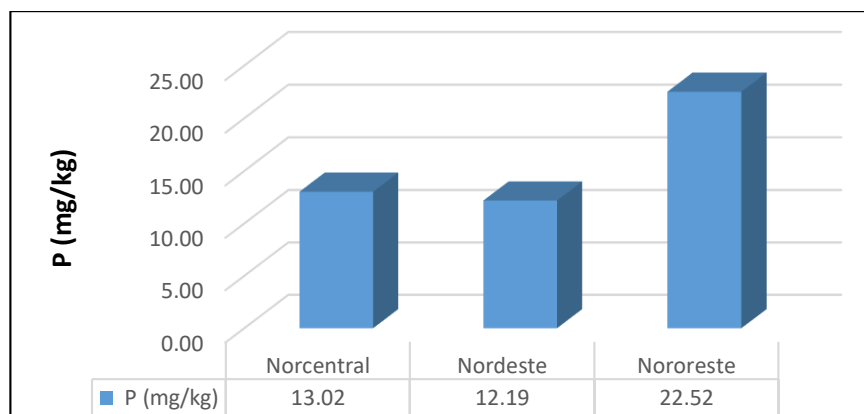


Figura 10. Valores promedios de fósforo (P) en muestras de suelos provenientes de fincas arroceras de las regiones Norcentral, Nordeste y Noroeste del país.

Figura 11 el K presentó valores medios entre medio (0.2-0.3 meq/100 g) y alto (> 0.3 meq/100 g) que oscilaron entre 0.26 y 0.59 meq/100g (Figura 9).

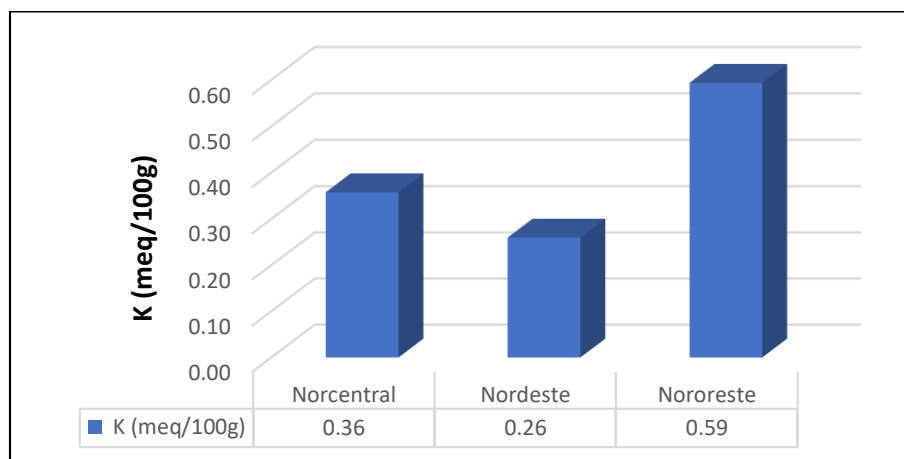


Figura 11. Valores promedios de potasio (K) n muestras de suelos provenientes de fincas arroceras de las regiones Norcentral, Nordeste y Noroeste del país.

En la Figura 12, se presentan contenidos de calcio (Ca) y magnesio (Mg) asimilables obtenidos en suelos arroceros provenientes de las regiones Norcentral, Nordeste y Noroeste. Los resultados representados en la figura citada, indican que los suelos de la región Noroeste presentaron la mayor disponibilidad de Ca con 23.25 y Mg con 10.50 respecto a las zonas Norcentral y Nordeste.

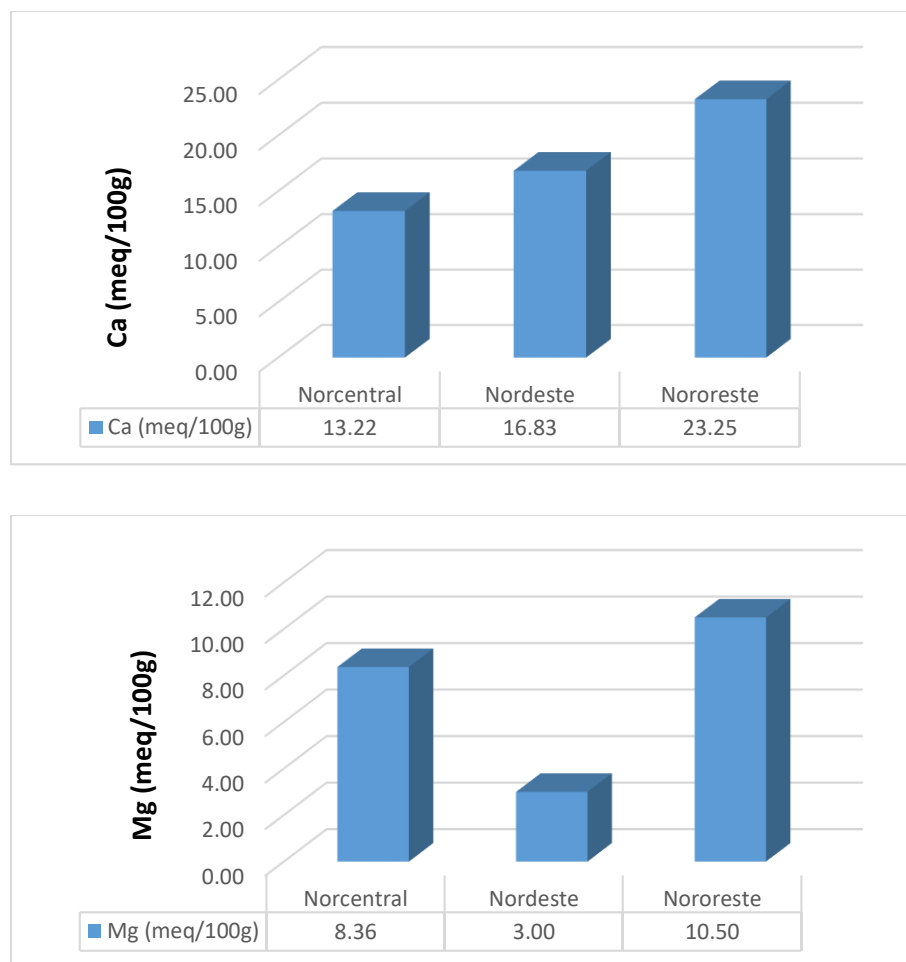


Figura 12. Valores promedios de calcio (Ca) (superior) y magnesio (Mg) (inferior) en muestras de suelos provenientes de fincas arroceras de las regiones Norcentral, Nordeste y Noroeste de Rep. Dom. Fuente: Proyecto IDIAF-FONDOCYT 2020-2021-3A5-027, febrero-marzo 2023.

Los rangos de Ca oscilaron entre 13.2 y 23.3 meq/100 g, mientras que los de Mg oscilaron entre 3 y 10.5 meq/100 g. El calcio es de los elementos más competitivos con el magnesio, valores superiores a 5.5 meq/100 g de Ca es considerado alto, mientras que para Mg, meq/100 g > 1.0 (Anexo 3). Condiciones excelentes de calcio y magnesio da como resultado la no absorción o deficiencia de potasio por parte del suelo, ya que Ca y Mg son antagonistas con el K y el excedente de ellos provoca la inhibición del K. La deficiencia de K perjudica el proceso de fotosíntesis en la planta lo cual reduce el desarrollo y rendimiento de la misma (Fertilizer, 2016).

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presentan contenidos de manganeso (Mn) y hierro (Fe) asimilables obtenidos en suelos arroceros provenientes de las regiones Norcentral, Nordeste y Noroeste. Los valores de Mn fueron de 162.5, 119.2 y 149.8 meq/100g, respectivamente. En cuanto al Fe, los valores encontrados fueron en el orden de los 521.8, 636.5 y 480.6 meq/100g, respectivamente. La mayoría de los suelos presentan contenidos adecuados de Fe y Mn, y su concentración es alta en muchos suelos ácidos y de origen volcánico.

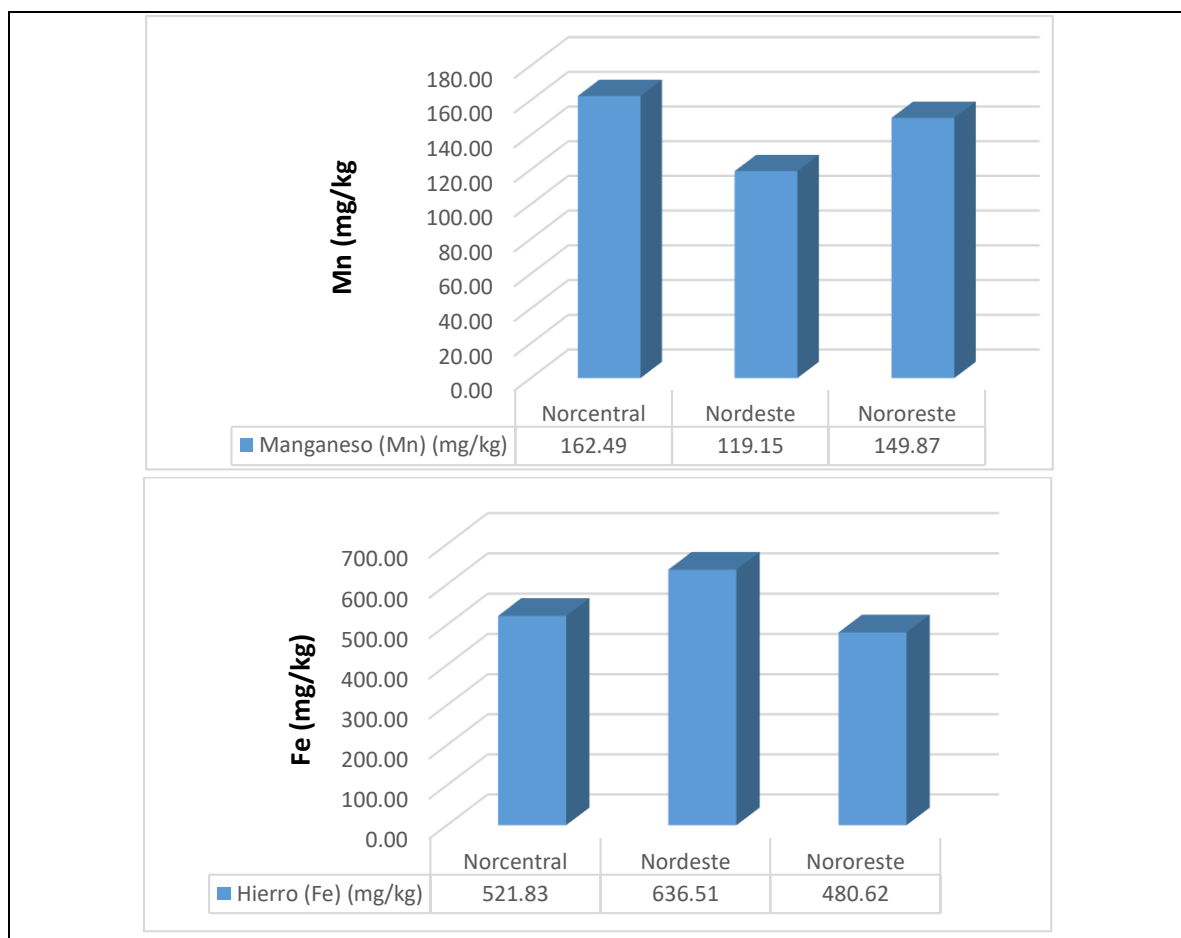


Figura 13. Valores promedios de manganeso (Mn) y hierro (Fe) en muestras de suelos provenientes de fincas arroceras de las regiones Norcentral, Nordeste y Noroeste de Rep. Dom. Fuente: Proyecto IDIAF-FONDOCYT 2020-2021-3A5-027, febrero-marzo 2023.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presenta la acidez extraíble ($\text{Al}^{+3} + \text{H}^{+}$) obtenida en suelos arroceros provenientes de las regiones Norcentral

y Nordeste, con valores de 0.72 y 0.66 meq/100 g. En la región Noroeste no fue detectada. La acidez intercambiable se refiere a los iones de hidrógeno y aluminio retenidos en el complejo de intercambio del suelo, es decir, sobre las superficies de los coloides del suelo. Es la acidez potencial del suelo, debido a que los iones del aluminio (Al^{3+}) y del hidrógeno (H^+) retenidos, están en equilibrio con la solución del suelo, junto con los iones de calcio (Ca^{2+}), magnesio, (Mg^{2+}), potasio (K^+) y sodio (Na^+) (Prismab, 2022).

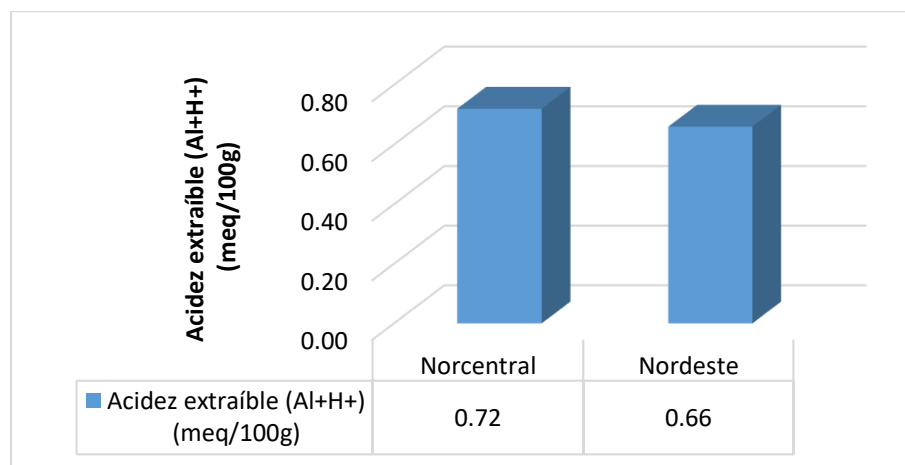


Figura 14. Valores promedios de acidez extraíble en muestras de suelos provenientes de fincas arroceras de las regiones Norcentral, Nordeste y Noroeste de Rep. Dom. Fuente: Proyecto IDIAF-FONDOCYT 2020-2021-3A5-027, febrero-marzo 2023.

