UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

EFECTO DE LA PRESENCIA DE RESIDUOS DE AZITROMICINA EN EL AGUA DE RIEGO SOBRE EL CULTIVO DE MAÍZ MORADO (*Zea mays* L.) EN LA PROVINCIA DE ILO DURANTE EL PERIODO 2022

TESIS

PRESENTADO POR:

Bach. YOSELIN MAMANI RAMOS

ASESOR:

FRANZ ZIRENA VILCA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

MOQUEGA – PERU

2024

Folio Nº 048

ACTA DE SUSTENTACIÓN

I. Modalidad:

Tesis : [X]
Trabajo de Suficiencia Profesional : [ ]
Otro: ..... : [ ]

II. Documento de aprobación para la sustentación:

RESOLUCION DE FACULTAD Nº 031-2024-FACIA-UNAM

Fecha: 17 DE ABRIL DE 2024

III. El jurado ha dictaminado la (el) TESIS, TITULADO:

EFECTO DE LA PRESENCIA DE RESIDUOS DE AZITROMICINA EN EL AGUA DE RIEGO SOBRE EL CULTIVO DE MAIZ MORADO (Zea mays L.) EN LA PROVINCIA DE ILO DURANTE EL PERIODO 2022

Bachiller: YOSELIN MAMANI RAMOS

Asesor Principal: ERAN ZIRENA VILCA

Co-Asesor: .....

IV. Se dictamina:

Como: APROBADO por UNANIMIDAD la sustentación de manera:

Presencial [X] Virtual [ ]

Con nota: DIECISEIS (16) por lo que; Sí [X] No [ ]

Opta el Título Profesional de INGENIERO AMBIENTAL.

Siendo las 16:50 horas, del 25 de ABRIL del año 2024 se procede con la firma en conformidad de lo dictaminado por el Jurado.

ALEJANDRO H. ECOS ESPINO
Presidente

Dr. EDUARDO LUIS FLORES QUISPE
Primer Miembro

M.Sc. MARIO Román Flores Roque
Segundo Miembro

Bachiller

RESUMEN

El presente estudio evaluó el impacto del uso de agua de riego contaminada con residuos de Azitromicina (AZM) sobre la biomasa del maíz morado; para ello, las plantas se cultivaron en condiciones ambientales, el sustrato empleado consistió en suelo proveniente de las lomas de Ilo, que fue previamente mezclado con compost en una proporción de 1:1 (v/v). El experimento se realizó en las instalaciones de la Universidad Nacional de Moquegua – Filial Ilo y se sometieron a cuatro tratamientos diferentes, cada uno con 4 repeticiones. Estos tratamientos incluyeron concentraciones de 0 (agua destilada/control), 1, 10 y 100 μg L^{-1} de AZM. Los resultados evidencian que la presencia de Azitromicina en el agua de riego en dosis de 1 y 10 μg L^{-1}, incrementan el peso de la biomasa aérea seca, mientras a dosis mayores (100 μg L^{-1}) disminuye; en cuanto a la concentración de compuestos fenólicos totales, se registró un incremento del 39.7 y 84% respectivamente a las dosis de 1 y 10 μg L^{-1}. Este mismo comportamiento se aprecia en cuanto a la concentración de antocianinas, lo cual se evidencia el incremento en un 52.9% y 78.94% a dosis de 1, 10 μg L^{-1} respectivamente; no obstante, expuesta a 100 μg L^{-1} disminuye en un 12.04%. Por otro lado, la altura de la planta, la longitud de la raíz, el peso seco de la biomasa radicular y peso seco de la mazorca no se vieron afectados significantemente por la presencia de AZM en el agua de riego.

Palabra clave: Biomasa, Azitromicina, metabolitos secundarios, maíz morado

ABSTRACT

The present study evaluated the impact of the use of irrigation water contaminated with Azithromycin (AZM) residues on the biomass of purple corn; for this purpose, the plants were grown under ambient conditions, the substrate used consisted of soil from the hills of Ilo, which was previously mixed with compost in a 1:1 ratio (v/v). The experiment was carried out at the facilities of the National University of Moquegua - Ilo branch, and four different treatments were used, each with 4 replications. These treatments included concentrations of 0 (distilled water/control), 1, 10 and 100 µg L-1 of AZM. The results show that the presence of Azithromycin in the irrigation water at doses of 1 and 10 µg L-1, increased the weight of dry aerial biomass, while at higher doses (100 µg L-1) it decreased; as for the concentration of total phenolic compounds, an increase of 39.7 and 84% was recorded, respectively, at doses of 1 and 10 µg L-1. This same behavior is seen in terms of anthocyanin concentration, which is evidenced by the increase of 52.9% and 78.94% at doses of 1, 10 µg L-1 respectively; however, exposed to 100 µg L-1 decreases by 12.04%. On the other hand, plant height, root length, root biomass dry weight and ear dry weight were not significantly affected by the presence of AZM in the irrigation water.

Keyword: Biomass, Azithromycin, secondary metabolites, purple corn.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN 12

I PROBLEMA DEL PROBLEMA 13

1.1 Descripción y Formulación del Problema 13

1.2 Objetivos 16

1.2.1 Objetivo general 16

1.2.2 Objetivos específicos 16

1.3 Justificación e importancia 16

1.4 Hipótesis 19

1.4.1 Hipótesis general 19

1.4.2 Hipótesis especificas 19

1.5 Variables 20

II MARCO TEÓRICO 21

1.1 Antecedentes del problema 21

1.1.1 Antecedentes Internacionales 21

1.1.2 Antecedentes Nacionales 22

2.1 Bases teóricas 23

2.1.1 Antibiótico y Azitromicina 23

2.1.2 Metabolismo de antibióticos en el organismo humano 26

2.1.3 Presencia de contaminantes emergentes en PTARs 27

2.1.4 Riesgo del uso de las aguas residuales tratadas en la agricultura 29

2.1.5 Respuestas fisiológicas de las plantas a los antibióticos 30

2.1.6 Cultivo de maíz morado (*Zea mays* L.) 33

2.1.7 Propiedades del maíz morado 37

2.1.8 Maíz morado INIA 601 37

2.1.9 Compuestos fenólicos 39
2.2 Definición de términos 40
III METODOLOGÍA 42
3.1 Tipo y Nivel de Investigación 42
3.2 Población y muestra 42
3.3 Diseño de Investigación 43
3.4 Ámbito Temporal y espacial 43
3.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos 45
3.5.1 Materiales, Equipos y Reactivos 45
3.5.2 Condiciones experimentales 46
3.5.3 Medición de la altura y peso de la biomasa aérea seca, longitud y peso de la biomasa radicular seca y peso seco de las mazorcas. 47
3.5.4 Concentración de compuestos fenólicos en el marlo 48
3.6 Análisis de datos 51
IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN 52
4.1.1 Peso de la biomasa área seca y altura de la planta 52
4.1.2 Longitud de la raíz y peso de la biomasa radicular 61
4.1.3 Peso seco de la mazorca 64
4.1.4 Compuestos Fenólicos totales y Antocianinas totales 66
V CONCLUSIONES 70
VI RECOMENDACIONES 71
VII REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 72
VIII ANEXOS 82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de Variables..... 20

Tabla 2 Clasificación taxonómica del maíz morado 33

Tabla 3 Composición química del maíz morado (contenido en 100 gramos)..... 36

Tabla 4 Porcentaje de antocianinas en el grano y marlo del maíz morado 37

Tabla 5 Identificación de Tratamientos..... 47

Tabla 6 ANOVA de 1 factor para el efecto de Azitromicina sobre la altura de la planta 52

Tabla 7 ANOVA de 1 factor para el efecto de Azitromicina sobre el peso de la panoja 55

Tabla 8 ANOVA de 1 factor para el efecto de Azitromicina sobre el peso del tallo 58

Tabla 9 ANOVA de 1 factor para el efecto de Azitromicina sobre el peso de la hoja..... 58

Tabla 10 ANOVA de 1 factor para el efecto de Azitromicina sobre la longitud de la raíz..... 61

Tabla 11 ANOVA de 1 factor para el efecto de Azitromicina sobre el peso de la biomasa radicular 61

Tabla 12 ANOVA de 1 factor para el efecto de Azitromicina sobre el peso de la mazorca 64

Tabla 13 ANOVA de 1 factor para el efecto de AZM sobre la concentración de compuestos fenólicos totales..... 67

Tabla 14 ANOVA de 1 factor para el efecto de AZM sobre la concentración de Antocianinas totales 67

Tabla 15 Determinación de humedad para el análisis de compuestos fenólicos totales y antocianinas 84

Tabla 16 Curva de calibración de ácido gálico 89

Tabla 17 Prueba de Normalidad para la altura de la planta 90

Tabla 18 Prueba de homocedasticidad de varianzas para la altura de la planta.. 90

Tabla 19 ANOVA de 1 factor para el efecto de Azitromicina sobre la altura de la planta 90

Tabla 20 Prueba de Normalidad para la altura de la planta 91

Tabla 21 Prueba de homocedasticidad de varianzas para el peso de la panoja.... 91

Tabla 22 ANOVA de 1 factor para el efecto de Azitromicina sobre el peso de la panoja 91

Tabla 23 Grupos homogéneos del peso de la panoja 92

Tabla 24 Prueba de contraste para el peso de la panoja 92

Tabla 25 Prueba de Normalidad para el peso del tallo..... 92

Tabla 26 Prueba de homocedasticidad de varianzas para el peso del tallo 92

Tabla 27 ANOVA de 1 factor para el efecto de Azitromicina sobre el peso del tallo 93

Tabla 28 Grupos homogéneos del peso del tallo..... 93

Tabla 29 Prueba de contraste para el peso del tallo 93

Tabla 30 Prueba de Normalidad para el peso de la hoja 93

Tabla 31 Prueba de homocedasticidad de varianzas para el peso de la hoja 94

Tabla 32 ANOVA de 1 factor para el efecto de Azitromicina sobre el peso de la hoja 94

Tabla 33 Grupos homogéneos del peso de las hojas 94

Tabla 34 Prueba de contraste para el peso de la hoja 94

Tabla 35 Prueba de Normalidad para la longitud de la raíz 95

Tabla 36 Prueba de homocedasticidad de varianzas para la longitud de la raíz . 95

Tabla 37 ANOVA de 1 factor para el efecto de Azitromicina sobre la longitud de la raíz 95

Tabla 38 Prueba de Normalidad para el peso de la biomasa radicular 95

Tabla 39 Prueba de homocedasticidad de varianzas para el peso de la biomasa radicular 96

Tabla 40 ANOVA de 1 factor para el efecto de Azitromicina sobre el peso de la biomasa radicular 96

Tabla 41 Prueba de Normalidad para el peso de la mazorca 96

Tabla 42 Prueba de homocedasticidad de varianzas para el peso de la mazorca 96

Tabla 43 ANOVA de 1 factor para el efecto de Azitromicina sobre el peso de la mazorca 97

Tabla 44 Prueba de Normalidad para la concentración de compuestos fenólicos totales 97

Tabla 45 Prueba de homocedasticidad de varianzas para la concentración de compuestos fenólicos totales 97

Tabla 46 ANOVA de 1 factor para el efecto de AZM sobre la concentración de compuestos fenólicos totales 98

Tabla 47 Grupos homogéneos de la concentración de compuestos fenólicos totales 98

Tabla 48 Prueba de contraste para la concentración de compuestos fenólicos totales 98

Tabla 49 Prueba de Normalidad para la concentración de antocianinas totales . 99

Tabla 50 Prueba de homocedasticidad de varianzas para la concentración de antocianinas totales 99

Tabla 51 ANOVA de 1 factor para el efecto de AZM sobre la concentración de Antocianinas totales 99

Tabla 52 Grupos homogéneos de la concentración de antocianinas totales 100

Tabla 53 Prueba de contraste para la concentración de antocianinas totales 100

Tabla 54 Resultados obtenidos para el efecto de Azitromicina sobre el maíz morado..... 100

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Estructura química de la Eritromicina A (EM A)..... 24

Figura 2 Modificación química de los macrólidos 25

Figura 3 Etapas en la biotransformación de xenobióticos en el organismo humano 26

Figura 4 Desarrollo de resistencia a los antibióticos y riesgos para la salud humana 28

Figura 5 Modelo fuente-vía-receptor relacionado con el uso de aguas residuales tratadas (TWW) en el riego agrícola. 30

Figura 6 Producción de ROS inducida por el estrés abiótico y muerte celular .. 32

Figura 7 Importancia del Desahíje 35

Figura 8 Calendario de cultivo de maíz morado 36

Figura 9 Estructura química del fenol 39

Figura 10 Principales clases de compuestos fenólicos. Entre ellos se encuentran los ácidos fenólicos, los flavonoides, los taninos y los estilbenos. 39

Figura 11 Diseño de Investigación..... 43

Figura 12 Mapa de ubicación sobre la conducción del experimento..... 44

Figura 13 Metodología para la instalación del experimento..... 47

Figura 14 Metodología para la extracción de compuestos fenólicos..... 49

Figura 15 Gráfico de la altura de la planta..... 53

Figura 16 Grafico del peso de la panoja 56

Figura 17 Grafico del peso del tallo y de la hoja 59

Figura 18 Grafico del peso de la biomasa radicular y longitud de la raíz..... 62

Figura 19 Gráfico del peso de la mazorca..... 65

Figura 20 Gráfico sobre la concentración de compuestos fenólicos totales y antocianinas totales 68

Figura 21 Semillas esterilizadas superficialmente en una solución de hipoclorito de sodio y preparación del sustrato 82

Figura 22 Conducción del experimento..... 82

Figura 23 Floración masculina..... 83

Figura 24 Floración femenina y cosecha del cultivo 83

Figura 25 Pesado de la biomasa radicular, aplicamos el mismo proceso a todas las demás partes de la planta..... 84

Figura 26 Pesado de la muestra para la extracción de los compuestos fenólicos 85

Figura 27 Agitación por 30 minutos 85

Figura 28 Centrifugación por 5 minutos..... 86

Figura 29 Filtración del sobrenadante 1..... 86

Figura 30 Concentración al vacío hasta sequedad 87

Figura 31 Extracto de compuestos fenólicos 87

Figura 32 Análisis de los compuestos fenólicos totales..... 88

Figura 33 Soluciones de pH 1 utilizando tampón de cloruro de potasio y pH 4.5 utilizando tampón de acetato de sodio para el análisis de antocianinas totales en el espectrofotómetro..... 88

Figura 34 Gráfico de la curva de calibración de ácido gálico..... 89

INTRODUCCIÓN

La presencia de residuos de antibióticos en las aguas residuales es común en todas las PTAR del mundo y en aguas superficiales que reciben aguas residuales tratadas (Wilkinson et al., 2022); muchas veces, estas aguas son empleadas en la agricultura, debido a que este sector es el mayor consumidor de agua a nivel mundial, esto se suma la escases del agua y la promoción de la reutilización de aguas residuales tratadas (TWW) para el riego agrícola. No obstante, se ha detectado la presencia de contaminantes orgánicos, incluidos antibióticos, en las TWW (Nieto-Juárez et al., 2021); lo que plantea preocupaciones sobre la exposición de los cultivos y la entrada de estos contaminantes en la cadena alimentaria.

En ese sentido, el ingreso de estos contaminantes orgánicos a los suelos y quedando disponibles para las plantas, estos compuestos posteriormente son absorbidos por las plantas a través de sus raíces y almacenadas en sus tejidos (Ofori et al., 2021), disminuyendo la tasa fotosintética, debido a la sobreexcitación de las clorofilas y a la interrupción de la cadena de transporte de electrones (Nunes et al., 2019). A su vez, esta interrupción genera la formación de especies reactivas de oxigeno (ROS), lo cual provoca efectos adversos en las células vegetales (Rocha et al., 2021).

En base a estas consideraciones, el presente estudio evaluó el efecto de la presencia de residuos de Azitromicina en el agua de riego (1, 10, 100 µg L-1) sobre el cultivo de maíz morado (Zea mays L.). Donde se determinó la altura, el peso seco de la biomasa aérea, la longitud de la raíz, el peso seco de la biomasa radicular, la concentración de compuestos fenólicos y antocianinas.

I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción y Formulación del Problema

Los antibióticos y productos farmacéuticos se utilizan para mejorar la salud pública, no obstante el cuerpo humano y los animales no logran metabolizarlo por completo, por lo que aproximadamente entre el 30% - 90% de estos antibióticos se excretan como compuesto principal (Russell & Yost, 2021); ante esta situación, las PTARs son una gran reserva de antibióticos (Oharisi et al., 2023); así mismo los procesos de tratamiento que se emplean no son lo suficientemente eficaces para remover estos microcontaminantes (Zieliński et al., 2021). Sin embargo, se han propuesto varias tecnologías diferentes para la eliminación de residuos de antibióticos durante el tratamiento de aguas residuales; autores como Russell & Yost. (2021) sugieren la degradación basada en algas; mientras que Phoon et al. (2020) proponen la combinación del proceso de oxidación avanzado (AOP) y el tratamiento de membrana, de esta manera poder prevenir impactos negativos de estos compuestos en las aguas superficiales que reciben aguas residuales tratadas. Por otro lado, Nieto-Juárez et al., (2021) detectaron la presencia de residuos de antibióticos en aguas superficiales encontrándose en mayores concentraciones Sulfametoxazol, Trimetoprima, Azitromicina (AZM), Claritromicina y Ciprofloxacina.

La reutilización de aguas residuales parece ser viable, ya que el sector agrícola es el mayor consumidor de agua a nivel global, aproximadamente el 70% (Ungureanu et al., 2020); sin embargo, se detectó la presencia ubicua de varios productos farmacéuticos y otros contaminantes de interés emergente (de Santiago-Martín et al., 2020; Zhang et al., 2023); por consiguiente, el uso de las TWW para la irrigación agrícola presenta una vía de exposición para que los antibióticos sean absorbidos por las plantas de cultivo, luego dirigirse a varios de sus tejidos vegetales, incluyendo las partes comestibles y posteriormente entrar en la cadena alimentaria (Ofori et al., 2021; Gudda et al., 2023). Por ejemplo, las verduras de hoja verde mostraron el mayor número y la mayor concentración de productos farmacéuticos, no obstante los niveles de contaminación variaron debido a la fuente de las aguas residuales y a la calidad del tratamiento (Ben Mordechay et al., 2021).

Por otro lado, se demostró la acumulación de antibióticos en las plantas de arroz regadas con aguas residuales tratadas (Yan et al., 2021).

El riego de agua contaminada con antibióticos afecta a los tejidos vegetales (raíces, hojas y semillas); por consiguiente, disminuye la productividad de las plantas en gran medida (alrededor del 47%); no obstante diferentes plantas poseen una vulnerabilidad variable a diferentes antibióticos (Marques et al., 2021a). Es el caso de la presencia de Ciprofloxacina en el agua utilizada para el riego del maíz provocó alteraciones morfofisiologicas en las plantas; por lo tanto, la disminución de la producción de semillas (Gomes, Rocha, et al., 2020). También la Oxitetraciclina disminuyó el crecimiento de la planta y la división celular e indujo la acumulación de peróxido de hidrógeno (H2O2) y el estrés oxidativo en *Lemna minor* (Gomes, Moreira Brito, et al., 2020a). Por otro lado Zhao et al., (2023) reportaron la alteración de la actividad de enzimas antioxidantes y además reportaron un incremento de ácidos fenólicos y flavonoles. Así mismo Khan et al. (2021) demostraron los efectos del estrés por este tipo de compuesto; en el crecimiento de las plantas, el metabolismo de las hojas, la inhibición del cloroplasto, la fluorescencia de la clorofila y las actividades antioxidantes.

Ante esta problemática y sabiendo que el Perú cuenta con una gran diversidad de productos agrícolas, siendo uno de sus recursos vegetales el autóctono maíz morado (*Zea mays* L.), especie que logra adaptarse en la costa y en valles interandinos de la sierra hasta los 3200 m.s.n.m (Ccaccya Ccaccya et al., 2019), está constituida en un 85% por grano y un 15% por marlo (Guillén-Sánchez et al., 2014); Asimismo contiene un nivel relativamente alto de compuestos fenólicos, sobre todo del grupo de los flavonoides como la antocianina compuesta principalmente de cianidín-3-glucósido (Yang & Zhai, 2010; Hong et al., 2020), esto hace que actúe como un antioxidante natural, antimutagénicos y anticancerígenos; por consiguiente, ayudan a reducir una variedad de enfermedades crónicas (Li et al., 2012; Colombo et al., 2021). Es por ello, que se evaluó el efecto de la presencia de residuos de Azitromicina (1, 10, 100 µg L^{-1}) en el agua de riego en el cultivo de maíz morado (*Zea mays* L.).

