



Universidad Estatal Península de Santa Elena

Facultad de Ciencias Agrarias

Carrera de Agropecuaria



**INFLUENCIA DE LAS SUSTANCIAS HÚMICAS EN EL
DESARROLLO INICIAL DE DOS VARIEDADES DE
ARROZ, SOMETIDAS A ESTRÉS SALINO**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Autor(a): Angélica María Zambrano Bravo

La Libertad, 2021



Universidad Estatal Península de Santa Elena

Facultad de Ciencias Agrarias



Carrera de Agropecuaria

**INFLUENCIA DE LAS SUSTANCIAS HÚMICAS EN EL
DESARROLLO INICIAL DE DOS VARIEDADES DE
ARROZ, SOMETIDAS A ESTRÉS SALINO**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Autor(a): Angélica María Zambrano Bravo

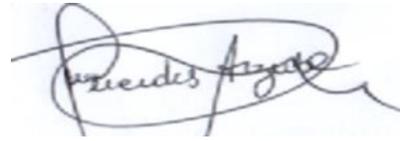
Tutora: Ing. Agr. Nadia Quevedo Pinos, Ph.D

La Libertad, 2021

TRIBUNAL DE GRADO



Ing. Néstor Acosta Lozano, Ph.D
**DECANO (E) DE LA FACULTAD
CIENCIAS AGRARIAS
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



Ing. Agr. Mercedes Arzube M. MSc.
**DOCENTE DELEGADA
DIRECTORA (E) DE CARRERA
AGROPECUARIA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Ing. Agr. Ángel León, MsC
**PROFESOR DEL ÁREA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Ing. Agr. Nadia Quevedo Pinos, Ph.D
**PROFESORA TUTORA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Abg. Víctor Coronel Ortiz, Mgt
SECRETARIO GENERAL (E)

AGRADECIMIENTOS

Aprovecho esta sección de mi trabajo de titulación para expresar mis más sinceros y profundos agradecimientos a todas aquellas personas que directa o indirectamente participaron en mi proceso de formación personal y profesional:

A mis padres quienes con su trabajo lucharon siempre por sacarnos adelante, quienes no tenían riquezas sin embargo nunca me hizo falta su amor, sus consejos y su buen ejemplo, a quienes debo todo lo que soy y llegaré a ser.

A mi tutora, Ing. Agro. Nadia Quevedo, por toda su colaboración y predisposición durante todo el tiempo que duró el experimento.

A todos mis profesores que con mucha paciencia compartieron sus conocimientos conmigo y mis compañeros.

A mis compañeros de clase, quienes más que amigos se convirtieron en familiares, con quienes pude compartir parte de los que quedaran guardados como los mejores momentos de mi vida, siempre los llevaré en mi mente y en mi corazón.

A todos los que intervinieron en el proceso de toma de datos de mi trabajo de titulación, Erick León, Bryan Zambrano, Kerly Pozo, José Quirumbay, Eiter Cercado y otros de mis amigos y compañeros que me brindaron su mano amiga, en esta parte fundamental de mi trabajo.

Angélica María Zambrano Bravo

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, quienes han sido mi motor y mi fuente de inspiración en la vida, y a mis hermanos como una muestra de que con dedicación y esfuerzo todo es posible, que nadie les quite sus sueños.

Angélica María Zambrano Bravo

RESUMEN

Se conoce que la salinidad es una de las principales limitantes en la agricultura, y la ciencia se ha dedicado a buscar alternativas que ayuden a contrarrestar estos daños razón por la que este trabajo tuvo por objetivo evaluar la influencia de las sustancias húmicas en la germinación y crecimiento inicial de dos variedades de arroz sometidas a diferentes niveles de estrés salino. Para el desarrollo de este experimento se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con un total de 18 tratamientos y 54 unidades experimentales, simulando un experimento hidropónico. Los factores a evaluar fueron 3, entre los que estaban el estrés salino (ES) con 3 niveles de salinidad 0; 75 y 150 mM de NaCl, sustancias húmicas (SH) 0; 5 y 10 mg C L⁻¹ y variedades (V) de arroz FL-ARENILLAS y FL-1480. El estudio fue dividido por etapas, la primera de ellas la etapa de germinación con evaluaciones diarias por 7 días evaluando los parámetros germinativos, y la segunda etapa fue de crecimiento inicial con una duración de 5 días, evaluando parámetros morfológicos. Se concluye que el uso de las sustancias húmicas reduce la de plántulas anormales obtenidas en la germinación a causa del estrés salino y que en la segunda etapa contribuyó al desarrollo foliar radicular y peso seco en ambas variedades, con mejores resultados al aplicar dosis de SH de 5 y 10 mg C L⁻¹. FL-1480 fue la variedad más tolerante.

Palabras claves: Sustancias húmicas, estrés salino, arroz (*Oryza sativa*), Tolerancia-

ABSTRACT

It is known that salinity is one of the main limiting factors in agriculture, and science has been dedicated to the search for alternatives that help to counteract this damage. For this reason, the objective of this work was to evaluate the influence of humic substances on the germination and initial growth of two rice varieties subjected to different levels of salt stress. For the development of this experiment, a completely randomized experimental design was used, with a total of 18 treatments and 54 experimental units, simulating a hydroponic experiment. The factors to be evaluated were 3, among which were salt stress (SS) with 3 levels of salinity 0; 75 and 150 mM NaCl, humic substances (HS) 0; 5 and 10 mg C L⁻¹ and rice varieties (V) FL-ARENILLAS and FL-1480. The study was divided by stages, the first one was the germination stage with daily evaluations for 7 days evaluating germination parameters, and the second stage was the initial growth stage with a duration of 5 days, evaluating morphological parameters. It is concluded that the use of humic substances reduces the number of abnormal seedlings obtained in germination due to salt stress and that in the second stage it contributed to root foliar development and dry weight in both varieties, with better results when applying doses of SH of 5 and 10 mg C L⁻¹. FL-1480 was the most tolerant variety.

"El contenido del presente Trabajo de Graduación es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena".

A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping loops and lines, positioned above a horizontal line.

Firma digital del estudiante

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	1
Problema científico	3
Objetivo General.....	3
Objetivos específicos	3
Hipótesis	4
CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	5
1.1. Situación de la salinidad en la agricultura	5
1.2. Sensibilidad de cultivos de interés agrícola a la salinidad.....	5
1.3. Efectos de la salinidad en el desarrollo de los cultivos.....	6
1.4. Tolerancia del cultivo de arroz a la salinidad	7
1.5. Bioestimulantes del crecimiento vegetal	7
1.6. La materia orgánica del suelo (MOS).....	8
1.6.1. Características y generalidades de las Sustancias húmicas	9
1.6.2. Efectos sobre el suelo	10
1.6.3. Efectos sobre las plantas (fisiológico).....	11
1.7. Origen y características del arroz.....	15
1.8. Descripción botánica.....	15
1.8.1. Raíz.....	15
1.8.2. Tallo.....	16
1.8.3. Hojas.....	16
1.8.4. Inflorescencia	16
1.8.5. Grano	16
1.9. Requerimientos edafoclimáticos.....	17
1.10. El cultivo de arroz en Ecuador y América Latina.....	17
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS	18
2.1. Localización y descripción del lugar de estudio	18
2.2. Materiales.....	18
a) Descripción de la infraestructura y el área de estudio	18
b) Material vegetal	18
c) Solución nutritiva.....	20

d) Características de las sustancias húmicas	20
e) Preparación de soluciones de sustancias húmicas (5 y 10 mg C L ⁻¹)	21
f) Preparación de las soluciones salinas (75 y 150 mM de NaCl).....	21
2.3. Métodos	21
2.4. Diseño experimental	22
Conducción del experimento	23
2.5. Fase 1. Efectos de las sustancias húmicas en la germinación de semillas de arroz bajo efectos de diferentes niveles de estrés salino.....	23
2.5.1. Variables a evaluar:	24
2.6. Fase 2. Evaluación del efecto de las sustancias húmicas en el crecimiento inicial de plántulas de arroz sometidas a diferentes niveles de estrés salino	25
2.6.1. Variables a evaluar:	25
2.7. Análisis estadístico de los resultados	25
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
3.1. Fase 1. Efecto de tres dosis de sustancias húmicas en la germinación de dos variedades de arroz sometidas a diferentes niveles de estrés salino	26
3.1.1. Germinación de las semillas	27
3.1.2. Índice de velocidad de germinación	27
3.1.3. Prueba de vigor	30
3.2. Fase 2. Efecto de tres dosis de sustancias húmicas en el crecimiento inicial de dos variedades de arroz sometidas a de estrés salino.....	32
3.2.1. Longitud de la parte aérea	33
3.2.1. Longitud radicular	36
3.2.2. Biomasa seca total	39
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	43
Conclusiones	43
Recomendaciones	43
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
ANEXOS	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. La influencia de las sustancias húmicas en varios cultivos	14
Tabla 2. Características de la variedad INIAP FL-Arenillas	19
Tabla 3. Características de la variedad INIAP FL-1480 CRISTALINO	19
Tabla 4. Cantidad a toma de la solución madre por cada litro de agua utilizada durante el desarrollo del experimento	20
Tabla 5. Composición elemental de sustancias húmicas extraídas de vermicompost	20
Tabla 6. Fuentes de variación y grados de libertad de los factores considerados en el experimento	22
Tabla 7. Descripción de los tratamientos para experimento de germinación y crecimiento inicial.	23
Tabla 8. Resumen del análisis de varianza de los parámetros germinativos, porcentaje de germinación (%G), Índice de velocidad de germinación (IVG), plántulas normales (PN) y plántulas anormales (PA) de dos variedades de arroz sometidas a tres niveles de estrés salino y bajo el efecto de tres dosis de sustancias húmicas.	26
Tabla 9. Respuesta de la interacción de los factores variedad x estrés salino en el porcentaje de germinación de dos variedades de arroz sometidas a estrés salino y tratadas con sustancias húmicas.	27
Tabla 10. Respuesta de la interacción de los factores V x ES x SH en el porcentaje plántulas normales (PN), plántulas anormales (PA) de dos variedades de arroz sometidas a estrés salino y tratadas con sustancias húmicas.	31
Tabla 11. Resumen del análisis de varianza de los parámetros de longitud aérea de la planta (LPA), longitud radicular (LR) y masa seca total (MST) de dos variedades de arroz sometidas a tres niveles de estrés salino y bajo el efecto de tres dosis de	

sustancias húmicas, evaluadas a los 0 y 5 días después de la germinación de las semillas	32
Tabla 12. Análisis de la variable longitud de la parte aérea (LPA) en la interacción de los factores V x SH de dos variedades de arroz bajo niveles de estrés salino y el efecto de sustancias húmicas evaluadas a los 0 y 5 DDG.	33
Tabla 13. Análisis de la variable longitud de la parte aérea (LPA) en la interacción de los factores ES x SH de dos variedades de arroz bajo niveles de estrés salino y el efecto de sustancias húmicas evaluadas a los 0 DDG	34
Tabla 14. Análisis de la variable longitud de la parte aérea (LPA) de la interacción V x ES de dos variedades de arroz bajo niveles de estrés salino y el efecto de sustancias húmicas evaluadas a los 0 y 5 DDG.....	35
Tabla 15. Análisis de las diferencias entre las variedades con un intervalo de confianza de 95% para la variable longitud radicular LR (cm) a los 0DDG.	36
Tabla 16. Análisis de las diferencias entre los niveles de salinidad con un intervalo de confianza de 95% para la variable longitud radicular LR (cm) a los 0DDG.	36
Tabla 17. Análisis de las diferencias estadísticas de la interacción entre los factores ESxSH, para la variable longitud radicular LR en la evaluación realizada a los 0 DDG.	37
Tabla 18. Análisis de las diferencias estadísticas de los factores V y ES y la interacción entre ambos (VxES), para la variable longitud radicular LR en la evaluación realizada a los 5DDG.....	38
Tabla 19. Análisis de las diferencias estadísticas de la interacción entre los factores (ESxSH), para la variable longitud radicular LR en la evaluación realizada a los 5DDG.	38

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.* Línea del tiempo de las fases del experimento para evaluación de los efectos de las sustancias húmicas sobre la germinación y crecimiento inicial de plántulas de dos variedades de arroz sometidas a tres niveles de estrés salino. DME=Días des montaje del experimento; DDG=Días después de la germinación; %G=Porcentaje de germinación; IVG= Índice de velocidad de germinación; PN=plántulas normales; PAN=plántulas anormales; LAP= Longitud de la parte aérea de las plántulas; LR=longitud radicular de las plántulas; MST= Masa seca total. 22
- Figura 2.* Efecto de los factores variedad (V) y niveles de estrés salino (ES) en el índice de velocidad de germinación (IVG) de dos variedades arroz bajo el efecto de tres dosis de sustancias húmicas. Medias seguidas de una misma letra no difieren significativamente entre sí por el test de Tukey ($p<0,05$) 28
- Figura 3.* Análisis de significancia estadísticas entre los factores variedad y estrés salino y la interacción entre ambos factores. Medias seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente entre sí. Letras mayúsculas comparan medias entre las variedades mientras que las letras minúsculas comparan medias entre los niveles de salinidad, según el test de Tukey ($p<0,05$). 39
- Figura 4.* Análisis de las diferencias estadísticas del factor variedad (V) para la variable masa seca total (MST) en evaluaciones realizadas a los 0DDG. Medias seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente entre sí. Letras mayúsculas comparan medias entre dos variedades de arroz, según el test de Tukey ($p<0,05$). 40
- Figura 5.* Análisis de las diferencias estadísticas del factor sustancias húmicas (SH) para la variable masa seca total (MST) en evaluaciones realizadas a los 5DDG. Medias seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente entre sí. Letras mayúsculas comparan medias entre dosis de aplicación de las SH, según el test de Tukey ($p<0,05$). 41

Figura 6. Análisis de la significancia estadística entre los factores ESxSH en la variable Masa seca total a los 5 DDG. Medias seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente entre sí. Letras mayúsculas comparan medias entre los niveles de salinidad mientras que las letras minúsculas comparan medias entre las dosis de aplicación de sustancias húmicas en cada nivel de salinidad, según el test de Tukey ($p < 0,05$). 42

ÍNDICE DE ANEXOS

Imagen. 1A. Preparación de las semillas	56
Imagen. 2A. Preparación de la solución salina	56
Imagen. 3A. Establecimiento del experimento	57
Imagen. 4A. Control de pH.....	57
Imagen. 5A. Aplicación de las sustancias húmicas	58
Imagen. 6A. Evaluación de plántulas normales y anormales	58
Imagen. 7A. Evacuación de la longitud radicular y foliar a los 5DDG	59
Imagen. 8A. Evacuación de la longitud radicular y foliar a los 5DDG	60
Imagen. 9A. Colación de muestra en la estufa	61
Imagen. 10A. Evaluación de peso seco	61
Imagen. 11A. Plegable técnico de INIAP FL-ARENILLAS parte 1.....	62
Imagen. 12A. Plegable técnico de INIAP FL-ARENILLAS parte 2.....	63
Imagen. 13A. Plegable técnico de INIAP FL-1480 parte 1	64
Imagen. 14A. Plegable técnico de INIAP FL-1480 parte 2.....	65
Imagen. 15A. Especificaciones técnicas de la semilla de la variedad FL-ARENILLAS	66
Imagen. 16A. Especificaciones técnicas de la semilla de la variedad FL-1480	66
Imagen. 17A. Cálculos para la preparación de la solución nutritiva	67

INTRODUCCIÓN

En el 2017 la producción mundial de arroz fue de 503,9 millones de toneladas, de las que aproximadamente 29 millones provenían de países latinoamericanos, ubicando a Ecuador en el puesto N°26 a nivel mundial (Mendoza, Loor and Vilema, 2019).

Ecuador integra el grupo de los países con mayor producción de arroz de la región, con una superficie sembrada en el 2019 de 261.770 hectáreas, de las cuales el 71,82% se concentran en la provincia del Guayas (INEC, 2019), producción arroceras que abastece la demanda interna que para el 2020 fue de 47 Kg per cápita (*Corpcom*, 2020). Sin embargo la producción arroceras nacional sufre de diversas problemáticas entre las que destacan: el cambio climático, la contaminación ambiental, las plagas y enfermedades, el excesivo uso de agroquímicos, la pérdida de fertilidad y manejo inadecuado del suelo, el incremento del índice de salinidad, que generan pérdidas de entre el 4 al 6% de la producción (Poveda and Andrade, 2018).

La salinidad del suelo afecta a nivel mundial entre el 40-50% del área agrícola del planeta (González, Zamora and Céspedes, 2000), los procesos de salinidad se incrementan de manera acelerada por actividades agrícolas intensivas y se intensifican en regiones áridas y semiáridas por la escases de precipitaciones y el uso de agua de riego de mala calidad.

La salinidad afecta directamente la estructura del suelo y el desarrollo normal de los cultivos produciendo toxicidad iónica, desbalances nutricionales, disminución de la actividad fotosintética y consecuentemente una reducción del crecimiento y del rendimiento de los cultivos (Lamz and González, 2013; Alcludia *et al.*, 2016), en el caso del cultivo de arroz los mayores efectos de la salinidad se observan en los primeros días de vida (Kakar *et al.*, 2019).

Diversos estudios avalan el efecto de las sustancias húmicas (SH) y sus fracciones sobre el suelo, la fisiología y metabolismo de diversos cultivos, reduciendo los efectos negativos de diferentes tipos de estrés vegetal, interviniendo en la retención de agua y nutrientes, este efecto bioprotector se ha relacionado sobre todo con el incremento del tamaño radicular, altura de la planta y por consiguiente el aumento de la producción (Guridi *et al.*, 2017; Veobides, Guridi and Vladimir, 2018).

Las SH son macromoléculas de estructura altamente heterogénea y compleja, representan el mayor reservorio de carbono de la materia orgánica (60-80%). Pueden ser fraccionadas en ácidos húmicos (AH), fúlvicos (AF) y huminas (HUM) mediante el uso de reactivos alcalinos como el NaOH y ácidos como el HCl.

En la última década las SH han surgido como una alternativa para reducir los efectos del estrés salino en diversidad de cultivos ya que además de mejorar la estructura del suelo tienen un efecto bioprotector ante diferentes tipos de estrés (Kulikova, Stepanova and Koroleva, 2005; Ahmad and Wani, 2014), por lo que pueden ser consideradas una alternativa en la reducción de los efectos adversos de estrés salino en varios cultivos (Aydin, Kant and Turan, 2012; Martínez-Balmori *et al.*, 2014).

En el caso del efecto bioprotector de las SH ante estrés abiótico se ha relacionado con el incremento del porcentaje de germinación, reducción de la cantidad de plántulas anormales, aumento de longitud y volumen radicular y foliar, en variedades de albahaca tolerantes y sensibles a la salinidad (Reyes-Pérez *et al.* 2014).

A nivel fisiológico estos efectos positivos se han relacionado con la activación de enzimas como la catalasa, super oxido dismutasa, ascorbato peroxidasa, entre otras enzimas antioxidantes, en cultivos de frijol sometidos a metales pesados, en arroz bajo estrés hídrico mejora de la permeabilidad de la membrana (Veobides, Guridi and Vladimir , 2018), en tomate mejora en las características del fruto y variables morfológicas (Torres, Reyes and González, 2016).

El daño que pueda ocasionar el estrés salino en los cultivos depende directamente de la tolerancia de cada variedad, fisiológicamente hablando, la tolerancia a la salinidad es una característica genética que cada variedad hereda de sus parentales, sin embargo, se ha demostrado que la aplicación de SH en variedades tolerantes potencializa el comportamiento agronómico, mientras que en variedades sensibles aumenta la tolerancia (Reyes-Pérez *et al.*, 2014, 2017).