4.2. Resultados objetivo específico 2: Evaluación de parámetros físico-químicos en agua de riego provenientes de fincas arroceras de las regiones Noroeste, Norcentral y Nordeste.

4.2.1. Indicadores de calidad de agua de riego para suelos arroceros

A continuación, se presentan los resultados correspondiente a: pH, conductividad eléctrica (micromhos/cm), sólidos totales disueltos (STD) (meq/L), Promedio de calcio (Ca) (meq/L), magnesio (Mg) (meq/L), sodio (Na) (meq/L), cloruros (Cl^*) (meq/L), fosfatos (P) (meq/L), carbonatos ($\text{CO}_3^{=}$) (meq/L), bicarbonatos (HCO_3^-) (meq/L), sulfatos ($\text{SO}_4^{=}$) (meq/L) y la relación de adsorción de sodio (RAS) registrados en muestras de agua

de riego provenientes de fincas arroceras evaluadas en las regiones Norcentral, Nordeste y Noroeste.

En la Figura 15 se presenta el pH obtenido en muestras de agua de riego provenientes de fincas arroceras, ubicadas en las regiones Norcentral, Nordeste y Noroeste. Los valores promedios de pH registrados en agua fueron de 6.7, 6.6 y 7.1, respectivamente.

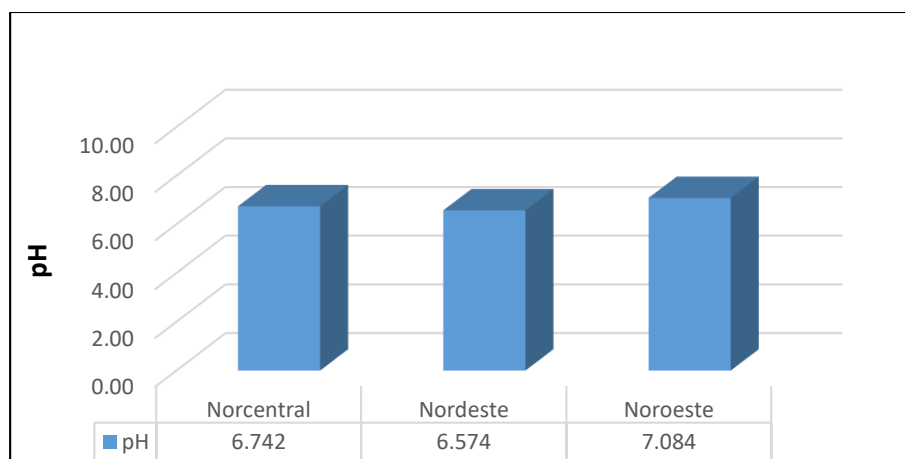


Figura 15. Valores promedios de pH en muestras de agua de riego provenientes de fincas arroceras de las regiones Norcentral, Nordeste y Noroeste de Rep. Dom.

En la Figura 16 se aprecian los valores promedios de CE en agua de riego de fincas de arroz, los cuales arrojaron valores de 333.58 micromhos/cm en Norcentral, 413.08 micromhos/cm en Nordeste y 750.06 micromhos/cm en Noroeste. Desde el punto de vista del riesgo potencial de salinización en suelos arroceros, no existe ningún grado de restricción en su uso (CE menor de 700 micromhos/cm (Méndez y González, 2009)), en el caso de las aguas utilizadas en Norcentral y Nordeste, aguas que son consideradas normales o deseables, según norma FAO (1985). Sin embargo, las aguas de la región Noroeste sobrepasaron los límites restrictivos al registrar un promedio de 750 micromhos/cm, presentaron un peligro de salinidad.

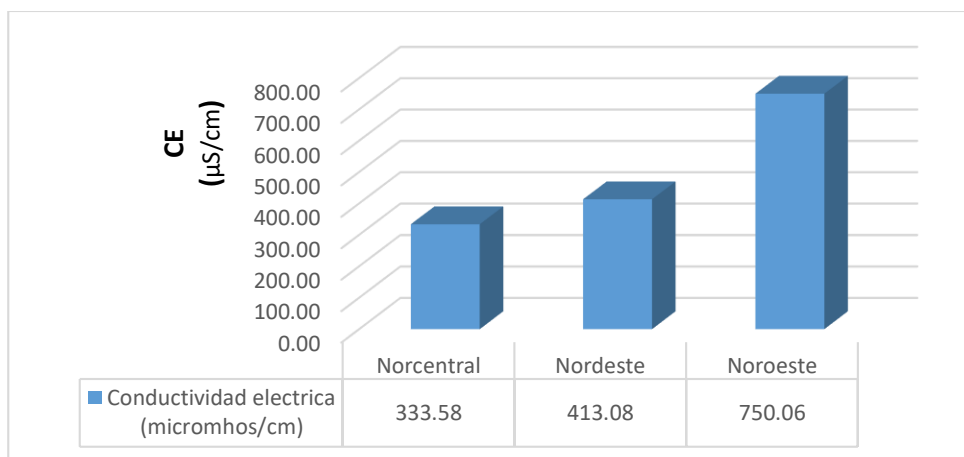


Figura 16. Valores promedios de conductividad eléctrica (CE) en muestras de agua de riego provenientes de fincas arroceras de las regiones Norcentral, Nordeste y Noroeste de Rep. Dom.

Los contenidos de Solidos Totales Disueltos (STD) presentes en las aguas de riego oscilaron entre 3.3 meq/L y 7.5 meq/L (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Los STD es la medida del contenido de todas las sustancias inorgánicas y orgánicas en un líquido en forma suspendida molecular, ionizada o micro granulada (Arain *et al.*, 2014). Altas concentraciones de STD sugieren la presencia de sales inorgánicas, principalmente Ca, Mg, K, Na, bicarbonatos, sulfatos y cloruros (Patil *et al.* & Páez-Sánchez *et al.*, 2012,2013). La cantidad de STD encontrada en Norcentral y Nordeste no supera los niveles de referencia de 500 mg/L de muestra, establecidos por U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency, 1973), por lo que se considera que el agua de riego es de buena calidad en dichas zonas. Sin embargo, en Noroeste supera el límite de referencia.

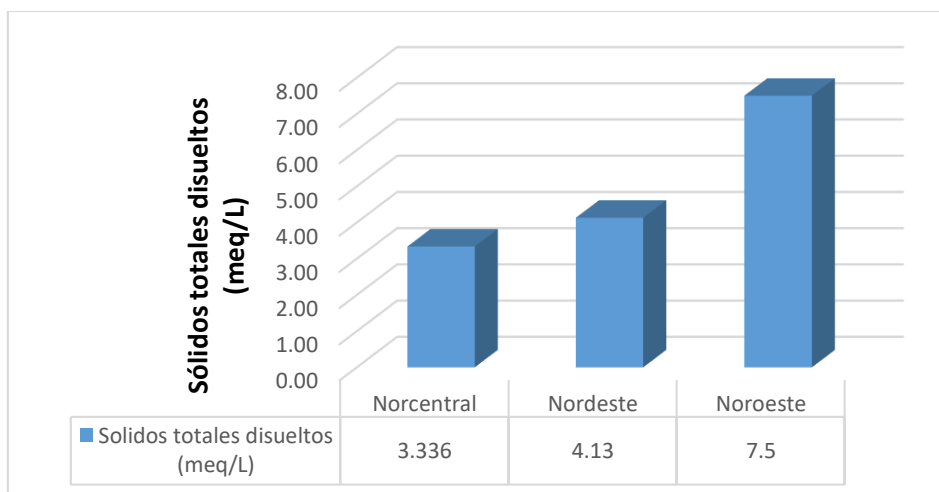


Figura 17. Valores promedios contenidos de sólidos totales disueltos (STD) en muestras de agua de riego provenientes de fincas arroceras de las regiones Norcentral, Nordeste y Noroeste de Rep. Dom.

En la Figura 17, se muestran los contenidos de Ca, Mg y Na registrados en muestras de agua de riego provenientes de fincas arroceras de las regiones Norcentral, Nordeste y Noroeste del país. Los valores promedios de Ca para Norcentral, Nordeste y Noroeste fueron de 1.9, 2.5, y 3.3 meq/L respectivamente. En cuanto al Mg se registraron valores de 2.8, 1.8 y 3.9 meq/L, respectivamente. El Na registró valores medios de 0.4, 0.6 y 1.4 meq/L, respectivamente.

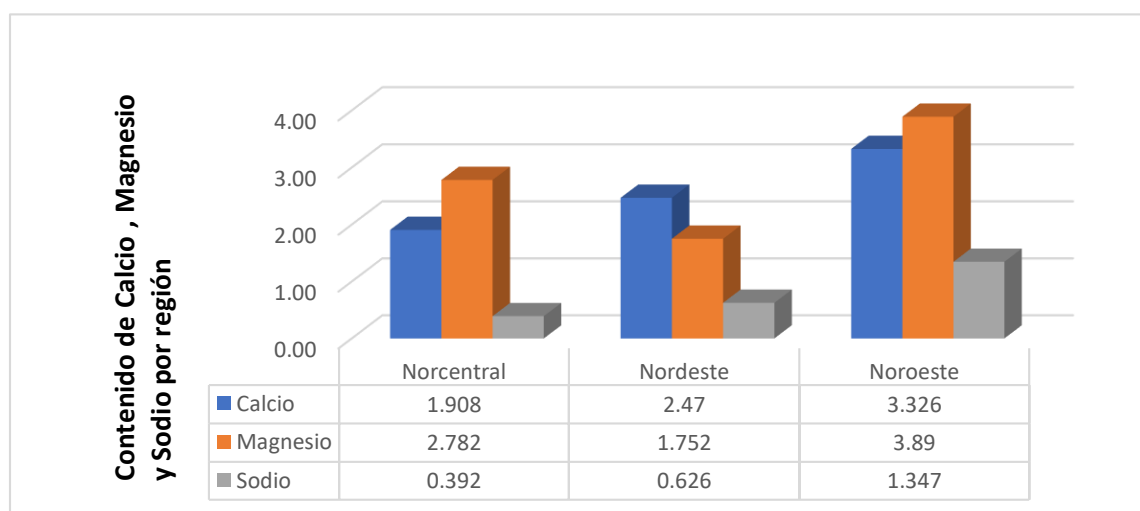


Figura 18. Valores promedios de contenidos de calcio (Ca) (arriba), magnesio (Mg) (centro) y sodio (Na) (abajo) en muestras de agua de riego provenientes de fincas arroceras de las regiones Norcentral, Nordeste y Noroeste de Rep. Dom.

De acuerdo a los parámetros del Tabla 2, los cationes Ca, Mg y Na se encuentran dentro de los valores normales para agua de riego en las tres zonas estudiadas. El riesgo de sodificación de los suelos irrigados depende principalmente de la concentración absoluta y relativa en que se encuentren en el agua de riego los iones de Ca^{2+} , Mg^{2+} y Na^+ . Si la proporción de Na^+ es alta, será mayor el riesgo de sodificación, y al contrario, si predomina el Ca^{2+} y el Mg^{2+} , el riesgo de sodificación es menor (Bower 1964). García (2009), destaca que cuando el contenido de Ca es bajo, el Na y el Mg reducen la velocidad de infiltración del agua en el suelo, al causar dispersión de las partículas finas de arcilla, las cuales ocluyen macro y micro poros, trayendo como consecuencia un bajo suministro de agua disponible para las plantas.

En la

Figura 19 se muestran valores correspondientes a cloruros, fosfatos y sulfatos presentes en agua de riego de fincas arroceras de las regiones Norcentral, Nordeste y Noroeste del país. Los promedios de cloruros oscilaron en 0.02 meq/100 L (Norcentral y Nordeste) y 0.04 meq/L (Noroeste). Los fosfatos mostraron valores en el rango de 0.05 meq/L (Nordeste) y 0.1 meq/L (Noroeste), mientras que los sulfatos se encontraron entre 0.5 meq/L (Norcentral) y 2.8 meq/L (Noroeste). La presencia de los cloruros, fosfatos y sulfatos se encontró dentro de los límites considerados normales para el agua de riego (Tabla 2).