- **Interrogante general**

¿Cuál será el efecto de la presencia de residuos de Azitromicina en el agua de riego (1, 10, 100 µg L^{-1}) sobre el cultivo de maíz morado (*Zea mays* L.)?

- **Interrogantes específicos**

¿Cuál será el efecto de la presencia de residuos de Azitromicina en el agua de riego (1, 10, 100 µg L^{-1}) sobre la altura de la planta y peso de la biomasa aérea seca del maíz morado (*Zea mays* L.)?

¿Cuál será el efecto de la presencia de residuos de Azitromicina en el agua de riego (1, 10, 100 µg L^{-1}) sobre la longitud de la raíz y peso de la biomasa radicular seca del maíz morado (*Zea mays* L.)?

¿Cuál será el efecto de la presencia de residuos de Azitromicina en el agua de riego (1, 10, 100 µg L^{-1}) sobre el peso seco de la mazorca del maíz morado (*Zea mays* L.)?

¿Cuál será el efecto de la presencia de residuos de Azitromicina en el agua de riego (1, 10, 100 µg L^{-1}) sobre la concentración de compuestos fenólicos en la mazorca de maíz morado (*Zea mays* L.)?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

- Evaluar el efecto de la presencia de residuos de Azitromicina en el agua de riego (1, 10, 100 μg L^{-1}) sobre el cultivo de maíz morado (*Zea mays* L.)

1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar el efecto de la presencia de residuos de Azitromicina en el agua de riego (1, 10, 100 μg L-1) sobre la altura de la planta y peso de la biomasa aérea seca del maíz morado (Zea mays L.)
- Comprobar el efecto de la presencia de residuos de Azitromicina en el agua de riego (1, 10, 100 μg L-1) sobre la longitud de la raíz y peso de la biomasa radicular seca del maíz morado (Zea mays L.)
- Demostrar el efecto de la presencia de residuos de Azitromicina en el agua de riego (1, 10, 100 μg L-1) sobre el peso seco de la mazorca del maíz morado (Zea mays L.)
- Determinar el efecto de la presencia de residuos de Azitromicina en el agua de riego (1, 10, 100 μg L-1) sobre la concentración de compuestos fenólicos en la mazorca de maíz morado (Zea mays L.)

1.3 Justificación e importancia

En Perú, durante la pandemia COVID-19, el Ministerio de Salud (MINSA) estableció lineamientos para guiar su tratamiento. De manera que en abril del 2020 (Ministerio de Salud, 2020), estos lineamientos dieron potestad a los profesionales para usar azitromicina e hidroxicloroquina, como tratamiento. Los antibióticos se utilizan para mejorar nuestra salud; en el Perú el 53,4% de usuarios que compraron antibióticos en farmacias lo hicieron sin receta médica (Rojas et al., 2018); por otro lado, de 132 pacientes hospitalizados en la capital el 80,3% tomaron algún medicamento previo a la hospitalización; asimismo el 91,7% usaron dos o más medicamentos, siendo el antibiótico más usado la Azitromicina (60%) (Zavala-Flores & Salcedo-Matienzo, 2020). Asimismo, Castro et al., (2021) observaron un

incremento del uso de azitromicina. En el 2020 la Orden de Control Institucional de la Gerencia Regional de Moquegua reportó que el almacén de farmacia del Hospital Regional de Moquegua para el tratamiento del COVID-19 contaba con 2313 de Azitromicina – 500 – TAB, por otro lado Indecopi, (2021) reportó 57 farmacias y boticas en Moquegua, por lo tanto, el consumo de antibióticos es usual en la población peruana.

Por otra parte, el organismo humano y animal no logran asimilar por completo los medicamentos, por lo que una fracción considerable se excreta en su forma activa original, esto va depender de su naturaleza (lipofílica, volátiles o hidrosolubles) (Castell, 2018), asimismo documentos por encuestas y estudios, indican que entre el 30% y el 90% de los antibióticos consumidos no se metabolizan en el cuerpo y se excretan en los sistemas de agua residuales (Russell & Yost, 2021); es por ello que se detectó la presencia de residuos de azitromicina en PTAR de Lima, Cusco y Puno registrándose concentraciones de 0,4; 0,5; 0,2 μgL^{-1} de Azitromicina respectivamente, asimismo en su mayoría de las PTARs en el Perú no cuentan con la capacidad de eliminar este compuesto; por lo tanto, logra llegar a las aguas superficiales, detectándose concentraciones de Azitromicina en el rio Coata en Juliaca considerándolo de alto riesgo (Nieto-Juárez et al., 2021); posteriormente llegan a las plantas de cultivo o son captadas aguas abajo para el consumo humano poniendo en riesgo la producción agrícola y la salud de la población.

La planta de Tratamiento de Aguas Residuales Omo, trata un caudal de 130 l/s, consta aproximadamente de un área total de 100 000 m^2, cuenta con dos lagunas anaerobias, dos facultativas y dos terciarias haciendo un total de seis. En el año 2020 se registró el colapso de la PTAR Omo, lo que ha provocado que las aguas servidas lleguen al valle de Ilo, ante este suceso el área de control de la EPS Moquegua, reportó que, la empresa está cumpliendo con los estándares establecidos por el MINAM para el vertimiento del agua residual tratada de la PTAR Omo al rio Moquegua; así mismo el personal de la ANA se desplazó a la zona de vertimiento de la PTAR Omo y la estación Canuto en el rio Osmore para la evaluación in situ y realizar la toma de muestras de agua. Sin embargo, nuestra normativa, ya sea los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) o los Límites Máximos Permisibles (LMP) para agua no incluye parámetros como los antibióticos o productos farmacéuticos,

ante esta situación es limitada la información sobre la presencia de los residuos de antibióticos en el agua de riego.

La escasez del agua es un problema constante que enfrentan los agricultores del valle de Moquegua e Ilo en especial en la época de estiaje. El distrito de El Algarrobal depende de la producción agrícola, ya que es su principal actividad económica, se desarrolla en el valle formado por el rio Osmore con una extensión de superficie de 420 ha; sin embargo, en el año 2016 tan solo cosecharon 87 ha. (20.71%). Los principales cultivos permanentes del distrito son: olivo, vid y alfalfa. En cuanto a los cultivos transitorios importantes se tiene al maíz morado, tomate, zapallo y maíz amarillo. De acuerdo con la Gerencia Regional de Agricultura Moquegua, el rendimiento de la producción de maíz morado en el año 2017 en la provincia de Ilo, distrito El Algarrobal fue de 8.63 tn/ha. Por otro lado, contiene compuestos fenólicos como antocianinas en marlo, panca y granos; por lo que, es considerada un cultivo que favorece varios aspectos de nuestra salud.

En la región Moquegua existen pocos estudios sobre la presencia de residuos de antibióticos en el agua de riego y su efecto en la agricultura. Por tal razón, el presente trabajo pretende generar conocimiento sobre el efecto de la presencia de residuos de Azitromicina en el agua de riego sobre el cultivo de maíz morado (*Zea mays* L.); por lo que a su vez permitirá tomar decisiones orientadas a la prevención de la salud humana y el ambiente. Así mismo, el presente estudio podría ser considerado en futuras investigaciones asociadas al tema.

1.4 Hipótesis

1.4.1 Hipótesis general

El riego de agua contaminada con residuos de Azitromicina genera efectos sobre el cultivo del maíz morado (*Zea mays* L.)

1.4.2 Hipótesis especificas

- La presencia de residuos de Azitromicina en el agua de riego origina efecto en la altura de la planta y el peso de la biomasa aérea seca del maíz morado (*Zea mays* L.)
- La presencia de residuos de Azitromicina en el agua de riego causa efecto en la longitud de la raíz y peso de la biomasa radicular del maíz morado (*Zea mays* L.)
- La presencia de residuos de Azitromicina en el agua de riego ocasiona efecto en el peso seco de la mazorca del maíz morado (*Zea mays* L.)
- La presencia de residuos de Azitromicina en el agua de riego provoca el incremento de la concentración de compuestos fenólicos en la mazorca de maíz morado (*Zea mays* L.)

1.5 Variables

Tabla 1
Operacionalización de Variables

Objetivo: Evaluar el efecto de la presencia de residuos de Azitromicina en el agua de riego (1, 10, 100 μg L^{-1}) en el cultivo de maíz morado (*Zea mays* L.)

Variable	Dimensión	Indicador	Valor final (unidad)	Tipo de variable
Variable Independiente	Concentraciones del Antibiótico	Concentraciones de residuo de Azitromicina en el agua de riego (1,10,100 μgL^{-1}).	μgL^{-1}	Numérico continuo
Variable Dependiente	Altura y peso de la biomasa aérea seca	Altura y peso de la biomasa aérea seca.	cm gramos	Numérico continuo
	Longitud de la raíz y peso de la biomasa radicular seca.	Longitud de la raíz y peso de la biomasa radicular seca.	cm gramos	Numérico continuo
	Peso seco de la mazorca	Peso seco de la mazorca.	gramos	Numérico continuo
	Concentración de compuestos fenólicos en el marlo	Compuestos fenólicos totales en el marlo.	mg EAG/gbs	Numérico continuo
		Antocianinas totales en el marlo.	mg EC3G/gbs	Numérico continuo

Variable Independiente: Concentraciones de Azitromicina en el agua (1, 10, 100 μg L^{-1}).

Variables Dependientes: Altura y peso de la biomasa aérea seca, longitud de la raíz y peso de biomasa radicular, peso de la mazorca y concentración de compuestos fenólicos en el marlo.

II MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes del problema

1.1.1 Antecedentes Internacionales

En un estudio reciente de Zhao et al., (2023), investigaron los efectos del sulfametoxazol (SMZ) en la colza (*Brassica napus* L.) y su relación con el metabolismo secundario y la respuesta antioxidante de las plantas. Los investigadores examinaron cómo la exposición a antibióticos, en este caso el SMZ, afecta el crecimiento y la salud de las plántulas de colza. Los resultados del estudio revelaron que las concentraciones tanto bajas como altas de SMZ indujeron la producción de especies reactivas de oxígeno (ROS) en las plántulas, lo que provocó daño celular. Además, el SMZ alteró la actividad de enzimas antioxidantes clave, como el superóxido dismutasa (SOD), la peroxidasa (POD) y la catalasa (CAT). El SMZ también estimuló la actividad de enzimas involucradas en la vía fenilpropanoide, como la fenilalanina amonio liasa (PAL). Esto resultó en un cambio en la composición de los metabolitos secundarios de la colza, con un aumento en los ácidos fenólicos y flavonoides, así como cambios en la sinapina y las antocianinas. Por lo tanto, este estudio proporciona una nueva perspectiva sobre cómo el SMZ afecta a las plantas, al influir en su metabolismo secundario y en la respuesta antioxidante.

En una investigación de Mukhtar et al., (2020). Evaluaron el impacto potencial de los antibióticos en el crecimiento fisiológico y la composición nutricional de las plantas, así como el alivio del estrés mediante la aplicación de diferentes enmiendas orgánicas. Se observaron los efectos de cinco antibióticos (Ciprofloxacina, Levofloxacina, Ofloxacina, amoxicilina y ampicilina) en presencia de tres enmiendas orgánicas (cáscara de arroz, estiércol de granja y cama de aves) y el arroz (*Oryza sativa* L.) como planta modelo. Se observó que la tasa de germinación, la longitud de la raíz/brote de las plántulas, la biomasa de las plántulas y el índice de vigor tuvieron un impacto negativo. La aplicación de enmiendas orgánicas alivió la fitotoxicidad, así como la genotoxicidad en plantas bajo estrés por antibióticos.

En un estudio de J. Chen et al. (2020). Mencionan que la fitorremediación ha demostrado ser una técnica eficaz de tratamiento in situ de la contaminación por antibióticos. Por lo tanto, desarrollaron un método mejorado de pretratamiento rápido, fácil, barato, eficaz, robusto y seguro (QuEChERS) con espectrometría de masas en tándem de cromatografía líquida de ultra alto rendimiento (UHPLC-MS/MS) para la detección de 28 antibióticos en diferentes tejidos vegetales (raíz, tallo, hoja y semilla). Este método desarrollado se aplicó con éxito para la determinación de antibióticos en diferentes tejidos de plantas de humedales hidropónicos expuestos a agua contaminada con antibióticos durante un mes. Se detectaron dieciséis de los 28 antibióticos en las muestras de tejido vegetal. En general, de estos 16 antibióticos, todos se detectaron en muestras de raíces, once en muestras de tallos y nueve en muestras de hojas.

1.1.2 Antecedentes Nacionales

En una investigación reciente de Ramos et al. (2023) evaluaron el efecto del Ciprofloxacino (CIP) en agua de riego sobre las características morfológicas y contenido de polifenoles en la variedad de quinua Pasakalla. Las semillas de quinua se sembraron y regaron dos veces por semana con diferentes dosis de CIP (1, 10 y 100 µg/L). La planta se dividió en raíces, hojas, panículas y grano para medir sus características morfológicas y propiedades antioxidantes (contenido de polifenoles totales, capacidad antioxidante y perfil polifenólico). La longitud de la raíz y la biomasa de la planta no fueron afectadas por la dosis de CIP durante la madurez fisiológica. Por el contrario, el crecimiento de las plantas se redujo (16%) cuando se utilizaron 10 µg/L de CIP. Por otro lado, la presencia de altas concentraciones de CIP (100 µg/L) mejoró la biosíntesis de polifenoles y la capacidad antioxidante en un 52 y 59% respecto al control. Los perfiles de polifenoles muestran que el ácido vainílico y las procianidinas A2 y B2 aumentaron significativamente. Así, el uso de CIP podría promover una mayor actividad enzimática para producir polifenoles específicos con el fin de inhibir la presencia de ROS. Finalmente, en condiciones controladas por el CIP, se podría mejorar la producción de polifenoles sin alterar el crecimiento esperado de la planta.

En un estudio reciente de Nieto-Juárez et al. (2021). Investigaron la eliminación de las sustancias farmacéuticas en las plantas de tratamiento de aguas residuales municipales (PTAR) de Perú y el impacto de estos compuestos en las aguas superficiales que reciben las aguas residuales tratadas. Para ello, analizaron muestras de las PTAR de Lima (Costa peruana), Cusco, Puno y Juliaca, así como de las aguas superficiales (confluencia de los ríos Torococha y Coata en Juliaca). Alrededor del 60% y el 75% de los productos farmacéuticos objetivo pudieron cuantificarse en las aguas superficiales y en las PTARs, respectivamente. Sin embargo, muchos productos farmacéuticos (alrededor del 50% de los compuestos investigados) presentaron concentraciones en las aguas residuales tratadas similares o incluso superiores a las de las aguas residuales afluentes. Según los datos, tres antibióticos suponían un alto riesgo ambiental (RQ ≥ 1) para el medio acuático. En el río, todos los antibióticos (excepto la norfloxacina), así como los compuestos analgésicos-antiinflamatorios acetaminofén, diclofenaco plantearon un alto riesgo ambiental (RQ ≥ 1). A partir de los datos reportados en este trabajo por primera vez en muestras de agua del Perú, los autores concluyen que los procesos de tratamiento aplicados en importantes ciudades del Perú no son lo suficientemente eficientes para eliminar los productos farmacéuticos en las aguas residuales.

2.1 Bases teóricas

2.1.1 Antibiótico y Azitromicina

Los antibióticos actúan como bacteriostáticos (impiden el desarrollo y la multiplicación bacteriana, pero sin llegar a destruir las células) y bactericidas (letal, llevando a la lisis bacteriana); inicialmente, este término hacía referencia a las sustancias biológicas, como la penicilina o la estreptomicina; sin embargo, hoy en día, alude también a sustancias semisintéticas o sintéticas fabricadas en laboratorio; los antibióticos se clasifican en aminoglucósidos, betalactámicos, anfenicoles, glucopéptidos, lincosamidas, nitroimidazol, oxazolidinona, quinolonas, rifamicinas, sulfonamidas, tetraciclinas, miscelánea y macrólidos (Wilson, 2019).

Los macrólidos son antibióticos semisintéticos, derivados de la eritromicina (EM) producida por *Streptomyces eritreus*, están compuestos por un anillo lactónico macrocíclico y se clasifica de acuerdo al número de átomos de carbono, al que se unen diversos desoxiazúcares:

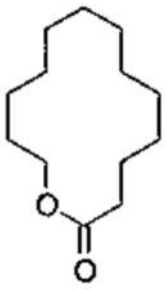
- 14 átomos de carbonos (eritromicina y claritromicina)
- 15 atamos carbonos (azitromicina)
- 16 atamos carbonos (espiramicina)

La expansión del anillo de la eritromicina debido a la introducción de la amina en el anillo de la lactona dio lugar a un cambio en las propiedades fisicoquímicas y biológicas; los derivados de este grupo se denominan azálidos por sus características estructurales de aza-macrólidos de 15 miembros derivados de la Eritromicina (Omura, 2003).

La Azitromicina, es un antibiótico macrólido perteneciente al grupo de los azálidos, su molécula se construye añadiendo un átomo de nitrógeno al anillo de lactona de la eritromicina A; el nombre químico de la azitromicina es 9-deoxi-9a-aza-9a-metilo-9a-homo-EM A; su peso molecular es 749,0 (Ministerio de Sanidad, 2020). Este producto muestra espectros antibacterianos más amplios y/o una buena biodisponibilidad gracias a la estabilidad ácida, que se desarrollaron y evaluaron clínicamente a finales de los años 80; la síntesis química de la azitromicina se realizó mediante el reordenamiento de Beckmann de 11, a través del iminoéter (resultado de la reacción de 11 con cloruros de tosilo), seguido de una reducción (**Figura 2**) (Omura, 2003).