Con los antecedentes mencionados el siguiente experimento pretende evaluar el comportamiento del crecimiento inicial de dos variedades de arroz medianamente tolerantes al estrés salino sometidas al efecto de sustancias húmicas y estrés salino

Problema científico

La salinidad de los suelos producto de procesos naturales y/o antropogénicos es un problema que afecta a gran parte de los suelos cultivables del mundo, trae como consecuencias reducción de la productividad agrícola, migración y riesgos para la soberanía alimentaria. En Santa Elena existen varias zonas con potencial agrícola que poseen suelos afectados por diferentes niveles de salinidad, la cual fluctúa producto de diferentes factores. Actualmente existen investigaciones lideradas por la Facultad de Ciencias Agrarias que exploran la posibilidad de adaptación de diferentes variedades de arroz a las condiciones de la zona Norte de Santa Elena, lo que ha generado un interés creciente en la búsqueda de alternativas de bajo impacto ambiental que mejoren la tolerancia de este cultivo a diferentes tipos de estrés.

En Ecuador se han reportado varios estudios relacionados con los efectos positivos de las sustancias húmicas sobre diferentes parámetros bioquímicos, morfológicos y fisiológicos de cultivos de interés agrícola, sin embargo, en la Península de Santa Elena no existen estudios relacionados con los efectos bioestimulantes y bioprotectores de las sustancias húmicas, ante esta situación la presente investigación formula el siguiente problema de investigación:

¿Cuál es el efecto de la aplicación de sustancias húmicas extraídas de vermicompost sobre los procesos germinativos de dos variedades de arroz sometidas a estrés salino?

Objetivo General

Evaluar la influencia de las sustancias húmicas en la germinación y crecimiento inicial de dos variedades de arroz sometidas a diferentes niveles de estrés salino.

Objetivos específicos

1. Determinar el efecto de las sustancias húmicas en los parámetros germinativos de dos variedades de arroz (*Oryza sativa*. L) bajo diferentes niveles de estrés salino.
2. Evaluar los efectos de las sustancias húmicas en la tolerancia al estrés salino en el crecimiento inicial de dos variedades de arroz a partir de parámetros morfológicos.
3. Definir cuál es la variedad con mayor tolerancia a estrés salino y mejor respuesta a la aplicación de sustancias húmicas.

Hipótesis

La aplicación de sustancias húmicas reduce los efectos negativos del estrés salino en el crecimiento inicial de las variedades de arroz FL-Arenillas y FL-1480.

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Situación de la salinidad en la agricultura

Desde siempre la salinidad de los suelos ha sido un factor limitante de gran importancia en la producción agrícola, estudios indican que aproximadamente 800 millones de hectáreas a nivel mundial presentan problemas de salinidad y sodicidad, el 16% de ellas pertenecientes a América del Sur, con suelos con tendencia básica o alcalina, y con lecturas de conductividad eléctrica y porcentaje de sodio intercambiable superiores a 4 dS/m y 15% respectivamente. Esta superficie afectada por la salinidad está en aumento debido a las malas prácticas agrícolas de las que priman el uso inadecuado e indiscriminado de pesticidas y las malas prácticas de riego (Delgado and Robalino, 2017).

1.2. Sensibilidad de cultivos de interés agrícola a la salinidad

El incremento de índice de salinidad en suelos cultivables ha limitado la producción de cultivos de gran importancia económica y alimenticia a nivel mundial (Martínez-Villavicencio *et al.*, 2020), estudios realizados demuestran el estrés salino ha perjudicado la etapa de germinación en cultivos tomate (Torres, Reyes and González, 2016), maíz (Alves, Sales, *et al.*, 2019), arroz (Rodríguez, Torres and Chaman, 2019) entre otros incluyendo también algunos pastos (Lastiri *et al.*, 2017), además se observó que a mayor concentración de sales, se reduce el volumen y número de raíces y de hojas (Goykovic and Saavedra, 2007).

Según Ramírez-Serrano *et al.* (2008), algunos cultivos la salinidad disminuye la absorción de nutrientes esenciales como Ca, Mg, K y M, lo que ocasiona necrosis en varias partes de la planta incluyendo el fruto mientras que (Martínez-Villavicencio *et al.*, 2020) manifiestan que las sales inhiben la producción de etileno en cultivos como melón, tomate, brócoli y pimiento.

Argentel y González (2006) indican que la salinidad afecta la pigmentación de las hojas de trigo causando clorosis más pronunciada en las hojas bajas, esta clorosis se debe a la alteración en los procesos fotosintéticos al aumentar la activación de la enzima degradante de la clorofila (clorofilasa) y a la destrucción de los cloroplastos, situación

que se repite en el cultivo de fresas necrosando las hojas adultas (Casierra-Posada and García, 2005).

1.3. Efectos de la salinidad en el desarrollo de los cultivos

Según Mena (2016), el daño que pueda causar el estrés salino en las explotaciones agrícolas depende del cultivo y de las variedades que se estén utilizando, pero de forma general el estrés salino causa afecciones en cada una de las etapas de desarrollo de las plantas desde la germinación hasta la producción, aumentando el tiempo de germinación y disminuyendo el porcentaje. El estrés salino aumenta la cantidad de plántulas con órganos atrofiados, reduce el área foliar y radicular, disminuye el peso, retarda el tiempo de producción, y entre otros signos que responden a los daños fisiológicos y metabólicos que ocurren en el interior de la planta entre los que se destacan desnutrición en la planta a causa de alteraciones en los procesos homeostáticos.

La presencia de iones NaCl, condicionan el ingreso del K^+ y acumulan Ca^{2+} en el citoplasma celular; alteración del potencial osmótico al condicionar el movimiento del agua de una superficie de menos concentración de sales (jugo celular de la planta) a otra con más concentración de sales para mantener un equilibrio, lo que incurre en plasmólisis celular (marchitamiento de la planta) (Rojas, 2005); alteración de la membrana plasmáticas, deshidratación y pérdida de volumen de las células, inhibición de los procesos de multiplicación celular que podrían causar inclusive la muerte celular y por los consiguiente del tejido, inhibición de los procesos fotosintéticos y toxicidad metabólica.

Uno de los primeros efectos visibles a causa de un desorden a nivel celular es la pérdida de turgencia de las plántulas ya que, al no poder adsorber el agua de forma normal a través de las raíces, las vacuolas celulares comienzan a deshidratarse por efecto de la evaporación, pese a que el cierre estomático es uno de los primeros mecanismo de defensa que toma el cultivo (Hasegawa et al., 2000).

En el momento en que los cultivos empiezan a percibir un exceso de sales, se emiten señales para la activación de encimas, moléculas y proteínas como las quinasas, serinas y treonina quinasas que tienen por función principal generar tolerancia al estrés, y por

último el sistema antioxidante disminuye los efectos tóxicos que la activación de los mecanismos antes mencionados pueda generar (Castro, 2016). Estos procesos inducen a que el cultivo entre en estrés constante

1.4. Tolerancia del cultivo de arroz a la salinidad

El cultivo de arroz tolera condiciones de inundación, sin embargo, su tolerancia a la salinidad es baja, viéndose afectado el rendimiento, los principales efectos de la salinidad sobre el cultivo de arroz están relacionados con daños fisiológicos y metabólicos, relacionados con la alteración de procesos homeostáticos, que se traducen en reducción de la capacidad de germinación, reducción del área foliar y radícula y reducción en la producción de biomasa (Mena, 2016).

Estudios realizados demuestran que los arrozales en los que las lecturas de la conductividad eléctrica superan los 1,5 dS/m, es posible visualizar daños significativos en el cultivo, con pérdidas aproximadas de 14% de la producción en medios con 2-3 dS/m y 32% a más con conductividades eléctricas iguales o superiores a 4 dS/m (Catalá *et al.*, 2012).

Esta situación pone de manifiesto la necesidad de alternativas viables para hacerle frente a esas condiciones, entre ellas se destacan el uso de variedades tolerantes al estrés salino como Jucarito-104 en Cuba (Hernández *et al.*, 2018) y el cruce interespecífico PUYON/JP002 P8-32 P35 I:20 en Ecuador (Sánchez, 2020), y la aplicación de sustancias húmicas como una de las alternativas ecológicas y económicamente viables (Morocho, 2014), ya que otras como el lavado de sales de suelo no aplican para las regiones con restricción de uso del recurso hídrico.

1.5. Bioestimulantes del crecimiento vegetal

Du Jardin (2015) hace una recopilación de las diferentes definiciones utilizadas para describir a los bioestimulantes a lo largo de la historia.

Entre los años 1997 y 2000 aparecen los primeros registros científicos de la palabra bioestimulantes, se consideraba que eran materiales distintos de los fertilizantes, que utilizados en pequeñas cantidades promovían en desarrollo de los cultivos, y estos podían ser ácidos húmicos o extractos de algas marinas indicando que el principal

ingrediente activo que ayudaba al desarrollo agrícola de los compuestos antes mencionados, eran las hormonas que cada uno contenía (Zhang and Schmidt, 2000), los mismos autores después consideraron que los bioestimulantes eran potenciadores de la actividad metabólica de los cultivos (Zhang, Ervin and Schmidt, 2003).

De esta forma, conforme pasaban los años, surgían nuevos conceptos, todos coincidían en que los bioestimulantes vegetales eran compuestos, sustancias, materiales que con poca aplicación lograban un estímulo significativo y beneficioso en los cultivos, posteriormente se los clasificó por su naturaleza orgánica o química y por el ingrediente activo que contenían concluyendo que a más de las sustancias húmicas, las fitohormonas, los aminoácidos, también habían otros compuestos que entraban en esta definición, incluyendo varios hongos y bacterias, hasta que (Du Jardin, 2015) propuso un concepto que encerraba varios de los aspectos antes mencionados indicando que un bioestimulante del desarrollo agrícola era toda sustancia o microorganismo contribuía en la absorción nutricional y la tolerancia al estrés independientemente de la fertilización que el cultivo lleve, incluyendo dentro de este concepto a los ácidos húmicos, fúlvicos y las huminas, las proteínas y aminoácidos, los extractos de algas y de restos vegetales y animales, los biopolímeros, algunos compuestos inorgánicos y hongos y bacterias benéficos como los rizobium y las micorrizas.

1.6. La materia orgánica del suelo (MOS)

El material de coloración oscura, con alto contenido de carbono, nitrógeno, fósforo, magnesio, calcio, azufre y otros elementos esenciales para la vida del suelo y el desarrollo agrícola (Julca-Otiniano et al., 2006), resultante de la descomposición de residuos animales y vegetales y la interacción de estos con los factores abióticos, toma el nombre de materia orgánica del suelo.

La estructura química de la materia orgánica varía y está en dependencia del grado de descomposición y del material de origen mismo que condicionan también su durabilidad, ya que puede desaparecer en poco tiempo o estar presente en el suelo por siglos. La fracción más efímera denominada también, fracción lábil o inestable, está compuesta de residuos vegetales frescos, y es la menos duradera mientras que la fracción estable o pesada que es la más duradera en el suelo está mayormente

conformada por sustancias húmicas dándole una mejor relación carbono/ nitrógeno y mayor densidad específica (Céspedes and Millas, 2015).

Características y generalidades de las Sustancias húmicas

La descomposición de la materia vegetal y animal sufre dos procesos de transformación, el primero de ellos es la mineralización, que es el paso de la materia orgánica en descomposición a material inorgánico altamente aprovechable para los cultivos, y el otro es la humificación, que corresponde a las interacciones que tienen estos residuos con los macro y microorganismos del suelo, y los factores abióticos como: luz, humedad, temperatura, etc., para la formación de las sustancias húmicas.

Vázquez (2013) indica que sustancias húmicas no tienen características ni propiedades fisicoquímicas completamente definidas, y que son macromoléculas complejas de peso variable que va desde 2mil a 300mil g/mol, están formadas por aminoácidos, hidratos de carbono, lignina, proteínas, polifenoles, entre otros compuestos de los que depende su estructura y entre sus propiedades está la formación de complejos solubles o insolubles en la solución del suelo, a partir de la interacción con diferentes metales iónicos.

Las sustancias húmicas contienen grandes cantidades de carbono orgánico, y conforman alrededor del 70%-80% de la materia orgánica, tienen propiedades hidrófilas y coloidales, físicamente son de coloración oscura, y químicamente tienen una gran capacidad de intercambio catiónico, es posible encontrar grandes depósitos de sustancias húmicas no solo en el suelo, sino también en lago, ríos, minerales, inclusive en el océano, etc., y están en forma de ácidos húmicos y ácidos fúlvicos (Veobides, Guridi and Vladimir, 2018).

Los ácidos húmicos son moléculas complejas conformadas de hidratos de carbono y proteínas, solubles en agua y en sustancias alcalinas, tienen procedencia aromática. Es posible encontrarlos en casi todos los suelos y en cantidades variables, en dependencia de la clase textural, en la naturaleza es posible encontrarlo mayormente en forma líquida, sin embargo, su forma químicamente pura es un polvo insoluble en agua, con colores que varían desde café a rojizo. Cuando los ácidos húmicos se mezclan con sustancias básicas, tienen la capacidad de formar sales (insolubles en agua) y humatos

(solubles en agua), con el pasar del tiempo dan origen a la huminas, que son de color mucho más oscuro (Morocho, 2014).

Existen ácido húmico grises y pardos ambos contienen nitrógeno en diferentes cantidades, en dependencia del tamaño, los primeros son moléculas más grandes con presentes principalmente en suelos calizos, mientras que los segundos, tienen menor tamaño y es posible encontrarlo en suelos ligeramente ácidos (Fuentes, 1999).

Los ácidos fúlvicos son moléculas solubles de naturaleza coloidal y de menor peso molecular que los ácidos húmicos, presentan una coloración amarilla, menor capacidad de intercambio catiónico y menor contenido de nitrógeno, por lo general se originan en suelos ácidos, y con actividad microbiana moderada, sin embargo, gracias a su capacidad estimulante, son utilizados como enraizante (Fuentes, 1999; Paredes, 2019),

Efectos sobre el suelo

Las sustancias húmicas mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Almonte, 2017).

- **Propiedades físicas:** en suelos arcillosos, disocia los terrones, mejorando su estructura y aumentando la cantidad de macro y micro poros que permiten el paso del agua, actuando sobre la permeabilidad, aireación, y actividad microbiana obteniendo suelos vivos y menos compactados; mientras que, en suelos arenosos, adhiere las partículas, mejorando la granulometría y por ende la estructura, disminuyendo el porcentaje de macroporos, y reteniendo la humedad. Por otro lado, la coloración oscura de las sustancias húmicas, atrae los rayos solares que calienta el suelo, acelerando los procesos bioquímicos (Santos, 2019).
- **Propiedades químicas:** al aumento de la capacidad de intercambio catiónico, aumenta la cantidad de cationes atraídos por las cargas negativas de las partículas del suelo; una vez que estos cationes ingresan al complejo de cambio, pasan a formar parte de la solución del suelo. Esta interacción de cargas positivas y negativas, permite fijar cationes y aniones evitando su lixiviación, de forma que los aniones nitrato, fácilmente lixiviables, son retenidos, mientras que con los aniones fosfato, que debido a su retención con

los hidróxidos se vuelve inmóvil e inaccesible para el cultivo, forma compuesto de nombre fosfohumátos que evitan la involución del fósforo, y lo pone a disposición de la planta (Fuentes, 1999),

- Las sustancias húmicas son también un regulador de pH, utilizados en suelo con tendencia a acidificación, debido a su pH básico, fijan el amoníaco evitando que este salga a la atmósfera y se convierta en contaminante y a la vez aportan nitrógeno al cultivo así como quelatos de Fe, Mn, Zn y Cu (Vázquez, 2013; Santos, 2019).
- **Propiedades biológicas:** muchos estudios consideran que las sustancias húmicas son un sinónimo de vida en el suelo y se basan a que en los procesos de descomposición de la materia orgánica existen fases bien marcadas, la primera de ellas es en la que una gran cantidad de microbios degradan la materia que está en fácil disposición, convirtiéndola en compuestos más sencillos, en este proceso se libera gran cantidad de energía y calor lo que da condiciones idóneas para aumentar la proliferación de bacterias, hongos y actinomicetos dando paso a un proceso cíclico, posterior a esto disminuye la actividad microbiana para que finalmente los productos de esta descomposición se reagrupen y den paso a la formación del humus, y es debido a toda esta interacción de macro y microorganismos que las sustancias húmicas dan vida al suelo. Sin olvidar que la presencia de estos microorganismos atrae la macro y micro fauna del suelo ya que vienen en busca de fuentes de alimento, algunos ayudan a disgregar los rastros con ayuda de sus aparatos bucales y forman también galerías mejorando su estructura y evitan la compactación (Almonte, 2017).

Por último, usar sustancias húmicas, es una alternativa amigable con el medio ambiente y económicamente viable a mediano y largo plazo, ya que no solo ahorras el dinero que vas a gastar en agroquímicos, sino que también cuidas los recursos asegurando la sostenibilidad y sustentabilidad para las futuras producciones (Santos, 2019).

1.6.1. Efectos sobre las plantas (fisiológico)

Las sustancias húmicas intervienen en los procesos biofísicos, bioquímicos, metabólicos y fisiológicos de las plantas, estimulando el crecimiento de los tejidos,

regulando el paso de los nutrientes, contribuyendo en los procesos fotosintéticos e induciendo la activación de enzimas como nitrato reductasa, glutamato deshidrogenasa y glutamina que tienen por función intervenir en los procesos de metabolización del nitrógeno, y también la enzima H^+ -ATPasa cuya función es transportar iones a través de la membrana plasmática activando gradientes de concentración que favorecen el transporte de otros iones absorbidos desde la raíz y que son necesarios en el cultivo contribuyendo a la elongación celular (Veobides, Guridi and Vladimir, 2018).

- **Germinación:** las sustancias húmicas intervienen en el aumento de la permeabilidad de la pared celular, aceleran la actividad enzimática y por ende los procesos bioquímicos que se llevan a cabo durante la germinación de las semillas, obteniendo como resultado un aumento en el porcentaje y la velocidad de germinación (Pari, 2016).
- **Desarrollo radicular y adsorción de nutrientes:** al aumentar la capacidad de intercambio catiónico, aumenta la disponibilidad de los nutrientes para la planta, que son absorbidos del suelo por las raíces produciendo una estimulación para su desarrollo (longitud y grosor), inclusive desde las primeras etapas de vida del cultivo (Pari, 2016).
- **Frutos y granos:** el aumento de (CIC) pone a disponibilidad al calcio es un elemento nutricional poco móvil que es transportado por la xilema y que constituye la membrana y pared de las células, siendo importante en el desarrollo de brotes, raíces, frutos, etc. Da rigidez y consistencia a los frutos facilitando así la conservación y transporte (Pari, 2016; Figueroa, 2017).

Su capacidad de permeabilización de membrana actúa favorablemente sobre la formación de compuestos como azúcares y otros que la planta obtiene gracias al procesamiento de la energía lumínica, procesos que recibe el nombre de fotosíntesis, forma complejos de macro y micro nutrientes que la planta utiliza para sus procesos fisiológicos, además de habilitar muchos macro y micro elementos y volviéndolos útiles en la alimentación de la planta, entre los más comunes el fósforo (Vázquez, 2013). Las sustancias húmicas participan y favorecen los procesos de respiración debido a que activan enzimas implicadas en el ciclo de Krebs y aumenta la velocidad de producción de ATP (Santos, 2019).