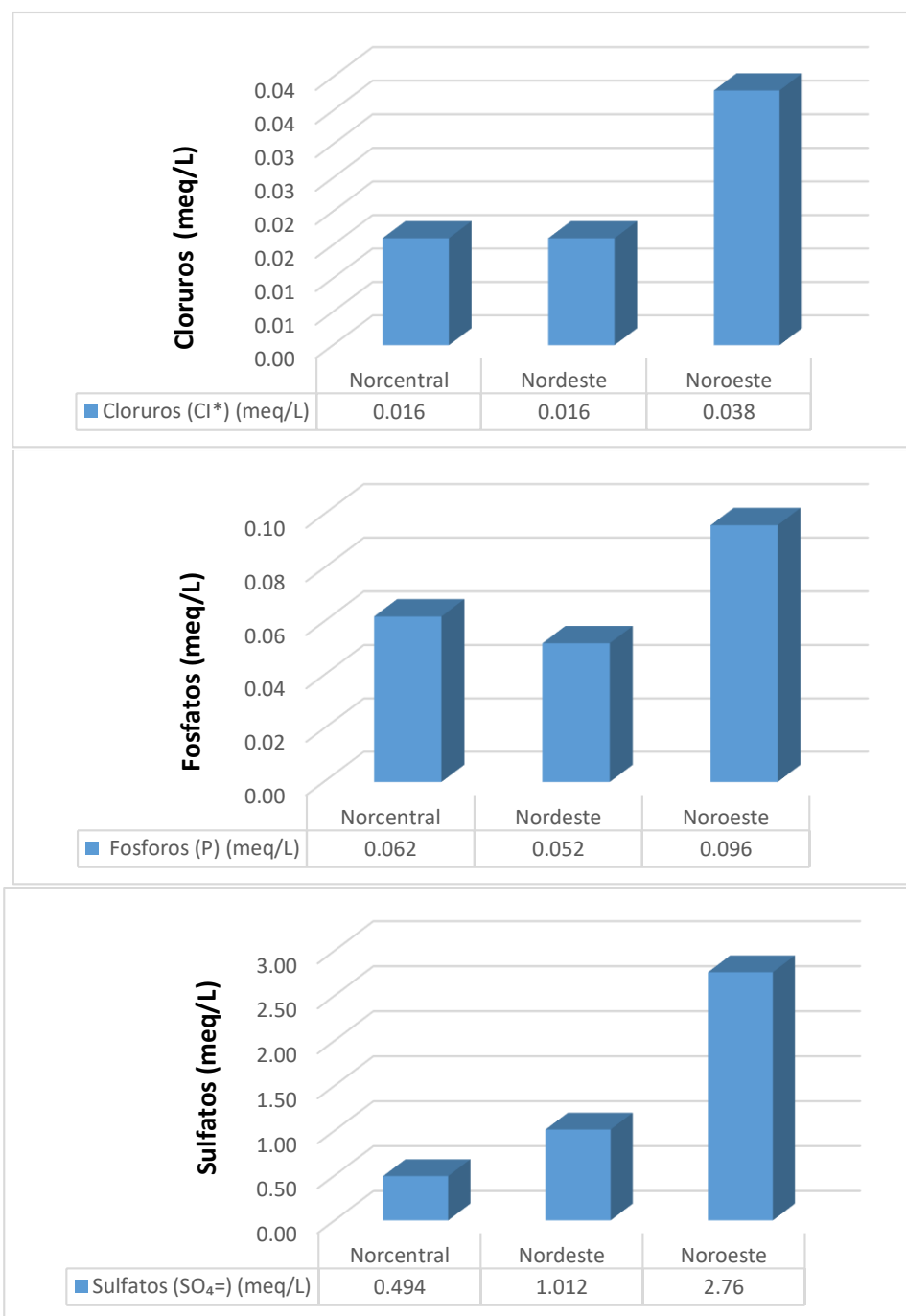


Figura 19. Valores promedio de contenidos de cloruros (arriba), fosfatos (centro) y sulfatos (abajo) en muestras de agua de riego provenientes de fincas arroceras de las regiones Norcentral, Nordeste y Noroeste de Rep. Dom.

En la

Figura 20 se muestran valores correspondientes a carbonatos y bicarbonatos presentes en agua de riego de fincas arroceras de las regiones Norcentral, Nordeste y Noroeste del país. Cabe destacar que en las regiones Norcentral y Nordeste no se registró presencia de carbonatos, sin embargo, en la Noroeste se registró un promedio de 0.05 meq/L, valor por encima de los normales (0-0.01 meq/L, Tabla 2). En cuanto a los bicarbonatos estuvieron presentes en el orden de los 2.7 meq/L (Norcentral), 2.3 meq/L (Nordeste) y 3.4 meq/L (Noroeste). La presencia de los bicarbonatos se encontró dentro de los límites considerados normales para el agua de riego (Tabla 2).

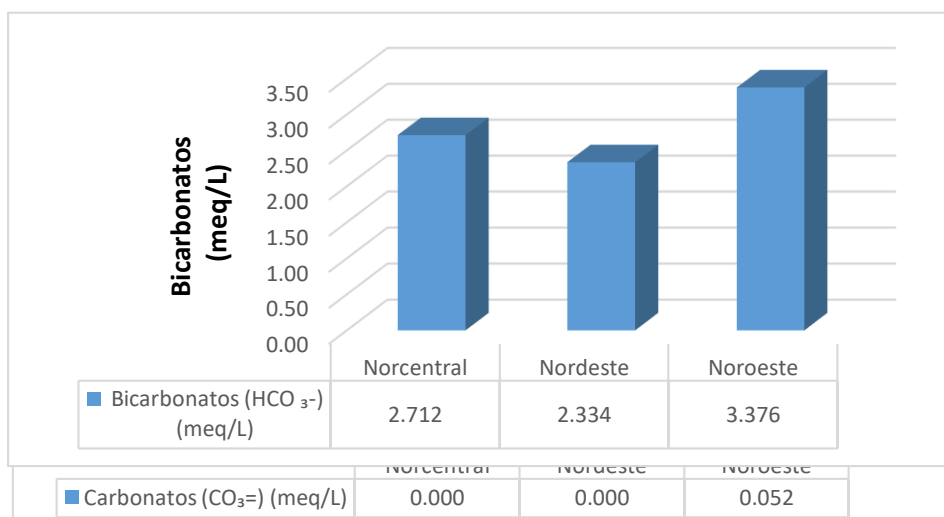


Figura 20. Valores promedios de contenidos de carbonatos y bicarbonatos en muestras de agua de riego provenientes de fincas arroceras de las regiones Norcentral, Nordeste y Noroeste de Rep. Dom. Fuente: Proyecto IDIAF-FONDOCYT 2020-2021-3A5-027, febrero-marzo 2023.

En la Figura 21 se presenta la Relación de Adsorción de Sodio (RAS) en agua de riego de fincas arroceras de las regiones Norcentral, Nordeste y Noroeste registró promedios de 0.3 en la región Norcentral, 0.5 en Nordeste y 0.7 en Noroeste. De acuerdo con las Normas de Riverside para evaluar la calidad de riego (U.S. Soil Salinity Laboratory) (Acosta y Salvadori, 2017) (Anexo 6), los valores de RAS se encuentran en clasificaciones de baja peligrosidad sódica, por lo tanto, no hay riesgo de sodificación con aguas de riego de estas procedencias.

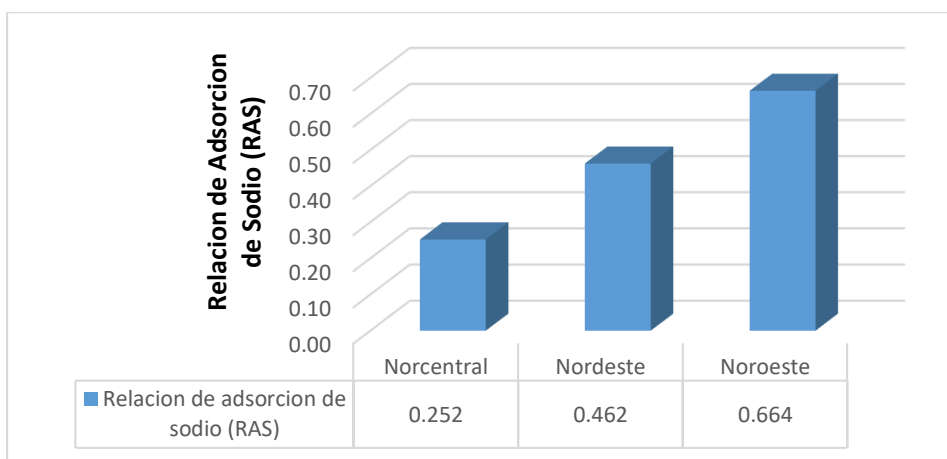


Figura 21. Valores promedios de relación de adsorción de sodio (RAS) en muestras de agua de riego provenientes de fincas arroceras de las regiones Norcentral, Nordeste y Noroeste de Rep. Dom.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

En el marco de los objetivos de este trabajo y en función de los parámetros evaluados, tanto para los suelos como para las aguas de riego, se concluye lo siguiente:

La clase textural de los suelos arroceros evaluados correspondió a franco-arenosa. En cuanto al pH se pudo apreciar que los suelos arroceros de las regiones Norcentral, Nordeste y Noroeste presentaron pH ácido, ligeramente ácido y neutro.

Con respecto a la CE, los suelos dedicados a la producción de arroz en las regiones Nordeste y Norcentral presentan contenidos de sales por encima de los valores normales superando los 400 $\mu\text{mhos/cm}$.

La CIC arrojó valores óptimos de acuerdo a la tabla de atributos como indicadores de calidad de suelos agrícolas.

Las regiones de estudio mostraron valores adecuados de MO.

En cuanto a las aguas de riego, se observó que en las tres regiones existe una variabilidad en la salinidad del agua utilizada para el riego. En general, se encontraron niveles moderados (Norcentral y Nordeste) a altos (Noroeste) de salinidad en algunas áreas, lo cual puede afectar la absorción de agua por parte de las plantas de arroz.

Se determinaron los contenidos de calcio, magnesio, sodio, potasio, sulfatos, cloruros, carbonatos y bicarbonatos en el agua de riego. No se encontraron variaciones en los niveles de estos elementos en las diferentes regiones, lo que indica pocas o ningunas diferencias en la composición química del agua utilizada para el riego.

Las aguas de riego utilizadas por los productores arroceros en las regiones Norcentral y Nordeste son aptas para tales fines, sin embargo, en la región Norcentral se debe de tomar medidas para ajustar el pH y la conductividad.

En general, estas conclusiones indican que la calidad del agua de riego y las propiedades físicas de los suelos arroceros varían en las regiones Noroeste, Norcentral y Nordeste de la República Dominicana. Estos hallazgos resaltan la importancia de

considerar la calidad del agua y las propiedades del suelo al desarrollar estrategias de manejo adecuadas para el cultivo de arroz en cada región.

Se debe tener en cuenta que los resultados aquí obtenidos pretenden predecir los posibles efectos sobre el suelo y, por consiguiente, las plantas. Sin embargo, la forma de riego, las condiciones ambientales y el tipo de suelo influyen en los procesos de salinización propios del suelo. Por esto, se recomienda la evaluación a nivel experimental para validar las informaciones obtenidas con las condiciones de cultivo existentes en las distintas zonas de estudio.

5.2. RECOMENDACIONES:

Se plantean algunas recomendaciones puntuales a los productores arroceros relacionadas con el manejo del cultivo a nivel de finca:

Establecimiento de un programa de monitoreo regular de los parámetros físico-químicos en suelos y calidad del agua de riego. Esto te permitirá detectar cambios o tendencias a lo largo del tiempo, identificar posibles problemas y tomar medidas correctivas de manera oportuna.

Manejo adecuado de fertilizantes y agroquímicos, basado en los análisis de suelos, aplicar los fertilizantes y agroquímicos de manera adecuada y en las dosis recomendadas. Evitar el uso excesivo de fertilizantes, ya que esto puede contribuir a la contaminación del agua y causar problemas de calidad del suelo.

Evaluar y monitorear la calidad del agua de riego mediante análisis de laboratorio. Algunos parámetros importantes a considerar incluyen pH, conductividad eléctrica, contenido de sales disueltas (como sodio, cloruro y carbonatos), presencia de elementos tóxicos (arsénico, cadmio, plomo) y contaminantes orgánicos. Estos análisis permitirán determinar si el agua es adecuada para el riego y si puede causar problemas a largo plazo en los suelos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abid, M., Lal, R. (2009). Tillage and drainage impact on soil quality: II. Tensile strength of aggregates, moisture retention and water infiltration. *Soil and Tillage research*, 103(2), 364-372. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167198708002158>
- Acevedo, M. A., Castrillo, W. A., Belmonte, U. C. (2006). Origen, evolución y diversidad del arroz. *Agronomía Tropical*, 56(2), 151-170. Disponible en: https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2006000200001
- Acosta García, J. C., Salvadori Verón, J. A. (2017). Evaluación de la calidad de agua para riego mediante el empleo de criterios actualizados. Disponible en: <https://repo.unlpam.edu.ar/handle/unlpam/1376>
- Aimetta, M. B., Muñoz, S. A., Bustos, D., Davidenco, V., Cazorla, C. R., Galarza, C. M., Salvaggiotti, F. (2020). Cuantificación del uso agrícola de suelos con limitantes salinas y sódicas mediante el índice NDVI. *Ciencia del suelo*, 38(1), 174-186. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1850-20672020000100015&script=sci_arttext
- Arain, M.B.; Ullah, I.; Niaz, A.; Shah, N.; Shah, A.; Hussain, Z.; Tariq, M.; Afridi, H.I.; Baig, J.A.; Kazi, T.G. (2014). Evaluation of water quality parameters in drinking water of district Bannu, Pakistan: Multivariate study. *Sustainability of Water Quality and Ecology*, 3 (4): 114-123. doi: 10.1016/j.swaqe.2014.12.005.
- Araújo, EA de; Ker, JC; Neves, JCL; Lani, JL. (2012). Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. *Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias* . DOI: <https://doi.org/10.5777/paet.v5.n1.12>.
- Arévalo, G., C. Gauggel. (2014). Manual de prácticas. Curso de manejo de suelos y nutrición vegetal. Zamorano, Honduras, 3ra edición. p 71
- Avilés, E, Pérez, A., Núñez, P., Jiménez, F. Almonte, I., Contreras, F. Nova, J., Gómez A. (2013). Índices de calidad y salud de suelos en fincas arroceras en tres regiones de la República Dominicana. Sociedad Dominicana de Investigadores Agropecuarios y Forestales (SODIAF). Sexto Congreso de la SODIAF. Sección especial: Simposio de suelo. Disponible en: <https://www.sodiaf.org.do/congreso2013/memoria/orales/30.pdf>
- Ayers, R. S., Westcot, D. W. (1984). Irrigation water quality criteria in "Irrigation with Reclaimed Municipal Wastewater "-A Guidance Manual Report No. 84-1 Calif. State Water Res. Ctr. Board. Sacramento, CA.
- Baldotto, MA; Canela, MC; Canellas, LP; Dobbs, LB; Velloso, ACX. (2010). Redox index of soil carbon stability. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* . DOI: <https://doi.org/10.1590/s0100-06832010000500007>.
- Bernis, J. M. F., Pamies, C. B. (2008). *Economía del arroz: variedades y mejora*. Juan Carlos Martínez Coll. Disponible en:

https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=3qn_1Js9_sC&oi=fnd&pg=PA5&dq=Bernis+y+Pamies+arroz&ots=vMuKXW0BbP&sig=GBfLU_xzDPn7oo2liTsb3pEA67M#v=onepage&q=Bernis%20y%20Pamies%20arroz&f=false

Bhullar GS, Bhullar NK (2012). Agricultural Sustainability: Progress and Prospects in Crop Research [Internet]. Academic Press; 2012 [cited 2017 Sep 16]. 311p. Available from: https://books.google.com.cu/books?id=ONYZm_J0gr8C

Bioagro. (2020). FRACCIONAMIENTO DE FÓSFORO EN SUELOS CULTIVADOS CON ARROZ POR LARGOS PERÍODOS DE TIEMPO. Obtenido de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612016000100002

Bird, JA; Herman, D.J; Firestone, M.K. 2011. Rhizosphere priming of soil organic matter by bacterial groups in a grassland soil. Soil Biology and Biochemistry . DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2010.08.010>.