Figura 1

Estructura química de la Eritromicina A (EM A)

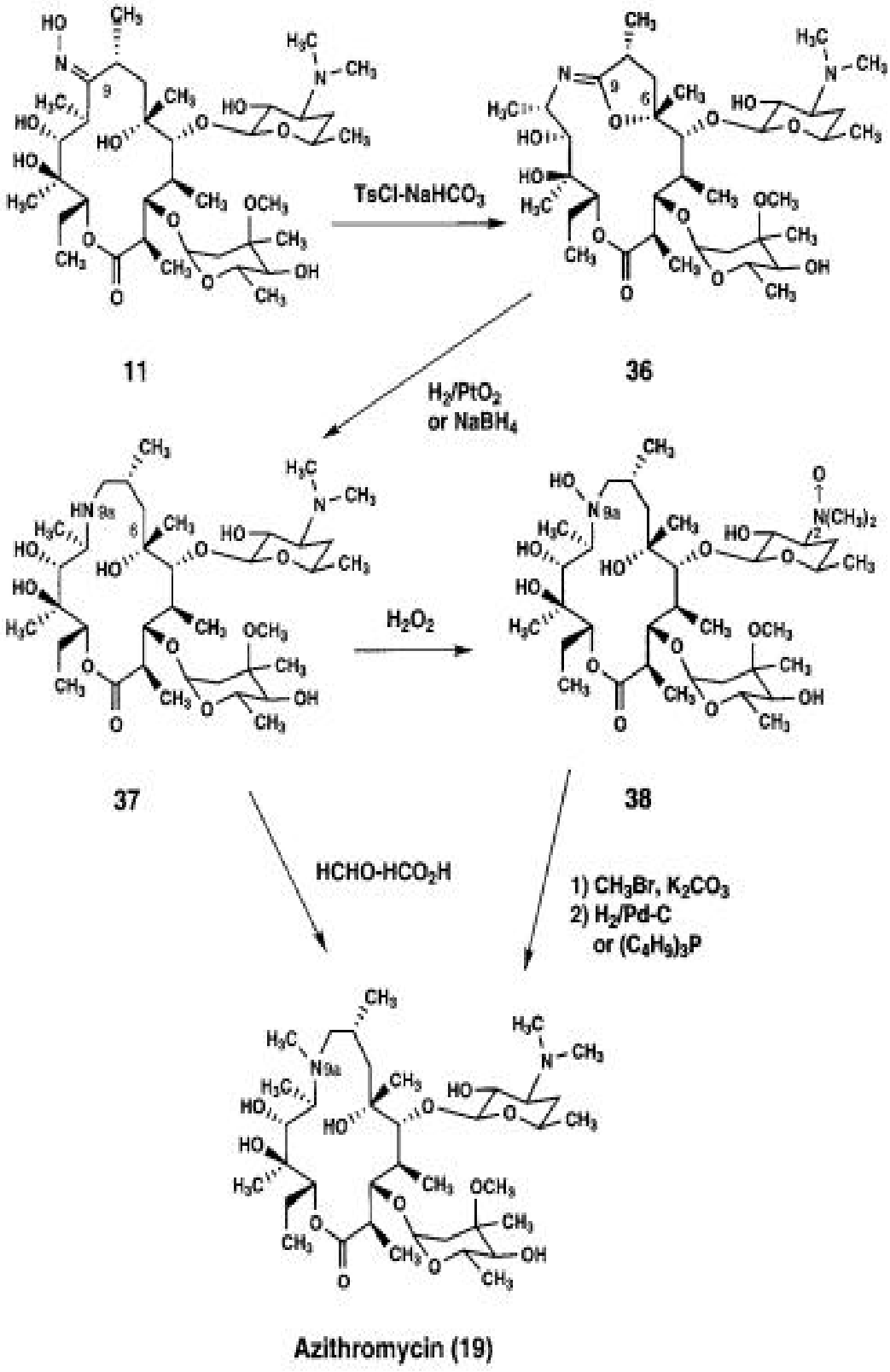


14

Erythromycin A

Nota: (Omura, 2003)

Figura 2
Modificación química de los macrólidos



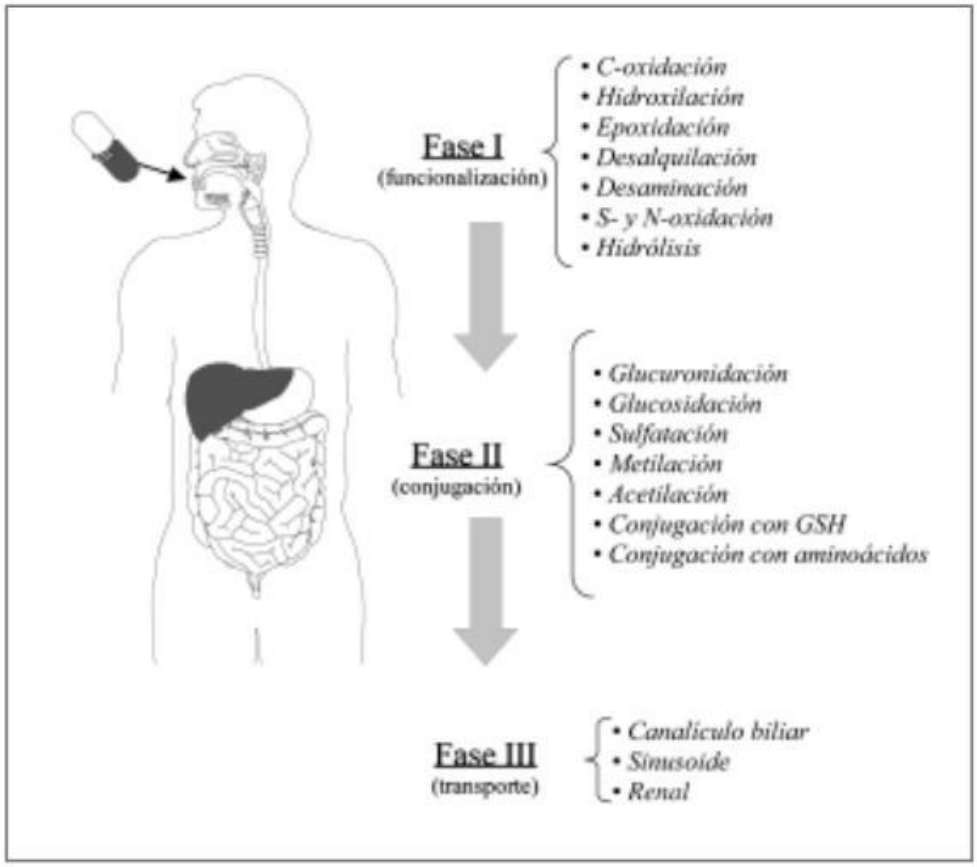
Nota: (Omura, 2003)

2.1.2 Metabolismo de antibióticos en el organismo humano

Los antibióticos y productos farmacéuticos se consideran como xenobióticos, ya que no son sustancias propias del organismo; el cuerpo humano lo metaboliza (conjunto de todas las transformaciones químicas que se producen en una célula u organismo) a través de las vías enzimáticas. Cabe mencionar que muchos de los productos farmacéuticos suelen ser de naturaleza lipofílica, por lo que tienden acumularse en los entornos lipídicos del organismo; por lo tanto, su eliminación es más compleja; sin embargo, el hígado contribuye en mayor porcentaje para la eliminación de este compuesto mediante un conjunto de reacciones denominada biotransformación de los fármacos en la que se modifica de manera más o menos compleja la estructura química de los xenobióticos para aumentar su hidrosolubilidad y así facilitar su eliminación del organismo a través de la orina o la bilis (Lucchetti et al., 2021). El proceso de biotransformación se subdivide en etapas o fases (**Figura 3**).

Figura 3

Etapas en la biotransformación de xenobióticos en el organismo humano



Nota: (Castell, 2018)

Los xenobióticos sufren distintos procesos en el organismo, encaminados a facilitar su eliminación y evitar su acumulación y potenciales efectos tóxicos (Castell, 2018); estos procesos se agrupan en fases:

- Fase I, los xenobióticos sufren reacciones de funcionalización de distinta naturaleza, destinadas a introducir nuevos grupos funcionales en la molécula, cuyo resultado es un metabolito más polar, más reactivo, y sensiblemente menos lipófilo; estos procesos son mayoritariamente catalizados por enzimas presentes en la fracción microsomal del homogenado celular; su mayor concentración y diversidad se encuentra en los hepatocitos.
- Fase II, los metabolitos generados en la Fase I se unen covalentemente a moléculas endógenas de la célula tales como ácido glucorónico, glutation, sulfato y aminoácidos generando conjugados; este proceso conlleva un considerable aumento de la hidrosolubilidad y, por lo general, también una disminución de su actividad farmacológica y toxicológica; estas reacciones están catalizadas por enzimas presentes en la fracción citosólica celular.
- Fase III, ambos procesos facilitan la eliminación renal o biliar de los metabolitos.

2.1.3 Presencia de contaminantes emergentes en PTARs

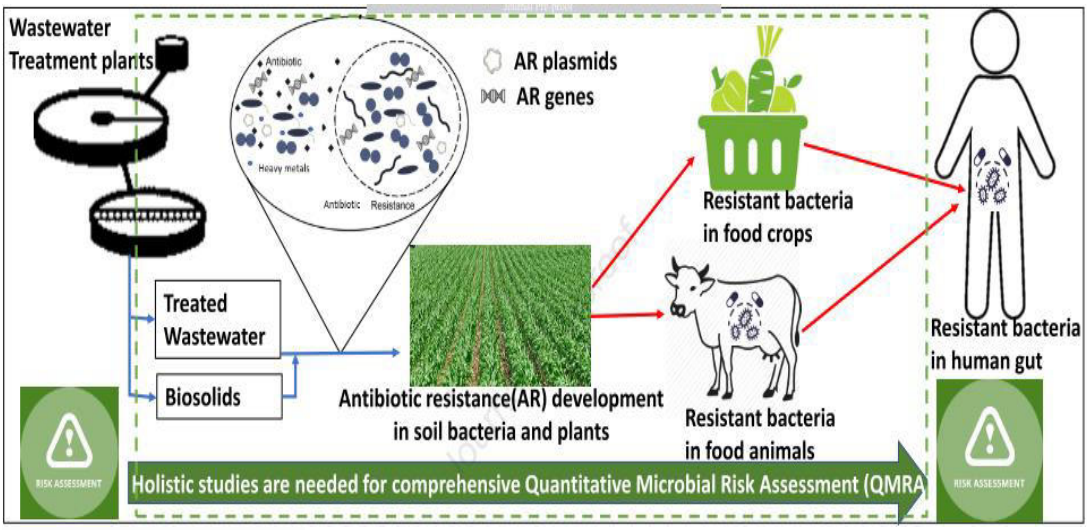
Los antibióticos son usados para controlar enfermedades causadas por infecciones bacterianas y como estimulantes de crecimiento, en el campo de la veterinaria y en la salud humana; sin embargo, al ser metabolizados incompletamente llegan a las PTARs a través de las heces fecales y orina; además, se adiciona la contaminación causada por su mala disposición final de los fármacos no utilizados en hospitales y una fuente importante de liberación de este compuesto proviene de los residuos producidos por los animales de compañía. Las PTARs convencionales no están adaptadas para remover estos contaminantes emergentes, ya que se encuentran en concentraciones trazas y ultra trazas; así mismo, por la falta de monitoreo y su normatividad o regulación ambiental; consecuentemente provoca efectos ambientales, tales como la disminución de la diversidad microbiana, efectos en los microorganismos de los biorreactores biológicos y desestabilización de los

lodos activados en las PTARs, además de ser tóxicos para algunos animales como peces e invertebrados; por otro lado las bacterias, al estar en contacto con los antibióticos continuamente, activan genes de resistencia a los antibióticos (ARG) y estas se pueden transferir entre las bacterias ambientales y patógenas, permitiéndole subsistir y reproducirse en presencia de antibióticos a dosis letales (Melendez-Marmolejo et al., 2020).

Los antibióticos se encuentran presentes en las aguas superficiales, ya que las PTARs no están diseñadas para su eliminación, por lo que están siendo vertidos; sin embargo, una de las tecnologías prometedoras para la remoción de los antibióticos en las PTARs es la combinación del Proceso de Oxidación Avanzado (AOP) y el tratamiento de membranas, ya que el tratamiento de membrana puede filtrar todos los contaminantes que AOP no puede degradar; Cabe mencionar que la mayoría de los procesos (AOP) pueden destruir la estructura química de los contaminantes; sin embargo, se debe realizar una evaluación de la toxicidad después del experimento, ya que a veces estos compuestos se degradan, pero la toxicidad permanece, en consecuencia estos efluentes altamente tóxicos dañarían el ambiente y el ecosistema una vez que fluyan hacia la corriente de las aguas superficiales (Phoon et al., 2020).

Figura 4

Desarrollo de resistencia a los antibióticos y riesgos para la salud humana



Nota: (Sorinolu et al., 2021)

2.1.4 Riesgo del uso de las aguas residuales tratadas en la agricultura

La reutilización de las aguas residuales tratadas (TWW) para el riego de cultivos comestibles, parece ser una estrategia eficaz para optimizar el recurso hídrico; sin embargo, la reutilización de TWW plantea riesgos para la salud humana y el ambiente debido a la transferencia de los microcontaminates orgánicos, ARB y ARG presentes en el agua riego, luego ser absorbidos por los cultivos y posteriormente entrar a la cadena alimentaria (Renai et al., 2020).

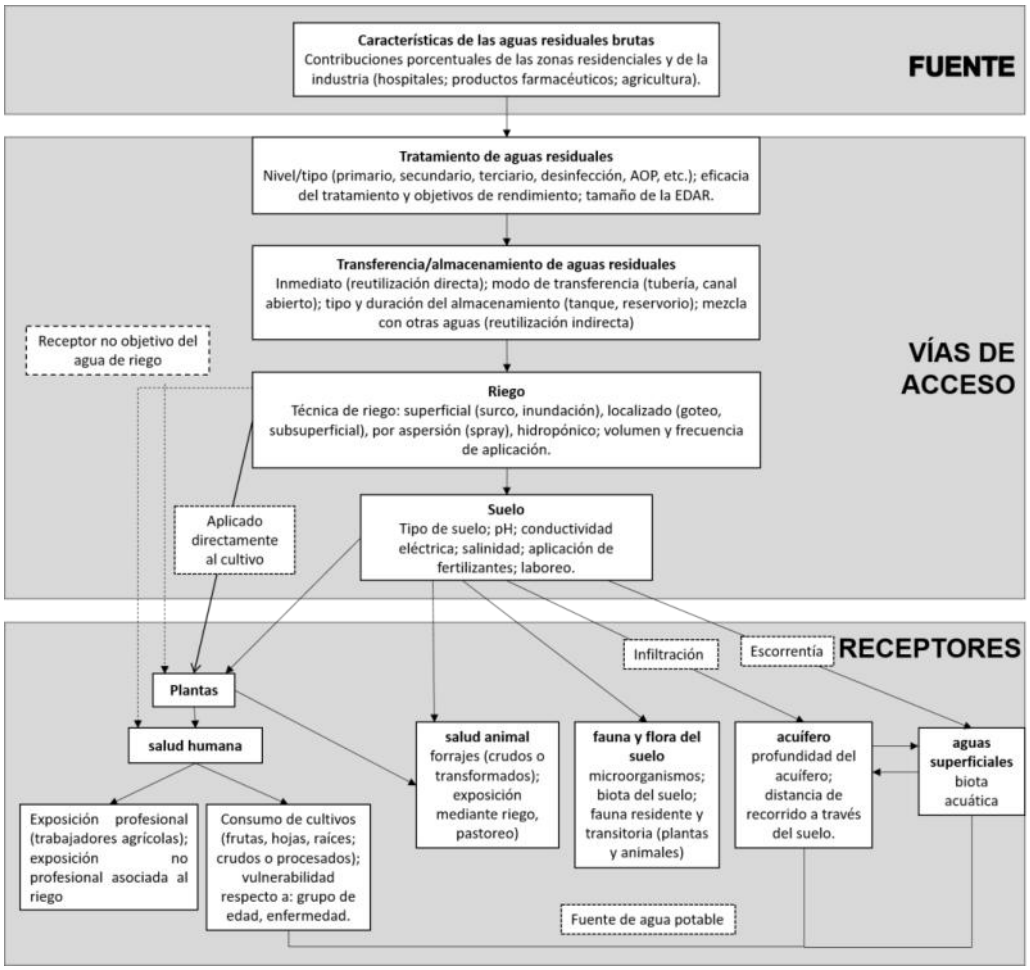
La evaluación de riesgos implica la identificación de los peligros dentro de un escenario de exposición, seguido del análisis de los datos disponibles sobre su probabilidad de ocurrencia y la magnitud del impacto para informar tanto de la caracterización del riesgo como de las decisiones de gestión (US NRC, 1983). Por otro lado, se identifica las variables clave con potencial para influir en el destino de los microcontaminantes orgánicos presentes en las aguas residuales, reutilizadas en el riego agrícola (NEREUS COST ACTION ES 1403, 2017), y se presentan como un modelo fuente, vía y receptor para informar el desarrollo del escenario de riesgo (**Figura 5**).

La probabilidad de que los microcontaminantes orgánicos lleguen al ambiente dependerá de la fuente de las aguas residuales (procedentes de una zona residencial y de la industria), nivel de tratamiento de las aguas residuales, transferencia y almacenamiento de las aguas residuales previo al uso y aplicación de la técnica del riego (goteo, aspersión, surco, inundación).

La identificación de una lista priorizada de contaminantes emergentes presentes en las aguas residuales tratadas y en aguas superficiales, permitirá que las futuras políticas y de investigación científica se centren en esta temática.

Figura 5

Modelo fuente-vía-receptor relacionado con el uso de aguas residuales tratadas (TWW) en el riego agrícola.



Nota: (Revitt et al., 2021)

2.1.5 Respuestas fisiológicas de las plantas a los antibióticos

En general, el flujo de electrones a través de los pasos fotoquímicos de la fotosíntesis permite la continuidad de los eventos de oxidación y reducción necesarios para producir energía (ATP) y potencia reductora (NADPH). Como tal, cualquier estrés biótico o abiótico que interfiera con cualquiera de los pasos en esos procesos disminuirá las tasas de fotosíntesis y, por lo tanto, afectará el desarrollo normal de la planta (Rocha et al., 2021). El estrés abiótico, la mala dirección de los electrones, o la incapacidad de transferirlos correctamente provoca la sobreproducción de especies reactivas de oxígeno (ROS) en plantas, puede alterar la función celular normal y promover el daño irreversible a proteínas lípidos, carbohidratos y ADN que finalmente resulta en estrés oxidativo (**Figura 6**); Sin embargo, las plantas poseen enzimática muy eficiente (superóxido dismutasa,

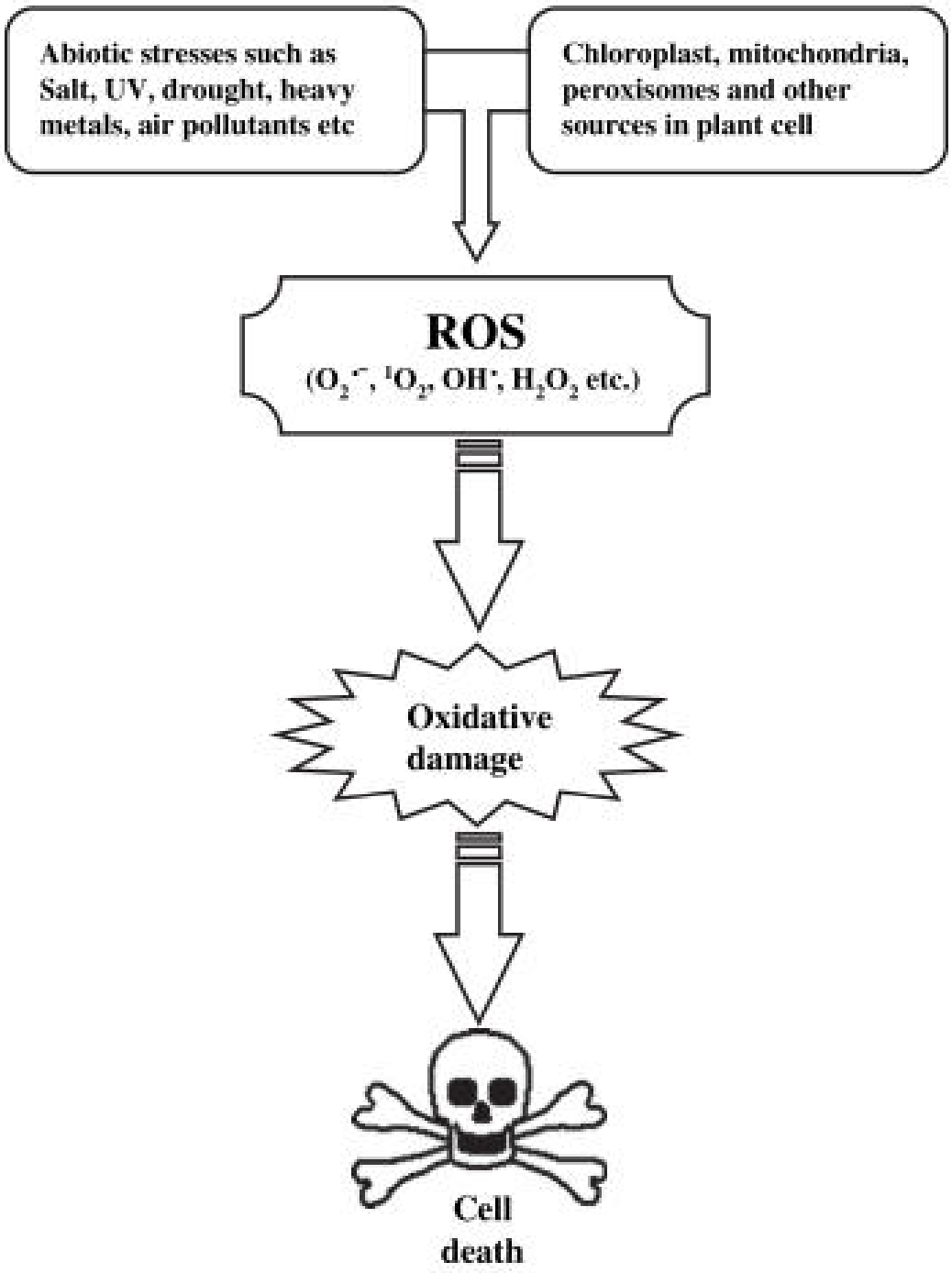
catalasa, ascorbato peroxidasa, glutatión reductasa, glutatión peroxidasa , etc.) y sistemas de defensa antioxidante no enzimáticos (ácido ascórbico, glutatión, compuestos fenólicos, alcaloides , aminoácidos no proteicos y α-tocoferoles) que trabajan en conjunto para controlar las cascadas de oxidación incontrolada y proteger células vegetales del daño oxidativo mediante la eliminación de ROS (Gill & Tuteja, 2010). No obstante, estudios demostraron los cambios fisiológicos en plantas inducidos por antibióticos, que se detalla a continuación:

En el estudio realizado por Nunes et al. (2019) caracterizaron los efectos tóxicos del antibiótico quinolónico ciprofloxacino hacia los mecanismos fotosintéticos y efectos pro-oxidantes (se evaluaron midiendo los biomarcadores de estrés oxidativo) en la especie *Lemna minor*; sus resultados mostraron un aumento de la actividad de la catalasa; sin embargo se evidenció que consiste en un mecanismo defensivo menos eficaz contra ciprofloxacina, lo que resulta en la formación de ROS; Así mismo los autores sugieren que el mecanismo de protección del fotosistema II (PSII) contra la toxicidad de la ciprofloxacina no es tan eficiente en las plantas de *L. minor* lo que conduce a la sobreexcitación de las clorofilas y a la interrupción de la cadena de transporte de electrones, que a su vez puede ser seguida por la formación de ROS.