Almonte (2017) indica que las sustancias húmicas intervienen de forma positiva en los procesos metabólicos, bioquímicos, fisiológicos y enzimáticos de los cultivos, obteniendo plantas más tolerantes al estrés biótico (plagas y enfermedades) y abiótico (ambiental, hídrico y salino), mejorando el rendimiento, producción y la calidad de los productos cosechados.

Tabla 1. Efecto bioactivo de las sustancias húmicas en el crecimiento vegetal de diversos cultivos.

Título	Descripción y resultados
Propiedades bioplaguicidas del vermicompost (Domínguez, Gómez-Brandón and Lazcano, 2010).	El vermicompost como plaguicida tiene efectos positivos sobre las enfermedades causadas por microorganismos, el control de insectos, ácaros, y nematodos (Domínguez, Gómez-Brandón and Lazcano, 2010).
Influencia del vermicompost en el crecimiento de las plantas. aportes para la elaboración de un concepto objetivo (Domínguez, Lazcano and Gómez-Brandón, 2010).	Los microorganismos que intervienen en la formación del vermicompost producen diferentes hormonas reguladoras del crecimiento vegetal, además de participar activamente en la fertilidad del suelo (Domínguez, Lazcano and Gómez-Brandón, 2010).
Efecto de la aplicación de un vermicompost en las propiedades químicas de un suelo salino-sódico del semiárido venezolano (Mogollón, Martínez and Torres, 2015).	Mogollón, Martínez and Torres (2015) realizaron un estudio en laboratorio de carácter investigativo, en el que pretendían demostrar que es restablecer un suelo salino-sódico con la aplicación de diferentes dosis de vermicompost (1%, 5%, 10%), para lo que analizaron parámetros de pH, conductividad eléctrica porcentaje de sodio intercambiable, obteniendo los siguientes resultados: El estudio muestra resultados favorables en las 3 dosificaciones con relación al testigo. La aplicación del 10% de vermicompost, reduce los estragos de la sodicidad y regula significativamente el pH. Se observó una reducción de sodio intercambiable de 40% con la aplicación de vermicompost al 5% y de 47% con vermicompost al 10%.
Use of humic substances as soil conditioners to increase aggregate stability (Piccolo, Pietramellara and Mbagwu, 1997).	Estudio investigativo realizado en las regiones áridas y semiáridas de Italia, consistía demostrar que el uso de las sustancias húmicas, era capaz de intervenir en la estabilidad de los agregados de tres tipos de suelos en los que predominaban diferentes tipos de arcillas caolinitas, illitas, esmécticas, vermiculita, entre otras. Los resultados que se obtuvo muestran que la aplicación de 200 kg de ácidos húmicos por hectárea, reduce en porcentajes considerables, la degradación de los agregados del suelo, después de ser sometidos a diferentes procesos de humectación y secado (Piccolo, Pietramellara and Mbagwu, 1997).
The role of humic substances in mitigating the harmful effects of soil salinity and improve plant productivity (Ouni <i>et al.</i> , 2014).	Tras una larga investigación este grupo concluye que los ácidos húmicos ayudan a la planta a tolerar el estrés salino, y actúan de forma directa en la germinación, el crecimiento de raíces y brotes y la actividad hormonal de los cultivos en comparación con la siembra en condiciones salinas y ausencia de los ácidos húmicos, mejorando favorablemente la rentabilidad (Ouni <i>et al.</i> , 2014)

El exceso de sales en el suelo y en el agua de riego se ha convertido en uno de los principales problemas de las producciones agrícolas, causando grandes daños en los cultivos, disminuyendo la capacidad de adsorción nutricional, limitando el crecimiento de órganos como raíces, hojas y otros, pudiendo causar la pérdida del 100% de la producción, a consecuencia de estos daños, la ciencia propone el uso de las sustancias húmicas como una alternativa económica y ambientalmente viable, que promueve el desarrollo de las raíces, incrementa e área foliar de la planta, mejora la absorción nutricional, disminuye los efectos nocivos en los cultivos a causa del estrés abiótico (Chiquito-Contreras *et al.*, 2018).

El afecto fisiológico positivo del uso de las sustancias húmicas en condiciones salinas se ha estudiado en cultivos como el frejol (Canellas *et al.*, 2015), en el que redujo la permeabilidad de membrana y en tomate (Hernández *et al.*, 2016) en el que mejoró la calidad del fruto.

En las últimas décadas diversos estudios han revelado que las sustancias húmicas procedentes de vermicompost tienen un efecto bioestimulante sobre el metabolismo y fisiología vegetal (Veobides, Guridi and Vladimir, 2018), el cual se ve reflejado en un incremento del crecimiento de cultivos de arroz (Guridi *et al.*, 2017), tomate (Torres, Reyes and González, 2016) y maíz (Pinos *et al.*, 2019), coincidiendo en que su uso estimuló el crecimiento de tallos, raíces, hojas, y frutos.

1.7. Origen y características del arroz

El arroz es una monocotiledónea perteneciente a la familia Poaceae, presuntamente originaria de países asiáticos, teoría que se consolida debido a que, en antiguas escrituras, pinturas, y jeroglíficos, ya mencionaban a este cultivo, que en principio fue silvestre, y que tiempo después, 10000 aproximadamente, fue intervenido por el hombre (Plúas, 2018).

1.8. Descripción botánica

Raíz

El arroz, al ser una poacea, posee raíces fasciculadas, la radícula da origen a las raíces seminales, mismas que son finas y poco ramificadas y permanecen en la planta durante

los primeros días de vida, ya que después son remplazadas por las raíces adventicias, que nacen de la base del tallo (Nakandakari, 2017).

Tallo

El tallo del cultivo de arroz es cilíndrico, delgado y hueco, su longitud está en dependencia de la variedad y las características genéticas de la misma, está compuesto por nudos y entrenudos. La vaina, es la estructura que envuelve al tallo y da paso a las hojas, sirviendo como mecanismo de sostén y conexión entre estas dos estructuras , mientras que, macollos son tallos secundarios originarios del primer nudo, y son una representación visual aproximada de la productividad del cultivo, es decir, a mayor número de macollos, mayor producción (Nakandakari, 2017).

Hojas

Las hojas están distribuidas por todo el tallo en forma alterna, están compuestas por vaina, lígula y lámina. La lígula es la zona de unión entre la vaina y la lámina foliar (Sánchez, 2017).

Inflorescencia

La panícula nace en la parte superior del tallo, del último nudo también denominado como ciliar, posee un eje principal denominado raquis, del que surgen sus flores. La flor posee seis estambres (órgano masculino) y un pistilo (órgano femenino), los estambres están conformados por 6 delgados filamentos y sus anteras contienen alrededor de 500 a mil granos de polen cada una. El pistilo contiene al ovario, el estilo y el estigma, siendo el ovario el que contiene al ovulo y que se dará paso al grano (Caicedo, 2008).

Grano

Compuesto por varias capas, gran parte de ellas son eliminadas en los procesos de industrialización para comercializar el grano blanco. Estas capas son la cascarilla, el pericarpio y la capa aleurona, que representan alrededor del 20% del peso del grano, luego de este proceso queda el endospermo, mismo que contiene una variedad de nutrientes para la dieta. Dentro de estructura hay muchos más organismos como el germen, la testa, el embrión, etc.

1.9. Requerimientos edafoclimáticos

El cultivo se adapta a una amplia gama de condiciones medioambientales. Se desarrolla en suelos con pH de 6,6 (óptimo), de textura arcillosa, así como también en suelos arenosos, sin embargo, es preferible que se cultive en suelos finos ya que contienen mayor cantidad de arcilla, son mucho más fértiles y con mayor capacidad de intercambio catiónico, dificulta las labores mecánicas, sin embargo, cuando el cultivo se desarrolla en condiciones de inundación hay mayor retención de agua (Cárdenas, 2017).

El rango de temperatura varía desde los 20 a los 35 grados aproximadamente, necesitando más calor en las etapas de elongación de hoja y floración alrededor de 30°C. La Cantidad de agua para todo el ciclo del cultivo (3-6 meses dependiendo de la variedad), va desde 800 a 1300 mm de agua, normalmente se acostumbra a sembrar el arroz inundado permanentemente, sin embargo, recientes estudios demuestran que con un manejo adecuado del riego el cultivo puede mantenerse a capacidad de campo en ciertas etapas (Cárdenas, 2017).

1.10. El cultivo de arroz en Ecuador y América Latina

El arroz es uno de los cultivos más importantes a nivel mundial y uno de los granos más económicos de la canasta básica alimenticia que aporta importantes nutrientes en la dieta diaria de los que destacan los carbohidratos, principal fuente de energía de organismo. Es de origen asiático siendo China, India, Indonesia, Bangladés y Vietnam, los principales productores (Álava-Vera, Poaquizza-Cornejo and Castillo, 2018).

Según Mendoza (2019), 29 millones de toneladas de la producción del año 2017 provenía de países latino-americanos, ubicando a Ecuador en el puesto N°26 como exportador. En Ecuador la superficie de producción oscila las 385 mil hectáreas siendo Guayas el principal productor, sin embargo, del 4% al 6 % de las pérdidas de la producción nacional están ligadas a problemas fitosanitarios y agroclimáticos entre los que destaca la alteración de las características del suelo por exceso de sales, debido a las malas prácticas agrícolas.

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Localización y descripción del lugar de estudio

El experimento fue realizado en el área de casas de cultivos de la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE) (Imagen 1), localizada en el cantón La Libertad, provincia de Santa Elena, ubicada en las coordenadas geográficas 2° 13' 56" Latitud sur y 80° 52' 30" Latitud oeste, a 44 msnm.



Imagen 1. Toma satelital de la ubicación de la casa de cultivos, lugar en que se estableció el experimento

2.2. Materiales

a) Descripción de la infraestructura y el área de estudio

El experimento se estableció en un área de aproximadamente 45m² dentro de una estructura tipo invernadero cubierta con malla de polietileno UV/IR calibre 6 en un área de 200 m², y paredes laterales cubiertas por una malla que proporciona un 50 % de sombra.

b) Material vegetal

Se utilizaron semillas de las variedades de arroz INIAP FL-Arenillas e INIAP FL-1480 CRISTALINO producidas y comercializadas por INIAP (Instituto Nacional De

Investigaciones Agropecuarias), Estación Litoral Sur. Se seleccionaron las dos variedades por su alto rendimiento y tolerancia media al estrés salino. A continuación, se describen las características de cada una de las variedades utilizadas en el estudio.

INIAP FL-Arenillas: propiedad intelectual del FLAR (Fondo Latinoamericano Para Arroz De Riego), introducida al Ecuador en 2010 junto a otras líneas homocigotas, registrada por el programa nacional del arroz con el código Go-00202, los primeros estudios a nivel de laboratorio fueron realizados en la estación litoral sur durante 2011-2013, posterior (2014-2016) se realizaron los primeros estudios de campo en los que sobresalió esta variedad, presentando características de precocidad, planta de altura media, con granos largos y cristalinos, tolerante a las principales enfermedades del cultivo y con resultados positivos en pruebas de adaptación en riego y secano en los arrozales de las provincias de Guayas, Los Ríos, Loja y El Oro.

Tabla 2. Características de la variedad INIAP FL-Arenillas

VARIABLES	VALORES Y/O CALIFICACIÓN
Rendimiento potencial	10 t/ha
Rendimiento promedio	6 t/ha
Ciclo vegetativo en riego	122 días
Ciclo vegetativo en secano	111 días
Porcentaje de germinación	85 %
Tolerancia a la salinidad	Intermedia

INIAP FL-1480 CRISTALINO: propiedad intelectual del FLAR (Fondo Latinoamericano Para Arroz De Riego), introducida al Ecuador en 2012 junto a otras líneas homocigotas, registrada por el Programa Nacional del Arroz con el código Go-01480; durante 2012 al 2015 se realizaron estudios de adaptabilidad y tolerancia en los arrozales de los diferentes cantones de las provincias de Guayas, Los Ríos, Manabí y El Oro, donde sobresalió por presentar características agronómicas superiores, tolerancia fitosanitaria además de su gran capacidad de adaptación agroclimática.

Tabla 3. Características de la variedad INIAP FL-1480 CRISTALINO

VARIABLES	VALORES Y/O CALIFICACIÓN
Rendimiento potencial	10 t/ha
Rendimiento promedio	6 t/ha
Ciclo vegetativo	110 a 133 días
Porcentaje de germinación	85 %
Tolerancia a la salinidad	Intermedia

c) Solución nutritiva

Se utilizó solución nutritiva hidropónica comercial a base de sales conteniendo macronutrientes y micronutrientes (Tabla 4). Los cuales fueron mezclados según orientaciones del fabricante y el pH regulado a 5,5 usando una solución tampón incluida en el kit. La solución fue repuesta diariamente de acuerdo con las necesidades del cultivo.

Tabla 4. Cantidad a toma de la solución madre por cada litro de agua utilizada durante el desarrollo del experimento

Solución madre	Sales	Cantidad a toma de la solución Stock por cada litro de agua (ml)
A (5000 ml)	Nitrógeno, fosforo y potasio	5
C (5000 ml)	Nitrógeno y calcio	5
B(3000 ml)	Micronutrientes, Sulfato de magnesio y hierro \	2

d) Características de las sustancias húmicas

Las sustancias húmicas que se utilizaron en los experimentos fueron facilitadas por el laboratorio de Química y Biología del Suelo de la Universidad Federal Rural de Rio de Janeiro. Las SH fueron extraídas de vermicompost de estiércol bovino proveniente de vacas lecheras de un Sistema Integrado de Producción Agroecológica (SIPA) y procesado por lombrices de tierra rojas africanas (*Eudrilus eugeniae*) durante 70 días.

La composición elemental de las sustancias húmicas fue realizada utilizando un analizador elemental Perkin Elmer 2400 CHN y la relación E4/E6 fue obtenida a partir de la lectura de las absorbancias a 465 e 665 nm en el rango de UV-vis en espectrofotómetro Shimadzu UV-1800 UV-vis en los laboratorios de EMBRAPA-Agrobiología y de la Universidad Federal Rural de Rio de Janeiro por (Pinos *et al.*, 2019). Los resultados obtenidos de la composición elemental son los siguientes:

Tabla 5. Composición elemental de sustancias húmicas extraídas de vermicompost

SH	C(%)	H(%)	N(%)	O(%)	C/N	H/C	O/C	E4/E6
Vermicompost	42,68	6,88	3,08	47,36	17,32	1,93	0,83	7,54

Fuente: (Pinos *et al.*, 2019)

e) Preparación de soluciones de sustancias húmicas (5 y 10 mg C L⁻¹)

Para la preparación de las soluciones a dos concentraciones de sustancias húmicas de vermicompost se extrajeron 10 ml y 20 ml de una disolución madre conteniendo SH en una concentración total de 485 mg C L⁻¹, cada volumen extraído se disolvió en un litro de agua destilada con el fin de obtener dos soluciones, la primera con una concentración de 5 mg C L⁻¹, la segunda de 10 mg C L⁻¹.

f) Preparación de las soluciones salinas (75 y 150 mM de NaCl)

Se prepararon las dos concentraciones considerando la masa molar del NaCl, para lo cual fue necesario pesar 4.40 y 8.70 gr de NaCl por cada litro de agua destilada de disolución final para obtener concentraciones 75 mM y 150 mM de NaCl respectivamente.

2.3. Métodos

El experimento se dividió en dos fases, la primera para determinar el efecto de las SH sobre la germinación de las semillas de arroz y la segunda para evaluar el crecimiento inicial de las plántulas de arroz, en ambos casos los tratamientos se sometieron a diferentes dosis de sustancias húmicas y condiciones de estrés salino.

Se utilizaron dosis de SH de 5 y 10 mg C L⁻¹, las cuales fueron definidas en base a estudios previos de diversos autores utilizando SH del mismo origen en plantas de arroz (Calderín *et al.*, 2012, 2016) y maíz (Pinos *et al.*, 2019) sometidas a estrés salino.

Los niveles de salinidad utilizados fueron de 75mM (moderado) y de 150mM (severo), basados en trabajos previos realizados por Sam (2007).

Las evaluaciones de la fase de germinación se realizaron de manera diaria a partir del día de montaje del experimento hasta el día 7 en que germinaron las semillas, la segunda fase del experimento se consideró a partir del día 7 de iniciado el experimento y que para esa fase se considerara como día 0 después de la germinación (DDG) de las semillas. En la Figura 1 se muestra la línea del tiempo del experimento.

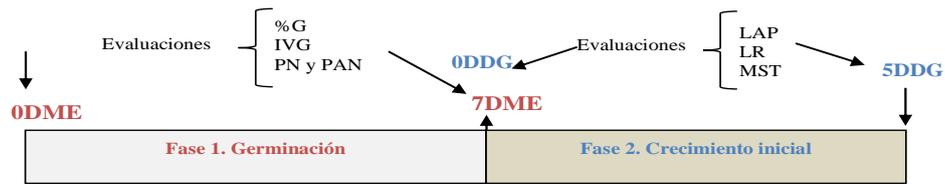


Figura 1. Línea del tiempo de las fases del experimento para evaluación de los efectos de las sustancias húmicas sobre la germinación y crecimiento inicial de plántulas de dos variedades de arroz sometidas a tres niveles de estrés salino. DME=Días des montaje del experimento; DDG=Días después de la germinación; %G=Porcentaje de germinación; IVG= Índice de velocidad de germinación; PN=plántulas normales; PAN=plántulas anormales; LAP= Longitud de la parte aérea de las plántulas; LR=longitud radicular de las plántulas; MST= Masa seca total.

2.4. Diseño experimental

En ambas fases del experimento se utilizó un diseño experimental completamente al azar con arreglo trifactorial 2 x 3 x 3, donde las dos variedades de arroz eran el primer factor, el segundo fueron las tres concentraciones de NaCl (0, 75 y 150mM) y el tercer factor las tres dosificaciones de sustancias húmicas de vermicompost (0, 5 y 10 mg C L⁻¹). Cada unidad experimental estuvo conformada por un vaso polipropileno conteniendo 25 semillas cada uno, con un total de 18 tratamientos, 3 repeticiones por tratamiento haciendo un total de 54 unidades experimentales

Diseño completamente aleatorio (DCA)

Descripción:

Tratamientos: 18

Repeticiones: 3

Total: 54

Tabla 6. Fuentes de variación y grados de libertad de los factores considerados en el experimento

Fuentes de variación	Grados de libertad
Total	53
Tratamientos	17
Factores	2
Variedades (V)	1
Dosis de sustancias húmicas (SH)	2
Niveles de salinidad (ES)	2
(VxSH)	2
(VxES)	2
(SHxES)	4
(VxSHxES)	4
Error	36

Tabla 7. Descripción de los tratamientos para experimento de germinación y crecimiento inicial.