Blanco Sandoval, J.O. (2003). Manejo integral de suelos con énfasis en el cultivo del arroz. Disponible en: <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4185/1/Manejo%20del%20suelos%20para%20arroz.pdf>

Bolaños Rodríguez, H.A., Vargas Álava, G.E. (2019). Calidad de suelos dedicados a la producción de arroz (oryza sativa l.) Bajo inundación en la parroquia Canuto, Chone, Manabí (Bachelor's thesis, Calceta: ESPAM MFL). Disponible en: <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/979/1/TTA12.pdf>

Bonet Pérez, C., Ricardo Calzadilla, M. P. (2011). Calidad del agua de riego y su posible efecto en los rendimientos agrícolas en la Empresa de Cultivos Varios Sierra de Cubitas. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 20(3), 19-23. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2071-00542011000300003&script=sci_arttext

Burbano, H. (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. *Rev. Cienc. Agr.* 33(2):117-124. doi: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.163302.58>. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-01352016000200011 .

Carter, R. (2002). Soil quality for sustainable land management: organic matter and aggregation interactions that maintain soil functions. *Agronomy Journal*. 94:38.

Castilla Lozano, L.A., Tirado Ospina, Y.C. (2019). Fundamentos técnicos para la nutrición del cultivo de arroz. Disponible en: https://fedearroz.s3.amazonaws.com/media/documents/cartilla_fundamentos_nutricion.pdf

Chapman, D. 1996. Water quality assessments: A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring. E& FN Spon, Londres, Inglaterra. 626 p.

- CEPAL (2018). Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe. Disponible en: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141_es.pdf
- Cruz Quin, G. (2021). Evaluación de los indicadores físicos, químicos y biológicos del agua potable que se consume en la ciudad del Cusco, 2019. Disponible en: <https://repositorio.uandina.edu.pe/handle/20.500.12557/5283>
- Cruz, A. B., Barra, J. E., del Castillo, R. F., & Gutiérrez, C. (2004). La calidad del suelo y sus indicadores. *Ecosistemas*, 13(2). Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/16362056.pdf>
- Dexter, A. R. (2004). Soil physical quality: Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. *Geoderma*, 120(3-4), 201-214.
- Digiuni, S. (2022). Determinación de alcalinidad total en agua. Disponible en: <http://rephip.unr.edu.ar/bitstream/handle/2133/23794/Alcalinidad%20total.pdf?sequence=3>
- Dunn, B.W., Gaydon, D.S. (2011) Rice growth, yield and water productivity responses to irrigation scheduling prior to the delayed application of continuous flooding in south-east Australia. *Agric. Water Manage.* 98:1799-1807. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378377411001508>
- Durán, C. (2022). Tendencias y Perspectivas del Arroz en RD, presentado en Taller IDIAF-INTEC. IDIAF-Centro Norte, La Vega.
- Dutta, M., Saikia, J., Taffarel, S. R., Waanders, F. B., De Medeiros, D., Cutruneo, C. M., ... Saikia, B. K. (2017). Environmental assessment and nano-mineralogical characterization of coal, overburden and sediment from Indian coal mining acid drainage. *Geoscience Frontiers*, 8(6), 1285-1297. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S167498711630216X>
- Dutta, M.; Phom, B.; Ram, S. (2017). Physico-chemical properties of soils under different land uses in Longleng district soils of Nagaland. *An Asian J. Soil Science*. 12(2):307-313. 10.15740/has/ajss/12.2/307-313
- Estrada Guevara, M. (2012). Calidad del agua y manejo de sus diferentes niveles para el óptimo rendimiento del cultivo del arroz, en el Valle de Sébaco, durante el periodo Julio-Diciembre 2011. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua. Trabajo de Tesis Para optar al grado de Máster en Ciencias del Agua. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/53103301.pdf>
- Estrada Herrera, I. R., Hidalgo Moreno, C., Guzmán Plazola, R., Almaraz Suárez, J. J., Navarro Garza, H., Etchevers Barra, J. D. (2017). Indicadores de calidad de suelo para evaluar su fertilidad. *Agrociencia*, 51(8), 813-831. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952017000800813#:~:text=Los%20indicadores%20qu%C3%ADMICOS%20m%C3%A1s%20usados,total%20y%20mineralizado%2C%20capacidad%20de

- FAO. (2010). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Obtenido de FAOWATER: https://www.unwater.org/wwd10/downloads/WWD2010_FAQS_ES.pdf
- FAO. (2015). Levantamiento de suelos “Propiedades Químicas”. Portal de Suelos FAO. Consultado el 09 de junio de 2015. Disponible en: <http://www.fao.org/soils-portal/levantamiento-desuelos/propiedades-del-suelo/propiedades-quimicas/es/>
- FAO. (2018). Seguimiento del mercado del arroz. Rice Market Monitor (RMM). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponible en: <https://www.fao.org/3/I9243ES/i9243es.pdf>
- Fertilab. (s/f). Relación de Adsorción de Sodio (RAS): Un Parámetro de la Calidad de Agua de Riego. Disponible en: <https://www.fertilab.com.mx/Sitio/notas/179-La-Relacion-de-Absorcion-de-Sodio.pdf>
- Gadal, N., Shrestha, J., Poudel, M. N., & Pokharel, B. (2019). A review on production status and growing environments of rice in Nepal and in the world. Archives of Agriculture and Environmental Science, 4(1), 83–87. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Jiban-Shrestha/publication/331641330_A_review_on_production_status_and_growing_environments_of_rice_in_Nepal_and_in_the_world/links/5c85327192851c695069fe4b/A-review-on-production-status-and-growing-environments-of-rice-in-Nepal-and-in-the-world.pdf
- García Guzmán, S. D., Bautista-Montealegre, L. G., & Bolaños-Benavides, M. M. (2019). Diagnóstico de la fertilidad de los suelos de cuatro municipios de Cundinamarca (Colombia) para la producción de plátano. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 22(1).
- Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-42262019000100309&script=sci_arttext
- García, Y., Ramírez, W., & Sánchez, S. (2012). Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. *Pastos y forrajes*, 35(2), 125-138. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03942012000200001&script=sci_arttext
- Gathala, M. K., Ladha, J. K., Kumar, V., Saharawat, Y. S., Kumar, V., Sharma, P. K., ... & Pathak, H. (2011). Tillage and crop establishment affects sustainability of South Asian rice–wheat system. *Agronomy Journal*, 103(4), 961-971. Disponible en: <https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2134/agronj2010.0394>
- Gómez, J.J.C., Muñoz, R B., Rodríguez, M.D.L.H. (2015). Calidad del agua para riego en la agricultura protegida en Tlaxcala. *Ingeniería*, 19(1), 39-50. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/467/46750924004.pdf>

- Hattori, Y., Nagai, K. y Ashikari. (2011). Rice growth adapting to deepwater. *Current Opinion in Plant Biology*, 14, 100 - 105. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1369526610001275>
- Hernández Jiménez, A., Vera Macías, L., Naveda Basurto, C. A., Guzmán Cedeño, Á. M., Vivar Arrieta, M., Roberto Zambrano, T., ... López Alava, G. A. (2017). Variaciones en algunas propiedades del suelo por el cambio de uso de la tierra, en las partes media y baja de la microcuenca Membrillo, Manabí, Ecuador. *Cultivos Tropicales*, 38(1), 50-56. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362017000100006&script=sci_arttext
- Herrea-Ramos, A.C. (16 de abril 2021). Salud del suelo. Disponible en: <https://disagro.com.pa/salud-del-suelo>
- IAgua (2017). El uso simultáneo de agua y nitrógeno mejora la sostenibilidad de los cultivos. Disponible en: <https://www.iaqua.es/noticias/espana/universidad-politecnica-madrid/17/01/09/uso-simultaneo-agua-y-nitrogeno-mejora>
- IAgua. (24 de abril 2017). Interpretación de un análisis de agua para riego. IAqua Blog. Disponible en: <https://www.iaqua.es/blogs/miguel-angel-monge-redondo/interpretacion-analisis-agua-riego>
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). (s/f). El Cultivo del Arroz en República Dominicana: un Cultivo Básico en la Alimentación del País. Disponible en: <http://www.iica.int/es/prensa/noticias/el-cultivo-del-arroz-en-rep%C3%BAblica-dominicana>
- INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria) (01 mayo 2009). Cultivo del Arroz Guía Tecnológica para la Producción de Arroz (*Oryza Sativa* L.). Disponible en: <https://www.studocu.com/latam/document/universidad-nacional-agraria/agricola-y-forestal/5291574-kjhkhk/56818949>
- Intagri. (2018). La salud del suelo. Serie Suelos, Núm. 37. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 3 p. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/suelos/la-salud-del-suelo>
- Jamioy Orozco, D.D. (2011). Propuesta de indicadores de calidad edafológicos para valorar la influencia de los sistemas productivos sobre algunas propiedades físicas y químicas en suelos oxisoles del piedemonte llanero Colombiano. (Tesis de maestría). Palmira, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/10095>
- Kamoshita, A, Babu, R. C., Boopathi, N. M. y Fukai, S. (2008). Phenotypic and genotypic analysis of drought - resistance traits for development of rice cultivars adapted to rainfed environments. *Field Crops Res.*, 109, p.1 - 23. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378429008001287>

- Lal, R. Soil quality and agricultural sustainability. (1998). In: Soil quality and agricultural sustainability. (Ed. R. Lal). Ann Arbor Press, Chelsea, MI. p. 3.
- Lal, R. (2014). Societal value of soil carbon. *J. Soil Water Conserv.* 69: 186-192.
- Linares Ojeda, R. M. (2012). Análisis químico del agua: Proyecto de Explotación Agrícola en Berja. Anejo 3: Análisis químico del agua de riego. Disponible en: <http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/872/Anejo%203.Analisis%20quimico%20del%20agua.pdf>
- MA (Ministerio de Agricultura de la República Dominicana). (2023). Estadísticas Agropecuarias: Siembra, cosecha, producción y rendimientos. Disponible en: <https://agricultura.gob.do/category/estadisticas-agropecuarias/siembra-cosecha-produccion-y-rendimientos/siembra-cosecha-produccion-y-rendimientos-siembra-cosecha-produccion-y-rendimientos/> Consultado: 04/07/2023
- Manoj, D., Bongkam, P., Sewak, R. (2017). Physico-chemical properties of soils under different land uses in Longleng district soils of Nagaland. *Asian Journal of Soil Science*, 12(2), 307-313. Disponible en: [http://researchjournal.co.in/online/AJSS/AJSS%2012\(2\)/12_307-313_A.pdf](http://researchjournal.co.in/online/AJSS/AJSS%2012(2)/12_307-313_A.pdf)
- McCallum, J. (25 julio 2022). Abordar la seguridad alimentaria con arroz climáticamente inteligente: Cómo el arroz puede lograr la seguridad alimentaria y mitigar las emisiones de metano en tándem. Disponible en: <https://apolitical.co/solution-articles/es/abordar-la-seguridad-alimentaria-con-arroz-climaticamente-inteligente>
- Méndez Delgado, F., González, J. (2009). Evaluación de la calidad del agua de riego usada en los cultivos de arroz de la zona alta de la meseta de la ciudad de Ibagué (Tolima, Colombia). *Tumbaga*, 1(4), 73-84. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3631988>
- MEPYD (Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo). (2012). Ley 1-12 Estrategia Nacional de Desarrollo (END 2020-2030). Disponible en: <https://mepyd.gob.do/mepyd/wp-content/uploads/archivos/end/marco-legal/ley-estrategia-nacional-de-desarrollo.pdf>
- Mickelbart, M. V. and Arpaia, M. L. (2002). Rootstock influences changes in ion concentrations, growth, and photosynthesis of 'Hass' avocado trees in response to salinity. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 127:649-655.
- Ministerio de Agricultura (2014). República Dominicana es modelo regional en producción de semilla de arroz. Disponible en: <https://agricultura.gob.do/noticia/republica-dominicana-es-modelo-regional-en-produccion-de-semilla-de-arroz/>
- Monge, M.A. (08 de junio 2022). Calidad del agua de riego. Disponible en: https://www.revistaagricultura.com/agua/regadios/calidad-del-agua-de-riego_14516_118_18029_0_2_in.html

- Moquete, C. (2004). Generalidades del Cultivo de Arroz en la República Dominicana, Santo Domingo, DO. Primera edición. 57 p.
- Morales, R. L., & Pavón, F. J. P. (2022). Calidad y uso potencial de las aguas del río Tipitapa. *Revista Torreón Universitario*, 11(31), 134-146. DOI: <https://doi.org/10.5377/rtu.v11i31.14292>
- Nannipieri, A. (1995). *Methods in applied soil microbiology and biochemistry*. London: Academic Press.
- Navarro Bravo, A., Figueroa Sandoval, B., Martínez Menes, M., González Cossio, F., & Osuna Ceja, E. S. (2008). Indicadores físicos del suelo bajo labranza de conservación y su relación con el rendimiento de tres cultivos. *Agricultura técnica en México*, 34(2), 151-158.
- Navarro Bravo, A.; Figueroa Sandoval, B.; Sangerman J.; Dora, M.A.; Osuna Ceja, E.S. (2012). Propiedades físicas y químicas del suelo bajo labranza de conservación y su relación con el rendimiento de tres cultivos. *Rev. Mex. Ciencias Agrícolas*. 3(spe4):690-697.
- Naylor, RL; Battisti, DS; Vimont, DJ; Falcon, WP; Burke, MB. (2007). Assessing risks of climate variability and climate change for Indonesian rice agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.0701825104>
- Núñez-Acosta, F.A., Manzueta- Domínguez, I.M., Durán Almánzar, W.H. (2022). Evaluación de la calidad de las aguas utilizadas en la producción de arroz de la zona de riego Yuna-Camú, distrito municipal Angelina. Tesis de grado para Optar por el Título de Ingeniero Agrónomo, Mención Producción Agrícola. UTECO, Cotuí, Rep. Dom.
- O'Toole, J.C. (2004). Rice and water: The final frontier. *Proceedings of the First International Conference on Rice for the Future*, Bangkok. 31 Aug.-2 Sept. 26. Kasetsart University, Bangkok. Disponible en: <http://fiscalresearchcenter.issuelab.org/resources/10935/10935.pdf>
- Ordoñez Tacza, G. (2019). Propiedades y nivel de Fertilidad del suelo en dos posiciones fisiográficas en la Comunidad Campesina de Chala, Distrito de San José de Quero, Concepción, Junín, 2017. Disponible en: https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/6254/T010_4608496_6_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Patil, P.N.; Sawant, D.V.; Deshmukh, R.N. (2012). Physico-chemical parameters for testing of water - A review. *IJES* (3): 1194-1207. doi: 10.6088/ijes.2012030133028
- PennState Extension. (2021). Interpretación de los análisis del agua de riego. Interpretación básica de cómo diversos parámetros de calidad del agua pueden influir en el crecimiento de las plantas durante el riego.