En la investigación de Gomes, Moreira Brito, et al. (2020b) demostraron los efectos del antibiótico oxitetraciclina sobre *Lemna minor*; sus resultados indican que oxitetraciclina indujo la acumulación del peróxido de hidrogeno (H2O2), consecuentemente el H2O2 puede afectar negativamente a la fotosíntesis al dañar las membranas de los tilacoides; Así mismo, observaron diminuciones del rendimiento cuántico máximo del PSII, y su disminución indica daños a la estructura del PSII. Por lo tanto, los efectos nocivos de la oxitetraciclina sobre el PSII se traducirán en una menor asimilación de carbono (fotosíntesis) y, en consecuencia, en un menor crecimiento.

Figura 6

Producción de ROS inducida por el estrés abiótico y muerte celular



Nota: (Gill & Tuteja, 2010)

2.1.6 Cultivo de maíz morado (*Zea mays* L.)

2.1.6.1 Clasificación taxonómica del maíz morado

En la **Tabla 2** se presenta la clasificación taxonómica del maíz morado

Tabla 2
Clasificación taxonómica del maíz morado

Reino:	Vegetal
División:	Tracheophyta
Clase:	Angiosperma
Orden:	Gramideas
Familia:	Gramideae
Género:	*Zea*
Especie:	*mays*
Nombre científico:	*Zea mays L.*

Nota: Terranova, (1995) citado por (Castillo Altamirano, 2019)

2.1.6.2 Variedades del maíz morado

El maíz morado (*Zea mays* L.) proveniente de una raza ancestral denominada "Kculli", una de las 52 razas que se cultiva en el Perú; es propio de los valles interandinos; es único en el mundo por poseer un color morado oscuro en el grano y otras partes de la planta. El color está determinado por antocianinas como la cianidina-3-glucósido (Medina-Hoyos et al., 2020).

En el reporte de Sevilla y Valdez (1985) citado por (Justiniano, 2010), describe las variedades tradicionales más conocidas del maíz morado:

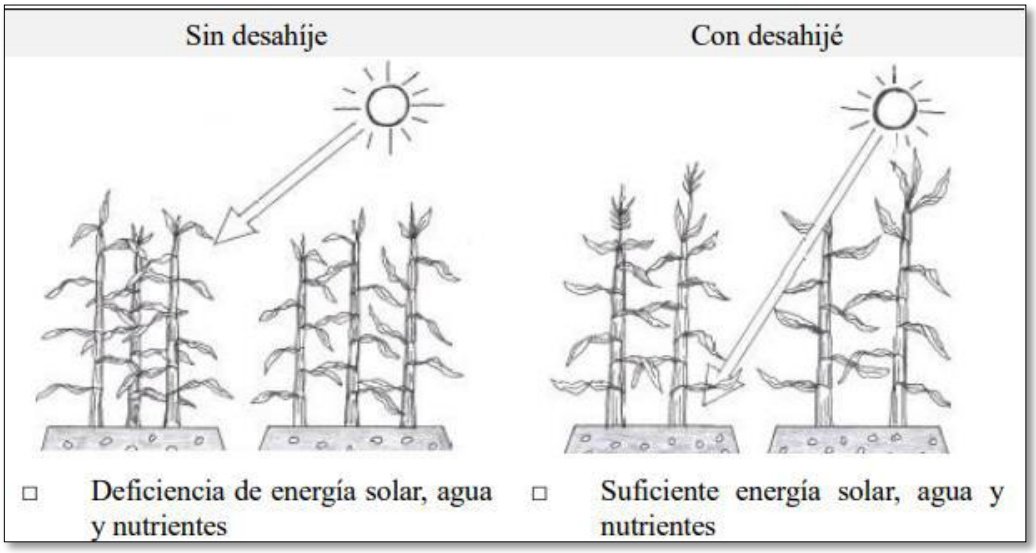
- **Cuzco morado**; Se cultiva en diferentes lugares en zonas intermedias en altitud, en los departamentos de Cuzco y Apurímac.
- **Morado Canteño**; Es más precoz, se cultiva en muchos lugares en la Sierra del Perú, pero especialmente en las partes altas del valle del Chillón, en el departamento de Lima, hasta los 2,500 m.s.n.m.

- **Morado de Caraz**; Es de precocidad intermedia y tiene la ventaja que puede adaptarse también a la Costa.
- **Arequipeño;** El color de la tusa no es tan intenso como en otras variedades. Es más precoz que las variedades previamente citadas.
- **Negro de Junín;** Variedad precoz de granos negros, grandes, dispuestos irregularmente en una mazorca corta y redondeada. Se le encuentra en la Sierra Centro y Sur, ocupando alturas mayores que otras variedades.
- **Variedades mejoradas** procedentes del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) como los cultivares INIA-601, INIA-615 Negro Canaán, el maíz mejorado experimental denominado MM y otros cultivares que provienen de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) como el PM581 y el PM-582.

2.1.6.3 Exigencias agroecológicas del cultivo

El Maíz Morado es un cultivo que requiere gran cantidad de nutrientes; para ello es necesario recurrir a los fertilizantes que contienen N, P, K disponibles, sin embargo, es necesario aplicar el fertilizante en diferentes etapas de desarrollo del cultivo. Un maíz morado de calidad tiene las siguientes características: Buen tamaño de mazorca, granos libres de hongos y picaduras y color morado oscuro e intenso. Por otro lado, la profundidad de siembra es 2 a 3cm cubriendo ligeramente con tierra la semilla, ya que a mayor profundidad la semilla no germinará y disminuirá el rendimiento. Cuando las plantas tengan de 3 a 4 hojas, realizar el desahíje dejando una planta por golpe; de no realizar esta práctica la cantidad de fertilizante, agua e iluminación se reducirá, perjudicando el rendimiento y la calidad del cultivo (**Figura 7**).

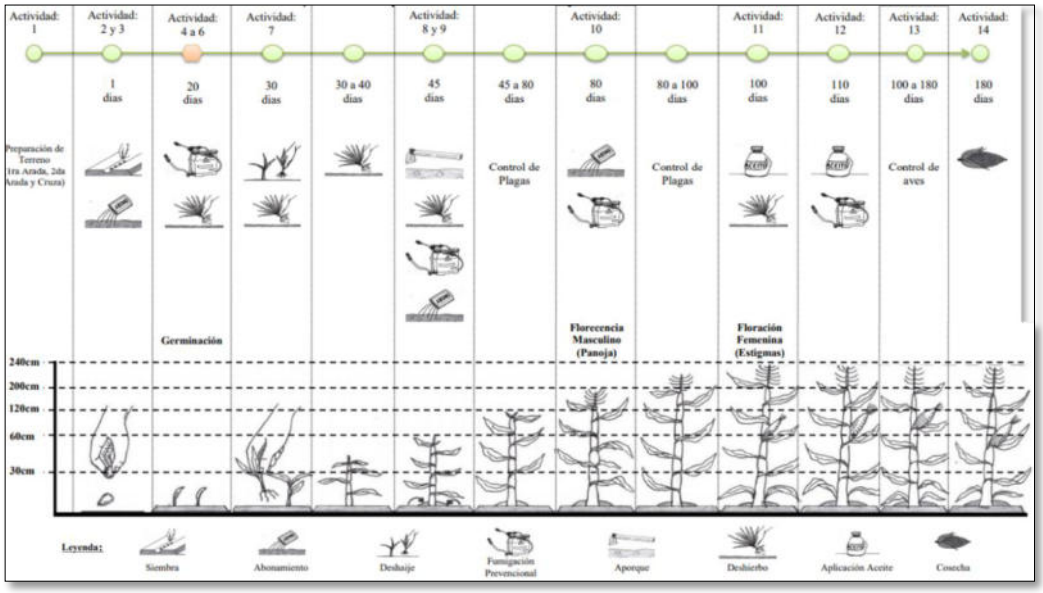
Figura 7
Importancia del Desahíje



Nota: Proyecto Incremento de los Ingresos Económico de los Pequeños Agrarios en la Región Cajamarca.

El Maíz Morado, prefiere suelos de estructura granular, blandos con buen drenaje, aireación y buena retención de humedad. El pH adecuado para el desarrollo del cultivo es entre 6.0-6.5 (neutro a ligeramente alcalino). Es necesario indicar que desde la etapa de floración el cultivo de maíz es muy susceptible a cambios bruscos de temperatura, a necesidades de agua y de nutrientes. La frecuencia de riego está muy relacionada a factores como el tipo de suelo e intensidad solar, sin embargo, es necesario que el cultivo se riegue cada 10 días, procurando humedecer hasta los 30 cm de profundidad; por otro lado, la falta de agua en la etapa previa a la floración y durante la formación de mazorca, influye en el rendimiento y la calidad se verá disminuida; así mismo, cabe mencionar que en zonas bajas la temperatura es alta, el riego puede aumentar la temperatura del suelo y ser causa de enfermedades, por lo que se recomienda regar por la tarde o noche (Medina et al., 2016).

Figura 8
Calendario de cultivo de maíz morado



Nota: (Medina et al., 2016)

2.1.6.4 Composición química del maíz morado

La composición química del grano y marlo de maíz morado se reporta en la siguiente tabla.

Tabla 3
Composición química del maíz morado (contenido en 100 gramos)

COMPONENTE	GRANO (%)	MARLO (%)
Humedad	11.40	11.20
Proteína	6.70	3.74
Grasa	1.50	0.32
Fibra	1.80	24.01
Ceniza	1.70	3.29
Carbohidratos	76.90	57.44
TOTAL	**100**	**100**

Nota: Collazos (1962) y Fernández (1995) citado por (Justiniano, 2010)

2.1.6.5 Contenido de antocianinas en el cultivo de maíz morado

El maíz morado se caracteriza por su alto contenido de antocianinas, en la **tabla 4** se detalla el porcentaje de antocianinas en el grano y marlo del maíz morado.

Tabla 4
Porcentaje de antocianinas en el grano y marlo del maíz morado

MUESTRA	ANTOCIANINAS (mg de antocianinas/100g)	RENDIMIENTO (%)
Marlo	610.998	79.47
Grano	51.998	6.75
Grano molido	175.841	20.53

Nota: Araujo (1995) citado por (Castillo Altamirano, 2019)

2.1.7 Propiedades del maíz morado

Debido a su alto contenido de antocianinas (cianin-3-glucosa C3G que es su principal colorante) y compuestos fenólicos actúa como un poderoso antioxidante natural y anticancerígeno, teniendo además propiedades funcionales debido a estos compuestos bioactivos. El maíz morado además aporta cantidades importantes de almidón, cerca del 80%; un 10% de azúcares los cuales le confieren un sabor dulce, un 11% de proteínas, 2% de minerales y vitaminas (complejo B y ácido ascórbico) concentrados en el endospermo. Además del valor nutricional, el maíz morado tiene una composición rica en fotoquímicos, que tienen efectos benéficos en nuestro cuerpo, tales como neutralizar los radicales libres y actuar como antimutagénico (Guillén-Sánchez et al., 2014).

2.1.8 Maíz morado INIA 601

El maíz morado INIA 601, variedad de alta calidad genética, desarrollado por el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI). Debido a su buena composición genética este cultivo brinda altas concentraciones de antioxidantes y metabolitos ideales para la generación de derivados. Además, ofrece un rendimiento de hasta 4.38 toneladas por hectárea, frente a las 3.75 toneladas de las otras variedades (Rabanal-Atalaya & Medina-Hoyo, 2022). Cabe destacar que la variedad INIA 601 muestra las

concentraciones más elevadas de antocianinas tanto en el olote como en las brácteas, lo que la posiciona como una variedad prometedora debido a su alto rendimiento y contenido de antocianinas. Asimismo, esta variedad muestra una buena resistencia a plagas y enfermedades, y demuestra una adecuada adaptabilidad en altitudes que varían desde menos de 2,490 hasta más de 3,175 metros sobre el nivel del mar (Medina-Hoyos et al., 2020).

Principales Características agronómicas de la variedad

- Altura de planta : 2,16 m
- Altura de mazorca : 1,24 m
- Días a la floración femenina : 98
- Días a la madurez : 170
- Unidades de calor a la floración: 875,7 ± 8,1º Cd
- Hojas normales : Lanceoladas
- Número de hojas por planta : 12
- Número de mazorcas por planta : 1 a 2
- Forma de la mazorca : Ligeramente cónica
- Color de la mazorca : Morado intenso
- Color de tusa : Morado
- Longitud de mazorca : 17,5 cm
- Diámetro de mazorca : 4,6 cm
- Número de hileras : 10 a 12
- Número de granos por hilera : 26
- Peso de 1000 semillas : 456,2 g
- Rendimiento en campo de agricultor : 3,0 t/ha

2.1.9 Compuestos fenólicos

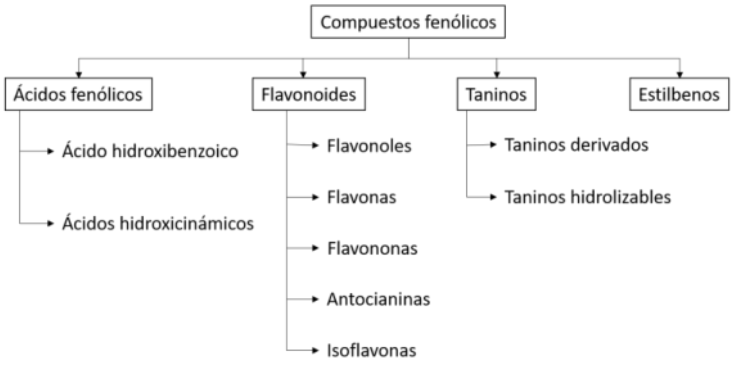
Los compuestos con más o un solo anillo aromático acoplado a uno o más grupos hidroxilos se denominan comúnmente fenólicos, la estructura química del fenol se presenta en la **Figura 9**. Los compuestos fenólicos forman parte de los metabolitos secundarios que se encuentran principalmente en las especies vegetales con una enorme diversidad estructural; Asimismo se clasifican desde los fenoles más simples, como los ácidos fenólicos, hasta los compuestos complejos, como los taninos (**Figura 10**). Estos compuestos participan en la defensa de la planta contra los rayos ultravioleta (UV), los patógenos y otros depredadores, también hay dos clases de fenólicos, que son los derivados del ácido benzoico (ácido gálico) y los derivados del ácido cinámico, como el ácido cumárico y el ferúlico (Peñarrieta et al., 2014).

Figura 9
Estructura química del fenol



Nota: (Peñarrieta et al., 2014)

Figura 10
Principales clases de compuestos fenólicos. Entre ellos se encuentran los ácidos fenólicos, los flavonoides, los taninos y los estilbenos.



Nota: (Peñarrieta et al., 2014)

Las antocianinas pertenecen al grupo de los flavonoides más estudiados, que existe como pigmento en varios alimentos, lo que explica el color purpura. Las antocianinas son glucósidos de antocianidinas, compuestos por dos anillos aromáticos A y B unidos por una cadena de 3 C (Garzón, 2010).

2.2 Definición de términos

Antibióticos y productos farmacéuticos

La palabra "antibiótico" proviene de los términos "anti", que significa "contra" u "opuesto", y "bio", que significa "vida", y se refiere a una sustancia que actúa contra la vida bacteriana. Los antibióticos, son sustancias orgánicas que pueden ser producidas a través del metabolismo secundario de microorganismos o bien sintetizadas artificialmente o semi artificialmente. Desde que Alexander Fleming descubrió la penicilina en el año 1928 han disminuido las muertes producidas por infecciones y desde entonces, el empleo de los antibióticos no ha parado de crecer a nivel mundial, observándose un incremento de hasta en un 65 % entre los años 2000 y 2015 (Klein et al., 2018).

Metabolismo

Conjunto de reacciones químicas que tienen lugar en el organismo en las cuales existe intercambio de sustancia, energía e información entre la célula y el entorno. Los procesos metabólicos permanentes en el organismo identificados son los procesos anabólicos (sintetizan moléculas complejas a partir de moléculas simples, que además se acompañan de consumo de energía, por ejemplo el reposo) y catabólicos (produce la energía necesaria para toda la actividad que tiene lugar en las células, por ejemplo la actividad física) (Del Riesgo, 2019).

Contaminantes emergentes

Son compuestos de distinto origen y naturaleza química, cuya presencia en el medioambiente, o las posibles consecuencias de la misma, han pasado en gran medida inadvertidas, causando problemas ambientales y de riesgo para la salud. Así mismo son compuestos de los que relativamente se conoce poco, en cuanto a su presencia, impacto y tratamiento; en la mayoría de los casos son contaminantes no regulados, que pueden ser candidatos a regulación futura, dependiendo de investigaciones sobre sus efectos potenciales en la salud y los datos de monitoreo con respecto a su incidencia (Gil et al., 2012).

Planta de tratamiento de agua residual

Una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) conocida también como Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR), es el conjunto de procesos y operaciones unitarias encaminadas a la depuración de las aguas residuales antes de su vertido al cuerpo receptor, con la finalidad prevenir posibles impactos en la salud de las personas y el medio acuático. Para la depuración del agua residual (afluente) que ingresa a la PTAR consiste en un pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario (remoción de materia orgánica soluble y suspendida y eliminar patógenos u otros elementos contaminantes) y un tratamiento terciario (eliminación de contaminantes específicos como los nitratos, metales, patógenos, pesticidas etc.) (Belzona Inc., 2010).

Alteraciones Morfofisiología vegetal

Las alteraciones morfofisiologicas se refieren a los cambios estructurales en células o en tejido y la disminución del funcionamiento de los mismos; a causa del ataque de plagas, ineficiencia en manejo agronómico, condiciones ambientales naturales desfavorables, etc. Las plantas evolucionan constantemente, los aspectos visibles de su evolución son los cambios morfológicos o Anatómicos (forma, tamaño, cuerpo), cambios de los procesos bioquímicos (reacciones químicas en el interior de las plantas) y cambios fisiológicos (respiración, fotosíntesis, transpiración, absorción de agua y nutrientes) (Alegria, 2016).

Estrés biótico y abiótico de la planta

El estrés biótico está causado por la acción de otros seres vivos entre los que destacan son las bacterias, virus, hongos y nematodos (seres vivos que pueden franquear las defensas de los vegetales ya que utilizan las estomas u otro órgano de comunicación natural entre la planta y el medio ambiente); por otro lado, la competencia entre plantas por los recursos limitantes para su desarrollo puede generar estrés biótico; Así mismo, los insectos y los invertebrados. En cambio, el estrés abiótico son las condiciones medioambientales adversas que pueden provocar estrés en la planta como la sequía, la salinización del suelo y/o agua de riego, las temperaturas extremas, viento fuerte, el encharcamiento del suelo, calidad del agua (Montoliu, 2010).

III METODOLOGÍA

3.1 Tipo y Nivel de Investigación

Tipo de investigación:

Según el propósito o naturaleza del estudio el Tipo de Investigación es básica, pura o fundamental.

Según el enfoque de la investigación el tipo de investigación es cuantitativa.

Nivel de investigación:

Según el nivel de profundidad del estudio el Nivel de Investigación es Explicativa, ya que pretende la búsqueda de la relación causa-efecto, es decir una variable independiente (causa) determina a la otra dependiente (efecto). En otros términos, el investigador manipula o controla la variable independiente y observa las variables dependientes, en busca de una variación asociado con la manipulación de la variable independiente. Es importante señalar que la existencia del llamado "grupo control", es lo que permite efectuar comparaciones y determinar así la validez experimental.

3.2 Población y muestra

La variedad de maíz y antibióticos es muy amplia de acuerdo a sus características por lo que se utilizará el maíz morado debido a sus beneficios para la salud de las personas (antioxidante natural, anticancerígeno, antiinflamatorio) y el antibiótico que se utilizará es la Azitromicina ya que existe evidencia de la presencia de residuos de Azitromicina en aguas superficiales en diferentes regiones del Perú (Nieto-Juárez et al., 2021).

Tipo de muestreo no probabilístico según criterio, debido a que el investigador selecciona muestras (Supo, 2014).