N°	Tratamiento	Descripción
1	V1+ES ₀ +SH ₀	Variedad 1 + ES ₀ + SH ₀ (Control)
2	V2+ES ₀ +SH ₀	Variedad 2 + ES ₀ + SH ₀ (Control)
3	V1+ ES ₀ +SH ₅	Variedad 1 + Sustancia húmica 5 mg C L ⁻¹ .
4	V2+ ES ₀ +SH ₅	Variedad 2 + Sustancia húmica 5 mg C L ⁻¹ .
5	V1+ ES ₀ +SH ₁₀	Variedad 1 + Sustancia húmica 10 mg C L ⁻¹ .
6	V2+ ES ₀ +SH ₁₀	Variedad 2 + Sustancia húmica 10 mg C L ⁻¹ .
7	V1+ES ₇₅ +SH ₀	Variedad 1 + Estrés salino 75mM (4,8 dSm ⁻¹)
8	V2+ES ₇₅ +SH ₀	Variedad 2 + Estrés salino 75mM (4,8 dSm ⁻¹)
9	V1+ES ₁₅₀ +SH ₀	Variedad 1 + Estrés salino 150mM (9,6 dSm ⁻¹)
10	V2+ES ₁₅₀ +SH ₀	Variedad 2 + Estrés salino 150mM (9,6 dSm ⁻¹)
11	V1+ES ₇₅ +SH ₅	Variedad 1 + Estrés salino 75mM (4,8 dSm ⁻¹) + Sustancia húmica 5 mg C L ⁻¹ .
12	V2+ ES ₇₅ +SH ₅	Variedad 2 + Estrés salino 75mM (4,8 dSm ⁻¹) + Sustancia húmica 5 mg C L ⁻¹ .
13	V1+ES ₁₅₀ +SH ₅	Variedad 1 + Estrés salino 150mM (9,6 dSm ⁻¹) + Sustancia húmica 5 mg C L ⁻¹ .
14	V2+ ES ₁₅₀ +SH ₅	Variedad 2 + Estrés salino 150mM (9,6 dSm ⁻¹) + Sustancia húmica 5 mg C L ⁻¹ .
15	V1+ES ₇₅ +SH ₁₀	Variedad 1 + Estrés salino 75mM (4,8 dSm ⁻¹) + Sustancia húmica 10 mg C L ⁻¹ .
16	V2+ ES ₇₅ +SH ₁₀	Variedad 2 + Estrés salino 75mM (4,8 dSm ⁻¹) + Sustancia húmica 10 mg C L ⁻¹ .
17	V1+ES ₁₅₀ +SH ₁₀	Variedad 1 + Estrés salino 150mM (9,6 dSm ⁻¹) + Sustancia húmica 10 mg C L ⁻¹ .
18	V2+ ES ₁₅₀ +SH ₁₀	Variedad 2 + Estrés salino 150mM (9,6 dSm ⁻¹) + Sustancia húmica 10 mg C L ⁻¹ .

Conducción del experimento

2.5. Fase 1. Efectos de las sustancias húmicas en la germinación de semillas de arroz bajo efectos de diferentes niveles de estrés salino

Las semillas de arroz de cada variedad fueron previamente desinfectadas con una solución de hipoclorito de sodio (NaClO) al 0,5% por 5 minutos y luego lavadas con agua destilada. Luego de desinfectadas las semillas fueron transferidas a vasos plásticos de polipropileno previamente preparados con una gasa para soporte de las semillas, simulando un sistema hidropónico y conteniendo las soluciones con los tratamientos con diferentes dosis de sustancias húmicas (0, 5 y 10 mg C L⁻¹) y diferentes niveles de salinidad (0, 75 y 150 mM) con el pH ajustado a 6,5.

Los recipientes (vasos plásticos) se mantuvieron en la casa de sombra y se evaluaron diariamente por un período de siete días, durante los cuales se repusieron las soluciones con la finalidad de mantener la humedad de las semillas.

2.5.1. Variables a evaluar:

a) *Índice de velocidad de germinación (IVG)*

Las evaluaciones se realizaron según las Reglas para el análisis de semillas (BRASIL, 2009). Se determinó el índice de velocidad de germinación (IVG), mediante el conteo diario de las plántulas germinadas según la fórmula propuesta por Maguire, (1967):

$$IVG = \frac{G1}{N1} + \frac{G2}{N2} + \dots + \frac{Gn}{Nn}$$

Donde G1+ G2 +...+ Gn = número de plantas germinadas contadas en el segundo y último conteo respectivamente. N1+N2+...Nn+ número de días recorridos de la siembra a la primera, segunda, y último conteo respectivamente.

b) *Porcentaje de germinación*

El porcentaje de germinación se determinó con un conteo a los 7 días después de la instalación del experimento y los resultados expresados en porcentaje de plántulas germinadas, considerando como criterio de germinación la protusión radicular. Para el cálculo se usó la fórmula de Labouriau and Viladares (1976) en que:

$$\% \text{ Germinação} = \frac{PG}{N} \times 100$$

Dónde: PG= número de plántulas germinadas; N=Número total de semillas colocadas para germinar.

c) *Plántulas normales y anormales*

Al finalizar la evaluación de germinación, se realizó una clasificación posterior entre plántulas germinadas normales y anormales, considerando plántulas normales a las que poseen sus estructuras esenciales como el hipocótilo y raíces adecuadamente desarrolladas y con características óptimas para su desarrollo. Las plántulas anormales son aquellas que no presentan características para continuar su desarrollo aun siendo cultivadas en condiciones óptimas, y pueden tener sus estructuras vitales dañadas, tales como raíz con geotropismo negativo, atrofas, raíz e hipocótilo torcido o anormal (Oliveira, 2018).

2.6. Fase 2. Evaluación del efecto de las sustancias húmicas en el crecimiento inicial de plántulas de arroz sometidas a diferentes niveles de estrés salino

En la segunda fase del experimento se evaluaron los efectos de los tratamientos en el crecimiento inicial de las plántulas de arroz. Una vez culminadas las evaluaciones de germinación se procedió a seleccionar 5 plántulas normales de cada tratamiento, las cuales fueron colocadas en los vasos conteniendo solución nutritiva de Hoagland más el respectivo tratamiento con el pH ajustado a 5,8-6,5 mediante la adición de un regulador de pH acidificante y la solución repuesta diariamente.

2.6.1. Variables a evaluar:

a) Parámetros morfológicos: longitud de la parte aérea y radicular, biomasa fresca y seca

Una vez concluidas las evaluaciones de parámetros germinativos se procedió a seleccionar 5 plántulas normales por cada tratamiento para continuar con la segunda fase del experimento. Las evaluaciones se realizaron el día 0 y 5 después de haber concluido la fase de germinación (es decir a los 12 días de haber establecido el experimento).

Durante las evaluaciones las plantas fueron trasladadas al laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias y separadas la parte aérea de la radicular y medidas las variables, longitud de la parte aérea (cm) y longitud radicular (cm), biomasa seca (mg) utilizando una balanza analítica, en el caso de la biomasa seca los tejidos (parte aérea y radicular) se colocaron en bolsas de papel y fueron secados en una estufa de circulación de aire a una temperatura de 75°C durante 72 horas, el peso fue expresado en miligramos de materia seca.

2.7. Análisis estadístico de los resultados

Los resultados obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza por el test F por el programa estadístico SISVAR (Ferreira, 2019). Cuando los efectos fueron significativos se aplicó el test de Tukey al 0,05% de significancia. Los gráficos fueron procesados con el software Microsoft Excel 365.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Fase 1. Efecto de tres dosis de sustancias húmicas en la germinación de dos variedades de arroz sometidas a diferentes niveles de estrés salino

En la Tabla 8 se presenta el resumen de análisis de variancia de los parámetros germinativos de las dos variedades de arroz tratadas con sustancias húmicas y bajo los efectos de tres niveles de estrés salino. Se observaron diferencias significativas entre variedades (V), niveles de estrés salino (ES) y la interacción de ambos factores (V x ES) para el porcentaje de germinación.

La variable plántulas normales (PN) también mostró diferencias significativas entre variedades (V) y tratamientos con diferentes niveles de estrés salino (ES) así como la interacción variedad por estrés salino (V x ES) y variedad por estrés salino por sustancias húmicas (V x ES x SH). La variable plántulas anormales (PA) presentó significancia estadística para las variables variedad (V), estrés salino (ES) y sustancias húmicas (SH), así como en las interacciones V x SH y V x ES x SH. El índice de velocidad de germinación (IVG) mostró significancia estadística para los factores variedad (V) y estrés salino (ES).

Tabla 8. Resumen del análisis de variancia de los parámetros germinativos, porcentaje de germinación (%G), Índice de velocidad de germinación (IVG), plántulas normales (PN) y plántulas anormales (PA) de dos variedades de arroz sometidas a tres niveles de estrés salino y bajo el efecto de tres dosis de sustancias húmicas.

CUADRADOS MEDIOS										
FV	GL	% G	Germinación			PN	Pr>Fc	Vigor		Pr>Fc
			Pr>Fc	IVG	Pr>Fc			PA	Pr>Fc	
Variedad (V)	1	3986,962**	0,0000	7999,341**	0,0000	5642,666**	0,0000	143,407*	0,0067	
Estrés Salino (ES)	2	878,222**	0,0000	1552,068**	0,0000	1474,666**	0,0000	80,888*	0,0157	
Sustancias Húmicas (SH)	2	66,666ns	0,2086	58,054ns	0,2035	59,555ns	0,3335	99,555*	0,0067	
V x ES	2	193,185*	0,0144	41,388ns	0,3173	338,666*	0,0038	39,407ns	0,0792	
V x SH	2	10,962ns	0,7662	14,638ns	0,6613	54,222ns	0,3670	58,074*	0,0264	
V x ES x SH	4	59,851ns	0,2313	31,898ns	0,4568	154,222*	0,0327	39,407*	0,0439	
Error	44	-	-	-	-	-	-	-	-	
CV%	-	7,27		9,250		9,660		95,45		
Media	-	88,00		63,957		84,000		4,000		

*Significativo; ^{ns}No significativo

3.1.1. Germinación de las semillas

En la Tabla 9 se muestran los valores medios de germinación de la interacción de los factores V x ES de las semillas de arroz tratadas con sustancias húmicas y sometidas a estrés salino. Se observa que la variedad FL-1480 presentó porcentajes de germinación superiores a la FL-Arenillas con valores de 99.11%, 99.11% y 91.55% bajo las concentraciones NaCl de 0, 75 y 150 mM, mientras que la variedad FL-Arenillas presentó porcentajes de germinación de 89,33%, 79,55% y 69.33%, lo que en términos porcentuales representa una reducción del 9.78%, 19.56% y 22.22 % en el porcentaje de germinación bajo las mismas condiciones de estrés salino.

Al comparar el efecto del incremento de los niveles de salinidad sobre cada variedad tenemos que niveles de estrés salino de 75 y 150 mM de NaCl sobre la variedad FL-Arenillas reducen en un 9.78% y 20% su capacidad germinativa; mientras que la variedad FL-1480 no manifestó afectaciones cuando el nivel de estrés salino se elevó a 75 mM de NaCl, y concentraciones de 150 mM de NaCl redujeron solo en 7.56% la capacidad germinativa de las semillas.

Tabla 9. Respuesta de la interacción de los factores variedad x estrés salino en el porcentaje de germinación de dos variedades de arroz sometidas a estrés salino y tratadas con sustancias húmicas.

Variedades	Germinación (%)		
	0	75	150
	mM NaCl		
FL-Arenillas	89,33 bA	79,55 bB	69,33 bC
FL-1480	99,11 aA	99,11 aA	91,55 aB

Medias seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente entre sí, minúsculas comparan medias entre las filas y mayúsculas comparan medias entre las columnas, según el test de Tukey ($p < 0,05$).

3.1.2. Índice de velocidad de germinación

En relación con el IVG se observó un efecto independiente de cada factor (Figura 2). Los resultados demuestran que la variedad FL-1480 presentó un mayor IVG en relación a la variedad FL-Arenillas (Figura 2A), mientras niveles de estrés salino de 75 y 100 mM redujeron significativamente el IVG de las dos variedades en 8.9 y 18.5 puntos porcentuales cuando comparadas con el control sin estrés salino (Figura 2B)

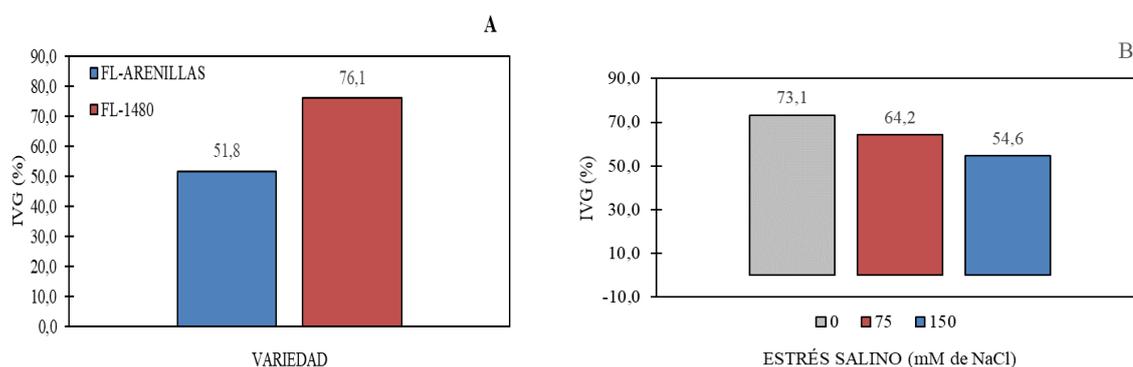


Figura 2. Efecto de los factores variedad (V) y niveles de estrés salino (ES) en el índice de velocidad de germinación (IVG) de dos variedades arroz bajo el efecto de tres dosis de sustancias húmicas. Medias seguidas de una misma letra no difieren significativamente entre sí por el test de Tukey ($p < 0,05$)

Los resultados observados no mostraron el efecto de las sustancias húmicas sobre la germinación e IVG de las semillas de las dos variedades de arroz sometidas a diferentes niveles de estrés salino bajo las condiciones del presente estudio. Sin embargo, fue notable el efecto de los niveles de salinidad y la variedad. Las semillas de FL-1480 presentaron de manera natural un mayor poder germinativo en relación con la FL-Arenillas, comportamiento que se mantuvo a pesar de haber sido sometida a dos niveles de estrés salino (75 y 150 mM de NaCl). El IVG también fue mayor en la variedad FL-1480.

No se observó efecto significativo de las SH ni interacciones con otros factores en los parámetros germinativos evaluados, y esto podría estar relacionado al efecto variable que tienen las sustancias húmicas sobre la germinación que van desde estimulantes hasta inhibitorios y que suele estar relacionada con el origen de las sustancias húmicas y la especie vegetal. Estudios realizados por Pinos *et al.* (2019) refieren un efecto inhibitorio de la germinación e IVG en semillas de maíz, relacionado con la presencia de estructuras aromáticas y grupos $C_{Ar-H,R}$ en las sustancias húmicas siendo este efecto menos marcado en las SH procedentes de vermicompost, sin embargo en condiciones naturales este fenómeno no se observa producto de mecanismos evolutivos de las plantas (Šerá and Novák, 2011).

El efecto negativo de la salinidad sobre los cultivos ha sido expuesto por diversos autores, quienes relacionan estos daños con la alteración de procesos metabólicos y fisiológicos, que inhiben a nivel enzimático y hormonal la disponibilidad de agua para

la semilla, retardando la germinación y reduciendo del porcentaje de semillas germinadas, además de aumentar de la cantidad de plántulas defectuosas o anormales, limitar los procesos fotosíntesis, retardar el crecimiento de la planta, disminución de la producción, esterilización, etc.,(Da Costa *et al.*, 2019; Reyes, 2014 y Goykovic Cortés and Saavedra del Real, 2007).

Este comportamiento estaría relacionado con los niveles de tolerancia propios de cada variedad. Autores como Ghosh, Ali Md y Gantait, (2016) recomiendan la obtención de variedades tolerantes a la salinidad con el uso de material genético autóctono, debido a que los cultivos y plantas que han crecido bajo la influencia de sales, aunque sea mínima, logran desarrollar mecanismos que les permiten tolerar nivel superiores de salinidad, característica que es heredada a la descendencia, conclusión a la que llegaron mediante el análisis de los mecanismos de defensa de variedades de arroz tolerantes a nivel morfo-fisiológico, bioquímico y molecular.

El análisis a nivel morfológico y fisiológico indica que los cultivos tolerantes minimizan los efectos de la toxicidad iónica mediante la exclusión de las sales, absorción selectiva de iones y la regulación de paso de K^+ que se ve limitado por el paso de Na^+ , el análisis bioquímico indica que la percepción de sales conlleva a que la planta realice un ajuste osmótico para lo que acumula grandes cantidades de iones inorgánicos y compuestos orgánicos como: aminoácidos, amidas, polioles, proteínas, etc., y por último, el análisis molecular reveló la presencia de loci de rasgos cualitativos que condicionan la expresión fenotípica, y que están presentes en los cromosomas encargados de la longitud radicular, la masa seca, la aparición de brotes, entre otros, dando una pauta para posteriores estudios de tolerancia a la salinidad a nivel cromosómico (Ghosh, Ali Md and Gantait, 2016).

No se han realizados estudios que describan el nivel de tolerancia ni los mecanismos de defensa que las variedades INIAP FL-1480 e INIAP FL-ARENILLAS tengan al estrés salino, las fichas técnicas de cada cultivo, indican que las pruebas de adaptabilidad y selección de los materiales promisorios, fueron realizados en distintas provincias del litoral ecuatoriano de las cuales la única que no tiene salida al mar es la provincia de Los Ríos, razón por la que se presume que ambas variedades deberían tener el gen de tolerancia a la salinidad en su codificación genética. (Pérez, Rodríguez

and García, 2018; Pérez, 2019), coinciden en manifestar que ambas variedades son tolerantes a al estrés biótico y abiótico, además Añazco (2019) recomienda la siembra de INIAP FL-ARENILLAS en suelos contaminados por cadmio.

3.1.3. Prueba de vigor

En la Tabla 10 se presentan los resultados de la prueba de vigor, donde se observó una interacción entre los factores V x ES x SH para la variable plántulas normales y anormales. Analizando está interacción tenemos que las variedades presentaron una respuesta claramente diferenciada en cuanto al vigor bajo el efecto de las SH y ES.

Las SH en dosis de 5 y 10 mg C L⁻¹ estimularon el porcentaje de plántulas normales para la variedad FL-Arenillas incremento en un 4%, en relación al control, aunque sin efectos significativos. Dosis de SH de 5 mg C L⁻¹ estimularon en 5.30% la cantidad de PN cuando sometidas a niveles de ES de 75 mM de NaCl. Un efecto similar se verifico cuando aplicadas dosis de SH de 5 y 10 mg C L⁻¹ en plántulas sometidas a niveles de ES de 150 mM de NaCl, lo que significó un incremento del 11.3% y 18.0% respectivamente cuanto comparadas con el tratamiento sin SH, ambos con significancia estadística.

La variedad FL-1480 no presentó un efecto significativo a la aplicación de SH en ausencia de ES en cuanto al porcentaje de PN. La aplicación de 5 mg C L⁻¹ de SH incremento en 2.99% la cantidad de PN cuando las plántulas fueron sometidas a niveles de ES de 75 mM de NaCl, aunque sin significancia estadística, a mayor nivel de ES (150 mM) no se observó estímulo.

En cuanto al porcentaje de PA tenemos que la salinidad incrementó significativamente el porcentaje de PA para las dos variedades.

Tabla 10. Respuesta de la interacción de los factores V x ES x SH en el porcentaje plántulas normales (PN), plántulas anormales (PA) de dos variedades de arroz sometidas a estrés salino y tratadas con sustancias húmicas.

Estrés Salino (mM de NaCl)	Plántulas Normales (%)					
	FL-Arenillas			FL-1480		
	SH-0	SH-5	SH-10	SH-0	SH-5	SH-10
0	84,00 aA	88,00 aA	88,0 aA	98,66 aA	98,66 aA	97,33 aA
75	76,00 aAB	81,30 bA	66,60 bC	93,33 aA	96,00 aA	97,33 aA
150	50,0 bB	61,3 bAB	68,0 bA	92,00 aA	90,00 aA	84,00 aA

Estrés Salino (mM de NaCl)	Plántulas Anormales (%)					
	FL-Arenillas			FL-1480		
	SH-0	SH-5	SH-10	SH-0	SH-5	SH-10
0	5,33 bA	1,33 aA	1,33 aA	1,33 aA	1,33 aA	0,00 aA
75	6,66 bA	5,33 aA	2,66 aA	5,33 aA	4,00 aA	1,33 aA
150	18,66 aA	6,66 aB	2,66 aB	2,66 aA	0,00 aA	5,33 aA

Medias seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente entre sí, minúsculas comparan medias entre las filas y mayúsculas comparan medias entre las columnas, según el test de Tukey ($p < 0,05$).