- Disponible en: <https://extension.psu.edu/interpretacion-de-los-analisis-del-agua-de-riego#:~:text=Todas%20las%20fuentes%20de%20agua,suministros%20de%20agua%20de%20Pensilvania.>
- Pereira Quisintuña, C. J. (2019). Manejo y conservación de suelos en plantación de arroz bajo riego en el Ecuador (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2019). Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/6598/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000193.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pérez, A. (2009). Desarrollo y aplicación de estrategias tecnológicas para el manejo y mejoramiento de la calidad y salud de suelos arroceros de República Dominicana IV Seminario de Investigación Científica: Seminarios y conferencias Intencional. FONDOCYT 2008, Disponible en: <https://mescyt.gob.do/wp-content/uploads/2022/02/IV-Seminario-2008-Libro-Resumen.pdf>
- Pineda Suárez, D., Morales Montaña, H. (2018). Principios básicos para el manejo eficiente del agua en el cultivo de arroz en Colombia. FEDEARROZ, Bogotá, Colombia. Disponible en: https://fedearroz.s3.amazonaws.com/media/documents/cartilla_agua_ZluezIc.pdf
- Pnuma, F. y. (2022). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Obtenido de Evaluación mundial de la contaminación del suelo – Resumen para los formuladores de políticas.: <https://www.fao.org/documents/card/es/c/cb4827es>
- Pozo-Galves, C., Cabrera-Alonso, J. R., Márquez-Reina, E., Hernández-Hernández, O., Ruiz-Sánchez, M., & Domínguez-Palacio, D. (2017). Características y clasificación de suelos Gley Nodular Ferruginoso bajo cultivo intensivo de arroz en Los Palacios. *Cultivos Tropicales*, 38(4), 58-64. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362017000400011&script=sci_arttext
- Prieto, B.; Peroza, J.; Grandet, G. (2010). Efecto de labranza y manejo de materiales orgánicos sobre algunas propiedades físicas y químicas de un vertic endoaquept del valle del Sinú, Córdoba Colombia. *Temas Agrarios*. 15(2):27. 10.21897/rta.v15i2.677
- Prismab. (4 de mayo 2022). Calidad del suelo. Parte 3: pH y acidez del suelo. Disponible en: <https://prismab.com/blog/calidad-del-suelo-parte-3-ph-y-acidez-del-suelo/>
- RedAgrícola. (2021). Cultivos, Cereales: Arroz: Programa de Adopción Masiva de Tecnología (AMTEC) de FEDEARROZ logra desempeño del cultivo con mayor eficiencia. Sostenibilidad en el uso de agua en cultivos de arroz. Disponible en: <https://redagricola.com/sostenibilidad-en-el-uso-de-agua-en-cultivos-de-arroz/>
- Rodríguez, O., E. Guerra y V. Rodríguez. (s.f). Fertilidad edáfica potencial según la CIC determinada con cloruro de amonio. Zulia, Venezuela. p 6.
- Sadeghian, S. (2016). La acidez del suelo una limitante común para la producción de café. Disponible en: <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/704/1/avt0466.pdf>

- Sadeghian, S., Lince, L. (2014). Variabilidad del suelo en lotes cafeteros: Consideraciones para el muestreo. Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé). Disponible en: <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/485/1/avt0446.pdf>
- Sánchez-Maranon, M., Soriano, M., Delgado, G., Delgado, R. (2002). Soil quality in Mediterranean mountain environments: effects of land use change. *Soil Science Society of America Journal*, 66(3), 948-958.
- Singer, M.J. Ewing, S. (2000). Soil quality. En: Handbook of soil science. (Ed. M.E. Sumner). CRC Press. Boca Raton, Florida, USA. p. 271.
- Sione, S. M. J. (2012). Evaluación del impacto del sistema de producción de arroz sobre el suelo (Doctoral dissertation, Universidade da Coruña). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=43492>
- SISA (Sistema de Información Simplificado Agrícola). (2021). Arroz 2020-2021. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de Argentina, Instituto Nacional de Semillas. Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/sisa_if_arroz_2021.pdf
- SOSBAI (Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado). (2018). Recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil. XXXII Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado, Farroupilha, RS, Brasil. Disponible en: https://www.sosbai.com.br/uploads/documentos/recomendacoes-tecnicas-da-pesquisa-para-o-sul-do-brasil_906.pdf
- SQI-Soil Quality Institute. (1996). Indicators for soil quality evaluation. USDA natural resources conservation service. The National Soil Survey Center / The Soil Quality Institute, NRCS, USDA / The National Soil Tilth Laboratory, Agricultural Research Service. USA.
- U.S. EPA [U.S. Environmental Protection Agency]. (1973). Water Quality Criteria 1972. Section V. Agricultural Uses of Water. Water for Irrigation. EPA R3.73.035.
- Ulloa, M. C. (2021). Memorias científicas del XII congreso latinoamericano de agronomía. Ecuador : Martina Mz. 1 V. 4 Guayaquil, Ecuador .
- USDA (United State of Agriculture Department). (1999). Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo. USDA, Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo. Disponible en: <https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-10/Gu%C3%ADa%20para%20la%20Evaluaci%C3%B3n%20de%20la%20Calidad%20y%20Salud%20del%20Suelo.pdf>
- Vallejo-Quintero, V. E. (2013). Importancia y utilidad de la evaluación de la calidad de suelos mediante el componente microbiano: experiencias en sistemas silvopastoriles. *Colombia forestal*, 16(1), 83-99. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-07392013000100006

- Agricultura, M. d. (2015). *Cluster de Molineros de Arroz del Noroeste*. Obtenido de <https://www.competitividad.org.do/wp-content/uploads/2016/06/Estudio-de-diversificacion-de-Arroz-2015.pdf>
- Bioenergy, G. (2019). La importancia de la materia orgánica . Obtenido de <https://geniabioenergy.com/importancia-materia-organica-en-el-suelo/>
- Acevedo, M. (2006). *Origen, evolucion y diversidad del arroz*. Obtenido de <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-agraria-de-la-selva/ciencias/origen-diversidad-arroz-acevedo/24453372>
- Alvarez, G. y. (2018). Caracterización de la calidad del agua en una finca arroceras del sur de España. En *Agricultura Técnica* (págs. 145-154). España.
- ASENSIO, D. S. (2017). *La conductividad eléctrica del suelo como indicador de la capacidad de uso de los suelos de la zona norte* . Obtenido de : <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/94368/GALLART%20-%20La%20conductividad%20el%C3%A9ctrica%20del%20suelo%20como%20indicador%20de%20la%20capacidad%20de%20uso%20de%20los%20suelos....pdf?sequence=1>
- Barahona-Amores, L. A. (2018). *Absorción de nutrientes en arroz en*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/437/43759027007/html/>
- Bioagro. (2020). *FRACCIONAMIENTO DE FÓSFORO EN SUELOS CULTIVADOS CON ARROZ POR LARGOS PERÍODOS DE TIEMPO*. Obtenido de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612016000100002
- Bioenergy, G. (2019). *La importancia de la materia orgánica* . Obtenido de <https://geniabioenergy.com/importancia-materia-organica-en-el-suelo/>
- Blanco, J. (10 de Abril de 2020). *Infoagronomo*. Obtenido de <https://infoagronomo.net/que-es-la-textura-del-suelo-como-se-clasifica/>
- C., J. H. (2020). *Fertilización del cultivo de arroz*. Obtenido de <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/68052/Capitulo%2016.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- Chakraborty. (2012). Characterization of soils in relation to rice cultivation in different agro-climatic zones of India. En *Journal of Agricultural Science and Technology* (págs. 120-132). India: Saha, S., & Ghosh.
- (2015). *Cluster de Molineros de Arroz del Noroeste* . Diciembre.
- CMAN. (12 de Diciembre de 2015). *competitividad.org*. Obtenido de <https://www.competitividad.org.do/wp-content/uploads/2016/06/Estudio-de-diversificacion-de-Arroz-2015.pdf>
- CMAN. (12 de Diciembre de 2015). *competitividad.org*. Obtenido de <https://www.competitividad.org.do/wp-content/uploads/2016/06/Estudio-de-diversificacion-de-Arroz-2015.pdf>

- Custorio, E. y. (2001). *Hidrología Subterránea (2da. Edición)*.
- DFINNOVA. (2020). *Industria de los cereales y derivados*. Obtenido de <https://dfinnova.com/2022/06/27/el-arroz-uno-de-los-productos-agricolas-mas-importantes/>
- Elpidio Avilés, A. P. (2013). *Índices de calidad y salud de suelos en fincas arroceras en tres regiones de la Republica Dominicana* . San Pedro de Macoris .
- FAO. (2010). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Obtenido de FAOWATER: https://www.unwater.org/wwd10/downloads/WWD2010_FAQS_ES.pdf
- FAO. (2018). *Rice Market Monitor. Food and Agriculture Organization of the United Nations*.
- FAO. (2022). *La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Obtenido de <https://www.fao.org/documents/card/es/c/cb4827es>
- Fernandez, D. C. (2019). *GUÍA PARA LA TOMA DE MUESTRAS DE SUELO Y TEJIDOS*. Costa Rica : Ing. Kattia Lines Gutiérrez, MGA, INTA-Costa Rica.
- Fernandez, L. (12 de Enero de 2012). *INTEC*. Obtenido de https://www.intec.edu.do/downloads/documents/institucionales/marco-legal/Ley_1-12_LEY_ORGANICA_DE_LA ESTRATEGIA NACIONAL DE DESARROLLO.pdf
- Fertilab. (2015). *La textura y la fertilidad del suelo* . Obtenido de <https://www.fertilab.com.mx/Sitio/notas/NT-19-014-La-textura-y-la-fertilidad-del-suelo.pdf>
- Fertilizer. (2016). Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/las-funciones-del-potasio-en-la-nutricion-vegetal>
- Figuerola, J. P. (2005). *Una herramienta básica de la agricultura*. Obtenido de <https://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/20.500.13082/32301/Muestreo%20y%20an%C3%A1lisis%20de%20suelo.pdf?sequence=1>
- Fósforo, (. d. (2004). *Requerimientos nutricionales de los cultivos*. Obtenido de International Plant Nutrition Institute (IPNI): <http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/0/0B4CDA48FABB6>
- grattan, M. a., & et, H. (1999). *Institucion de Investigacion y Formacion Agraria Y Pesquera*.
- Guevara, M. E. (Noviembre de 2012). *CALIDAD DEL AGUA Y MANEJO DE SUS DIFERENTES*. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/53103301.pdf>
- Hillock, D. (Julio de 2022). *Oklahoma State University*. Obtenido de <https://extension.okstate.edu/fact-sheets/mejorando-la-fertilidad-del-suelo-del-huerto.html>

- IICA. (2010). *INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACIÓN PARA LA AGRICULTURA*. Obtenido de <https://www.iica.int/es/prensa/noticias/el-cultivo-del-arroz-en-republica-dominicana>
- IICA. (2016). Obtenido de <https://www.ennomotive.com/es/reto/reduccion-del-consumo-de-agua-en-el-cultivo-del-arroz/>
- Infoagro. (2019). *Infoagro*. Obtenido de <https://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/arroz.htm>
- Mancilla-Villa et al. (12 de Diciembre de 2016). *Oscar Raúl Mancilla Villa*. Obtenido de https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292016000600007
- McCallum, J. (25 de Julio de 2022). *apolitical* . Obtenido de <https://apolitical.co/solution-articles/es/abordar-la-seguridad-alimentaria-con-arroz-climaticamente-inteligente>
- Mello, D. (2016). *Caracterización de la estructura del suelo en fincas arroceras mediante tomografía de rayos X*. Italia .
- Mello, D. (2018). *Evaluación de la calidad del suelo en fincas arroceras*. Rio Grande del sur.
- METTLER TOLEDO. (2019). Obtenido de <https://www.mt.com/es/es/home/library/applications/lab-analytical-instruments/measurement-pH-of-rice.html#:~:text=Las%20muestras%20de%20arroz%20son,tipo%20de%20grano%20a%20otro.>
- Molina, E. (2019). *ANÁLISIS DE SUELOS*. Obtenido de <http://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOriental/Documents/Suelos/SUELOS-AMINOGROWanalisisinterpretacion.pdf>
- Muñoz, D. A. (2016). *Diagnóstico de la degradación de los suelos en cultivos de arroz riego* . Obtenido de https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/57887/2016-David_Alejandro_Mu%C3%B1oz.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Nannipieri, A. (1995). *Methods in applied soil microbiology and biochemistry*. London: Academic Press.
- Noemeller et al. (2021). *USDA*. Obtenido de <https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-10/Gu%C3%ADa%20para%20la%20Evaluaci%C3%B3n%20de%20la%20Calidad%20y%20Salud%20del%20Suelo.pdf>
- Pamies, B. y. (2016). *Descripcion Botanica del Arroz*. Obtenido de http://sri.ciifad.cornell.edu/countries/DR/DR_Tesis_Guzman18.pdf
- Patil et al., 2., & Páez- Sánchez et al., 2. (2012,2013). Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992017000100085