3.3 Diseño de Investigación

Los componentes principales del experimento son: el control, la manipulación y la medición; nuestro diseño fue completamente al azar, considerando tener 4 tratamientos con 4 repeticiones cada uno.

El diseño experimental es un componente fundamental de la investigación científica que proporciona metodologías necesarias para realizar experimentos rigurosos y llegar a conclusiones válidas sobre la relación entre variables en un contexto determinado.

Figura 11
Diseño de Investigación

Diseño	Experimental

Nota: propia del autor

3.4 Ámbito Temporal y espacial

Esta investigación se realizó en las Instalaciones de la UNAM-filial Ilo. El experimento fue conducido en condiciones ambientales, se usaron maceteros de polietileno con dimensiones de 24 X 31.5 X 28 cm de ancho, alto y base respectivamente con 18 kg de sustrato (tierra de lomas y compost) hasta una altura de 27 cm donde se analizaron la longitud y peso seco de la biomasa radicular y altura de la planta y peso seco de la biomasa aérea y peso seco de la mazorca, además se analizó las concentraciones de compuestos fenólicos y antocianinas totales en el marlo del maíz. La preparación del suelo e instalación del experimento se realizó el mes noviembre del 2022 y la cosecha y el análisis de los datos se realizó en el mes de abril y junio del 2023.

Figura 12

Mapa de ubicación sobre la conducción del experimento



Nota: Elaboración propia

3.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

3.5.1 Materiales, Equipos y Reactivos

Materiales

- Materiales de vidrio: Probetas, tubos de ensayo, vasos de precipitado, pipetas, envases ámbar, etc.
- Micropipetas
- Maceteros
- Sustrato (tierra de lomas y compost)
- Otros: tubos falcon, espátulas, cucharas, tips para micropipetas, piseta, papel tisú, gradilla, etc.

Equipos

- Balanza analítica
- Centrifuga
- Espectrofotómetro
- Refrigeradora
- Purificador de agua destilada
- pHmetro
- Estufa
- Rotaevaporador
- Agitador vortex
- Agitadores

Reactivos

- Acetona
- Folin – Ciocalteu
- Carbonato de sodio
- Ácido gálico
- ácido clorhídrico
- Agua destilada
- Cloruro de potasio
- Acetato de sodio

3.5.2 Condiciones experimentales

Se aplicó el métodos propuesto por Marques et al., (2021a) con ligeras modificaciones en base a lo reportado por Gomes, Rocha, et al., (2020). Las semillas utilizadas fueron de la variedad INIA 601, lo cual fueron proporcionadas por el Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA. Las semillas fueron esterilizadas superficialmente en una solución de hipoclorito de sodio al 2.5% durante 5 minutos, después fueron enjuagadas en agua destilada y posteriormente sembradas en macetas de 18 litros que contenía sustrato de tierra de lomas (recolectada de 0 a 30 cm de profundidad), lo que garantiza la no presencia de residuos de azitromicina, y compost orgánico en una proporción 1:1 v/v (Vilca et al., 2022), se utilizó tierra de lomas debido a que este sustrato tienen una reducida capacidad para retener contaminantes (lo que permite una mayor disponibilidad de los mismos), se agregó compost con la finalidad de ajustar el pH del suelo; se utilizó palas para mezclar y lograr uniformidad, este sustrato fue analizado en laboratorio (ANEXO 6). Cada una de las macetas recibió cuatro semillas a 1cm de profundidad. Las plantas se cultivaron en condiciones ambientales típicas de la ciudad de Ilo en la estación de verano (27.2°C, Humedad relativa 68.22%, velocidad de viento 4.13m/s y 11 horas luz solar aprox.) (Engie Energia Peru S.A, 2019). Las plantas fueron regadas inicialmente con agua destilada; así mismo, 15 días después de la emergencia de las plántulas, se seleccionaron la planta más grande en cada maceta, manteniendo solo una planta/maceta.

La solución madre de Azitromicina fue preparada en agua destilada, utilizando AZM de grado analítico, que luego se utilizó para preparar las soluciones con las concentraciones de pruebas deseadas. Las plantas fueron expuestas a concentraciones de 0 (agua destilada/control) y 1, 10 y 100 µg de AZM L^{-1}, concentración basada en un rango de ocurrencia de ese antibiótico en aguas superficiales (Nieto-Juárez et al., 2021). El riego de las plantas se realizó dos a tres veces por semana con 1 litro a 2 litros, considerando mantener una capacidad de campo del 70% del sustrato, como lo recomendado por Marques et al., (2021a). El estudio se realizó bajo un diseño experimental completamente al azar, compuesto por 16 macetas, siendo cuatro tratamientos que consiste en un control (sin antibiótico) 1, 10 y 100 µg L^{-1} de Azitromicina con cuatro repeticiones cada tratamiento.

Tabla 5

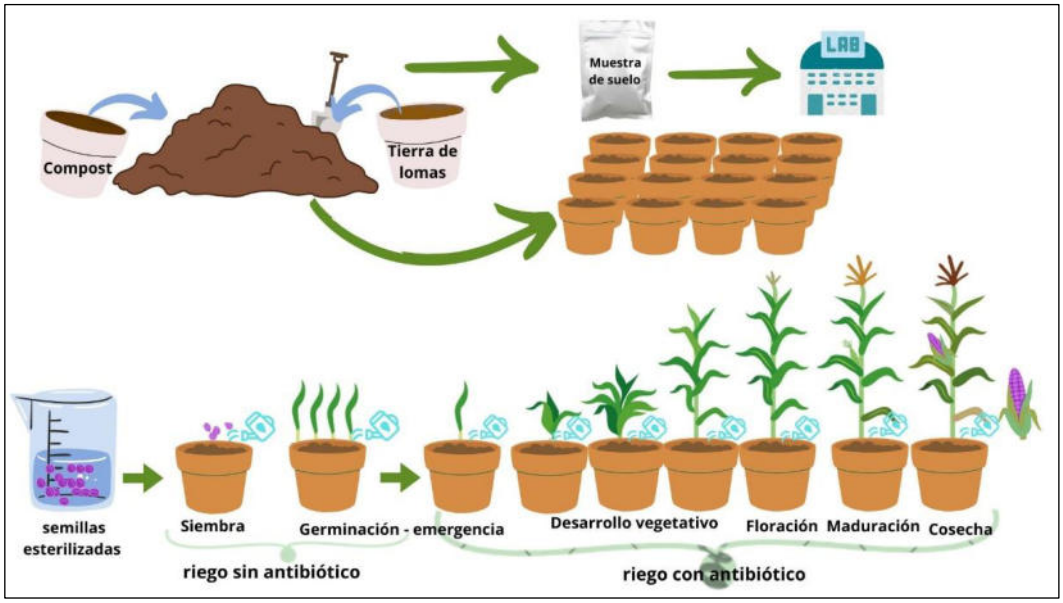
Identificación de Tratamientos

Diseño completamente al azar				
Repeticiones	**Control**	**1**	**10**	**100**
1	Y_{11}	Y_{21}	Y_{31}	Y_{41}
2	Y_{12}	Y_{22}	Y_{32}	Y_{42}
3	Y_{13}	Y_{23}	Y_{33}	Y_{43}
4	Y_{14}	Y_{24}	Y_{34}	Y_{44}

Nota: El elemento Y_ij en esta tabla es la j-ésima observación en el tratamiento i; se considera 4 repeticiones observadas en el tratamiento i.

Figura 13

Metodología para la instalación del experimento



Nota: Elaboración propia

3.5.3 Medición de la altura y peso de la biomasa aérea seca, longitud y peso de la biomasa radicular seca y peso seco de las mazorcas.

Para evaluar la altura y peso de la biomasa aérea seca, peso seco de la mazorca, longitud de la raíz y peso de la biomasa radicular seca, se aplicó el método propuesto por Gomes, Rocha, et al. (2020). En la etapa R6 (madurez fisiológica) se cosechó las plantas/tratamiento y fueron dividido en: raíces, hojas, tallos y mazorcas. Se utilizó un plástico para cubrir la planta por completo, luego se midió la altura de la parte aérea y la longitud de la raíz con una cinta métrica, registrando los datos. Después, la planta se dividió en hojas, tallos, raíces y mazorcas sobre una bandeja de plástico. Cada parte se limpió meticulosamente y se colocó en una bolsa

de papel Kraft debidamente rotulada. El material se trasladó al laboratorio de la Universidad Nacional de Moquegua, donde se secaron las raíces, tallos y hojas a 60 °C durante 48 horas en una estufa; posteriormente, se pesaron en una balanza analítica. Por otro lado, las mazorcas fueron secadas a 35 °C en otra estufa antes de pesarlas. Este proceso se realizó a esa temperatura para permitir análisis posteriores de compuestos fenólicos y antocianinas.

3.5.4 Concentración de compuestos fenólicos en el marlo

3.5.4.1 Muestra

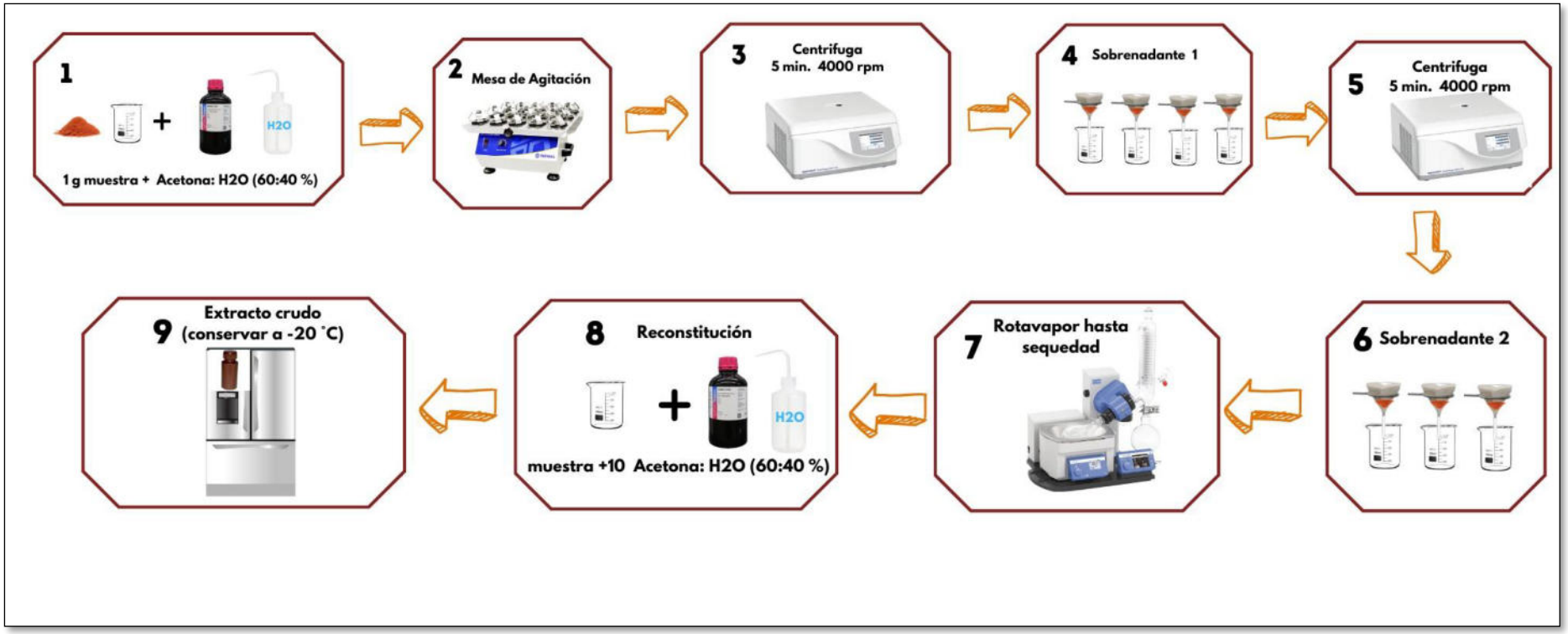
Las muestras fueron molidas hasta obtener un polvo fino (500 µm aprox.), posteriormente se determinó la humedad de la muestra para realizar la extracción de los compuestos fenólicos.

3.5.4.2 Extracción de los compuestos fenólicos

La extracción de compuestos fenólicos fue obtenida empleando el método reportado por González-Muñoz et al. (2013) con ligeras modificaciones en base a lo reportado por Chirinos et al. (2008). En la extracción de compuestos fenólicos fue necesario una cantidad de 1g de muestra de polvo seco para mezclar con 20 mL de acetona al 60% (acetona/agua 60:40, %/%). Luego se llevó a agitación (350 rpm durante 30 minutos y a 35 °C). Posteriormente la mezcla homogeneizada fue centrifugada a 4000 rpm por 5 minutos, el sobrenadante fue recuperado y sobre el residuo se realizó una segunda centrifugada a 4000 rpm por 5 minutos y se recuperó el segundo sobrenadante. Ambos sobrenadantes se juntaron y se concentraron al vacío a 40°C hasta sequedad en un rotavapor heidolph. Luego los compuestos fenólicos fueron reconstituidos en 10 mL de acetona al 60%. El extracto acuoso final obtenido fue almacenado en envases ámbar y conservada a una temperatura de -20°C, hasta su posterior análisis. En la **Figura 14** se muestra el flujograma para la extracción de compuestos fenólicos.

Figura 14

Metodología para la extracción de compuestos fenólicos



Nota: Elaboración propia

3.5.4.3 Cuantificación de los Compuestos Fenólicos Totales

La concentración de compuestos fenólicos totales se determinó a partir del extracto crudo, para ello se aplicó el método propuesto por Singleton y Rosi (1965) citado por Huaman. (2017). Brevemente, se diluyó 0.5 mL de extracto de maíz con 3.75 mL de agua destilada en una fiola. A cada muestra se agregó 0.25 mL del reactivo Folin - Ciocalteu (1 N). Después de 5 minutos de reacción de la mezcla, se agregó 0,5 mL de una solución acuosa de carbonato de sodio (Na_2CO_3) al 10%. Luego se dejó reposar a temperatura ambiente durante 1 hora hasta que se desarrolle el color azul característico. La absorbancia fue medida a 765 nm frente a un blanco que contenía agua destilada en lugar de muestra, utilizando un espectrofotómetro. El contenido de compuestos fenólicos totales se determinó por medio de una curva de calibración preparada con ácido gálico a diferentes concentraciones que oscila entre 10 mgL^{-1} y 90 mgL^{-1}, con un alto coeficiente de determinación (R^2) de 0.9988 cuya curva de calibración es **y = 0.009x + 0.00174**; los resultados fueron expresados como mg equivalentes de ácido gálico (EAG) por gramo de muestra en base seca (bs).

$$PFT\ \left(\frac{mg\ ácido\ gálico}{litro}\right) = \frac{(Abs.muestra - B)}{A} \times FD$$

Donde Abs. muestra es la absorbancia de la muestra, A pendiente, B Intercepto, FD factor de dilución. Posteriormente este valor fue corregido a mgGAE/gbs considerando valores obtenidos durante la determinación de la humedad.

3.5.4.4 *Contenido de Antocianinas Totales* (TAC)

El contenido total de antocianinas se determinó según el método de pH diferencial (Hosseinian et al., 2008) con algunas modificaciones reportado por Shao et al. (2014); también se determinó a partir del extracto crudo. Antes de la determinación del TAC, se preparó dos soluciones, una para pH 1.0 utilizando tampón de cloruro de potasio (0.025 M, 0.0465 g de KCl en 25 mL de agua destilada, acidificado con HCl) y la otra para pH 4.5 utilizando tampón de acetato de sodio (0.4 M, 1.3608 g de CH3CO2Na en 25 mL de agua destilada, acidificado

con HCl). Seguidamente, se realizó el protocolo para Antocianinas Totales, que consistió en 20 µL de extracto en 80 µL de buffer pH y 20 µL de extracto en 80 µL de buffer pH 4.5. La absorbancia de cada muestra se medió tanto a 520 nm como a 700 nm. El TAC se calculó utilizando la siguiente ecuación y se expresa como mg de cianidina-3 glucósido (EC3G) por gramo de muestra en base seca (bs).

$$TAC\left(\frac{mg\ \mathrm{EC3G}}{L}\right) = \frac{A \times PM\ \times FD \times 1000}{eL} \times \frac{V}{gbh} \times \frac{gbh}{gbs}$$

Dónde: **TAC** es la concentración de antocianinas totales (mg EC3G/g bs); **A** es la absorbancia y se calcula como $A = ((A_{520} - A_{700})_{pH\ 1.0} - (A_{520} - A_{700})_{pH\ 4.5})$; **e** es la absorbancia molar de la cianidina-3-glucósido (26900 L/ (cm * mol)); **L** es la longitud del recorrido celular (1 cm); **PM** es el peso molecular de la cianidina-3-glucósido (449,2 g/mol); **FD** es el factor de dilución. Posteriormente este valor fue corregido a mgEC3G/gbs considerando valores obtenidos durante la determinación de la humedad.

3.6 Análisis de datos

El análisis estadístico se llevó a cabo utilizando el software R Studio versión 4.2.1 en un sistema Windows. Los datos se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) de un solo factor después de verificar que cumplían con los supuestos de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk y de homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene. Luego, en caso ser necesario se realizó una prueba de contraste (Test de Tukey), con un nivel de significancia (alfa) de 0.05, para determinar la presencia de diferencias significativas en los datos.

IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados y la discusión se organizaron por objetivos específicos, delineando los efectos de la dosis de Azitromicina sobre las características físicas de la planta, así como el contenido de compuestos fenólicos.

4.1.1 Peso de la biomasa área seca y altura de la planta

4.1.1.1 Altura de la planta

Los resultados obtenidos en cuanto a la altura de la planta del maíz morado (*Zea mays* L.) en el presente documento, se presenta en la **Tabla 6** y **Figura 15**.

a) Formulación de Hipótesis

H_0: La presencia de residuos de Azitromicina en el agua de riego no origina efecto en la altura de la planta.

H_a: La presencia de residuos de Azitromicina en el agua de riego origina efecto en la altura de la planta.

b) Estadístico de Prueba

El estadístico de prueba utilizado es el Análisis de Varianza de un factor **Tabla 6,** cuyos resultados se muestran a continuación:

Tabla 6
ANOVA de 1 factor para el efecto de Azitromicina sobre la altura de la planta

		Altura de la planta			
Fuente de Variación	**gl**	**Suma de cuadrados**	**Media cuadrática**	**F**	**p-valor**
Tratamientos	3	717.6875	239.229167	0.6910393	0.57484093
Error	12	4154.25	346.1875		
Total	15	4871.9375			

Nota. Si el p-valor es menor al alfa (0.05), entonces al menos uno de tratamientos es diferente

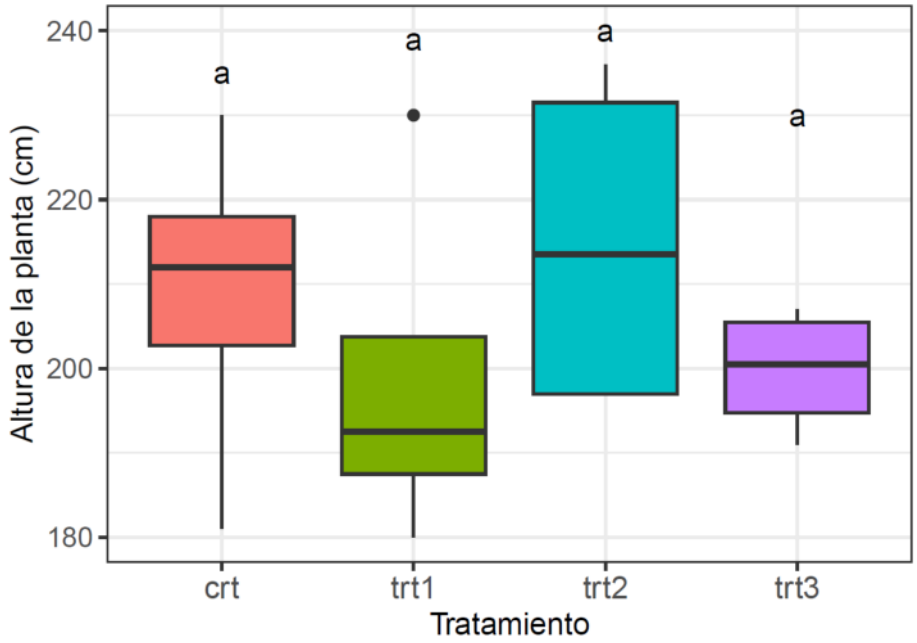
c) Toma de Decisión

Los resultados obtenidos en el análisis de varianza ANOVA muestran un valor de p-valor de 0.5748 lo cual es mayor al nivel significancia; entonces se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula. Por lo tanto, se concluye que la presencia de residuos de Azitromicina en el agua de riego no origina efecto en la altura de la planta.