Los resultados obtenidos coinciden con los reportados por otros autores en diversidad de cultivos como: pimiento (*Capsicum annuum* var. *Caballero*) Osorio, (2008); cuatro variedades de Maíz (*Zea mays*) Chilo *et al.*, (2009), y dos variedades de quinoa (*Chenopodium quinoa*), coincidiendo en que conforme aumenta la cantidad de sales, aumenta también el número de plántulas anormales, caracterizadas por presentar necrosis y deformidad morfológica en la radícula y el hipocótilo alterando la expresión normal del geotropismo o fototropismo.

Mientras que el efecto protector de las SH observado coincide con estudios hechos por Pérez, (2010), quien señala que las sustancias húmicas intervienen en los procesos de germinación, estimulando la semilla y contrarrestando los daños causados por el estrés abiótico, aumentando el porcentaje de germinación y de plántulas normales. Además de que efecto diferenciado de cada variedad estaría relacionado con las características genotípicas de la variedad y la diversidad de efectos de las SH en las especies vegetales.

3.2.Fase 2. Efecto de tres dosis de sustancias húmicas en el crecimiento inicial de dos variedades de arroz sometidas a de estrés salino

En la Tabla 11 resumen de análisis de Varianza se muestra la significancia estadística de los parámetros morfológicos de crecimiento inicial evaluados en plántulas de dos variedades de arroz que están influenciadas por sustancias húmicas en condiciones salinas.

El factor variedad (V) presenta diferencias significativas en la variable longitud de la parte aérea de la planta (LPA) a los 0 días después de germinación (0DDG), además de la longitud radicular (LR) a los 0 y 5 DDG, mientras que en la variable masa seca total (MST) únicamente hay relevancia a los 0DDG; en el caso del factor estrés salino (ES), presenta diferencias significativas en todas sus variables LPA, LR y MST a los 0 y 5 DDG y las sustancias húmicas (SH) presentan significancia únicamente para la variable MST a los 12DDG.

La interrelación entre la variedad y el estrés salino (VxES) presentan significancia en las variables LR y MST a los 5 y 0 DDG respectivamente; mientras que la interrelación entre variedad y sustancias húmicas (VxSH) es significativa para la variable LPA a los 0DDG, además de también existir significancia para los factores estrés salino por sustancias húmicas (ESxSH) con las variables LPA y LR ambas a los 0DDG más LR a los 5DDG, y la interrelación de los tres factores (VxESxSH) presenta diferencias significativas únicamente para la variable LPA a los 0DDG

Tabla 11. Resumen del análisis de varianza de los parámetros de longitud aérea de la planta (LPA), longitud radicular (LR) y masa seca total (MST) de dos variedades de arroz sometidas a tres niveles de estrés salino y bajo el efecto de tres dosis de sustancias húmicas, evaluadas a los 0 y 5 días después de la germinación de las semillas

F.V	GL	Cuadrado Medios					
		LPA		LR		MST	
		0 DDG	5 DDG	0 DDG	5 DDG	0 DDG	5 DDG
Variedad	1	16,45*	1,95ns	27,16*	45,191*	29,04*	8,96*
Estrés Salino	2	40,61*	124,82*	98,16*	276,546*	34,05*	280,07*
Sustancias Húmicas	2	0,39ns	4,41ns	0,52ns	0,135ns	0,09ns	10,907*
V x ES	2	0,03ns	0,48ns	0,59ns	9,952*	2,58*	2,74ns
V X SH	2	0,94*	0,25ns	1,11ns	6,678ns	0,05ns	0,13ns
ES x SH	4	0,84*	4,52ns	4,24*	6,887*	1,01ns	9,77*
V x ES x SH	4	0,46*	2,81ns	0,99ns	1,849ns	0,28ns	2,16ns
Error	40						
CV(%)		16,1	34,9	27,2	19,9	30,8	18,8
Media		2,5	5,0	3,7	8,2	2,8	8,9

*Significativo; ^{ns}No significativo

3.2.1. Longitud de la parte aérea

En la tabla 12 y 14 se muestra los efectos de la interacción VxESxSH en la longitud de la parte aérea de las plántulas de arroz evaluadas a los 0 y 5 DDG.

A los 0 DDG la aplicación de SH en dosis de 5 mg C L⁻¹ en plántulas bajo concentraciones de ES de 150 mM de NaCl incrementó la LPA de las plántulas en 1,37 cm en relación al tratamiento sin aplicación de SH para la variedad FL-1480. En el caso de la variedad FL-Arenillas se observó un incremento de la LPA de 0.26 cm, aunque sin significancia estadística.

A los 5 DDG la aplicación de SH en dosis de 5 y 10 mg C L⁻¹ incrementó en 1.03 cm la LPA de las plántulas para la variedad FL-1480, mientras que la FL-Arenillas presento un incremento de 1.38 cm en la LPA para los tratamientos bajo concentraciones de ES de 150 mM de NaCl.

Tabla 12. Análisis de la variable longitud de la parte aérea (LPA) en la interacción de los factores V x SH de dos variedades de arroz bajo niveles de estrés salino y el efecto de sustancias húmicas evaluadas a los 0 y 5 DDG.

LPA 0 DDG													
		FL-1480						FL-Arenillas					
ES		0	75	150				0	75	150			
SH													
0		4,53	a	3,03	a	1,46	b	3,16	a	1,9	a	0,5	a
5		4,73	a	2,86	a	2,83	a	3,56	a	1,76	a	0,5	a
10		4,66	a	3,00	a	0,73	b	3,86	a	2,16	a	0,5	a
LPA 5 DDG													
		FL-1480						FL-Arenillas					
ES		0	75	150				0	75	150			
SH													
0		8,96	a	5,53	a	2,33	a	9,33	a	5,38	a	1,75	a
5		7,5	a	5,11	a	3,3	a	7,63	a	3,4	a	3,13	a
10		7,5	a	3,46	a	3,36	a	6,16	a	4,98	a	1,83	a

Letras iguales no difieren entre sí por el test de Tukey (p<0,05).

La interacción entre los factores ESxSH presentó significancia a los 0 DDG, indicando que en condiciones severas de salinidad (150 mM de NaCl) la mejor dosis de aplicación de SH es la de 5 mg C L⁻¹ con plántulas con altura promedio que superan al tratamiento testigo sin SH, en condiciones moderadas de salinidad (75 mM de NaCl) la aplicación de SH no tuvo significancia estadística sin embargo se puede observar un ligero incremento en la altura promedio de las plántulas de los tratamientos con 10 mg C L⁻¹, estos resultados se pueden visualizar en la Tabla 13.

Tabla 13. Análisis de la variable longitud de la parte aérea (LPA) en la interacción de los factores ES x SH de dos variedades de arroz bajo niveles de estrés salino y el efecto de sustancias húmicas evaluadas a los 0 DDG

Estrés Salino (mM de NaCl)	Sustancias Húmicas (mg C L ⁻¹)					
	0		5		10	
0	3,85	Aa	4,15	Aa	4,27	Aa
75	2,47	Ba	2,32	Ba	2,58	Ba
150	0,98	Cb	1,67	Ca	0,62	Cb

Medias seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente entre sí, minúsculas indican diferencias entre la aplicación de diferentes dosis de SH en un mismo nivel de ES y mayúsculas comparan medias entre los diferentes niveles de ES, según el test de Tukey (p<0,05).

Los resultados presentados en la Tabla 14, muestran el efecto de la interacción V x ES en la LPA de las plántulas de arroz evaluadas a los 0 y 5 DDG. A los 0 DDG se observó un efecto significativo de la variedad, siendo la variedad FL-1480 la que presentó mayores valores de LPA que la FL-Arenillas tanto en ausencia como en presencia de diferentes niveles de ES, con valores promedio de 4,64 cm sin ES para la FL-1480 y de 3.52 cm para la FL-Arenillas. Los niveles de ES aplicados redujeron significativamente la LPA de las plántulas a medida que fueron incrementados siendo que, con niveles de 75 mM de NaCl, las plántulas alcanzaron una altura promedio de 2.96 cm y 1.94 cm y con 150 mM de NaCl de 1.67 cm y 0,5 cm para la variedad FL-1480 y FL-Arenillas respectivamente.

A los 5 DDG no se verificó un efecto significativo entre las variedades a pesar de que la LPA fue mayor en la variedad FL-1480, con plántulas cuyos promedios superaban a FL-Arenillas con 0,27 cm, 0,11 cm y 0,75cm en niveles de 0, 75 y 150 mM de NaCl, y la reducción de LPA a causa del estrés salino se mantuvo, conforme aumentaban las concentraciones de NaCl en 75 y 150 mM, la variedad FL-1480 redujo su altura promedio en 3,43 cm y 6,63 cm con relación al tratamiento control sin ES y sin SH que alcanzó una LPA de 8, 96 cm, de la misma forma la variedad FL-Arenillas redujo su altura en 3.95 cm y 7,58 cm con relación al tratamiento control sin ES que alcanzó una LPA de 9, 33 cm, manteniendo el mismo comportamiento al aumentar la dosis de SH en 5 y 10 mg C L⁻¹

Tabla 14. Análisis de la variable longitud de la parte aérea (LPA) de la interacción V x ES de dos variedades de arroz bajo niveles de estrés salino y el efecto de sustancias húmicas evaluadas a los 0 y 5 DDG.

LPA 0 DDG																				
Variedades	0 mM			75 mM			150 mM			0 mM			75 mM			150 mM				
	0 mg C L-1									5 mg C L-1						10 mg C L-1				
FL-Arenillas	3,16	bA	1,9	bB	0,5	bC	3,56	bA	1,76	bB	0,5	bC	3,86	bA	2,16	bB	0,50	aC		
FL-1480	4,53	aA	3,03	aB	1,46	aC	4,73	aA	2,86	aB	2,83	aB	4,66	aA	3,00	aB	0,73	aC		

LPA 5 DDG																				
Variedades	0 mM			75 mM			150 mM			0 mM			75 mM			150 mM				
	0 mg C L-1									5 mg C L-1						10 mg C L-1				
FL-Arenillas	9,33	aA	5,38	aB	1,75	aC	7,63	aA	3,4	aB	3,13	aB	6,16	aA	4,98	aAB	1,83	aB		
FL-1480	8,96	aA	5,53	aAB	2,33	aB	7,5	aA	5,11	aAB	3,3	aB	7,5	aA	3,46	aB	3,36	aB		

Letras minúsculas en las líneas comparan medias de dos variedades de arroz sometidas a diferentes niveles de estrés salino y el efecto de tres niveles de SH. Letras mayúsculas en las columnas comparan medias de tratamientos con diferentes niveles de estrés salino en las interacciones significativas entre V x ES a los 0 y 5 DDG. Letras iguales no difieren entre sí por el test de Tukey ($p < 0,05$).

3.2.1. Longitud radicular

Las Tablas 15 y 16 muestran los resultados del análisis estadístico entre los factores V y ES, mientras que la Tabla 17 proyecta la interacción entre los factores ESxSH para la variable longitud radicular LR de dos variedades de arroz sometidas estrés salino a los 0DDG. La Tabla 18 indica interacción entre los factores ESxSH y la Tabla 19 el análisis estadístico entre los factores V y ES y la interacción entre ambos factores VxES en la variable longitud radicular LR de dos variedades de arroz sometidas estrés salino en las evaluaciones realizadas a los 5 DDG.

A los 0DDG la variedad FL-1480 obtuvo plántulas con raíces de 4,43 cm promedio lo que la hace estadísticamente superior a la variedad FL-Arenillas que obtuvo raíces de 3 cm, tal como lo indica la Tabla 15.

Tabla 15. Análisis de las diferencias entre las variedades con un intervalo de confianza de 95% para la variable longitud radicular LR (cm) a los 0DDG.

Variedad	Medias (cm)	Grupos
FL-Arenillas	3,007	B
FL-1480	4,426	A

Letras iguales no difieren entre sí por el test de Tukey ($p < 0,05$).

La Tabla 16 muestra los estragos causados por el estrés salino en las raíces, disminuyendo significativamente su longitud, pasando de raíces con 6,25 cm promedio en ausencia de ES, a raíces con 3,25 cm a los 75 mM de NaCl y 1,65 cm a los 150 mM de NaCl.

Tabla 16. Análisis de las diferencias entre los niveles de salinidad con un intervalo de confianza de 95% para la variable longitud radicular LR (cm) a los 0DDG.

ES (mM NaCl)	Medias (cm)	Grupos
0	6,250	A
75	3,250	B
150	1,650	C

Letras iguales no difieren entre sí por el test de Tukey ($p < 0,05$).

El factor SH y la interacción entre los factores (VxES) no presentaron significancias estadísticas, para LR a los 0DDG.

La Tabla 17 indica que la aplicación de SH surgió efecto en condiciones severas de ES (150 mM de NaCl) donde las aplicaciones de 5 y 10 mg C L⁻¹ lograron incrementar significativamente la longitud de las raíces en comparación con el control sin SH.

Tabla 17. Análisis de las diferencias estadísticas de la interacción entre los factores ESxSH, para la variable longitud radicular LR en la evaluación realizada a los 0 DDG.

Longitud radicular (cm) 0 DDG						
ES	Sustancias Húmicas (mg C L ⁻¹)					
	0		5		10	
0	5,75	Aa	7,00	Aa	6,00	Aa
75	4,00	Ba	2,50	Ba	3,25	Ba
150	0,83	Ca	2,07	Ba	2,05	Ba

Medias seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente entre sí, minúsculas indican diferencias entre la aplicación de diferentes dosis de SH en un mismo nivel de ES y mayúsculas comparan medias entre los diferentes niveles de ES, según el test de Tukey ($p < 0,05$).

En las evaluaciones realizadas a los 5DDG, la variedad FL-1480 obtuvo raíces significativamente más largas que FL-Arenillas, con LR promedio de 9,67 cm vs 6,38 cm para los tratamientos con ES de 75 mM de NaCl (moderado) y de 5,37 cm vs 3,48 cm para los tratamientos con 150 mM de NaCl (severo) (Tabla 18).

El daño causado por el ES se reflejó de manera significativa disminuyendo la LR de las plántulas conforme aumentaba la concentración de mM de NaCl en ambas variedades, en el caso de FL-1480 los tratamientos con 75 y 150 mM de NaCl reportaron valores promedio de 9,67 cm y 5,38 cm evidenciando una reducción del 21 % y 56% en comparación con el tratamiento sin ES que generó LR promedio de 12,23 cm, de la misma forma en la variedad FL-Arenillas los tratamientos con 75 y 150 mM de NaCl reportaron valores promedio de 6,38 cm y 3,48 cm evidenciando una reducción del 48 % y 78%, en comparación con tratamiento Sin ES generó LR promedio de 12,33 cm (Tabla 18).

El efecto de las SH a los 5DDG no fue significativo, sin embargo, la Tabla 18 indica que en la variedad FL-1480 la aplicación de 10 mg C L⁻¹ aumentó la LR en los tratamientos con 0 y 150 Mm de NaCl obteniendo raíces con 13 cm y 6,26 cm en comparación con los tratamientos testigos sin SH que alcanzaron LR de 12,1 cm y 3,91 cm, mientras que en la variedad FL-Arenillas la aplicación de 5 mg C L⁻¹ generó raíces más largas para los tratamientos con 75 y 150 Mm de NaCl con 7,63 cm y 4,96 cm en comparación con los tratamientos control sin SH que obtuvieron LR de 6.6 cm y 2.76 cm en los niveles de ES antes mencionados respectivamente.

Tabla 18. Análisis de las diferencias estadísticas de los factores V y ES y la interacción entre ambos (VxES), para la variable longitud radicular LR en la evaluación realizada a los 5DDG.

LR 5 DDG												
LR 5 DDG	FL-1480						FL-Arenilla					
SH	0		5		10		0		5		10	
0	12,1	aA	11,6	aA	13	aA	13	aA	11	aA	12,4	aA
75	10,43	aA	8,81	abA	9,76	bA	6,76	bB	7,63	bAB	4,76	bB
150	3,91	bA	5,96	bA	6,26	cA	2,76	cAB	4,96	bAB	2,73	bB

Letras minúsculas comparan medias entre los niveles de ES (columnas) y las letras mayúsculas comparan las medias entre las dos variedades de arroz sometidas a diferentes niveles de estrés salino (filas) a los 5DDG. Letras iguales no difieren entre sí por el test de Tukey ($p < 0,05$).

La Tabla 19 muestra la interacción entre los factores ESxSH donde se logra ver que conforme aumentan las concentraciones de ES las raíces reducen su tamaño y la aplicación de SH no tuvo efectos estadísticamente significativos, sin embargo, la aplicación de 5 y 10 mg C L⁻¹ muestra raíces con longitudes promedio superior a la de testigo sin SH.

Tabla 19. Análisis de las diferencias estadísticas de la interacción entre los factores (ESxSH), para la variable longitud radicular LR en la evaluación realizada a los 5DDG.

LR 5 DDG						
SH	SustanciasHúmicas-0		SustanciasHúmicas-5		SustanciasHúmicas-10	
ES						
0	12,6	Aa	11,3	Aa	12,9	Aa
75	8,6	Ba	8,2	Ba	7,3	Ba
150	3,3	Ca	5,5	Ca	4,5	Ca

Las barras representan el valor medio del error estándar de 6 repeticiones. Medias seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente entre sí, minúsculas indican diferencias entre la aplicación de diferentes dosis de SH en un mismo nivel de ES y mayúsculas comparan medias entre los diferentes niveles de ES, según el test de Tukey ($p < 0,05$).

El daño que causa la salinidad a las raíces afecta al desarrollo normal del resto de los órganos de la planta. La literatura reporta que en cultivos como (*Glycine max L.*) (Alves, Souza, *et al.*, 2019), (*Zea mays*) (Alves, Sales, *et al.*, 2019), (*Lycopersicon esculentum*) (Goykovic and Saavedra, 2007), (*Cucurbita pepo*) (Harter *et al.*, 2014), (*Chorisia glaziovii O*) (Sales *et al.*, 2011) los daños que sufren las raíces y la parte aérea de la planta están directamente relacionados, al aumentar la cantidad de sales presentes en el agua de riego o la solución salina de suelo, ambos disminuyen su longitud y volumen, la fisiología de la planta deja de gastar energía en crecer y desarrollarse y se prepara para adaptarse y sobrevivir a esas condiciones. Al no desarrollarse las raíces se limita el área de que la planta puede tomar los nutrientes para

su alimentación, además de que al estar en contacto con la solución salina de suelo aumenta la posibilidad de absorción de sales tóxicas al cultivo, lo que se refleja en daños como hojas necrosadas, cloróticas, disminución de la actividad estomálica, entre otros.

3.2.2. Biomasa seca total

Las evaluaciones realizadas a los 0DDG indican que la variable Masa seca total tuvo significancia estadística en los factores variedad y estrés salino y la interacción entre ambos factores, situación que se refleja en la Figura 3.

El estrés salino provocó un decrecimiento en el peso seco de las plántulas, reflejándolo en los resultados de las evaluaciones realizadas a los 0 DDG, donde conforme aumentaban las concentraciones de NaCl se reducía el peso en ambas variedades, sin embargo, la variedad FL-1480, obtuvo plántulas con mayor masa seca en comparación con FL-ARENILLAS en cada uno de los tratamientos 0, 75 y 150 mM de NaCl.