- Pineda, D. F. (12 de Enero de 2021). *Redagricola* . Obtenido de <https://www.redagricola.com/co/sostenibilidad-en-el-uso-de-agua-en-cultivos-de-arroz/>
- PNUMA, F. y. (2022). *Organizacion de las Naciones Unidad para la Alimentacion y la Agricultura*. Obtenido de Evaluación mundial de la contaminación del suelo – Resumen para los formuladores de políticas.: <https://www.fao.org/documents/card/es/c/cb4827es>
- Ramírez, F. y. (2002). *Absorción de nutrientes por los frutos*. Costa Rica .
- Rao. (2014). Journal of Agricultural Science and Technology. En *Characterization of soils in relation to rice cultivation in different agro-climatic zones of India*. (págs. 291-298). India: Pathak, P., & Chander, S.
- Rojas, O. E. (Septiembre de 2006). *Determinación de la calidad fisicoquímica del agua del*. Obtenido de <https://biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/tesis/Q169.pdf>
- Sandoval, J. O. (2015). *Manejo integral de los suelos en el cultivo de arroz*. Obtenido de <file:///C:/Users/Usuario%20Principal/Downloads/Manejo%20del%20suelos%20para%20arroz.pdf>
- tecnológica, A. d. (2019). *Sistema de producción del cultivo de arroz en zonas con alta salinidad en suelos y agua*.
- Ulloa, M. C. (2021). *Memorias científicas del XII congreso latinoamericano de agronomía*. Ecuador : Martina Mz. 1 V. 4 Guayaquil, Ecuador .
- Valdovinos, E. K. (12 de Diciembre de 2016). *Scielo*. Obtenido de https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292016000600007
- Veritas. (2008). Obtenido de <https://blogdefagro.com/2022/07/18/check-list-parametros-para-el-agua-de-riego/#:~:text=La%20calidad%20del%20agua%20es,para%20mantener%20la%20calidad%20ambiental>.
- WikiFarmer. (2017). *Manejo de Nutrientes en Cultivos de Arroz*. Obtenido de <https://wikifarmer.com/es/manejo-de-nutrientes-en-cultivos-de-arroz-fertilizacion-de-la-planta-de-arroz/>

ANEXOS

Anexo 1. Triángulo de textura. Disponible en:
https://energypedia.info/images/archive/7/73/20190429141352%21RIEGA_Herramienta_de_suelos.xlsx

RIEGA – Herramienta de suelos
 Introduzca valores para determinar su tipo de suelo

2 CALCULADOR DE TEXTURA

Código granja 0

Porcentaje de arena:

Porcentaje de arcilla:

Porcentaje de limo:

Textura del suelo:

Silt - Característica:

Capacidad de campo (CC):	30 %
Pto. marchitez permanente (PMP):	6 %

Definiciones:

La **capacidad de campo** es la cantidad de humedad del suelo o el contenido de agua que se mantiene en el suelo una vez se ha drenado el exceso de agua y ha disminuido la velocidad del movimiento descendente.

El **punto de marchitez permanente** es el punto mínimo de humedad del suelo que necesita para que la planta no se marchite.

Triángulo de textura de suelo

Calculador adaptado de: [United States Department of Agriculture](#)

Anexo 2. Atributos usados como indicadores de calidad de suelos agrícolas, valores límites.

Indicador	Valor máximo (I _{max}) [†]	Valor mínimo (I _{min}) [‡]
pH (H ₂ O) (1:2)	7.5	5.0
Materia orgánica (MO) (%)	6.0	2.0
[§] P _{ext} (Olsen) (ppm)	20.0	8.0
^Φ Ca _{int} (cmol kg ⁻¹)	35.0	8.0
[⊖] Mg _{int} (cmol kg ⁻¹)	5.0	2.0
^{††} K _{int} (cmol kg ⁻¹)	1.0	0.2
^{¶¶} CICE (cmol kg ⁻¹)	40.0	15.0
^{§§} C _{BM} (mg kg ⁻¹)	400.0	10.0

[†]Imin: valor mínimo del atributo; ^{¶¶}I_{max}: valor máximo del atributo; [§]P_{ext}: fósforo extractable; ^ΦCa_{int}: calcio intercambiable; [⊖]Mg_{int}: magnesio intercambiable; ^{††}K_{int}: potasio intercambiable; ^{¶¶}CICE: capacidad de intercambio catiónico efectiva; ^{§§}C_{BM}: carbono de la biomasa microbiana.

Anexo 3. Requerimientos nutricionales para la producción de arroz

Según INPOFOS, SF los requerimientos nutricionales del cultivo del arroz son los siguientes:

Nutrientes	Unidades	Escala		
		Pobre	Medio	Alto
Nitrógeno (N)	%	<0.07	0.07 – 0.15	>0.15
Fósforo (P)	ppm	<10	10 – 20	>20
Potasio (K)	meq/100 g	<0.02	0.2 – 0.3	>0.3
Calcio (Ca)	meq/100 g	<2.5	2.5 – 5.5	>5.5
Magnesio (Mg)	meq/100 g	<0.3	0.3 – 1.0	>1.0
Materia Orgánica (MO)	%	<2	2 - 4	>4

Fuente: <http://repositorio.unflep.edu.ni/48/1/D0027-2016%20%28Listo%29.pdf>

Anexo 4. Parámetros de calidad del agua de riego para uso agrícola.

Parámetro de calidad	Unidades	Grado de restricción		
		Ninguno	Leve a moderado	Severo
Salinidad				
Conductividad eléctrica (CE)	dS/m	< 0.7	0.7 – 3.0	> 3.0
Sólidos disueltos totales (TDS)	mg/L	< 450	450 – 2000	> 2000
Efecto de iones específicos				
Relación de adsorción de sodio (RAS)		< 3.0	3.0 – 9.0	> 9.0
Sodio (Na ⁺)	meq/L	< 5	5 – 10	> 10
Bicarbonatos (HCO ₃ ⁻)	meq/L	< 1.5	1.5 – 8.5	> 8.5
Cloruros (Cl ⁻)	meq/L	< 4.0	4.0 – 10.0	> 10
Boro (B ³⁺)	mg/L	< 0.7	0.7 – 3.0	> 3.0
Manganeso (Mn ²⁺)	mg/L	< 0.1	0.1 – 1.5	> 1.5
Hierro (Fe ²⁺)	mg/L	< 0.1	0.1 – 1.5	> 1.5
Sulfuro de hidrógeno (H ₂ S)	mg/L	< 0.5	0.5 – 2.0	> 2.0

Fuente: Nakayama, 1982; Ayers y Wescot, 1985. Disponible en:

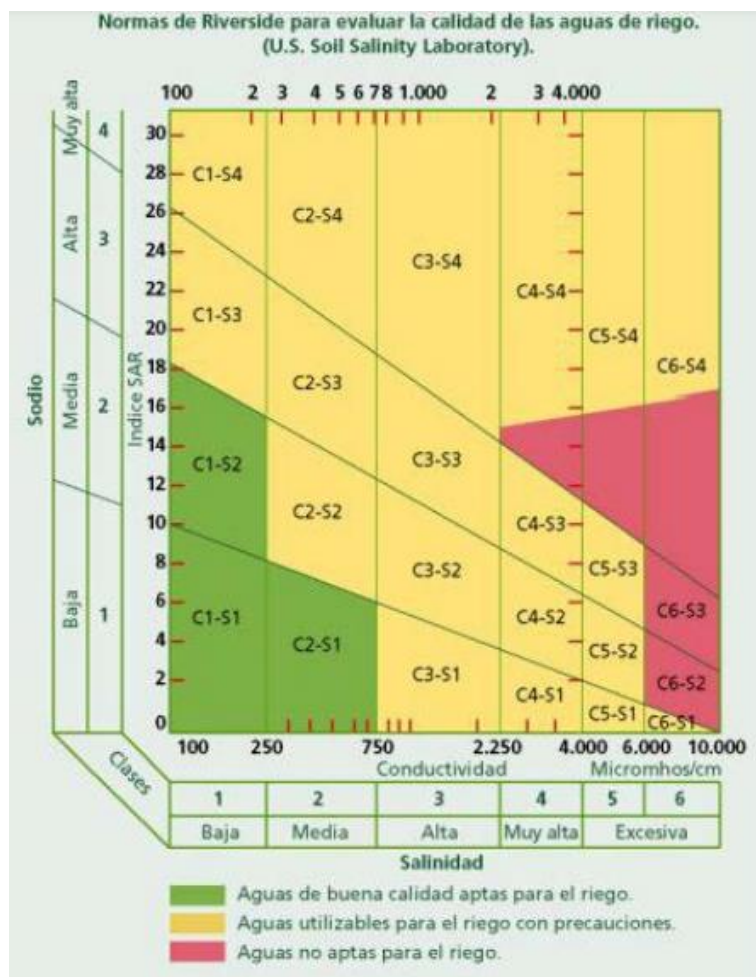
<https://www.fertilab.com.mx/Sitio/notas/CALIDAD%20DEL%20AGUA%20DE%20RIEGO.pdf>

Anexo 5. Criterios y grado de restricción para evaluar la calidad de aguas para riego.

Tabla 1. Determinaciones de laboratorio necesarias para evaluar la calidad del agua para riego (Adaptado de Ayers y Westcot, 1985).			
Parámetro	Símbolo	Unidad	Rango usual
Salinidad			
Conductividad eléctrica	CEa	dS m ⁻¹	0 - 3
Total sólidos disueltos	TSD	mg l ⁻¹	0 - 2000
Cationes y aniones			
Calcio	Ca ⁺⁺	cmol(+) l ⁻¹	0 - 20
Magnesio	Mg ⁺⁺	cmol(+) l ⁻¹	0 - 5
Sodio	Na ⁺	cmol(+) l ⁻¹	0 - 40
Potasio	K ⁺	cmol(+) l ⁻¹	0 - 0.2
Carbonatos	CO ₃ ⁼	cmol(+) l ⁻¹	0 - 0.1
Bicarbonatos	HCO ₃ ⁻	cmol(+) l ⁻¹	0 - 10
Cloruros	Cl ⁻	cmol(+) l ⁻¹	0 - 30
Sulfatos	SO ₄ ⁼	cmol(+) l ⁻¹	0 - 20
Nitratos	NO ₃ ⁻	cmol(+) l ⁻¹	0 - 5
Misceláneos			
Boro	B	mg l ⁻¹	0 - 2
Reacción	pH		6 - 8.5
Relación adsorción de sodio	RAS*	[cmol(+) l ⁻¹] ^{1/2}	0 - 15
* RAS = $Na / [(Ca + Mg) / 2]^{1/2}$			

Fuente: García (2012). Disponible en: [http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/B3BD6ED103283DDD85257A2F005EF91B/\\$FILE/6%20Art.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/B3BD6ED103283DDD85257A2F005EF91B/$FILE/6%20Art.pdf) .

Anexo 6. Normas de Riverside para evaluar la calidad de las aguas de riego (u.s. soil salinity laboratory) y tabla de clasificaciones de las agua de riego de acuerdo a esta norma.



Fuente: recuperado de:

https://biblioteca.uajms.edu.bo/biblioteca/opac_css/doc_num.php?explnum_id=12837

Tabla 6.-Clasificaciones de las aguas según las normas Riverside.

Tipos	Calidad y normas de uso
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.

Fuente: recuperado de:

https://biblioteca.uajms.edu.bo/biblioteca/opac_css/doc_num.php?explnum_id=12837

Anexo 7. Resultados de análisis de análisis de muestras de suelos y agua de riego, recolectadas en fincas arroceras de las regiones Noroeste, Norcentral y Nordeste.



Resultados de Ensayos de Aguas de Riego



Consecutivo: 0337

Número de Servicio: FQ20230823

Fecha de Ejecución de los Ensayos: 25/05/2023

ENSAYOS	CODIFICACION DE LAS MUESTRAS					METODO DE ENSAYO
	2067	2068	2069	2070	2071	
pH	6.42	7.36	8.05	6.92	6.80	Ver observaciones
Conductividad eléctrica (micromhos/cm)	232.0	824.00	595.00	190.50	188.40	Ver observaciones
Sólidos totales disueltos (meq/L)	2.32	8.24	5.95	1.91	1.88	Ver observaciones
Calcio (Ca) (meq/L)	1.77	2.95	2.23	1.76	1.36	Ver observaciones
Magnesio (Mg) (meq/L)	1.98	7.36	2.94	1.25	1.07	Ver observaciones
Potasio (K) (meq/L)	0.17	0.04	0.05	0.01	0.70	Ver observaciones
Sodio (Na) (meq/L)	0.92	0.75	0.82	0.22	0.25	Ver observaciones
Cloruros (Cl ⁻) (meq/L)	0.01	0.06	0.02	0.00	0.00	Ver observaciones
Fosforo (P) (mg/L)	0.08	0.20	0.24	0.01	0.01	Ver observaciones
Nitrogeno (N) (%)	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	Ver observaciones
Carbonatos (CO ₃ ²⁻) (meq/L)	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	Ver observaciones
Bicarbonatos (HCO ₃ ⁻) (meq/L)	1.36	7.42	1.98	1.68	1.51	Ver observaciones
Sulfatos (SO ₄ ²⁻) (meq/L)	0.55	0.46	2.61	0.34	0.29	Ver observaciones
Relación de adsorción de sodio (RAS)	0.23	0.33	0.51	0.18	0.23	
Porcentaje de sodio intercambiable (PSI)	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	
Na ₂ CO ₃ residual (meq/L)	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	
Clasificación	C1-S1	C3-S1	C2-S1	C1-S1	C1-S1	
Peligro de salinidad	Bajo	Alto	Moderado	Bajo	Bajo	
Peligro de sodicidad	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	
Aptitud del agua para el riego	Aguas de buena calidad aptas para el riego.	Aguas utilizables para el riego con precauciones.	Aguas de buena calidad aptas para el riego.	Aguas de buena calidad aptas para el riego.	Aguas de buena calidad aptas para el riego.	