Estos revelan que el *Zea mays* L. no se vio afectado significativamente por AZM en términos de crecimiento de la planta cuando se aplicó en dosis de 1, 10 y 100 µg L^{-1} de AZM a lo largo de su periodo vegetativo (**Tabla 6**) ; además, se observó un ligero incremento del 3 % en la altura de las plantas a una dosis de 10 µg L^{-1} de AZM en comparación con el grupo de control. Sin embargo, este efecto positivo desapareció cuando la concentración de elevó a 100 µg L^{-1} de AZM, lo que resultó en una disminución del 7 % en la altura de la planta con respecto a la dosis de 10 µg L^{-1} de AZM, quedando por debajo del nivel del grupo control (**Figura 15**). Por lo tanto, estos resultados sugieren que el maíz morado parece ser resistente a la AZM en dosis bajas o moderadas, pero dosis elevadas pueden tener un impacto negativo significativo en su crecimiento.

Figura 15

Gráfico de la altura de la planta



En lo que respecta a la altura de la planta, no se vio afectada de manera significativa ($P < 0,05$) (**Tabla 6**), a pesar de que la literatura científica existente, reporta efectos negativos de los residuos de antibióticos en diversos cultivos en relación con su altura (Khan et al., 2021; Vilca et al., 2022). Esta aparente contradicción, podría explicarse mediante otros mecanismos de respuesta de esta especie en particular, como los metabolitos secundarios, en vista de que este cultivo se destaca por su alto contenido de compuestos fenólicos, principalmente los flavonoides, y dentro de ellos, las antocianinas son especialmente relevantes (Suriano et al., 2021). Estos compuestos naturales desempeñan un papel fundamental en la defensa de la planta (Adhikary & Dasgupta, 2023). Las plantas a menudo utilizan el apoplasto y otros orgánulos especializados como la vacuola para almacenar estos compuestos, que se producen a través de la ruta del ácido shikímico, como una respuesta a las amenazas externas (Anjali et al., 2023). Estos compuestos fenólicos trabajan activamente para contrarrestar la sobreproducción de especies reactivas de oxígeno (ROS) que se originan debido al estrés generado por el antibiótico presente en la planta, el cual surge a raíz de la sobreexcitación de las clorofilas y la interrupción de la cadena de transporte de electrones (Nunes et al., 2019). Por lo tanto, es probable que exista una relación positiva entre la presencia de estos polifenoles naturales en esta especie y su capacidad para enfrentar el estrés ambiental ocasionado por la AZM.

Por otro lado, se observó que las concentraciones probadas de AZM, causaron una respuesta hormética en este cultivo. con respecto a su altura o crecimiento, lo cual podría estar relacionada con la alteración del antibiótico en el metabolismo del nitrógeno en la planta, conduciendo a la reducción significativa del nitrato reductasa, sabiendo que el nitrato ($NO\ 3^-$) es una fuente fundamental de nitrógeno para las plantas (Y. Sun et al., 2019; An et al., 2022). Para el metabolismo del nitrógeno, la enzima nitrato reductasa (NR) convierte el nitrato absorbido por las plantas en nitrito (NO 2 -), mientras que la enzima nitrito reductasa convierte el nitrito en amonio (NH_4^+) (Oliveira et al., 2013), situación que pudo haberse dado en el interior de estas plantas. Del mismo modo, las células vegetales, evitan la toxicidad del amonio, convirtiéndolo rápidamente en aminoácidos a través de la principal ruta de conversación que implica la acción secuencial de la glutamina sintetasa y la glutamato sintetasa (Zhou et al., 2017); En

ese sentido, la alteración en el metabolismo del nitrógeno, conduce que a concentraciones más bajas de antibiótico incremente el contenido de nitrógeno, mientras que a concentraciones altas disminuye (Fiaz et al., 2023), lo que podría explicar el incremento y disminución en la altura de la planta observada en el presente estudio. Por lo tanto, justificaría, porque en este estudio la especie *Zea mays* L. presentó una respuesta hormética a las diversas dosis de AZM estudiadas.

4.1.1.2 Peso de la biomasa área seca

A. Peso de la panoja

Los resultados relacionados al peso de la panoja en el maíz morado (*Zea mays* L.), se presentan en la **Tabla 7** y **Figura 16**.

a) Formulación de Hipótesis

H_0: La presencia de residuos de Azitromicina en el agua de riego no origina efecto en el peso de la panoja de la planta.

H_a: La presencia de residuos de Azitromicina en el agua de riego origina efecto en el peso de la panoja de la planta.

b) Estadístico de Prueba

El estadístico de prueba utilizado es el Análisis de Varianza de un factor **Tabla 7,** cuyos resultados se muestran a continuación:

Tabla 7

ANOVA de 1 factor para el efecto de Azitromicina sobre el peso de la panoja

	Peso de la panoja				
Fuente de Variación	**gl**	**Suma de cuadrados**	**Media cuadrática**	**F**	**p-valor**
Tratamientos	3	31.199	10.400	19.68	0.0000631
Error	12	6.343	0.529		
Total	15	37.542			

Nota. Si el p-valor es menor al alfa (0.05), entonces al menos uno de tratamientos es diferente.

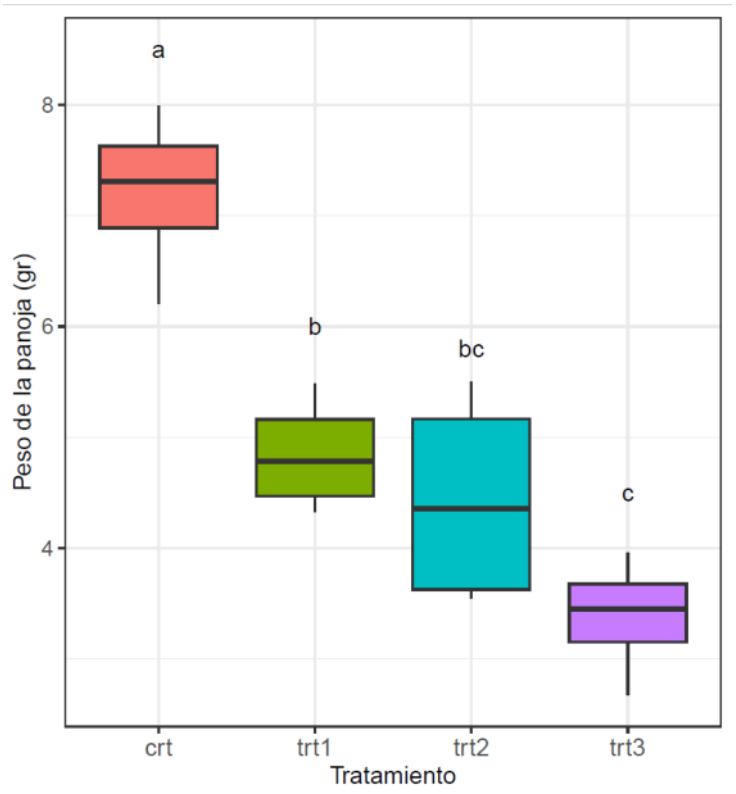
c) Toma de Decisión

Los resultados obtenidos en el análisis de varianza ANOVA muestran un valor de p-valor de 0.0000631 lo cual es menor al nivel significancia; entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. Por lo tanto, se concluye que la presencia de residuos de Azitromicina en el agua de riego origina efecto en el peso de la panoja de la planta.

Estos resultados evidencian una disminución significativa en el peso de la panoja en las tres dosis aplicadas: 1,10 y 100 µg L^{-1} de AZM, en comparación con el grupo control. Es importante destacar que a medida que aumenta la dosis de AZM, se observa una disminución progresiva en el peso de la panoja. En este sentido, el grupo expuesto a 100 µg L^{-1} de AZM muestra el menor peso de la panoja de todos los grupos analizados (**Figura 16**). Estos hallazgos resaltan la influencia negativa que la AZM tiene en el desarrollo de las panojas del maíz morado.

Figura 16

Grafico del peso de la panoja



Nota. Letras diferentes indican diferencias significativas por cada variable respuesta ($p < 0.05$)

En el maíz, existen dos tipos de inflorescencias: la espiga que contiene las flores masculinas en el ápice de la planta y una más que contienen las flores femeninas en el costado de la planta (Yao et al., 2019). En cuanto a la reducción del peso de la panoja (flores masculinas), a medida que aumentaron las dosis aplicadas, el peso de estas disminuía, esto podría atribuirse al incremento de hormonas de crecimiento, como las giberelinas y auxinas. Ya que, de acuerdo a VR & Greyson, (1990) observó una disminución en el peso de la inflorescencia del cultivo de maíz, cuando los niveles de ácido giberélico aumentaron en espigas más jóvenes. Además, se ha reportado que las auxinas reducen el peso fresco de la inflorescencia en espigas maduras. Asimismo, DU et al., (2021), reportaron que a partir del día 12 antes de la espigación, los niveles de ácido indol-3-acético, zeatina ribosida, zeatina y ácido giberélico en las espigas superiores e inferiores aumentaron drásticamente para luego disminuir rápidamente. Esto sugiere una fuerte relación entre las fitohormonas y la diferenciación de superioridad e inferioridad de las espigas. En ese contexto, es posible que la AZM como un agente estresor abiótico, esté contribuyendo a estimular el aumento de estas fitohormonas en la planta, lo que podría estar generando estrés en la inflorescencia disminuyendo su peso seco (**Figura 16**). Por otro lado Paulsmeyer et al. (2022) reportaron baja presencia de polifenoles en esta parte de la planta, lo que también, podría haber influido en la disminución del peso de la inflorescencia observado.

B. Peso del tallo y la hoja

Los resultados sobre el peso del tallo y de la hoja del maíz morado (*Zea mays* L.) se presenta en la **Tabla 8, Tabla 9** y **Figura 17.**

a) Formulación de Hipótesis

H_0: La presencia de residuos de Azitromicina en el agua de riego no origina efecto en el peso del tallo y la hoja de la planta.

H_a: La presencia de residuos de Azitromicina en el agua de riego origina efecto en el peso del tallo y la hoja de la planta.

b) Estadístico de Prueba

El estadístico de prueba utilizado es el Análisis de Varianza de un factor **Tabla 8 y Tabla 9,** cuyos resultados se muestran a continuación:

Tabla 8

ANOVA de 1 factor para el efecto de Azitromicina sobre el peso del tallo

		Peso del tallo			
Fuente de Variación	**gl**	**Suma de cuadrados**	**Media cuadrática**	**F**	**p-valor**
Tratamientos	3	753.6	251.19	5.03	0.0174
Error	12	599.3	49.94		
Total	15	1352.9			

Nota. Si el p-valor es menor al alfa (0.05), entonces al menos uno de tratamientos es diferente

Tabla 9

ANOVA de 1 factor para el efecto de Azitromicina sobre el peso de la hoja

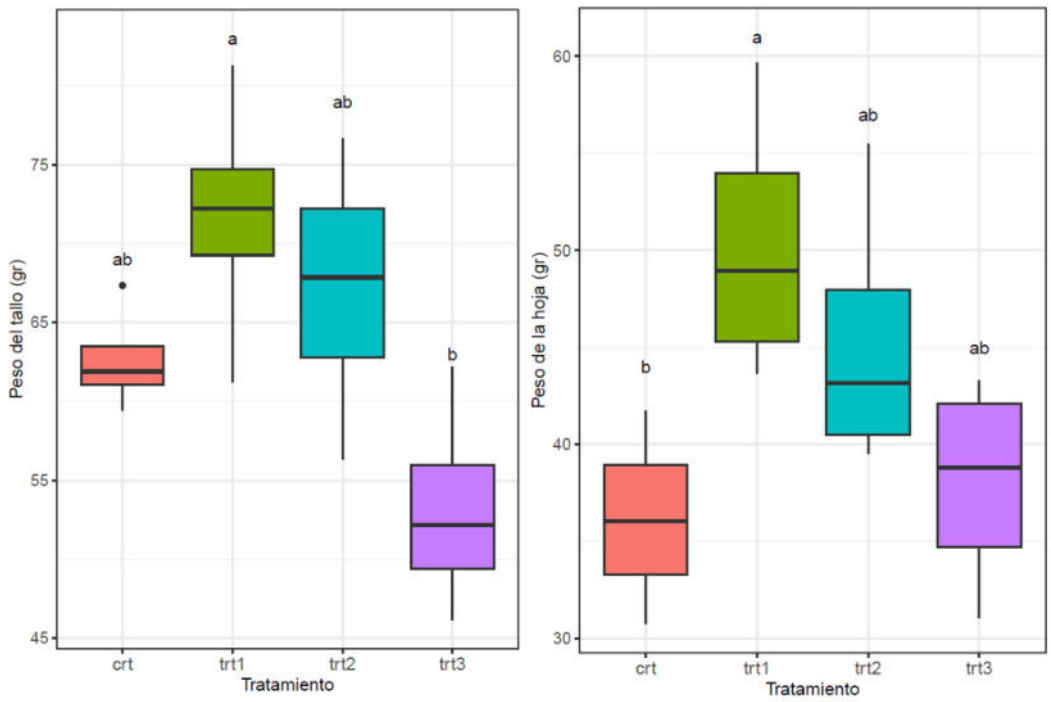
		Peso de la hoja			
Fuente de Variación	**gl**	**Suma de cuadrados**	**Media cuadrática**	**F**	**p-valor**
Tratamientos	3	518.4	172.82	4.374	0.0267
Error	12	474.1	39.51		
Total	15				

Nota. Si el p-valor es menor al alfa (0.05), entonces al menos uno de tratamientos es diferente

c) Toma de Decisión

Los resultados obtenidos en el análisis de varianza ANOVA muestran un valor de p-valor de 0.01 para el peso de tallo y un p-valor de 0.02 para el peso de la hoja, se observa que en ambos casos el p-valor es menor al nivel significancia; entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. Por lo tanto, se concluye que la presencia de residuos de Azitromicina en el agua de riego origina efecto en el peso del tallo y la hoja de la planta. Por tanto, considerando los resultados de peso de la panoja, peso del tallo y peso de las hojas, se concluye que la presencia de residuos de Azitromicina en el agua de riego origina efecto en el peso de la biomasa seca del maíz morado.

Figura 17
Grafico del peso del tallo y de la hoja



Estos revelan un aumento significativo ($P < 0,05$) en el peso del tallo cuando la planta se expone a una concentración de 1 µg L^{-1} de AZM, en comparación con el grupo expuesto a 100 µg L^{-1} de AZM (**Tabla 8**). Esto evidencia que las concentraciones de AZM aplicadas, provocaron una respuesta hormética en la especie *Zea mays* L. en relación con el peso del tallo. Se observó un incremento del 14 y 7 % en el peso del tallo con respecto al grupo de control, a dosis de 1 y 10 µg L^{-1} de AZM, respectivamente. Sin embargo, a dosis altas (100 µg L^{-1} de AZM), se registró una disminución del peso del tallo en un 15 % en comparación con el grupo de control. Estos descubrimientos subrayan tanto la influencia positiva como negativa que la AZM ejerce sobre el peso del tallo en el maíz morado. Este mismo fenómeno se aprecia en el peso de las hojas, ya que existe diferencia significativa entre el tratamiento 1 y el grupo control, asimismo, una vez que llega a su pico más alto en cuanto a peso de las hojas tiende a disminuir por debajo del grupo control a la dosis más alta (**Tabla 9**).

En este estudio, se reveló que el maíz morado podría tolerar bajas concentraciones de AZM (1 μg L^{-1} de AZM), ya que se observa un aumento en el peso del tallo y hoja a esta dosis, sin embargo, a dosis más elevadas, se observa una disminución en el peso del tallo y hoja (**Figura 17**). Esto podría deberse a la acción de las giberelinas que provocan una elongación del tallo y, junto a este efecto, se produce una disminución en el grosor del mismo y un descenso del tamaño de hojas (Guzmán et al., 2021). Esto explicaría por qué se aprecia una respuesta hormética en cuanto al peso del tallo y de las hojas. Por otro lado, esta respuesta también podría estar relacionada con la presencia de antocianinas en el tallo y en hojas (Paulsmeyer et al., 2022). Esto resalta el papel central de las antocianinas como antioxidantes, ya que protegen a la planta del estrés eliminando los radicales libres producidos en el estrés oxidativo inducido por la AZM, no obstante, parece ser menos eficaz a AZM a concentraciones altas (100 μg L^{-1} de AZM), ya que se aprecia la disminución del peso de las hojas y tallos por debajo del grupo control. Por otra parte, en el estudio de Sidhu et al., (2019), se registró la absorción de AZM por las plantas de lechuga, las cuales se cultivaron en un sustrato de arena que había sido enriquecido con lodos biológicos que contenían concentraciones de AZM consideradas ambientalmente relevantes. Además, otro análisis realizado por Gomes et al., (2020) señaló que cuando el maíz experimenta estrés inducido por un antibiótico, esto conlleva a la formación de haces vasculares de menor tamaño, lo que a su vez afecta negativamente el transporte de sustancias fotosintéticas. Por lo tanto, la AZM podría ser movilizada hacia distintas partes de la planta, al mismo tiempo que podría perjudicar el proceso de fotosíntesis en el maíz, lo que conduce a una disminución del peso de las hojas y tallo, y en general, una reducción en la biomasa área de la planta.

4.1.2 Longitud de la raíz y peso de la biomasa radicular

Los resultados sobre la longitud de la raíz y peso de la biomasa radicular del maíz morado (*Zea mays* L.) se presenta en la **Tabla 10 y 11** y **Figura 18.**

a) Formulación de Hipótesis

H_0: La presencia de residuos de Azitromicina en el agua de riego no causa efecto en la longitud de la raíz y peso de la biomasa radicular del maíz morado (Zea mays L.)

H_a: La presencia de residuos de Azitromicina en el agua de riego causa efecto en la longitud de la raíz y peso de la biomasa radicular del maíz morado (Zea mays L.)

b) Estadístico de Prueba

El estadístico de prueba utilizado es el Análisis de Varianza de un factor **Tabla 10 y Tabla 11,** cuyos resultados se muestran a continuación:

Tabla 10
ANOVA de 1 factor para el efecto de Azitromicina sobre la longitud de la raíz

Longitud de la raíz					
Fuente de Variación	**gl**	**Suma de cuadrados**	**Media cuadrática**	**F**	**p-valor**
Tratamientos	3	195	64.9	0.243	0.865
Error	12	3208	267.3		
Total	15	3403			

Tabla 11
ANOVA de 1 factor para el efecto de Azitromicina sobre el peso de la biomasa radicular

Peso de la biomasa radicular					
Fuente de Variación	**gl**	**Suma de cuadrados**	**Media cuadrática**	**F**	**p-valor**
Tratamientos	3	84.03	28.009	2.876	0.0803
Error	12	116.85	9.738		
Total	15	200.88			

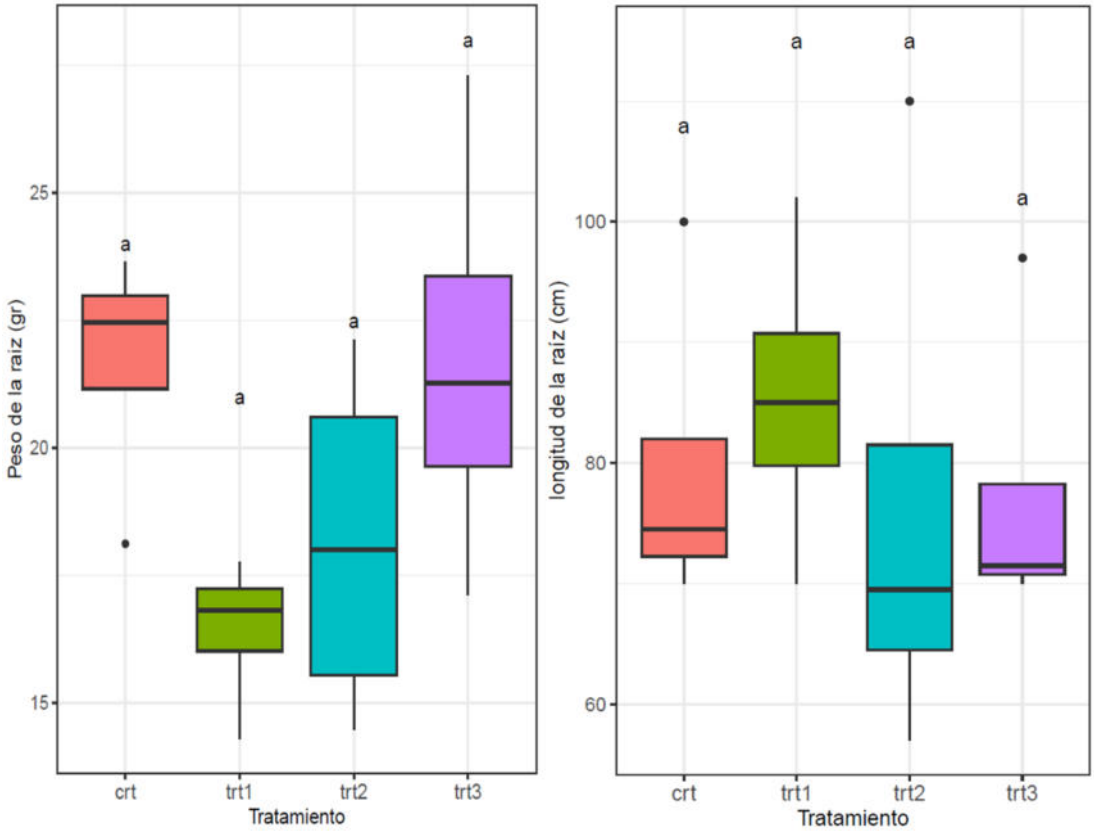
Nota. Si el p-valor es menor al alfa (0.05), entonces al menos uno de tratamientos es diferente

c) Toma de Decisión

Los resultados obtenidos en el análisis de varianza ANOVA muestran un valor de p-valor de 0.8 para la longitud de la raíz y un p-valor de 0.0803 para el peso de la biomasa radicular, se observa que en ambos casos el p-valor es mayor al nivel significancia; entonces se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula. Por lo tanto, se concluye que la presencia de residuos de Azitromicina en el agua de riego no causa efecto en la longitud de la raíz y peso de la biomasa radicular del maíz morado (Zea mays L.).