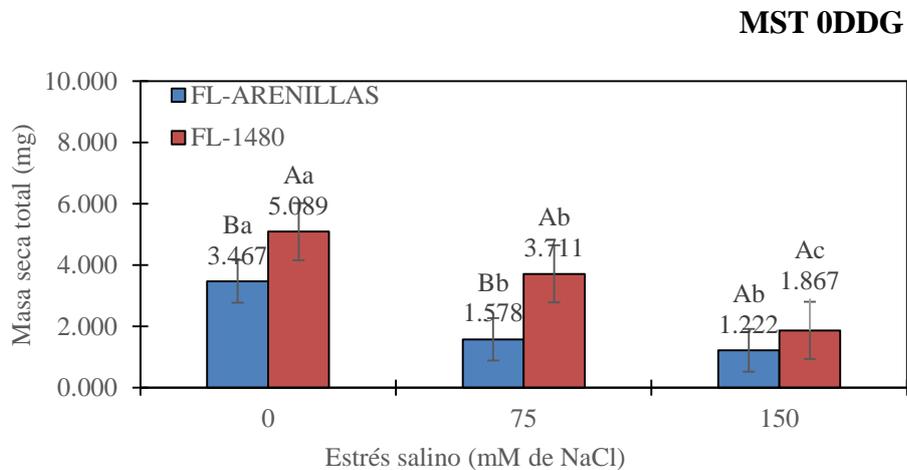


Figura 3. Análisis de significancia estadísticas entre los factores variedad y estrés salino y la interacción entre ambos factores. Medias seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente entre sí. Letras mayúsculas comparan medias entre las variedades mientras que las letras minúsculas comparan medias entre los niveles de salinidad, según el test de Tukey ($p < 0,05$).

Las evaluaciones realizadas a los 5DDG a la variable Masa seca total muestran que hubo significancias estadísticas entre los factores Variedad, estrés salino, sustancias húmicas y la interacción entre los factores SHxES.

La Figura 4 refleja las diferencias estadísticas entre las variedades en las que FL-1480 logró significativamente mayor contenido de biomasa seca con un promedio de 3,6 mg en comparación con la variedad FL-Arenillas que obtuvo un peso promedio de 2,1 mg (Figura 3), esta diferencia podría estar relacionada con el potencial genético que tiene la variedad, el mismo que ha permitido que FL-1480 se adapte y desarrollase bastante bien a las condiciones agroclimáticas de la costa ecuatoriana, logrando inclusive desarrollar resistencia a enfermedades del cultivo de arroz a la que otras variedades son susceptibles (Gil, 2017).

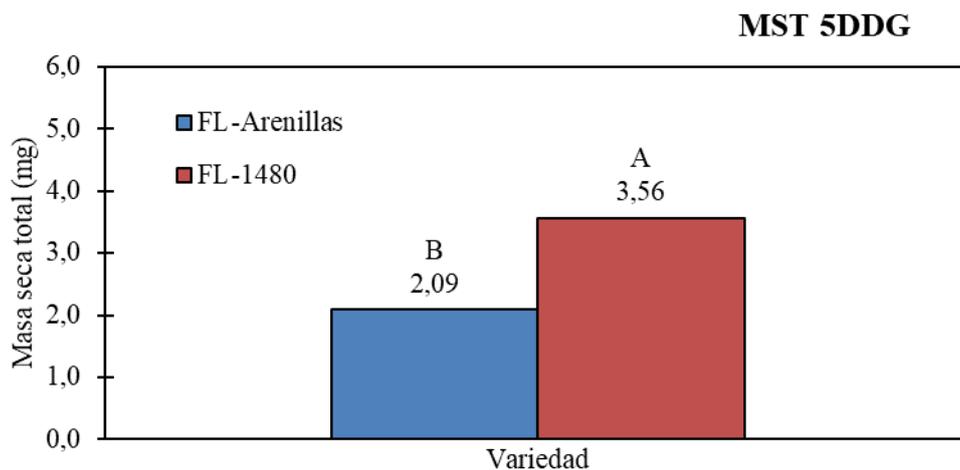


Figura 4. Análisis de las diferencias estadísticas del factor variedad (V) para la variable masa seca total (MST) en evaluaciones realizadas a los ODDG. Medias seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente entre sí. Letras mayúsculas comparan medias entre dos variedades de arroz, según el test de Tukey ($p < 0,05$).

La aplicación de 5 mg C L⁻¹ de SH reportó efectos significativos obteniendo plántulas cuyo peso seco fue de 9,7 mg con un 13% más que el tratamiento testigo sin SH que y un 20,5% que el tratamiento con 10 mg C L⁻¹ (Figura 5).

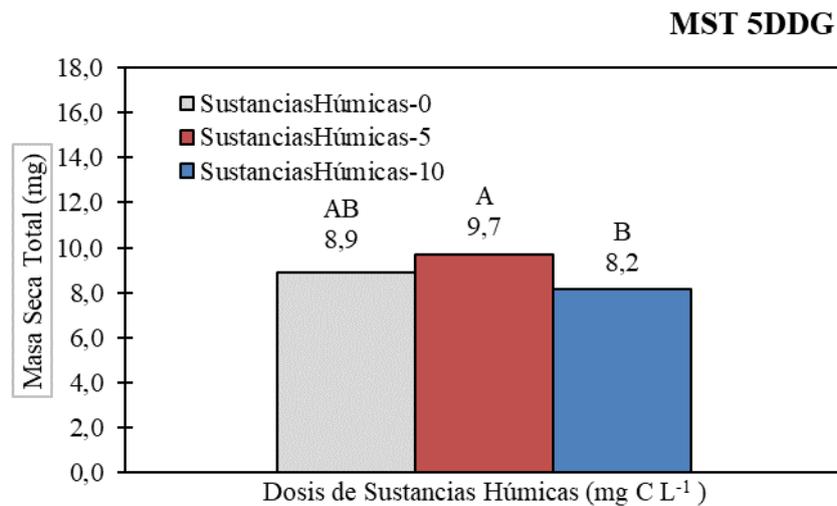


Figura 5. Análisis de las diferencias estadísticas del factor sustancias húmicas (SH) para la variable masa seca total (MST) en evaluaciones realizadas a los 5DDG. Medias seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente entre sí. Letras mayúsculas comparan medias entre dosis de aplicación de las SH, según el test de Tukey ($p < 0,05$).

La figura 6 se encarga de reflejar las diferencias estadísticas entre los factores ESxSH, los tratamientos con diferentes concentraciones de sales diferencias estadísticamente entre ellos siendo severamente afectados conforme se incrementa el estrés salino y pese a que la aplicación de las sustancias húmicas no significancia estadística, es posible ver que en los tratamientos con 150 mM de NaCl, la aplicación de 5 mg C L⁻¹ de sustancias húmicas incrementó el peso en 2.4 mg logrando un peso promedio de 6.7 mg en comparación con el tratamiento control sin ES que solo tuvo 4.3 mg situación que se sustenta con lo expresado por (Sánchez Bernal *et al.*, 2019), quienes manifiestan que la salinidad ejerce control sobre el potencial osmótico, observando que en suelos con grandes contenidos de sales el potencial osmótico disminuye de la misma forma que disminuye el desarrollo de las plantas cultivadas.

Layne-Garsaball, Méndez-Natera and Mayz-Figueroa (2008), en un experimento realizado en plántulas de maíz manifiestan que conforme reduce el potencial osmótico, reduce también el peso radicular y aéreo de las plántulas, sin embargo autores como (Torres, Reyes and González, 2016), (Reyes-Pérez *et al.*, 2017), (Pinos *et al.*, 2019), y otros, quienes manifiestan que la aplicación de sustancias húmicas contrarresta los daños causados por la salinidad, en diferentes cultivos, logrando plantas más altas, con

mayor pigmentación, y con mayor masa seca, que aquellas a las que no se les aplicaría sustancias húmicas, este acontecimiento podría estar relacionado con las potenciación metabólica y enzimática como un mecanismo de defensa de la planta ayudada por la influencia de las sustancias húmicas de vermicompost (Veobides, Guridi and Vladimir, 2018).

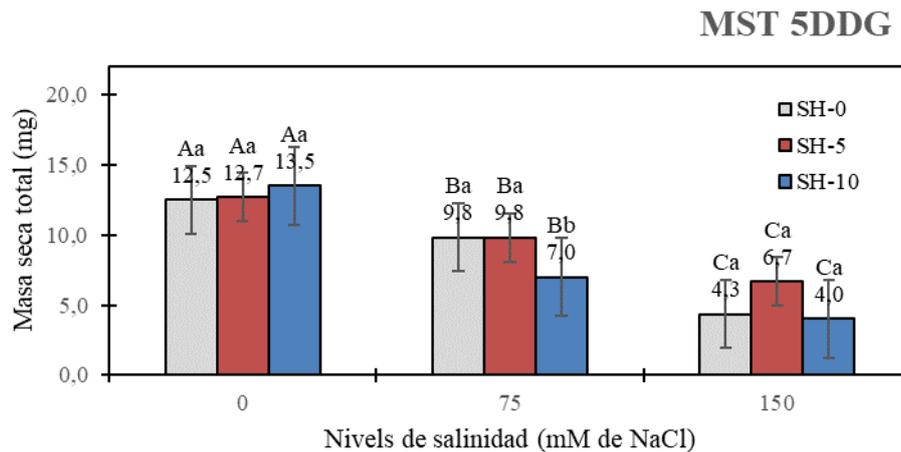


Figura 6. Análisis de la significancia estadística entre los factores ESxSH en la variable Masa seca total a los 5 DDG. Medias seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente entre sí. Letras mayúsculas comparan medias entre los niveles de salinidad mientras que las letras minúsculas comparan medias entre las dosis de aplicación de sustancias húmicas en cada nivel de salinidad, según el test de Tukey ($p < 0,05$).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- La aplicación de SH en las semillas de arroz de las variedades FL-1480 y FL-Arenillas presentó un efecto significativo sobre los parámetros germinativos de vigor, mientras que el porcentaje de germinación e IVG no se vieron estimulados o inhibidos por estas. Se observó una respuesta diferenciada de las variedades a los tratamientos probados. Las SH redujeron los efectos de la salinidad en el vigor de las plántulas germinadas de la variedad FL-Arenillas al reducir el número de plántulas anormales en semillas sometidas a 75 mM de NaCl y 150 mM de NaCl en un 4% y 16% cuando aplicadas en dosis de 10 mg C L⁻¹. En el caso de la variedad FL-1480 el efecto protector se manifestó únicamente a niveles de salinidad de 75 mM de NaCl en un 4% en dosis de 10 mg C L⁻¹. La variedad FL-1480 presentó mayor tolerancia a niveles de salinidad de 150 mM de NaCl en relación con la FL-Arenillas, registrándose reducciones del 8% del porcentaje de germinación en relación con el control, mientras que la FL-Arenillas presentó reducciones del 20% al mismo nivel de estrés salino. Este comportamiento fue similar para el IVG, el cual se afectó en menor porcentaje para la FL-1480 con un valor de 76% versus el 52% de FL-Arenillas.
- En la etapa de crecimiento inicial, en las evaluaciones realizadas a los 0DDG y 5DDG, la variedad FL-1480 fue la más tolerante con plántulas con 1.46 cm en LAP, 4.43 cm en LR y 1.87 mg en MST, a diferencia de FL-ARENILLAS que obtuvo 0.5 cm en LAP, 3 cm en LR y 1.22 mg en MST, mostrando ser la variedad menos tolerante.
- FL-1480 es la variedad que mostró mayor tolerancia a condiciones de estrés salino en las dos fases del experimento, siendo 5 mg C L⁻¹ la mejor dosis de aplicación, contribuyendo en el incremento de la longitud foliar, radicular y masa seca total de las plántulas.

Recomendaciones

- Replicar el estudio y llevarlo hasta la etapa de producción.
- Evaluar el efecto de las sustancias húmicas en la tolerancia al estrés salino en otras variedades de arroz y de otros cultivos de gran importancia en el Ecuador.

- Realizar estudios que permitan evaluar el efecto de las sustancias húmicas en la tolerancia al estrés ambiental a nivel fisiológico, utilizando pruebas como permeabilidad de membrana, evaluaciones de pigmentación, relaciones hídricas, etc.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ahmad, P. and Wani, M. R. (eds) (2014) *Mecanismos fisiológicos y estrategias de adaptación en plantas en entornos cambiantes, Texto original: Volúmen 1*. New York: Springer-Verlag. doi: 10.1007/978-1-4614-8591-9.

Álava-Vera, M. F., Poaquiza-Cornejo, J. T. and Castillo, G. H. (2018) 'La producción arrocerá del Ecuador: Caso Samborondón, 2011 – 2015', *Revista espacios*, 39(34), pp. 1–16.

Alcudia, A. *et al.* (2016) 'Salinidad, composición botánica y crecimiento de especies frutales en huertos familiares de Tabasco, México', *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 4(10), p. 1. doi: 10.19136/era.a4n10.691.

Almonte, E. (2017) *Abonamiento orgánico en base a sustancias húmicas y compost y su efecto en el rendimiento de vainita (Phaseolus vulgaris L.) variedad venus en zonas áridas*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Available at: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/5684/AGalcaer.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (Accessed: 25 December 2020).

Alves, J., Souza, A., *et al.* (2019) *Estresse salino na germinação de sementes de soja (Glycine max L.)*. Palmas/TO – Brasil: Universidad Federal de Piauí, pp. 1–5. Available at: [https://www.confex.org.br/sites/default/files/uploads-imce/Contecc2019/Agronomia/ESTRESSE%20SALINO%20NA%20GERMINA%C3%87%C3%83O%20DE%20SEMENTES%20DE%20SOJA%20\(Glycine%20max%20L\).pdf](https://www.confex.org.br/sites/default/files/uploads-imce/Contecc2019/Agronomia/ESTRESSE%20SALINO%20NA%20GERMINA%C3%87%C3%83O%20DE%20SEMENTES%20DE%20SOJA%20(Glycine%20max%20L).pdf) (Accessed: 27 November 2020).

Alves, J., Sales, M., *et al.* (2019) *Qualidade fisiológica de sementes de milho submetidas a diferentes níveis de estresse salino*. Palmas/TO – Brasil: Universidad Federal de Piauí. Available at: <https://www.confex.org.br/sites/default/files/uploads-imce/Contecc2019/Agronomia/QUALIDADE%20FISIOLOGICA%20DE%20SEMENTES%20DE%20MILHO%20SUBMETIDAS%20A%20DIFERENTES%20NIVEIS%20DE%20ESTRESSE%20SALINO.pdf> (Accessed: 27 November 2020).

Añazco, K. (2019) *Efectos del cadmio sobre la germinación y crecimiento DE Lens culinaris Medik. (Lenteja), Oryza Sativa L. (Arroz) y Phaseolus vulgaris L. (Frejol)*.

Universidad Estatal de Guayaquil. Available at: http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/39572/1/TRABAJO_DE_TITULACION_KVAR_FINAL_PDF.pdf (Accessed: 24 December 2020).

Argentel, L. and González, L. M. (2006) 'Comportamiento del contenido relativo de agua y la concentración de pigmentos fotosintéticos de variedades de trigo cultivadas en condiciones de salinidad', 27(3), pp. 49–53.

Aydin, A., Kant, C. and Turan, M. (2012) 'Humic acid application alleviate salinity stress of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants decreasing membrane leakage', *AFRICAN JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH*, 7(7), pp. 1073–1086. doi: 10.5897/AJAR10.274.

Caicedo, Y. (2008) *Evaluación de características agronómicas de cuatro líneas interespecíficas de arroz (*Oryza sativa*/*Oryza latifolia*) comparadas con dos variedades comerciales y una nativa en el corregimiento #8 de Zacarías municipio de Buenaventura*. Universidad del Pacífico. Available at: http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_CIAT/Tesis_Lineas_Salahondita_Univ%20Pacifico%20_4_11_08.pdf.

Calderín, A. *et al.* (2012) 'Vermicompost humic acids as an ecological pathway to protect rice plant against oxidative stress', *Ecological Engineering*, 47, pp. 203–208. doi: 10.1016/j.ecoleng.2012.06.011.

Calderín, A. *et al.* (2016) 'Structure-Property-Function Relationship in Humic Substances to Explain the Biological Activity in Plants', *Scientific Reports*, 6(1), pp. 1–10. doi: 10.1038/srep20798.

Canellas, L. *et al.* (2015) 'Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture', *Scientia Horticulturae*, 196, pp. 15–27. doi: 10.1016/j.scienta.2015.09.013.

Cárdenas, C. (2017) *Principales insectos plaga que atacan el cultivo del arroz *Oryza sativa* l en la zona de arenillas provincia de El Oro*. Universidad Técnica de Machala. Available at: http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/10520/1/DE00001_EXAMENCOMPLEXIVO.pdf (Accessed: 25 December 2020).

Casierra-Posada, F. and García, N. (2005) 'Crecimiento y distribución de materia seca en cultivares de fresa (*Fragaria* sp.) bajo estrés salino', *Agronomía Colombiana*, 23(1), pp. 83–90.

Castro, B. (2016) *Comparación de las respuestas morfológicas y la expresión genética al estrés salino en plantas de Arabidopsis Thaliana tratadas con oligosacarinas de origen natural*. Universidad de las Américas. Available at: <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/5199/1/UDLA-EC-TIB-2016-06.pdf>.

Catalá, M. *et al.* (2012) 'Variedades de arroz tolerantes a la salinidad'. Valencia. Available at: https://www.recercat.cat/bitstream/handle/2072/201929/2_Variedades%20de%20arroz%20tolerantes%20a%20la%20salinidad.pdf?sequence=4 (Accessed: 21 December 2020).

Céspedes, C. and Millas, P. (2015) 'Relevancia de la materia orgánica de suelo', in *Rastrojos de cultivos y residuos forestales*. Chillán: Impresora La Discusión S.A. Available at: <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR40196.pdf> (Accessed: 11 December 2020).

Chilo, G. *et al.* (2009) 'Efecto de la temperatura y salinidad sobre la germinación y crecimiento de plántulas de dos variedades de *Chenopodium quinoa*', *AgriScientia*, 26(1), pp. 15–22. doi: 10.31047/1668.298x.v26.n1.2749.

Chiquito-Contreras, R. G. *et al.* (2018) 'Growth of tomato seedlings (*Solanum lycopersicum* L.) treated with vermicompost humate', *Especial*(20), pp. 4187–4197.

Da Costa, N. *et al.* (2019) 'Germinação em variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) crioulas com adição de materiais orgânicos em redenção-ce.', pp. 2838–2849.

Delgado, J. and Robalino, J. (2017) *Aplicación (In vitro) de consorcios de microorganismos y Azolla caroliniana para recuperación de suelos salinos en muestras del sitio Correaguamanabí*. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Available at: <http://repositorio.espam.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/42000/604/TMA123.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (Accessed: 20 October 2020).

Domínguez, J., Gómez-Brandón, M. and Lazcano, C. (2010) 'Propiedades bioplaguicidas del vermicompost.', *ACTA ZOOLOGICA MEXICANA (N.S.)*, 26(2), pp. 373–383. doi: 10.21829/azm.2010.262901.

Domínguez, J., Lazcano, C. and Gómez-Brandón, M. (2010) 'Influencia del vermicompost en el crecimiento de las plantas. Aportes para la elaboración de un concepto objetivo.', *ACTA ZOOLOGICA MEXICANA (N.S.)*, 26(2), pp. 359–371. doi: 10.21829/azm.2010.262900.