CODIGO	DESCRIPCION DE MUESTRAS
2067	Agua Productor: Jose Manuel, Contrabe
2068	Agua fuente drenaje de torrente (IDIAF)
2069	Agua productor: Urano Saldaña Esperanza
2070	Agua IDEAF Juma 22/02/2023
2071	Agua Productor: Negro Gonzales, El Llano, Jayaco

OBSERVACIONES:

N/D significa no detectado. La referencia de los métodos de ensayo es el Standard Method For the Examination of Water and Wastewater, 22ND Edition. Los resultados reportados solamente aplican a la muestra suministrada por el cliente.



Página: 2 de: 10



Resultados de Ensayos de Aguas de Riego



Consecutivo: 0337

Número de Servicio: FQ20230823

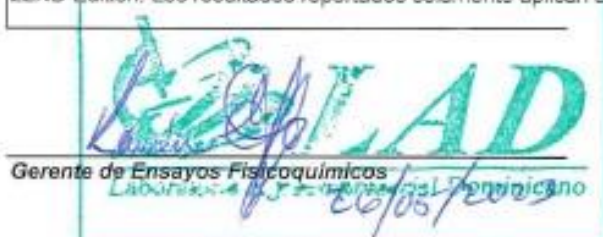
Fecha de Ejecución de los Ensayos: 18/05/2023

ENSAYOS	CODIFICACION DE LAS MUESTRAS					METODO DE ENSAYO
	2072	2073	2074	2075	2076	
pH	6.21	6.08	6.38	6.81	6.31	Ver observaciones
Conductividad eléctrica (micromhos/cm)	233.0	353.00	170.30	412.00	694.00	Ver observaciones
Sólidos totales disueltos (meq/L)	2.33	3.53	1.70	4.12	6.94	Ver observaciones
Calcio (Ca) (meq/L)	1.70	2.55	1.35	4.40	2.59	Ver observaciones
Magnesio (Mg) (meq/L)	2.25	1.76	1.44	1.37	1.96	Ver observaciones
Potasio (K) (meq/L)	0.15	0.16	0.02	< 0.01	0.87	Ver observaciones
Sodio (Na) (meq/L)	0.41	0.72	0.23	0.11	0.77	Ver observaciones
Cloruros (Cl ⁻) (meq/L)	0.01	0.01	0.00	0.00	0.05	Ver observaciones
Fosforo (P) (mg/L)	0.01	0.10	0.02	0.00	0.12	Ver observaciones
Nitrogeno (N) (%)	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	Ver observaciones
Carbonatos (CO ₃ ²⁻) (meq/L)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Ver observaciones
Bicarbonatos (HCO ₃ ⁻) (meq/L)	1.59	1.44	1.44	4.22	1.20	Ver observaciones
Sulfatos (SO ₄ ²⁻) (meq/L)	0.83	1.49	0.27	0.07	2.66	Ver observaciones
Relación de adsorción de sodio (RAS)	0.29	0.49	0.20	0.07	0.51	
Porcentaje de sodio intercambiable (PSI)	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	
Na ₂ CO ₃ residual (meq/L)	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	
Clasificación	C1-S1	C2-S1	C1-S1	C2-S1	C2-S1	
Peligro de salinidad	Bajo	Moderado	Bajo	Moderado	Moderado	
Peligro de sodicidad	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	
Aptitud del agua para el riego	Aguas de buena calidad aptas para el riego.	Aguas de buena calidad aptas para el riego.	Aguas de buena calidad aptas para el riego.	Aguas de buena calidad aptas para el riego.	Aguas de buena calidad aptas para el riego.	

CODIGO	DESCRIPCION DE MUESTRAS
2072	Agua Productor: Jesus Padilla, Juma Abajo
2073	Agua Productor: Angeline, La Grúa
2074	Agua Productor: 80 Prestile Mao Farro Gomez
2075	Agua Productor: Finca #2 Las Palmaritas Villa Riva, Duarte
2076	Agua Productor: Rafael Nunez Angeline

OBSERVACIONES:

N/D significa no detectado. La referencia de los métodos de ensayo es el Standard Method For the Examination of Water and Wastewater, 22ND Edition. Los resultados reportados solamente aplican a la muestra suministrada por el cliente.



Página: 3 de 10



Resultados de Ensayos de Aguas de Riego



Consecutivo: 0337

Número de Servicio: FQ20230823

Fecha de Ejecución de los Ensayos: 18/05/2023

ENSAYOS	CODIFICACION DE LAS MUESTRAS					METODO DE ENSAYO
	2077	2078	2079	2080	2081	
pH	6.68	6.99	6.82	6.92	7.25	Ver observaciones
Conductividad eléctrica (micromhos/cm)	202.4	404.00	1,283.00	1,293.00	409.00	Ver observaciones
Sólidos totales disueltos (meq/L)	2.02	4.04	12.83	12.93	4.09	Ver observaciones
Calcio (Ca) (meq/L)	0.78	2.03	4.45	3.91	4.69	Ver observaciones
Magnesio (Mg) (meq/L)	1.68	1.99	5.79	5.75	3.53	Ver observaciones
Potasio (K) (meq/L)	0.02	0.04	0.07	0.08	0.04	Ver observaciones
Sodio (Na) (meq/L)	0.80	0.73	4.54	0.65	0.63	Ver observaciones
Cloruros (Cl ⁻) (meq/L)	0.01	0.01	0.08	0.08	0.01	Ver observaciones
Fosforo (P) (mg/L)	0.02	0.02	0.04	0.10	0.08	Ver observaciones
Nitrogeno (N) (%)	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	Ver observaciones
Carbonatos (CO ₃ ²⁻) (meq/L)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Ver observaciones
Bicarbonatos (HCO ₃ ⁻) (meq/L)	1.85	2.96	5.30	5.27	2.89	Ver observaciones
Sulfatos (SO ₄ ²⁻) (meq/L)	0.05	0.79	4.76	5.13	1.03	Ver observaciones
Relación de adsorción de sodio (RAS)	0.72	0.52	2.00	0.30	0.31	
Porcentaje de sodio intercambiable (PSI)	N/D	N/D	1.67	N/D	N/D	
Na:CO ₃ residual (meq/L)	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	
Clasificación	C1-S1	C2-S1	C3-S1	C3-S1	C2-S1	
Peligro de salinidad	Bajo	Moderado	Alto	Alto	Moderado	
Peligro de sodicidad	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	
Aptitud del agua para el riego	Aguas de buena calidad aptas para el riego.	Aguas de buena calidad aptas para el riego.	Aguas utilizables para el riego con precauciones.	Aguas utilizables para el riego con precauciones.	Aguas de buena calidad aptas para el riego.	

CODIGO	DESCRIPCION DE MUESTRAS
2077	Agua Productor: Payita #2 Nagua
2078	Agua parcela #3 El Lechal
2079	Agua Productor: Wilfrin Bautista Villa Vasquez
2080	Agua Productor: Anibal Cordero, Catañuela
2081	Agua Muestra #3 Mao

OBSERVACIONES:

N/D significa no detectado. La referencia de los métodos de ensayo es el Standard Method For the Examination of Water and Wastewater, 22ND Edition. Los resultados reportados solamente aplican a la muestra suministrada por el cliente.

Gerente de Ensayos Fisicoquímicos

26/05/2023

Página: 4 de: 10



Resultados de Ensayos de Fertilidad de Suelos



Consecutivo: 0338

Número de Servicio: FQ20230823

Fecha de Ejecución de los Ensayos: 26/05/2023

ENSAYOS	CODIFICACION DE LAS MUESTRAS					LIMITES	METODO DE ENSAYO
	2082	2083	2084	2085	2086		
pH en agua (1:2.5)	6.43	6.51	7.11	5.59	4.92	5.5 - 7.0	Ver observaciones
Conductividad Eléctrica ($\mu\text{mhos/cm}$)	270.00	200.40	1,215.00	293.00	339.00	< 700	Ver observaciones
Materia Orgánica (%)	2.73	2.40	2.78	2.33	2.84	3 - 7	Ver observaciones
Carbono Orgánico (%)	1.59	1.39	1.61	1.35	1.64	—	Ver observaciones
Nitrógeno (%)	0.14	0.12	0.14	0.12	0.14	—	Calculado
Fósforo (P) (mg/kg)	12.74	9.28	15.96	14.54	17.73	20 - 50	Ver observaciones
Carbonato Cálcico (%)	—	—	—	—	—	—	—
Acidez extraíble ($\text{Al}+\text{H}^+$) (meq/100g)	—	—	—	0.98	0.80	< 0.6	Ver observaciones
Calcio (Ca) (meq/100g)	9.60	17.83	17.35	14.46	13.63	4 - 30	Ver observaciones
Magnesio (Mg) (meq/100g)	9.63	16.11	10.95	3.45	3.76	1 - 8	Ver observaciones
Potasio (K) (meq/100g)	0.21	0.50	0.74	0.22	0.10	0.30 - 0.80	Ver observaciones
Sodio (Na) (meq/100g)	—	—	—	—	—	< 2	Ver observaciones
Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva (meq/100g)	19.44	34.43	29.04	19.12	18.28	5 - 30	Calculado
Saturación del Calcio (%)	49.37	51.77	59.76	75.64	74.54	65 - 80	Calculado
Saturación del Magnesio (%)	49.54	46.78	37.70	18.04	20.55	10 - 15	Calculado
Saturación del Potasio (%)	1.09	1.45	2.54	1.17	0.55	2 - 6	Calculado
Saturación del Sodio (%)	—	—	—	—	—	< 7	Calculado
Saturación del Aluminio (%)	—	—	—	5.14	4.35	< 8	Calculado
Calcio/Magnesio	1.00	1.11	1.59	4.19	3.63	2 - 5	Calculado
Calcio/Potasio	45.43	35.71	23.52	64.40	134.80	5 - 25	Calculado
Magnesio/Potasio	45.59	32.27	14.84	15.36	37.17	3 - 12	Calculado
(Calcio + Magnesio)/Potasio	91.02	67.97	38.35	79.76	171.97	10 - 40	Calculado
Cobre (Cu) (mg/kg)	—	—	—	—	—	1 - 6	Ver observaciones
Manganeso (Mn) (mg/kg)	153.25	96.34	124.76	280.99	51.97	5 - 35	Ver observaciones
Hierro (Fe) (mg/kg)	625.97	290.84	489.65	522.08	591.16	20 - 80	Ver observaciones
Zinc (Zn) (mg/kg)	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	4 - 12	Ver observaciones

CODIGO	DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS
2082	Suelo productor: Jose Manuel, Contraba.
2083	Suelo fuente drenaje de torrente (IDIAF).
2084	Suelo productor: Urano Saldña Esperanza.
2085	Suelo productor: Susio IDIAF Juma 22/02/2023.
2086	Suelo productor: Negro Gonzales, El Llano, Jayaco.

OBSERVACIONES:

Métodos de ensayo.

Conductividad y pH, Handbook on reference methods for pH and CE Soil Testing. The council on soil testing and plant analysis; 1980.

Calcio, magnesio, sodio, potasio, cobre, manganeso, hierro y zinc: Método de extracción Mehlich 3 y absorción atómica de llama.

Carbono orgánico y materia orgánica: Digestión húmeda con ácido sulfúrico y dicromato de potasio y análisis por espectrofotometría.

Acidez extraíble: Valoración con solución titulante de hidróxido de sodio.

Fósforo: Método de extracción Mehlich 3 y espectrofotometría.

Carbonato cálcico: Gasometría.



Resultados de Ensayos de Textura de Suelos



Consecutivo: 0338

Número de Servicio: FQ20230823

Fecha de Ejecución de los Ensayos: 26/05/2023

ENSAYOS	CODIFICACION DE LAS MUESTRAS					METODO DE ENSAYO
	2082	2083	2084	2085	2086	
Arena (a) %	74.00	72.00	58.00	76.00	76.00	Bouyoucos
Arcilla (A) %	4.00	11.00	10.00	3.00	8.00	
Limo (L) %	22.00	17.00	32.00	21.00	16.00	
Textura	aF	Fa	Fa	aF	Fa	

CODIGO	DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS
2082	Suelo Productor: José Manuel, Contraba.
2083	Suelo fuente drenaje de torrente (IDIAF).
2084	Suelo Productor: Urano Saldaña Esperanza.
2085	Suelo IDIAF Juma 22/02/2023.
2086	Suelo Productor: Negro Gonzalez, El Llano, Jayaco.

Leyenda.