Figura 18

Grafico del peso de la biomasa radicular y longitud de la raíz



Los resultados obtenidos revelan que las raíces de *Zea mays* L. no experimentó efectos significativos cuando se expuso a AZM en dosis de 1, 10 y 100 µg L^{-1} durante su período vegetativo (**Tabla 10 y 11**). Sin embargo, se observó una reducción en el peso de la biomasa radicular en un 24% y 16% a concentraciones de 1 y 10 µg L-1 respectivamente, en comparación con el grupo de control. Por otro lado, se observó una ligera elongación en la longitud de la raíz a una concentración de 1 µg L-1 en comparación con el grupo de control (**Figura 18**). No obstante, este

efecto positivo desapareció cuando la concentración se elevó a 10 y 100 µg L-1 de AZM, lo que resultó en una disminución de la longitud de la raíz por debajo de los niveles del grupo de control. Por lo tanto, nuestros resultados sugieren que el maíz morado parece ser resistente a la AZM en dosis bajas, pero a dosis superiores a 10 µg L-1 pueden tener un impacto negativo en la longitud de la raíz de la planta.

En los diferentes tratamientos con AZM, no muestra ningún efecto significativo en la longitud de la raíz ni en el peso de la biomasa radicular del *Zea mays* L (**Tabla 10** , **Tabla 11**); Esto podría deberse a la vía de desintoxicación de glutatión S -transferasas (GST), que implica que el medicamento es catalizado primero por el citocromo P450, seguida por la fase conjugación mediada por conjugación de glutatión (GSH) en el citoplasma, posteriormente llegar a la compartimentación vacuolar para su eliminación fuera de la célula (C. Sun et al., 2019; (Marques et al., 2021b); Aunque no hubo diferencia significativa entre los tratamientos, se ha observado una respuesta hormética en la longitud de la raíz (**Figura 18**), lo cual puede estar relacionado con el contenido del ácido abscísico en las raíces que pueden servir como una señal química en el desarrollo y elongación de la raíz en respuesta al estrés por antibióticos, además del incremento del sistema antioxidante, incluidos superóxido dismutasa (SOD), la peroxidasa (POD) y la catalasa (CAT), este sistema puede activarse mediante la sobreproducción de ROS (L. Li et al., 2023). Por lo tanto, las raíces son las principales vías de entrada de los antibióticos a las plantas (Rocha et al., 2021); la absorción del antibiótico por las plantas parece depender principalmente de su solubilidad y coeficientes de partición n-octanol-agua (log P o/w); por lo que, para AZM su log P o/w es de 3.87 – 4.02, también tiene solubilidad en agua ≥ 0,5 g L −1 a 25 °C (Ghasemi & Saaidpour, 2007) (González-Pleiter et al., 2021); por lo que, está dentro del rango (log K ow 1–4) para ser fácilmente absorbido por las raíces y translocados (Bagheri et al., 2019).

4.1.3 Peso seco de la mazorca

Los resultados sobre la longitud de la raíz y peso de la biomasa radicular del maíz morado (*Zea mays* L.) se presenta en la **Tabla 12** y **Figura 19**.

a) Formulación de Hipótesis

H_0: La presencia de residuos de Azitromicina en el agua de riego no ocasiona efecto en el peso seco de la mazorca del maíz morado (*Zea mays* L.)

H_a: La presencia de residuos de Azitromicina en el agua de riego ocasiona efecto en el peso seco de la mazorca del maíz morado (*Zea mays* L.)

b) Estadístico de Prueba

El estadístico de prueba utilizado es el Análisis de Varianza de un factor **Tabla 12,** cuyos resultados se muestran a continuación:

Tabla 12
ANOVA de 1 factor para el efecto de Azitromicina sobre el peso de la mazorca

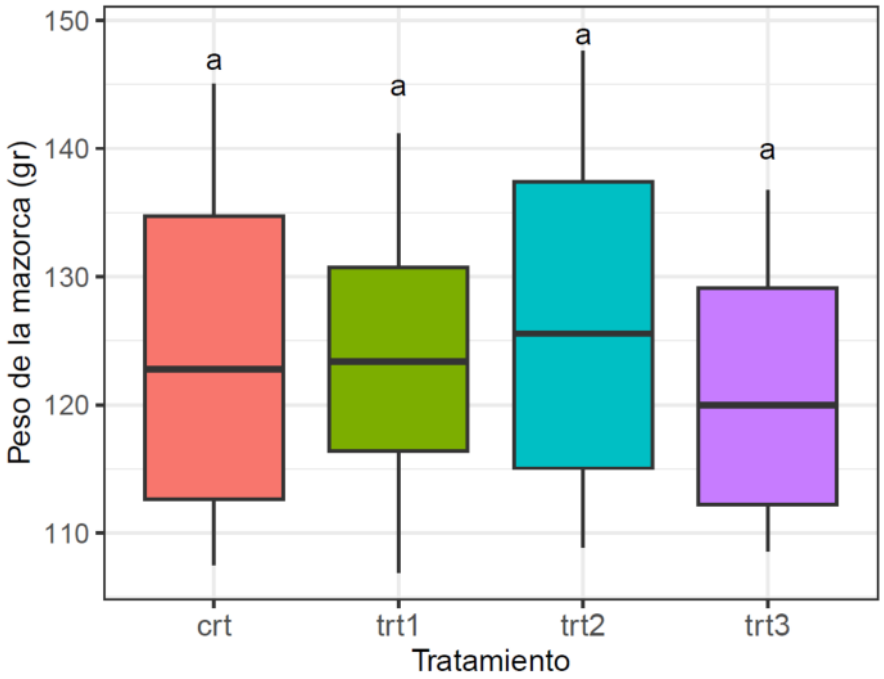
	Peso de la mazorca				
Fuente de Variación	**gl**	**Suma de cuadrados**	**Media cuadrática**	**F**	**p-valor**
Tratamientos	3	63.5	21.16	0.089	0.965
Error	12	2867.3	238.94		
Total	15	2930.8			

Nota. Si el p-valor es menor al alfa (0.05), entonces al menos uno de tratamientos es diferente

a) Toma de Decisión

Los resultados obtenidos en el análisis de varianza ANOVA muestran un valor de p-valor de 0.965 lo cual es mayor al nivel significancia; entonces se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula. Por lo tanto, se concluye que la presencia de residuos de Azitromicina en el agua de riego provoca el incremento de la concentración de compuestos fenólicos en la mazorca de maíz morado (Zea mays L.).

Figura 19
Gráfico del peso de la mazorca



Los resultados obtenidos en este estudio indican que la exposición de *Zea mays* L. a AZM en concentraciones de 1, 10 y 100 µg L^{-1} a lo largo de su período vegetativo no tuvo un impacto sustancial en el peso de la mazorca (**Tabla 12**). Este hallazgo sugiere que la aplicación de AZM en las dosis mencionadas no generó diferencias estadísticamente significativas en el peso de la mazorca de maíz. Esta ausencia de efecto adverso en el peso de la mazorca puede considerarse como un resultado positivo en el contexto de la evaluación del impacto de AZM en esta variedad de maíz.

En lo que respecta al peso de la mazorca, no se observa una diferencia significativa entre los diversos tratamientos (**Figura 19**). Esto podría deberse al alto contenido de polifenoles que se encuentran principalmente en la mazorca de maíz, estos son metabolitos secundarios que se activan en respuesta al estrés provocado por los antibióticos (Zhao et al., 2023). Además, es importante destacar que las antocianinas son conocidos antioxidantes que no solo responden al estrés antibiótico, sino que también pueden ser activados por el estrés relacionado con el frío, la exposición a la luz ultravioleta y la sequía (Adhikary & Dasgupta, 2023; Lingwan et al., 2023); Por lo tanto, este puede ser un factor adicional que contribuye a la ausencia de diferencias notables entre los tratamientos. Por otro lado, al no

haber un efecto significativo en el peso de la mazorca, podría estar relacionada con la posible interferencia en las funciones mitocondriales (Rocha et al., 2021). Dado que las mitocondrias están asociadas con la producción de energía en las células vegetales, la ingestión de antibióticos y otros compuestos químicos orgánicos por parte de las plantas que podría influir en estas funciones. Según la investigación de Turcios & Papenbrock, (2019)**,** el transporte de sustancias a través de las plantas generalmente se lleva a cabo mediante un proceso de difusión pasiva, aunque la translocación hacia las semillas requiere la energía proporcionada por el ATP y el NADH (difusión activa). En este contexto, el hecho de que no se observen diferencias significativas en el peso de la mazorca podría considerarse un resultado positivo.

4.1.4 Compuestos Fenólicos totales y Antocianinas totales

Los resultados sobre la concentración de compuestos fenólicos totales y antocianinas totales en el marlo del maíz morado (Zea mays L.) se presenta en la **Tabla 13, Tabla 14** y **Figura 20**.

a) Formulación de Hipótesis

H_0: ·La presencia de residuos de Azitromicina en el agua de riego provoca el incremento de la concentración de compuestos fenólicos en la mazorca de maíz morado (Zea mays L.)

H_a: La presencia de residuos de Azitromicina en el agua de riego provoca el incremento de la concentración de compuestos fenólicos en la mazorca de maíz morado (Zea mays L.)

b) Estadístico de Prueba

El estadístico de prueba utilizado es el Análisis de Varianza de un factor **Tabla 13 y Tabla 14,** cuyos resultados se muestran a continuación:

Tabla 13
ANOVA de 1 factor para el efecto de AZM sobre la concentración de compuestos fenólicos totales

Compuestos fenólicos totales					
Fuente de Variación	**gl**	**Suma de cuadrados**	**Media cuadrática**	**F**	**p-valor**
Tratamientos	3	1361.8	453.9	11.45	0.00289
Error	8	317.2	39.6		
Total	11	1679			

Nota. Si el p-valor es menor al alfa (0.05), entonces al menos uno de tratamientos es diferente

Tabla 14
ANOVA de 1 factor para el efecto de AZM sobre la concentración de Antocianinas totales

Antocianinas totales					
Fuente de Variación	**gl**	**Suma de cuadrados**	**Media cuadrática**	**F**	**p-valor**
Tratamientos	3	409.3	136.42	7.928	0.00882
Error	8	137.7	17.21		
Total	11	547			

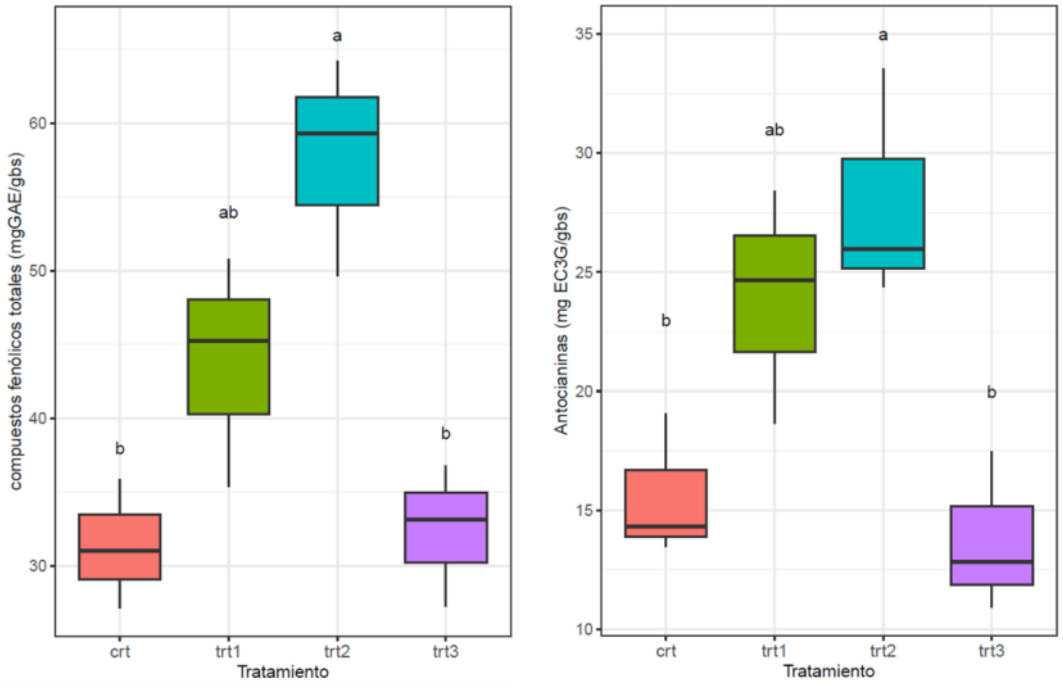
Nota. Si el p-valor es menor al alfa (0.05), entonces al menos uno de tratamientos es diferente

a) Toma de Decisión

Los resultados obtenidos en el análisis de varianza ANOVA muestran un valor de p-valor de 0.00289 para compuestos fenólicos totales y un p-valor de 0.00882 para antocianinas totales, se observa que en ambos casos el p-valor es menor al nivel significancia; entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. Por lo tanto, se concluye que la presencia de residuos de Azitromicina en el agua de riego provoca el incremento de la concentración de compuestos fenólicos en la mazorca de maíz morado (*Zea mays* L.).

Figura 20

Gráfico sobre la concentración de compuestos fenólicos totales y antocianinas totales



Los resultados revelaron un aumento significativo ($P < 0,05$) en la concentración de compuestos fenólicos totales y antocianinas totales cuando las plantas se expusieron a una concentración de 10 µg L^{-1} de AZM en comparación con el grupo de control (**Figura 20**). Este hallazgo sugiere que la aplicación de AZM en dosis ≤10 µg L^{-1} indujo un aumento en la producción de estos compuestos. Sin embargo, a la dosis más alta de 100 µg L-1 de AZM, se observó una disminución del 44 % en la concentración de compuestos fenólicos y del 42.5 % en la concentración de antocianinas totales en comparación con el tratamiento de 10 µg L-1 de AZM. Estos descubrimientos subrayan tanto la influencia positiva como negativa que la AZM ejerce sobre los metabolitos secundarios.

Los ROS en las células vegetales, funcionan como molécula de señal redox en diversas vías de señalización; por lo que, la producción y eliminación de ROS están dinámicamente equilibradas en las plantas, y este equilibrio se altera cuando las plantas se someten a estrés biótico o abiótico (Sharma et al., 2012); Mittler, 2017). La producción de ROS, incrementa significativamente cuando las plantas están expuestas a los antibióticos, siendo más pronunciada cuando son expuestos a dosis altas de antibióticos (Hu et al., 2021); (H. Chen et al., 2023) Zhao et al., 2023).

En ese sentido, es probable que AZM, altere gravemente el metabolismo normal y las funciones celulares de las plantas, ya que resultó en el incremento de la concentración de compuestos fenólicos totales y antocianinas. Estos sistemas de defensa no enzimáticos, junto con la actividad de la superóxido dismutasa (SOD), la peroxidasa (POD) y la catalasa (CAT), desempeñan funciones claves de protección de la planta, eliminando las cascadas de ROS producido por el estrés sometido a la planta (L. Li et al., 2023); no obstante, se ha evidenciado que los ROS exceden la capacidad de eliminación de la planta en concentraciones altas, desencadenando plasmólisis celular, lo que demuestra que los antibióticos pueden causar peroxidación lipídica de la membrana y dañar la estructura lipídica de la membrana celular, lo que resulta en el incremento de la tasa de fuga de iones (Jin et al., 2023). Por otro lado Zhao et al., (2023) reportaron que el antibiótico Sulfametazina promueve las actividades de la fenilalanina amoniaco liasa (PAL), lo cual es una enzima clave en la producción de metabolitos secundarios como flavonoles y fenoles, también promovió la tirosina amoníaco liasa (TAL), el ácido cinámico-4-hidroxilasa (C4H) y el ácido 4-cumárico: coenzima Aligasa (4CL) mediante la activación de la vía de los fenilpropanoides. Este punto puede ser la evidencia de la fitotoxicidad de las dosis altas de antibióticos para las plántulas de maíz. Por otro lado, Se ha mostrado que el maíz morado expuesto al antibiótico AZM, posee una notable función antioxidante en términos de DPPH y ORAC. Sin embargo, la mejora de la capacidad antioxidante en las plantas fue limitada y la actividad de los metabolitos secundarios no pudo mejorarse continuamente aumentando el estrés oxidativo en dosis altas.

V CONCLUSIONES

- La presencia de Azitromicina en el agua de riego en dosis de 1 y 10 µg L-1, incrementan el peso de la biomasa aérea seca, mientras a dosis mayores (100 µg L-1) disminuye; en cuanto a la concentración de compuestos fenólicos totales, se registró un incremento del 39.7 y 84% respectivamente a las dosis de 1 y 10 µg L-1. Este mismo comportamiento se aprecia en cuanto a la concentración de antocianinas, lo cual se evidencia el incremento en un 52.9% y 78.94% a dosis de 1, 10 µg L-1 respectivamente; no obstante, expuesta a 100 µg L-1 disminuye en un 12.04%. Por otro lado, la altura de la planta, la longitud de la raíz, el peso seco de la biomasa radicular y peso seco de la mazorca no se vieron afectados significantemente por la presencia de AZM en el agua de riego.
- La presencia de Azitromicina en el agua de riego en las concentraciones de 1, 10, 100 µg L^{-1}, no presenta efecto estadístico significativo en la altura de la planta. Sin embargo, en lo que concierne al peso de la biomasa aérea, la concentración de 1 µg L^{-1}, presenta un incremento estadísticamente significativo en comparación con el control. Por otro lado, a partir de la concentración de 10 hasta 100 este compuesto reduce el peso seco de la panoja y del tallo en un 41% y 15% respectivamente.
- La presencia de Azitromicina en el agua de riego en las concentraciones de 1, 10, 100 µg L^{-1}, no presenta efecto estadístico significativo en la longitud de la raíz ni en el peso seco de la biomasa radicular. Sin embargo, se notó una disminución del 24% y 16% en el peso seco de la biomasa radicular en concentraciones de 1 y 10 µg L^{-1} respectivamente.
- La presencia de Azitromicina en el agua de riego en las concentraciones de 1, 10, 100 µg L^{-1}, no presenta efecto estadístico significativo en el peso de mazorca del maíz morado, lo cual podría ser positivo para la salud alimentaria.
- La presencia de Azitromicina en el agua de riego en las concentraciones de 1, 10, 100 µg L-1, presenta efecto estadístico significativo en la concentración de compuestos fenólicos y antocianinas totales, con un incremento observado a dosis de 10 µg L-1 y una disminución a dosis de 100 µg L-1. Esto destaca la importancia de comprender el impacto de los contaminantes farmacéuticos en los metabolitos secundarios de las plantas y sus impactos en el ambiente.