Du Jardin, P. (2015) 'Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation', *Scientia Horticulturae*, 196, pp. 3–14. doi: 10.1016/j.scienta.2015.09.021.

Ferreira, D. F. (2019) 'SISVAR: A COMPUTER ANALYSIS SYSTEM TO FIXED EFFECTS SPLIT PLOT TYPE DESIGNS', *REVISTA BRASILEIRA DE BIOMETRIA*, 37(4), pp. 529–535. doi: 10.28951/rbb.v37i4.450.

Figuroa, M. (2017) *Aplicación foliar de calcio en el cultivo de mora (Rubus glaucus Benth) y su influencia en la calidad y productividad del fruto, en el cantón Tulcán, Carchi-Ecuador*". Universidad Potécnica estatal del Carchi. Available at: <http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/570/1/323%20Aplicaci%C3%B3n%20foliar%20de%20calcio%20en%20el%20cultivo%20de%20mora.pdf>.

Fuentes, J. (1999) *El Suelo y los fertilizantes*. 5ta edn. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa. Available at: https://books.google.com.ec/books/about/El_Suelo_y_Los_Fertilizantes.html?id=17qNGgAACAAJ.

Ghosh, B., Ali Md, N. and Gantait, S. (2016) 'Response of Rice under Salinity Stress: A Review Update', *Rice Research: Open Access*, 4(2), pp. 1–8. doi: 10.4172/2375-4338.1000167.

Gil, W. (2017) *Evaluación agronómica de la variedad de arroz (Oryza sativa L.) INIAP FL1480 Cristalino, con tres distanciamientos de siembra, en la zona de Babahoyo*. Universidad Técnica de Babahoyo. Available at: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/4130/TE-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000066.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (Accessed: 25 December 2020).

González, L. M., Zamora, A. and Céspedes, N. (2000) 'Análisis de tolerancia a la salinidad en variedades de *Vigna unguiculata* (L) sobre la base de caracteres agronómicos, la acumulación de iones y el contenido.', 21(1), pp. 47–52.

Goykovic Cortés, V. and Saavedra del Real, G. (2007) 'Algunos efectos de la salinidad en el cultivo del tomate y prácticas agronómicas de su manejo', *Idesia (Arica)*, 25(3). doi: 10.4067/S0718-34292007000300006.

Goykovic, V. and Saavedra, G. (2007) 'Algunos efectos de la salinidad en el cultivo del tomate y prácticas agronómicas de su manejo', *Idesia (Arica)*, 25(3), pp. 47–58. doi: 10.4067/S0718-34292007000300006.

Guridi, F. *et al.* (2017) 'Los ácidos húmicos de vermicompost protegen a plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) contra un estrés hídrico posterior', *Cultivos Tropicales*, 38(2), pp. 53–60.

Harter, L. S. *et al.* (2014) 'Salinidade e desempenho fisiológico de sementes e plântulas de mogango', *Horticultura Brasileira*, 32(1), pp. 80–85. doi: 10.1590/S0102-05362014000100013.

Hasegawa, P. M. *et al.* (2000) 'Plant cellular and molecular responses to high salinity', *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 51(1), pp. 463–499. doi: 10.1146/annurev.arplant.51.1.463.

Hernández, L. *et al.* (2016) 'Efectos de un extracto de sustancias húmicas sobre indicadores de la productividad biológica y bioquímico-fisiológicos en plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) de las variedades Mariela y Mara', 3(1), pp. 35–45.

Hernández, R. *et al.* (2018) 'Anti-stress effects of humic acids of vermicompost in two rice (*Oryza sativa*. L) cultivars', 39(2), pp. 65–74.

INEC (2019) *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) 2019*. Available at: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2019/Presentacion%20de%20los%20principales%20resultados%20ESPAC%202019.pdf (Accessed: 30 December 2020).

Julca-Otiniano, A. *et al.* (2006) 'La materia orgánica, importancia y experiencias de su uso en la agricultura', 24(1), pp. 49–61.

Kakar, N. *et al.* (2019) 'Evaluating rice for salinity using pot-culture provides a systematic tolerance assessment at the seedling stage', *Rice*, 12(1), p. 57. doi: 10.1186/s12284-019-0317-7.

Kulikova, N. A., Stepanova, E. V. and Koroleva, O. V. (2005) 'Mitigating Activity of Humic Substances: Direct Influence on Biota', in Perminova, I. V., Hatfield, K., and Hertkorn, N. (eds) *Use of Humic Substances to Remediate Polluted Environments: From Theory to Practice*. Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag (NATO Science Series), pp. 285–309. doi: 10.1007/1-4020-3252-8_14.

Labouriau, L. G. and Viladares, M. E. B. (1976) 'On the germination of seeds of *Calotropis procera* (Ait.) Ait.f', *Anais*. Available at: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201302968715> (Accessed: 25 December 2020).

Lamz, A. and González, M. (2013) 'La salinidad como problema en la agricultura: la mejora vegetal, una solución inmediata', *Cultivos Tropicales*, pp. 31–42.

Lastiri, M. *et al.* (2017) 'Efecto de la salinidad en la germinación y emergencia de siete especies forrajeras* Effect of salinity on germination and emergence of seven forage species', 8(6), pp. 1245–1257.

Layne-Garsaball, J. A., Méndez-Natera, J. R. and Mayz-Figueroa, J. (2008) 'Efecto de la salinidad y del tamaño de la semilla sobre la germinación y crecimiento de plántulas de maíz', 11(1), pp. 17–25.

Maguire, J. (1967) 'Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor', 2(1), p. 176. doi: doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x.

Martínez-Balmori, D. *et al.* (2014) 'Molecular Characteristics of Humic Acids Isolated from Vermicomposts and Their Relationship to Bioactivity', *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(47), pp. 11412–11419. doi: 10.1021/jf504629c.

Martínez-Villavicencio, N. *et al.* (2020) 'Efectos por salinidad en el desarrollo vegetativo', *TECNOCENCIA Chihuahua*, 5(3), pp. 156–161.

Mena, A. (2016) *Análisis del nivel de daño proteico y lipídico de plantas de (Nicotiana Tabacum) bajo estrés salino y presencia de oligosacarinas*. Universidad de las Américas. Available at: <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/6243/1/UDLA-EC-TIB-2016-16.pdf>.

MENDOZA, H. E. (2019) 'El arroz y su importancia en los emprendimientos rurales de la agroindustria como mecanismo de desarrollo local de Samborondón', 11(1), p. 7.

Mendoza, H., Loor, Á. and Vilema, S. (2019) 'El arroz y su importancia en los emprendimientos rurales de la agroindustria como mecanismo de desarrollo local de Samborondón', *Universidad y Sociedad*, 11(1), pp. 324–330.

Mogollón, J., Martínez, A. and Torres, D. (2015) 'Efecto de la aplicación de un vermicompost en las propiedades químicas de un suelo salino-sódico del semiárido venezolano', *Acta Agronómica*, 64(4), pp. 315–320. doi: 10.15446/acag.v64n4.47115.

Morocho, D. (2014) *Efecto de dosis de ácidos húmicos en suelos salinos sobre las características agronómicas de arroz*. Universidad de Guayaquil. Available at: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/5825/1/MOROCHOVillamarDIANA.pdf> (Accessed: 20 October 2020).

Nakandakari, L. (2017) *Problemas fitosanitarios en el cultivo de arroz (Oryza sativa L.)*. Universidad Agraria La Molina. Available at: <http://molina.dspace.escire.net/xmlui/handle/UNALM/2988> (Accessed: 25 December 2020).

Oliveira, L. (2018) *Desenvolvimento de plântulas. Setor Fisiologia Vegetal do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras*. Available at: <http://www.ledson.ufla.br/> (Accessed: 25 December 2020).

Osorio, V. (2008) *Evaluación de diferentes tipos de sales sobre la germinación del chile (Capsicum annuum var. Caballero)*. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Available at: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5569/T16595%20%20OSORIO%20HERNANDEZ%2C%20%20VICTORINO%20%20%20%20TE%20SIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Ouni, Y. *et al.* (2014) 'The role of humic substances in mitigating the harmful effects of soil salinity and improve plant productivity', 8(3), pp. 353–374.

Paredes, V. R. (2019) *Evaluación de productos a base de ácidos húmicos y fúlvicos en combinación con una fertilización completa y una reducida para determinar la respuesta del cultivo de caña (Saccharum officinarum L.). Diagnóstico y servicios realizados en finca el capullo, Chiquimulilla, Santa Rosa, Guatemala.* other. Universidad de San Carlos de Guatemala. Available at: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/12068/> (Accessed: 25 December 2020).

Pari, C. (2016) *Influencia de la aplicación de ácidos húmicos en el rendimiento de cebolla (Allium cepa L) roja Ilabaya en el Centro Experimental Agrícola III "Los Pichones"*. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Available at: <https://1library.co/document/qmjgxvwq-influencia-aplicacion-humicos-rendimiento-ilabaya-experimental-agricola-pichones.html> (Accessed: 25 December 2020).

Pérez, H., Rodríguez, I. and García, R. (2018) 'Principales enfermedades que afectan al cultivo del arroz en Ecuador y alternativas para su control', *Revista Científica Agroecosistemas*, 6(1), pp. 16–27.

Pérez, I. (2019) 'Aportes de la biotecnología al mejoramiento del arroz en Ecuador', *REVISTA CIENTÍFICA ECOCIENCIA*, 6(5), pp. 1–22. doi: 10.21855/ecociencia.65.225.

Pérez, W. (2010) *Efecto de los ácidos húmicos y fúlvicos en la germinación de pepino (Cucumis sativus L.)*. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Available at: [http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1457/EFECTO%20DE%20LOS%20ACIDOS%20HUMICOS%20Y%20FULVICOS%20EN%20LA%20GERMINACION%20DE%20PEPINO%20\(Cucumis%20sativus%20L.\)..pdf?sequence=1](http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1457/EFECTO%20DE%20LOS%20ACIDOS%20HUMICOS%20Y%20FULVICOS%20EN%20LA%20GERMINACION%20DE%20PEPINO%20(Cucumis%20sativus%20L.)..pdf?sequence=1) (Accessed: 23 November 2020).

Piccolo, A., Pietramellara, G. and Mbagwu, J. S. C. (1997) 'Use of humic substances as soil conditioners to increase aggregate stability', *Geoderma*, 75(3), pp. 267–277. doi: 10.1016/S0016-7061(96)00092-4.

Pinos, N. Q. *et al.* (2019) 'Different Structures in Humic Substances Lead to Impaired Germination but Increased Protection against Saline Stress in Corn', *Communications*

in *Soil Science and Plant Analysis*, 50(17), pp. 2209–2225. doi: 10.1080/00103624.2019.1659294.

Plúas, J. (2018) *Efecto de la aplicación de ocho dosis de fertilizante foliar sobre el rendimiento del cultivo de arroz Oryza sativa L.* Universidad Estatal de Guayaquil. Available at: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/29071> (Accessed: 25 December 2020).

Poveda, G. and Andrade, C. (2018) ‘Producción sostenible de arroz’, 21 March. Available at: <https://www.eumed.net/rev/cccsc/2018/03/produccion-arroz-ecuador.html> (Accessed: 25 December 2020).

Ramírez-Serrano, R. *et al.* (2008) ‘Respuesta antioxidante enzimática en frutos de chile ancho (capsicum annum l.) Bajo condiciones de estrés salino’, *Interciencia*, 33(5), pp. 377–383.

Reyes, J. (2014) *Efecto de un bioestimulante natural como atenuante al estrés salino en variedades de Albahaca (Ocimum basilicum L.)*. Centro de Investigaciones Biológicas Del Noroeste. Available at: http://dspace.cibnor.mx:8080/bitstream/handle/123456789/2183/127%20reyes_j.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Reyes-Pérez, J. J. *et al.* (2014) ‘Humatos de vermicompost como mitigador de la salinidad en albahaca (Ocimum basilicum L.)’, *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 46(2), pp. 149–162.

Reyes-Pérez, J. J. *et al.* (2017) ‘Uso de humatos de vermicompost para disminuir el efecto de la salinidad en el crecimiento y desarrollo de albahaca (Ocimum basilicum L.)’, *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(6), pp. 1375–1387. doi: 10.29312/remexca.v7i6.186.

Rodríguez, N., Torres, C. and Chaman, M. (2019) ‘Efecto del estrés salino en el crecimiento y contenido relativo del agua en las variedades IR-43 y amazonas de Oryza sativa “arroz” (Poaceae)’, 26(3), pp. 931–942.

Rojas, C. (2005) *Recuperación de suelos afectados por sales en el departamento del Valle de Cauca mediante el uso de Vinaza concentrada*. Universidad de La Salle

Ciencia Unisalle. Available at:
https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1485&context=ing_ambiental_sanitaria.

Sales, R. *et al.* (2011) ‘Estresse salino e temperaturas na germinação e vigor de sementes de *Chorisia glaziovii* O. Kuntze’, *Revista Brasileira de Sementes*, 33(2), pp. 279–288. doi: 10.1590/S0101-31222011000200010.

Sam, O. (2007) ‘Influencia de la salinidad en las radículas de plántulas de arroz (*Oryza sativa*)’, 28(1), pp. 25–28.

Sánchez Bernal, E. I. *et al.* (2019) ‘Evaluación de potenciales osmóticos en suelos y aguas costeros de Oaxaca, México, mediante ecuaciones de predicción’, *Acta Universitaria*, 29, pp. 1–22. doi: 10.15174/au.2019.2125.

Sánchez, K. (2017) *Aplicación edáfica y foliar de N, P, K, Ca, Zn Y B en la variedad de arroz SFI-012*. Universidad Estatal de Guayaquil. Available at: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/21537> (Accessed: 25 December 2020).

Sánchez, R. (2020) *Reacción de 44 líneas f5 de arroz (*Oryza sp*), a la calidad de agua de riego en la zona de Manglaralto*. Universidad Estatal Península de Santa Elena. Available at: <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/5399/1/UPSE-TIA-2020-0010.pdf>.

Santos, F. (2019) *Importancia de los ácidos húmicos en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.* Universidad Técnica de Babahoyo. Available at: <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/6453> (Accessed: 25 December 2020).

Šerá, B. and Novák, F. (2011) ‘The effect of humic substances on germination and early growth of Lamb’s Quarters (*Chenopodium album* agg.)’, *Biologia*, 66(3), p. 470. doi: 10.2478/s11756-011-0037-y.

Torres, J. A. T., Reyes, J. J. R. and González, J. C. G. (2016) ‘Efecto de un bioestimulante natural sobre algunos parámetros de calidad en plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum*, L.) bajo condiciones de salinidad/ Effect of a natural biostimulant on some quality parameters of tomato seedlings (*Solanum lycopersicum* L.)’, *Biotecnia*, 18(2), pp. 11–15. doi: 10.18633/bt.v18i2.274.

Vázquez, P. (2013) *Uso en la agricultura de sustancias húmicas*. Centro de Investigaciones en Química aplicada. Available at: <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/416/1/Pedro%20Elias%20Vazquez%20Vazquez.pdf> (Accessed: 25 December 2020).

Veobides, H., Guridi, F. and Vladimir, V. (2018) 'Las sustancias húmicas como bioestimulantes de plantas bajo condiciones de estrés ambiental', 39(4), pp. 102–109.

Zhang, X., Ervin, E. H. and Schmidt, R. E. (2003) 'Seaweed Extract, Humic Acid, and Propiconazole Improve Tall Fescue Sod Heat Tolerance and Posttransplant Quality', *HortScience*, 38(3), pp. 440–443. doi: 10.21273/HORTSCI.38.3.440.

Zhang, X. and Schmidt, R. E. (2000) 'Hormone-Containing Products' Impact on Antioxidant Status of Tall Fescue and Creeping Bentgrass Subjected to Drought', *Crop Science*, 40(5), pp. 1344–1349. doi: 10.2135/cropsci2000.4051344x.

2020 *Noticias Corpcom* (no date). Available at: <http://www.corpcom.com.ec/2020.html#> (Accessed: 26 December 2020).