A = Arcilloso

L = Limoso

F = Franco

a = Arenoso

Aa = Arcillo-arenoso

AL = Arcillo-limoso

FA = Franco-arcilloso

FAL = Franco-arcillo limoso

FAa = Franco-arcillo arenoso

Fa = Franco-arenoso

FL = Franco-limoso

aF = Areno-franco

Gerente de Ensayos Físicoquímicos



Página: 6 de: 10



Resultados de Ensayos de Fertilidad de Suelos



Consecutivo: 03358
 Número de Servicio: FQ20230823
 Fecha de Ejecución de los Ensayos: 26/05/2023

ENSAYOS	CODIFICACION DE LAS MUESTRAS					LIMITES	METODO DE ENSAYO
	2087	2088	2089	2090	2091		
pH en agua (1:2.5)	5.51	4.88	6.60	6.81	5.26	5.5 - 7.0	Ver observaciones
Conductividad Eléctrica (µmhos/cm)	456.00	413.00	318.00	545.00	362.00	< 700	Ver observaciones
Materia Orgánica (%)	2.83	2.78	2.26	2.86	2.86	3 - 7	Ver observaciones
Carbono Orgánico (%)	1.64	1.61	1.31	1.66	1.66	—	Ver observaciones
Nitrógeno (%)	0.14	0.14	0.11	0.14	0.14	—	Calculado
Fósforo (P) (mg/kg)	10.73	14.71	34.89	10.59	13.22	20 - 50	Ver observaciones
Carbonato Cálcico (%)	—	—	—	—	—	—	—
Acidez extraíble (AJ+H ⁺) (meq/100g)	0.40	0.40	—	—	0.60	< 0.6	Ver observaciones
Calcio (Ca) (meq/100g)	10.59	12.12	21.34	24.77	13.46	4 - 30	Ver observaciones
Magnesio (Mg) (meq/100g)	8.87	1.80	8.02	0.66	1.54	1 - 8	Ver observaciones
Potasio (K) (meq/100g)	0.76	0.18	0.32	0.20	0.29	0.30 - 0.80	Ver observaciones
Sodio (Na) (meq/100g)	—	—	—	—	—	< 2	Ver observaciones
Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva (meq/100g)	20.62	14.50	29.67	25.64	15.89	5 - 30	Calculado
Saturación del Calcio (%)	51.37	83.68	71.91	96.63	84.71	65 - 80	Calculado
Saturación del Magnesio (%)	43.02	12.41	27.02	2.58	9.68	10 - 15	Calculado
Saturación del Potasio (%)	3.66	1.27	1.08	0.78	1.85	2 - 6	Calculado
Saturación del Sodio (%)	—	—	—	—	—	< 7	Calculado
Saturación del Aluminio (%)	1.84	2.74	—	—	3.76	< 8	Calculado
Calcio/Magnesio	1.19	6.74	2.66	37.40	8.75	2 - 6	Calculado
Calcio/Potasio	14.03	65.74	66.81	123.10	45.73	5 - 25	Calculado
Magnesio/Potasio	11.75	9.76	25.10	3.29	5.23	3 - 12	Calculado
(Calcio + Magnesio)/Potasio	25.77	75.50	91.91	126.39	50.96	10 - 40	Calculado
Cobre (Cu) (mg/kg)	—	—	—	—	—	1 - 6	Ver observaciones
Manganeso (Mn) (mg/kg)	229.90	70.26	119.38	123.58	93.17	5 - 35	Ver observaciones
Hierro (Fe) (mg/kg)	579.09	575.02	489.09	572.06	697.21	20 - 80	Ver observaciones
Zinc (Zn) (mg/kg)	0.31	<0.0001	<0.0001	<0.0001	3.19	4 - 12	Ver observaciones

CODIGO	DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS
2087	Suelo productor: Jesús Padilla, Juma Abajo.
2088	Suelo productor: Angelina, La Grua.
2089	Suelo productor: 80 Pretilla Mao Farró Gomez.
2090	Suelo productor: Finca #2 Las Palmeritas Villa Riva, Duarte.
2091	Suelo productor: Rafael Nuñez Angelina.

OBSERVACIONES:

Métodos de ensayo.

Conductividad y pH: Handbook on reference methods for pH y CE Soil Testing. The council on soil testing and plant analysis; 1980.
 Calcio, magnesio, sodio, potasio, cobre, manganeso, hierro y zinc: Método de extracción Mehlich 3 y absorción atómica de llama.
 Carbono orgánico y materia orgánica: Digestión húmeda con ácido sulfúrico y dicromato de potasio y análisis por espectrofotometría.
 Acidez extraíble: Valoración con solución titulante de hidróxido de sodio.
 Fósforo: Método de extracción Mehlich 3 y espectrofotometría.
 Carbonato cálcico: Gasometría.

Gerente de Ensayos Fisicoquímicos
 26/05/2023

Página: 7 de 10



Resultados de Ensayos de Textura de Suelos



Consecutivo: 0338
 Número de Servicio: FQ20230823
 Fecha de Ejecución de los Ensayos: 25/05/2023

ENSAYOS	CODIFICACION DE LAS MUESTRAS					METODO DE ENSAYO
	2087	2088	2089	2090	2091	
Arena (a) %	74.00	72.00	62.00	72.00	78.00	Bouyoucos
Arcilla (A) %	9.00	12.00	9.00	8.00	5.00	
Limo (L) %	17.00	16.00	29.00	20.00	17.00	
Textura	Fa	Fa	Fa	Fa	aF	

CODIGO	DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS
2087	Suelo Productor: Jesús Padilla, Juma Abajo.
2088	Suelo Productor: Angeline, La Grue.
2089	Suelo Productor: 80 Pretille Mao Farro Gomez.
2090	Suelo Productor: Finca #2 Las Palmeritas Villa Riva, Duarte.
2091	Suelo Productor: Rafael Nuñez Angeline.

Leyenda.

A = Arcilloso
 L = Limoso
 F = Franco
 a = Arenoso
 Aa = Arcillo-arenoso
 AL = Arcillo-limoso
 FA = Franco-arcilloso
 FAL = Franco-arcillo limoso
 FAa = Franco-arcillo arenoso
 Fa = Franco-arenoso
 FL = Franco-limoso
 aF = Areno-franco

Gerente de Ensayos Físicoquímicos



Página: 8 de 10



Resultados de Ensayos de Fertilidad de Suelos



Consecutivo: 0338
 Número de Servicio: FQ20230823
 Fecha de Ejecución de los Ensayos: 26/05/2023

ENSAYOS	CODIFICACION DE LAS MUESTRAS					LIMITES	METODO DE ENSAYO
	2092	2093	2094	2095	2096		
pH en agua (1:2.5)	4.71	6.02	7.13	7.28	7.01	5.5 - 7.0	Ver observaciones
Conductividad Eléctrica ($\mu\text{mhos/cm}$)	338.00	578.00	927.00	1,401.00	499.00	< 700	Ver observaciones
Materia Orgánica (%)	2.87	2.85	2.85	2.75	2.38	3 - 7	Ver observaciones
Carbono Orgánico (%)	1.67	1.66	1.65	1.60	1.38	---	Ver observaciones
Nitrógeno (%)	0.14	0.14	0.14	0.14	0.12	---	Calculado
Fósforo (P) (mg/kg)	13.70	8.73	18.46	11.95	31.32	20 - 50	Ver observaciones
Carbonato Cálcico (%)	---	---	---	---	---	---	---
Acidez extraíble ($\text{Al}+\text{H}^+$) (meq/100g)	0.99	---	---	---	---	< 0.6	Ver observaciones
Calcio (Ca) (meq/100g)	11.75	22.06	28.32	29.90	19.35	4 - 30	Ver observaciones
Magnesio (Mg) (meq/100g)	4.65	8.33	9.20	16.07	8.24	1 - 8	Ver observaciones
Potasio (K) (meq/100g)	0.21	0.42	0.51	0.96	0.44	0.30 - 0.80	Ver observaciones
Sodio (Na) (meq/100g)	---	---	---	---	---	< 2	Ver observaciones
Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva (meq/100g)	17.60	28.81	38.04	46.93	28.03	5 - 30	Calculado
Saturación del Calcio (%)	66.74	76.57	74.46	63.72	69.03	65 - 80	Calculado
Saturación del Magnesio (%)	26.45	21.98	24.19	34.24	29.39	10 - 15	Calculado
Saturación del Potasio (%)	1.20	1.46	1.34	2.04	1.57	2 - 6	Calculado
Saturación del Sodio (%)	---	---	---	---	---	< 7	Calculado
Saturación del Aluminio (%)	5.61	---	---	---	---	< 8	Calculado
Calcio/Magnesio	2.52	3.48	3.08	1.86	2.35	2 - 6	Calculado
Calcio/Potasio	55.72	52.54	55.41	31.25	43.83	5 - 25	Calculado
Magnesio/Potasio	22.08	16.08	18.01	16.80	18.66	3 - 12	Calculado
(Calcio + Magnesio)/Potasio	77.60	67.62	73.42	48.05	62.50	10 - 40	Calculado
Cobre (Cu) (mg/kg)	---	---	---	---	---	1 - 6	Ver observaciones
Manganeso (Mn) (mg/kg)	191.48	117.24	134.13	230.62	140.45	5 - 35	Ver observaciones
Hierro (Fe) (mg/kg)	701.17	637.07	498.00	473.59	452.75	20 - 60	Ver observaciones
Zinc (Zn) (mg/kg)	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	4 - 12	Ver observaciones

CODIGO	DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS
2092	Suelo productor: Payita #2, Nagua.
2093	Suelo parcela #3, El Lechal.
2094	Suelo productor: Wilfrin Bautista Villa Vesquez.
2095	Suelo productor: Anibal Cordero, Catafusá.
2096	Suelo productor: Suelo Muestra #3, Mao.

OBSERVACIONES:

Métodos de ensayo.

Conductividad y pH: *Handbook on reference methods for pH and CE* Soil Testing. The council on soil testing and plant analysis; 1960.

Calcio, magnesio, sodio, potasio, cobre, manganeso, hierro y zinc: Método de extracción Mehlich 3 y absorción atómica de flama.

Carbono orgánico y materia orgánica: Digestión húmeda con ácido sulfúrico y dicromato de potasio y análisis por espectrofotometría.

Acidez extraíble: Valoración con solución titulante de hidróxido de sodio.

Fósforo: Método de extracción Mehlich 3 y espectrofotometría.

Carbonato cálcico: Gesometría.

Gerente de Ensayos Físicoquímicos

Página: 9 de: 10



Resultados de Ensayos de Textura de Suelos



Consecutivo: 0338
 Número de Servicio: FQ20230823
 Fecha de Ejecución de los Ensayos: 26/05/2023

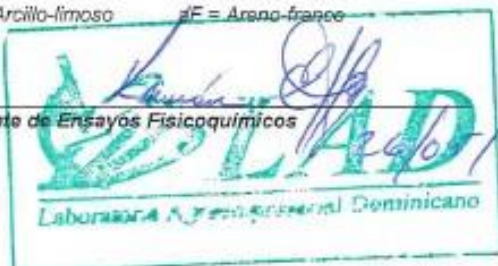
ENSAYOS	CODIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS					METODO DE ENSAYO
	2092	2093	2094	2095	2096	
Arena (a) %	64.00	78.00	56.00	58.00	66.00	Bouyoucos
Arcilla (A) %	9.00	4.00	11.00	15.00	12.00	
Limo (L) %	27.00	18.00	33.00	27.00	22.00	
Textura	Fa	aF	F	Fa	Fa	

CODIGO	DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS
2092	Suelo Productor: Payita #2, Nagua.
2093	Suelo parcela #3, El Leche.
2094	Suelo Productor: Wilfrin Bautista Villa Vasquez.
2095	Suelo Productor: Anibal Cordero, Catafueña.
2096	Suelo Muestra #3, Mao.

Leyenda.

A = Arcilloso
 L = Limoso
 F = Franco
 a = Arenoso
 Aa = Arcillo-arenoso
 AL = Arcillo-limoso
 FA = Franco-arcilloso
 FAL = Franco-arcillo limoso
 FAa = Franco-arcillo arenoso
 Fa = Franco-arenoso
 FL = Franco-limoso
 aF = Areno-franco

Gerente de Ensayos Físicoquímicos



Página: 10 de 10

FIN DEL INFORME

Anexo 8. Fotografías de actividades realizadas para la recolección de muestras de suelos y agua de riego, en fincas de productores de arroz en las regiones Noroeste, Norcentral y Nordeste.



Imagen 1: Equipo de trabajo para la realización de muestreos en Zona Norcentral, en el marco del proyecto: “Utilización de RPAS (Remotely Piloted Aircraft Systems) para el Mapeo de Nutrientes en el Cultivo de Arroz en República Dominicana (IDIAF-FONDOCYT 2020-2021-3A5-027)”. De izquierda a derecha, investigadores colaboradores Ing. Elpidio Avilés y Dra. Cristina Gómez (investigadora del proyecto y docente de agronomía en la UTECO); estudiantes: José Amparo, Marco Sully Pérez, Robert Julio Vargas y Dra. Glenny López Rodríguez (investigadora principal del proyecto citado y docente de agronomía en la UTECO).



Imágen 2: Equipo de trabajo para la realización de muestreos en región Noroeste, en el marco del proyecto IDIAF-FONDOCYT: 2020-2021-3A5-027, de izquierda a derecha: Ing. Lecadia Sánchez (investigadora del proyecto y docente de agronomía en la UTECO), productor Favio Gómez, Dra. Glenny López Rodríguez, investigadora principal del proyecto citado y docente de agronomía en la UTECO; estudiantes de tesis: Marco Sully Pérez, Robert Julio Vargas, Dra. Cristina Gómez (investigadora del proyecto y docente de agronomía en la UTECO) y José Amparo (estudiante).



Imagen 3:Recolección de muestras de suelos en Finca Experimental Sabaneta, IDIAF, Centro Norte, La Vega, RD, (fotografía izquierda, de izquierda a derecha: Dra. Cristina Gómez con los estudiantes José Amparo, Marco Sully Pérez y Robert Julio Vargas); (fotografía derecha, Dra. Cristina Gómez y Robert Julio Vargas).



Imagen 4.:Recolección de muestras de agua en finca arrocera, Robert Vargas (der.) y Marco Sully Pérez (izq.).





Imágen 5: Colección de fotografías en proceso de recolección de muestras de suelos y agua en fincas de productores en las regiones Noroeste, Norcentral y Nordeste de República Dominicana..