ANEXOS



Imagen. 1A. Preparación de las semillas

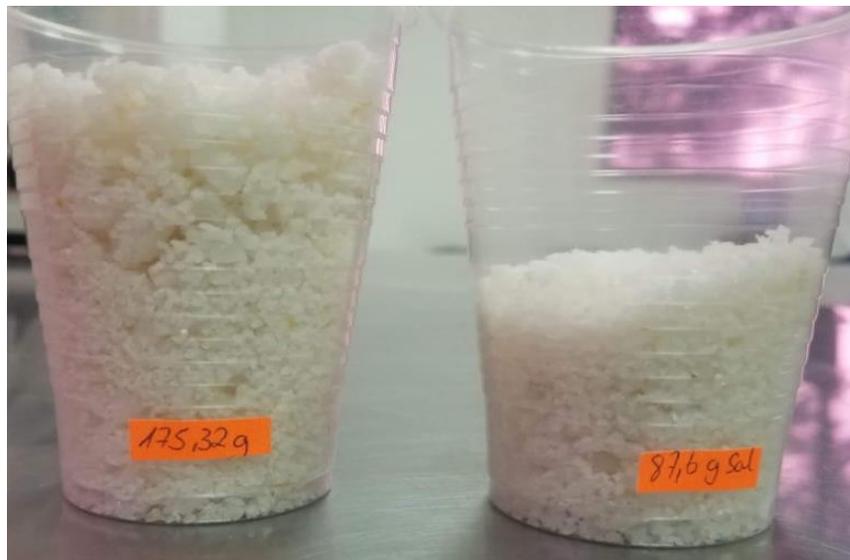


Imagen. 2A. Preparación de la solución salina



Imagen. 3A. Establecimiento del experimento



Imagen. 4A. Control de pH



Imagen. 5A. Aplicación de las sustancias húmicas



Imagen. 6A. Evaluación de plántulas normales y anormales



Imagen. 7A. Evacuación de la longitud radicular y foliar a los 5DDG

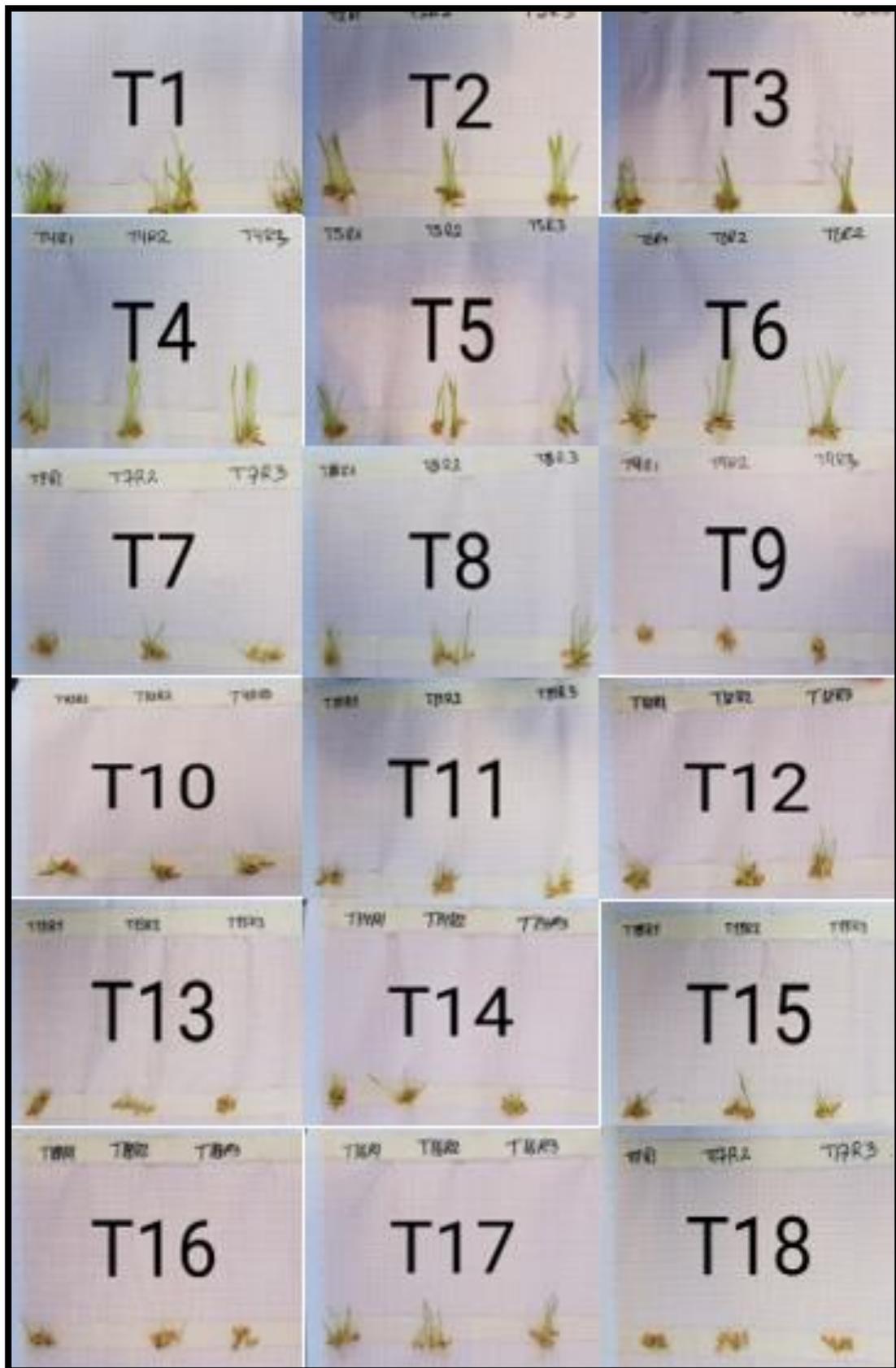


Imagen. 8A. Evacuación de la longitud radicular y foliar a los 5DDG



Imagen. 9A. Colación de muestra en la estufa

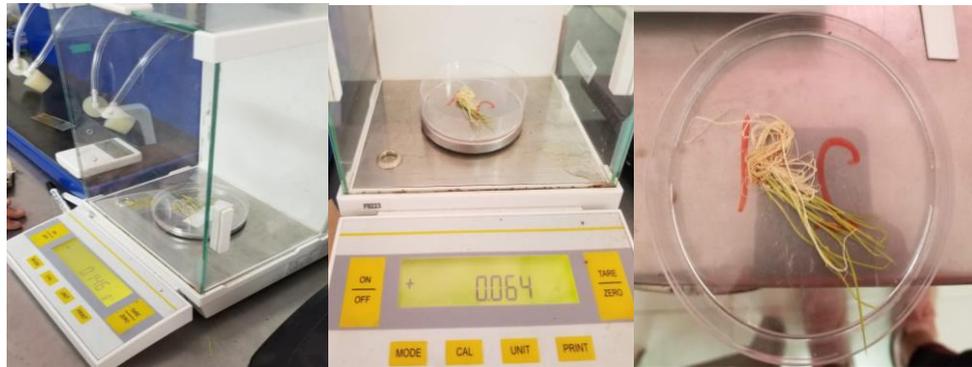


Imagen. 10A. Evaluación de peso seco



Tabla 1.- Principales características agronómicas de la variedad INIAP FL-ARENILLAS.

VARIABLES	VALORES Y/O CALIFICACIÓN
Rendimiento potencial (t/ha) ^{1/}	10
Ciclo vegetativo en riego (días)	122
Ciclo vegetativo en secano (días)	111
Ancha de planta en riego (cm)	100
Altura de planta en secano (cm)	111
Número de panículas / planta ^{2/}	11
Longitud de grano descascado (mm) ^{3/}	7,51
Ancho de grano (mm)	2,30
Granos fértiles por panícula	1,57
Vainamiento (%)	7
Resaca de 1000 granos (g)	25,50
Grano entero al pelar (%)	20
Contenido de proteínas (%)	9,57
Contenido de almidón (%)	22,24
Lubricidad de la perilla en semenza	3
Hoja Blanca	Tolerante
Manchado de grano	Tolerante
Pycnidio grisar. (Bacc.)	Tolerante
Saccharibacter oryzae	Tolerante
Rhizoctonia solani	Tolerante
Tagosotroa oryzae (Naur) ^{4/}	Tolerante
Acame de planta	Resistente

^{1/} Rendimiento de arroz en cosecha al 14% de humedad

^{2/} Considerando el promedio de 15 plantas por m²

^{3/} Grano largo: entre 6.81 - 7.5 mm

^{4/} Principal insecto plaga del cultivo del arroz

CONCLUSIONES

INIAP FL-ARENILLAS es una variedad precoz, de porte intermedio y buen vigor inicial, buen potencial de rendimiento, de grano largo y cristalino y de alta extracción de grano entero en el proceso del pilado. En condiciones de campo presenta tolerancia a las principales plagas y enfermedades que afectan al cultivo. Además, este cultivar presenta buena adaptación a la mayoría de las zonas arroceras de las provincias del Guayas, Los Ríos, Loja y El Oro.

RECOMENDACIONES

Se recomienda liberar este cultivar como una nueva variedad para el sector arrocerero del país en los sistemas de siembras de riego y secano.



Virgen de Fátima, km 26, vía Durán-Tambo
Tel: 2724260 - 2724262 - Apartado postal: 09-01-7069
itoralsun@iniap.gob.ec - www.iniap.gob.ec
Vaguachi - Guayas Ecuador



INIAP FL-ARENILLAS

VARIEDAD DE ARROZ DE ALTO RENDIMIENTO,
CALIDAD DE GRANO, TOLERANTE A
PLAGAS Y ENFERMEDADES



INSTITUTO NACIONAL DE
INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

Imagen. 11A. Plegable técnico de INIAP FL-ARENILLAS parte 1

NUEVA VARIEDAD DE ARROZ INIAP FL - ARENILLAS

AUTORES

Ing. Agr. Roberto Cell-Herán, M. Sc., Resp. Programa Arroz,
Ing. Agr. Edinson Mosquera Secaira, Investigador asistente,
Ing. Agr. José Hurtado David, Investigador asistente,
Ing. Agr. Jaime Alvarado Alvarado, Investigador asistente,
Ing. Agr. Edgar Jara Velásquez, Investigador asistente.

ORIGEN

La variedad INIAP FL-ARENILLAS proviene del Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego (FLAR), fue introducida en el año 2010 como línea homocigota originaria del cruce FL06898-1P-6-1P-1P/FL05372-7P-1-2P-1P-M//FL06809-22P-5P-3P-M y pedigrí FL09444-13P-6-1P-3P-M-EC, fue registrada en el Programa Nacional del Arroz con el código Go-00202.

DESARROLLO DEL MATERIAL GENÉTICO

Entre los años 2011 y 2013 fue evaluada en ensayos de observación y ensayos de rendimiento en la Estación Litoral Sur y entre los años 2014 y 2016 en ensayos regionales en los cantones Samborombón, Daule, Santa Lucía y Yaguachi en Guayas; Babahoyo en Los Ríos; Rocafuerte en Manabí; Zapotillo en Loja y Arenillas en El Oro, entre las que sobresalió la línea Go-00202 (INIAP FL-ARENILLAS) por sus buenas características agronómicas. Esta nueva variedad presenta promedios de rendimientos de 6 t ha⁻¹, además posee buena calidad molinera y culinaria.

REACCIÓN A PLAGAS Y ENFERMEDADES

Bajo condiciones de campo, INIAP FL-ARENILLAS presenta tolerancia a: Hoja blanca (VHB), pudrición de vaina (*Sitotroglum oryzae*), tizón

del arroz (*Pyricularia oryzae*), quemadura (y principalmente grisca), Manchado de grano (complejo hongo-bacteria).

MANEJO DEL CULTIVO

Preparación de Suelo. - En terreno seco se puede usar la combinación de arado, romplow y rastra o uso individual de alguna de ellas. Para terrenos inundados, se debe realizar "fangueo", que consiste en batir el suelo previamente inundado con un tractor provisto de gavatas. Es un requerimiento contar con suelos nivelados para un buen manejo de la lámina de agua.

Semilla y Siembra. - Para lograr una buena germinación y establecimiento del cultivo debe usarse semilla certificada. En siembra directa se debe emplear 100 kg de semilla ha⁻¹ y, para trasplante se debe usar 60 kg de semilla en 150 m² de semillero, lo cual servirá para cubrir una ha; el distanciamiento de siembra para esta variedad es de 25 cm entre hileras y 25 cm entre plantas.

Riego. - Bajo condiciones de riego, mantener lámina de agua menores a 10 cm, la cual se debe drenar 15 días antes de la cosecha.

Manejo de Malezas. - Las malezas constituyen uno de los principales problemas en el cultivo del arroz, causan disminución en el rendimiento, aumentan la incidencia de plagas, elevan los costos de producción, originan problemas durante el secado y limpieza de la cosecha y disminuyen la calidad general del producto. El control químico es el principal medio para combatirlos. Es importante calificar el equipo para determinar la cantidad de agua por hectárea a usar. Para mayor información acercarse al Dpto. de Protección Vegetal de la EELS, sección Malezas.

Fertilización. - La aplicación de fertilizantes como el nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) y otros elementos se deben hacer en función de la interpretación del análisis de suelo. El P y K debe incorporarse al suelo antes de la siembra y el N del cultivo en el sistema de siembra directa; en el sistema de trasplante, a los 10, 30 y 50 días después de esta labor.

Manejo Fitosanitario. - Las evaluaciones de las principales plagas y enfermedades deben efectuarse durante todo el ciclo de cultivo para determinar las poblaciones, incidencia y severidad, según sea el caso. De sobrepasar los umbrales de acción, acercarse al Dpto. de Protección Vegetal de la EELS para las recomendaciones respectivas.

Cosecha. - En esta variedad se debe realizar entre los 116 y 138 días, según época y zona de cultivo, se debe cosechar cuando el 95% de los granos en la panícula tengan color "Pajizo" y el resto este amarillento, lo que coincide con un 20 - 25% de humedad en el grano.



Imagen. 12A. Plegable técnico de INIAP FL-ARENILLAS parte 2



Ministerio de Agricultura y Ganadería

“INIAP FL - CRISTALINO”

VARIEDAD DE ARROZ DE ALTO RENDIMIENTO, CALIDAD DE GRANO Y DE AMPLIA ADAPTABILIDAD EN ZONAS ARROZERAS



Ministerio de Agricultura y Ganadería

ADAPTACIÓN Y ZONIFICACIÓN

INIAP FL-1480 presenta estabilidad de rendimiento y amplia adaptabilidad a las condiciones ambientales presentes en las diferentes zonas arroceras del país, siendo una buena alternativa de siembra para los agricultores de este cultivo. (Cuadro 1)

Cuadro 1: Zonificación, Ubicación Geográfica y características de las áreas de adaptación de la variedad de arroz INIAP FL 1480. E.E. Litoral Sur, 2016.

Provincia	Localidad	Temperatura (°C)	Altitud (m.s.n.m.)	Humedad relativa (%)	Precipitación (mm/año)	Área (ha)	Tipología del Suelo	Textura del suelo	Porcentaje de agua
Oryza	Quito*	24.7	1360	61	1170	16	Para	Arfiso	6.6
	Santa Lucía*	25.7	1380	67	1120	6	Para	Arfiso	6.2
	San Fernando*	26.7	1380	65	1120	4	Para	Arfiso	6.1
	Tiguaná (BOLSO)	25.8	811	83	1487	17	Para	Arfiso	7.5
Liv Roca	Nabucay	24.8	908	62	971	8	Para	Fineco Arfiso	6.6
Manabí	Pondalena	25.2	1030	81	450	20	Para	Arfiso	7.5
Lag	Zapicho	26.0	1200	64	690	22	Para	Arfiso	8.8
El Oro	Atalaya (La Guata)	25.0	1040	80	827	26	Para	Fineco Arfiso	6.4

Principales características de la variedad INIAP FL-1480

VARIABLES	VALORES Y/O CALIFICACIÓN
Estadación precomercial ¹	5/01
Período comercial ²	30
Altura (planta) (cm)	102
Número de panícula por sálv ³	19
Longitud de panícula (cm)	38
Grano por panícula	177
Peso de 1000 granos (g)	28.3
Grano entero al pilar (%)	66
Longitud de grano desecado (cm) ³	7.6
Hojas blancas	Tolerante
Marchitez de grano	Tolerante
Prevalencia grano blanco	Tolerante
Enchufado envas	Tolerante
Chancado envas	Tolerante
Seguridad envas (Mst)	Tolerante
Número de panícula	Enchufado

1) Rendimiento de agua en volumen de 14% de humedad
2) Comienzo el periodo de 15 días por el transplante
3) Grano entero largo (EL) más de 7.5 mm

PLEGABLE No. 430



ecuator

ama la vida

Ecuador ya cambia!



Ministerio de Agricultura y Ganadería

Virgen de Fátima, km 26, vía Durán-Tambú
Tel: 2724260 - 2724262 - Apartado postal 09-01-7069
floodsur@iniap.gob.ec - www.iniap.gob.ec
Yaguachi - Guayas Ecuador

Imagen. 13A. Plegable técnico de INIAP FL-1480 parte 1

NUEVA VARIEDAD DE ARROZ "INIAP FL - CRISTALINO"

AUTORES

Ing. Agr. Roberto Ciel Herán, M. Sc., Riego, Programa Arroz.
Ing. Agr. Edinson Moxquera Sosaño, Investigador asistente.
Ing. Agr. José Hurtado David, Investigador asistente.
Ing. Agr. Edgar Jara Velastegui, Investigador asistente.

ORIGEN

La variedad INIAP FL-1480 o Cristalino proviene del Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego (FLARI), fue introducida en el año 2012 como línea homocigota con el cruce F L 0 8 3 3 6 - 1 7 P - 2 - 3 P - 7 P / - F L 0 7 1 5 7 - 2 P - 5 - 9 P - 1 P - M 1 P / / - FL05372-7P-1-2P-3P-M y pedigrí FL11096-17P-3-2P-1P-M-EC, fue registrada en el Programa Nacional del Arroz con el código Go-01480.

DESARROLLO DEL MATERIAL GENÉTICO

El Programa de Arroz del INIAP durante los años 2012 al 2015 realizó trabajos de evaluación, y selección de líneas a través de ensayos de observación y de rendimiento, pruebas regionales y parcelas demostrativas en los cantones Samborombón, Daule, Santa Lucía y Yaguachi en Guayas; Montalvo y Babahoyo en Los Ríos; Rocafuerte en Manabí; Arenillas en El Oro y Zapotillo en Loja, entre las que sobresalió la línea Go-01480 (INIAP FL-1480) por sus buenas características agronómicas. Esta nueva variedad presenta promedios de rendimientos de 6.1 ha⁻¹, superando en 15 % a la variedad testigo INIAP 14., además posee buena calidad molinera y culmaria.

REACCIÓN A PLAGAS Y ENFERMEDADES

Bajo condiciones de campo, INIAP FL-1480 presenta tolerancia a Hoja blanca (VHB), pudrición de vaina (*Sarocedum oryzae*), tizón del tallo (*Rhizoctonia solani*), quemazón (*Pyricularia grisea*), Manchado de grano (complejo hongo-bacteria).

MANEJO DEL CULTIVO

Preparación de Suelo.- En terreno seco se puede usar la combinación de arado, romplow y rastra o uso individual de alguna de ellas. Para terrenos inundados, se debe realizar "languileo", que consiste en batir el suelo previamente inundado con un tractor provisto de gavias (carrietas de hierro) que reemplazan a las lántras convencionales. Es un requerimiento contar con suelos nivelados para un buen manejo de la lámina de agua.

Semilla y Siembra.- Para lograr una buena germinación y establecimiento del cultivo debe usarse semilla certificada. En siembra directa se debe emplear 100 kg de semilla ha⁻¹ y, para trasplante se debe establecer semilleros con 60 kg en 150 m² lo cual cubrirá una ha. El distanciamiento de siembra es de 25 cm entre hileras y 25 cm entre plantas.

Riego.- Bajo condiciones de riego, mantener lámina de agua menores a 10 cm, la cual se debe drenar 15 días antes de la cosecha.

Manejo de Malezas.- Las malezas constituyen uno de los principales problemas en el cultivo del arroz, causan considerables disminuciones en el rendimiento, aumentan la incidencia de plagas, elevan los costos de producción, originan problemas durante el secado y limpieza de la cosecha y disminuyen la calidad general del producto. El

control químico es el principal medio para combatirlos. Es importante calibrar el equipo para disminuir la cantidad de agua por hectárea a usar. Los productos a utilizar deben basarse en las recomendaciones del Departamento Nacional de Protección Vegetal (Sección Malezas) de la E.E. del Litoral Sur.

Fertilización.- Las recomendaciones de fertilización en nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) y otros elementos se deben hacer en función de la interpretación del análisis de suelo. El P y K debe incorporarse al suelo antes de la siembra y el N en tres fracciones a los 15, 30 y 45 días de edad del cultivo en siembra directa, en el método de trasplante, a los 10, 30 y 50 días después de esta labor.

Manejo Fitosanitario.- Las evaluaciones de las principales plagas y enfermedades deben efectuarse durante todo el ciclo de cultivo y determinar umbrales de acción.

Cosecha.- Se la debe realizar entre los 110 y 133 días después de la siembra, cuando el grano está maduro, según época y zona de cultivo, el indicador es la humedad y color del mismo, se debe cosechar cuando el 95% de los granos en la panícula tengan color "Pajizo" y el resto este amarillento, lo que coincide con un 20 - 25% de humedad en el grano.



Imagen. 14A. Plegable técnico de INIAP FL-1480 parte 2



Imagen. 15A. Especificaciones técnicas de la semilla de la variedad FL-ARENILLAS



Imagen. 16A. Especificaciones técnicas de la semilla de la variedad FL-1480

SOLUCIONES STOCK

Macronutrientes A	Disolver en:	Agregar	Volumen final (ml)
Sal	Volumen agua (ml)		
N y K (Nitrógeno y potasio)	3000	2000	5000
N (Nitrógeno)			
N, P (nitrógeno y fosforo)			
Macronutrientes C (macro C y B)			
N y Ca (Calcio y nitrógeno)	3000	2000	5000
Micronutrientes B (macro C y micro B)			
Sales micronutrientes	200	800	1000 *
S y Mg	1000	600	400
Fe (Hierro)**			

*Agitar hasta disolver siempre

** A los 1000 ml agregar 400 ml de la solución de sales micronutrientes y completar el volumen hasta 2000 ml con agua fría o destilada. Sales disolver también en agua destilada.

Guardar las soluciones en lugar fresco fuera de la luz y humedad

Soluciones Stock	Para preparar 1 litro			
	Solución Stock (ml)	Por cada litro de agua de riego (ml)	Cantidad a preparar (ml)	Cantidad a tomar Sol. Stock (ml)
Nutriente macro A	5	1000	40000	200
Nutriente macro C	5			200
Nutriente micro B	2			80

Una vez preparada la solución nutritiva, regular el pH 6,5 -6,6 para arroz

Prof: Nadia Quevedo Pinos

Imagen. 17A. Cálculos para la preparación de la solución nutritiva