VI RECOMENDACIONES

Se debe considerar realizar estudios exhaustivos sobre los efectos de residuos de antibióticos en cultivos hidropónicos para evaluar el comportamiento de los metabolitos secundarios con la finalidad de producir alimentos enriquecidos con compuestos nutraceúticos de alto valor; lo cual, contribuiría para asegurar la producción de alimentos de calidad, que posean un perfil nutricional superior.

Se debe considerar abordar la detección y cuantificación de residuos de antibióticos en los cultivos, centrándose en la translocación de estos compuestos dentro de la planta. Este enfoque permitiría comprender cómo los antibióticos se desplazan y se acumulan en diferentes partes de la planta, lo cual es fundamental para evaluar su potencial impacto en la calidad y seguridad de los alimentos. Asimismo, la investigación debería incluir técnicas analíticas avanzadas para rastrear la movilidad de los antibióticos y determinar sus niveles en distintas estructuras de la planta.

Es esencial realizar una evaluación de riesgo en cultivos, ya que la investigación proporcionaría información importante para la toma de decisiones en el ámbito de la agricultura y la gestión de residuos farmacéuticos. Dicho proceso de evaluación permitirá identificar y cuantificar los riesgos asociados a la presencia de residuos farmacéuticos en cultivos, evaluando su impacto en la calidad de los productos y en la seguridad alimentaria.

VII REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adhikary, S., & Dasgupta, N. (2023). Role of secondary metabolites in plant homeostasis during biotic stress. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, *50*(May), 102712. https://doi.org/10.1016/j.bcab.2023.102712

Alegria, W. (2016). *Texto básico para profesional en Ingeniería Forestal. En el area de fisiología vegetal*. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana.

An, T., Wu, Y., Xu, B., Zhang, S., Deng, X., Zhang, Y., Siddique, K. H., & Chen, Y. (2022). Nitrogen supply improved plant growth and Cd translocation in maize at the silking and physiological maturity under moderate Cd stress. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *230*, 113137. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.113137

Anjali, Kumar, S., Korra, T., Thakur, R., Arutselvan, R., Kashyap, A. S., Nehela, Y., Chaplygin, V., Minkina, T., & Keswani, C. (2023). Role of plant secondary metabolites in defence and transcriptional regulation in response to biotic stress. *Plant Stress*, *8*(March), 100154. https://doi.org/10.1016/j.stress.2023.100154

Bagheri, M., Al-jabery, K., Wunsch, D. C., & Burken, J. G. (2019). A deeper look at plant uptake of environmental contaminants using intelligent approaches. *Science of the Total Environment*, *651*, 561–569. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.048

Belzona Inc. (2010). Guía de Aplicaciones Belzona en Equipos de Tratamiento de Aguas Residuales-Tratamiento de Aguas Residuales. In *Belzona* (p. 40). https://www.belzona.com/es/industries/wastewater.aspx

Ben Mordechay, E., Mordehay, V., Tarchitzky, J., & Chefetz, B. (2021). Pharmaceuticals in edible crops irrigated with reclaimed wastewater: Evidence from a large survey in Israel. *Journal of Hazardous Materials*, *416*, 126184. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126184

Castell, J. V. (2018). *El metabolismo de fármacos, generación de metabolitos reactivos y su papel en el origen de las reacciones inmunológicas a fármacos* (pp. 95–123). http://www.uv.es/jcastell/Metabolismo_de_farmacos.pdf

Castillo Altamirano, R. (2019). *Selección por intensidad de color en corontas del maíz morado (Zea mays L.) variedad INIA 601 en el distrito de Monsefú - Lambayeque - 2019* (p. 126). http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/UNPRG/8304

Castro, N. E., García, D. R., Rivera, M. T., Rondán-Guerrero, P., García-Rojas, F., & Taype-Rondan, A. (2021). Trends in Drugs Usage for Covid-19 During the First Wave of the Pandemic in a Hospital in Lima, Peru. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, *38*(4), 608–614. https://doi.org/10.17843/rpmesp.2021.384.8820

Ccaccya Ccaccya, A. M., Soberón Lozano, M., & Arnao Salas, I. (2019). Estudio

comparativo del contenido de compuestos bioactivos y cianidina-3-glucósido del maíz morado (Zea mays L.) de tres regiones del Perú. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, *85*(2), 206–215. https://doi.org/10.37761/rsqp.v85i2.78

Chen, H., Jin, J., Hu, S., Shen, L., Zhang, P., Li, Z., Fang, Z., & Liu, H. (2023). Metabolomics and proteomics reveal the toxicological mechanisms of florfenicol stress on wheat (Triticum aestivum L.) seedlings. *Journal of Hazardous Materials*, *443*(September 2022). https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.130264

Chen, J., He, L. X., Cheng, Y. X., Ye, P., Wu, D. L., Fang, Z. Q., Li, J., & Ying, G. G. (2020). Trace analysis of 28 antibiotics in plant tissues (root, stem, leaf and seed) by optimized QuEChERS pretreatment with UHPLC-MS/MS detection. *Journal of Chromatography B: Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences*, *1161*(May), 21–23. https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2020.122450

Chirinos, R., Campos, D., Costa, N., Arbizu, C., Pedreschi, R., & Larondelle, Y. (2008). Phenolic profiles of andean mashua (Tropaeolum tuberosum Ruíz & Pavón) tubers: Identification by HPLC-DAD and evaluation of their antioxidant activity. *Food Chemistry*, *106*(3), 1285–1298. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.07.024

Colombo, R., Ferron, L., & Papetti, A. (2021). Colored Corn: An Up-Date on Metabolites Extraction, Health Implication, and Potential Use. *Molecules (Basel, Switzerland)*, *26*(1), 1–42. https://doi.org/10.3390/molecules26010199

de Santiago-Martín, A., Meffe, R., Teijón, G., Martínez Hernández, V., López-Heras, I., Alonso Alonso, C., Arenas Romasanta, M., & de Bustamante, I. (2020). Pharmaceuticals and trace metals in the surface water used for crop irrigation: Risk to health or natural attenuation? *Science of the Total Environment*, *705*. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135825

Del Riesgo, L. (2019). *Metabolismo del sistema digestivo, el hígado, de la vesícula y de las vías biliares* (Primera ed). Editorial Universidad del Rosario.

DU, K., ZHAO, W. qing, ZHOU, Z. guo, SHAO, J. jing, HU, W., KONG, L. jie, & WANG, Y. hua. (2021). Hormonal changes play important roles in the key period of superior and inferior earshoot differentiation in maize. *Journal of Integrative Agriculture*, *20*(12), 3143–3155. https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63337-8

Engie Energia Peru S.A. (2019). *Modificación del Plan de Abandono Parcial de la Central Termoeléctrica Ilo ,Moquegua* (p. 382). https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGGAE/DGGAE/ARCHIVOS/estudios/EIAS - electricidad/PAE/PA-TERMOELECTRICA ILO MOQUEGUA/ERM_PlandeAbandono_CT Ilo.pdf

Fiaz, M., Ahmed, I., Hassan, S. M. U., Niazi, A. K., Khokhar, M. F., Zeshan, Farooq, M. A., & Arshad, M. (2023). Antibiotics induced changes in nitrogen

metabolism and antioxidative enzymes in mung bean (Vigna radiata). *Science of the Total Environment*, *873*(November 2022), 162449. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162449

Garzón, G. A. (2010). Anthocyanins as natural colorants and bioactive compounds. a review. *Acta Biológica Colombiana*, *13*(3), 27–36.

Ghasemi, J., & Saaidpour, S. (2007). Quantitative structure-property relationship study of n-octanol-water partition coefficients of some of diverse drugs using multiple linear regression. *Analytica Chimica Acta*, *604*(2), 99–106. https://doi.org/10.1016/j.aca.2007.10.004

Gil, M., Soto, A., Usma, J., & Gutiérrez, O. (2012). *Contaminantes emergentes en aguas, efectos y posibles tratamientos*. *7*(2), 52–73. http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v7n2/v7n2a05.pdf

Gill, S. S., & Tuteja, N. (2010). Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, *48*(12), 909–930. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2010.08.016

Gomes, M. P., Moreira Brito, J. C., Cristina Rocha, D., Navarro-Silva, M. A., & Juneau, P. (2020a). Individual and combined effects of amoxicillin, enrofloxacin, and oxytetracycline on Lemna minor physiology. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *203*(July). https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111025

Gomes, M. P., Moreira Brito, J. C., Cristina Rocha, D., Navarro-Silva, M. A., & Juneau, P. (2020b). Individual and combined effects of amoxicillin, enrofloxacin, and oxytetracycline on Lemna minor physiology. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *203*. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111025

Gomes, M. P., Rocha, D. C., Moreira de Brito, J. C., Tavares, D. S., Marques, R. Z., Soffiatti, P., & Sant'Anna-Santos, B. F. (2020). Emerging contaminants in water used for maize irrigation: Economic and food safety losses associated with ciprofloxacin and glyphosate. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *196*(March), 110549. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110549

González-Muñoz, A., Quesille-Villalobos, A. M., Fuentealba, C., Shetty, K., & Gálvez Ranilla, L. (2013). Potential of Chilean native corn (Zea mays L.) accessions as natural sources of phenolic antioxidants and in vitro bioactivity for hyperglycemia and hypertension management. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *61*(46), 10995–11007. https://doi.org/10.1021/jf403237p

González-Pleiter, M., Pedrouzo-Rodríguez, A., Verdú, I., Leganés, F., Marco, E., Rosal, R., & Fernández-Piñas, F. (2021). Microplastics as vectors of the antibiotics azithromycin and clarithromycin: Effects towards freshwater microalgae. *Chemosphere*, *268*. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128824

Gudda, F., Odinga, E. S., Tang, L., Waigi, M. G., Wang, J., Abdalmegeed, D., & Gao, Y. (2023). Tetracyclines uptake from irrigation water by vegetables: Accumulation and antimicrobial resistance risks. *Environmental Pollution*,

338(September), 122696. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.122696

Guillén-Sánchez, J., Mori-Arismendi, S., & Paucar-Menacho, L. M. (2014). Características y propiedades funcionales del maíz morado (Zea mays L.) var. subnigroviolaceo. *Scientia Agropecuaria*, *5*, 211–217. https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2014.04.05

Guzmán, Y., Pugliese, B., González, C. V., Travaglia, C., Bottini, R., & Berli, F. (2021). Spray with plant growth regulators at full bloom may improve quality for storage of "Superior Seedless" table grapes by modifying the vascular system of the bunch. *Postharvest Biology and Technology*, *176*(August 2020). https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2021.111522

Hong, H. T., Netzel, M. E., & O'Hare, T. J. (2020). Optimisation of extraction procedure and development of LC–DAD–MS methodology for anthocyanin analysis in anthocyanin-pigmented corn kernels. *Food Chemistry*, *319*(February), 126515. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126515

Hosseinian, F. S., Li, W., & Beta, T. (2008). Measurement of anthocyanins and other phytochemicals in purple wheat. *Food Chemistry*, *109*(4), 916–924. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.12.083

Hu, H., Li, X., Wu, S., Lou, W., & Yang, C. (2021). Effects of long-term exposure to oxytetracycline on phytoremediation of swine wastewater via duckweed systems. *Journal of Hazardous Materials*, *414*(August 2020), 125508. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.125508

Huaman, C. (2017). *Caracterización de los compuestos fenolicos del germoplasma de maíz (Zea mays L.) nativo de la región Arequipa, Perú* (pp. 17–24). Universidad Nacional Agraria La Molina.

Indecopi. (2021). *Mercado de comercialización minorista de medicamentos en clinicas* (Vol. 2).

Jin, J., Xu, L., Zhang, S., Jin, M. K., Zhang, P., Shen, L., Chen, J., Li, Z., Zhao, W., & Liu, H. (2023). Oxidative response of rice (Oryza sativa L.) seedlings to quinolone antibiotics and its correlation with phyllosphere microbes and antibiotic resistance genes. *Science of the Total Environment*, *867*(January), 161544. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.161544

Justiniano, E. (2010). *Fenología e intensidad de color en corontas del maíz morado (Zea mayz L.) en sus diferentes estados de desarrollo en la localidad de la Molina.* (p. 86).

Khan, K. Y., Ali, B., Zhang, S., Stoffella, P. J., Yuan, S., Xia, Q., Qu, H., Shi, Y., Cui, X., & Guo, Y. (2021). Effects of antibiotics stress on growth variables, ultrastructure, and metabolite pattern of Brassica rapa ssp. chinensis. *Science of the Total Environment*, *778*, 146333. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146333

Klein, E. Y., Van Boeckel, T. P., Martinez, E. M., Pant, S., Gandra, S., Levin, S. A., Goossens, H., & Laxminarayan, R. (2018). Global increase and geographic

convergence in antibiotic consumption between 2000 and 2015. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *115*(15), E3463–E3470. https://doi.org/10.1073/pnas.1717295115

Li, J., Lim, S. S., Lee, J. Y., Kim, J. K., Kang, S. W., Kim, J. L., & Kang, Y. H. (2012). Purple corn anthocyanins dampened high-glucose-induced mesangial fibrosis and inflammation: Possible renoprotective role in diabetic nephropathy. *Journal of Nutritional Biochemistry*, *23*(4), 320–331. https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2010.12.008

Li, L., Li, T., Liu, Y., Li, L., Huang, X., & Xie, J. (2023). Effects of antibiotics stress on root development, seedling growth, antioxidant status and abscisic acid level in wheat (Triticum aestivum L.). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *252*(June 2022). https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2023.114621

Lingwan, M., Pradhan, A. A., Kushwaha, A. K., Dar, M. A., Bhagavatula, L., & Datta, S. (2023). Photoprotective role of plant secondary metabolites: Biosynthesis, photoregulation, and prospects of metabolic engineering for enhanced protection under excessive light. *Environmental and Experimental Botany*, *209*(August 2022), 105300. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2023.105300

Lucchetti, M., Kaminska, M., Oluwasegun, A. K., Mosig, A. S., & Wilmes, P. (2021). Emulating the gut–liver axis: Dissecting the microbiome's effect on drug metabolism using multiorgan-on-chip models. *Current Opinion in Endocrine and Metabolic Research*, *18*, 94–101. https://doi.org/10.1016/j.coemr.2021.03.003

Marques, R. Z., Wistuba, N., Brito, J. C. M., Bernardoni, V., Rocha, D. C., & Gomes, M. P. (2021a). Crop irrigation (soybean, bean, and corn) with enrofloxacin-contaminated water leads to yield reductions and antibiotic accumulation. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *216*(February), 112193. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112193

Marques, R. Z., Wistuba, N., Brito, J. C. M., Bernardoni, V., Rocha, D. C., & Gomes, M. P. (2021b). Crop irrigation (soybean, bean, and corn) with enrofloxacin-contaminated water leads to yield reductions and antibiotic accumulation. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *216*(February). https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112193

Medina-Hoyos, A., Narro-León, L. A., & Chávez-Cabrera, A. (2020). Purple corn (Zea mays L.) crop in the Peruvian Highlands: Adaptation and identification of high-yield and high anthocyanin content cultivars. *Scientia Agropecuaria*, *11*(3), 291–299. https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.01

Medina, A., Yoshino, M., Morita, T., & Maruyama, T. (2016). *Guía de Producción Comercial del Maíz Morado*. https://repositorio.midagri.gob.pe/bitstream/MIDAGRI/631/1/Guia_de_produccion_comercial.pdf

Melendez-Marmolejo, J., Garcia-Saavedra, Y., Galvan-Romero, V., de Leon-

Martinez, L., Vargas-Berrones, K., Mejia-Saavedra, J., & Flores Ramirez, R. (2020). Emerging contaminants. Environmental problems associated with antibiotic use. New detection and remediation techniques and legislative perspectives in Latin America. *Revista De Salud Ambiental*, *20*(1), 53–61.

Ministerio de Salud. (2020). Documento Técnico: Prevención, Diagnóstico y Tratamiento de personas afectadas por COVID–19 en el Perú. In *Diario Oficial del bicentenario el Peruano* (p. 44).

Ministerio de Sanidad, P. S. e I. (2020). Ficha Técnica. In *Agencia Española de medicamentos y productos sanitarios.*

Mittler, R. (2017). ROS Are Good. *Trends in Plant Science*, *22*(1), 11–19. https://doi.org/10.1016/j.tplants.2016.08.002

Montoliu, A. (2010). *Respuestas fisiológicas de los cítricos sometidos a condiciones de estrés biótico y abiótico. Aspectos comunes y específicos.* (p. 213). Universidad Jaume I. http://repositori.uji.es/xmlui/handle/10234/29723

Mukhtar, A., Manzoor, M., Gul, I., Zafar, R., Jamil, H. I., Niazi, A. K., Ali, M. A., Park, T. J., & Arshad, M. (2020). Phytotoxicity of different antibiotics to rice and stress alleviation upon application of organic amendments. *Chemosphere*, *258*, 127353. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127353

NEREUS COST ACTION ES 1403. (2017). *A list of parameters to be taken into account for a qualitative risk assessment framework* (Issue August).

Nieto-Juárez, J. I., Torres-Palma, R. A., Botero-Coy, A. M., & Hernández, F. (2021). Pharmaceuticals and environmental risk assessment in municipal wastewater treatment plants and rivers from Peru. *Environment International*, *155*(May), 106674. https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106674

Nunes, B., Veiga, V., Frankenbach, S., Serôdio, J., & Pinto, G. (2019). Evaluation of physiological changes induced by the fluoroquinolone antibiotic ciprofloxacin in the freshwater macrophyte species Lemna minor and Lemna gibba. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, *72*(August), 103242. https://doi.org/10.1016/j.etap.2019.103242

Ofori, S., Puškáčová, A., Růžičková, I., & Wanner, J. (2021). Treated wastewater reuse for irrigation: Pros and cons. *Science of the Total Environment*, *760*. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144026

Oharisi, O. oke L., Ncube, S., Nyoni, H., Madikizela, M. L., Olowoyo, O. J., & Maseko, B. R. (2023). Occurrence and prevalence of antibiotics in wastewater treatment plants and effluent receiving rivers in South Africa using UHPLC-MS determination. *Journal of Environmental Management*, *345*(July), 118621. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118621

Oliveira, H. C., Freschi, L., & Sodek, L. (2013). Nitrogen metabolism and translocation in soybean plants subjected to root oxygen deficiency. *Plant Physiology and Biochemistry*, *66*, 141–149. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2013.02.015

Omura, S. (2003). Macrolide Antibiotics. In *Chemistry, Biology, and Practice: Second Edition*. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-526451-8.X5000-0

Paulsmeyer, M. N., Vermillion, K. E., & Juvik, J. A. (2022). Assessing the diversity of anthocyanin composition in various tissues of purple corn (Zea mays L.). *Phytochemistry*, *201*(May), 113263. https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2022.113263

Peñarrieta, J. M., Tejeda, L., Mollinedo, P., Vila, J. L., & Bravo, J. A. (2014). Phenolic Compounds in Food. *Revista Boliviana De Química*, *31*, 68–81. https://www.redalyc.org/pdf/4263/426339682006.pdf

Phoon, B. L., Ong, C. C., Mohamed Saheed, M. S., Show, P. L., Chang, J. S., Ling, T. C., Lam, S. S., & Juan, J. C. (2020). Conventional and emerging technologies for removal of antibiotics from wastewater. *Journal of Hazardous Materials*, *400*, 122961. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122961

Rabanal-Atalaya, M., & Medina-Hoyo, A. (2022). Cultivares de maíz morado de alto rendimiento y contenido de antocianinas en la región Cajamarca, Perú. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *13*(3), 381–392. https://doi.org/10.29312/remexca.v13i3.2850

Ramos, A. Q., Ramos, Y. M., Camaticona, N. M. Q., Tejeda, J. L. R., Quiróz, C. N. C., Maldonado, I., Huamán-Castilla, N. L., & Vilca, F. Z. (2023). Deciphering Ciprofloxacin's Impact on Growth Attributes and Antioxidant Compounds in Pasankalla Quinoa. *Agronomy*, *13*(7), 1738. https://doi.org/10.3390/agronomy13071738

Renai, L., Tozzi, F., Checchini, L., & Del Bubba, M. (2020). Impact of the use of treated wastewater for agricultural need: Behavior of organic micropollutants in soil, transfer to crop, and related risks. In *Advances in chemical pollution, environmental management and protection* (pp. 103–129).

Revitt, D. M., Lundy, L., & Fatta-Kassinos, D. (2021). Development of a qualitative approach to assessing risks associated with the use of treated wastewater in agricultural irrigation. *Journal of Hazardous Materials*, *406*, 124286. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124286

Rocha, D. C., da Silva Rocha, C., Tavares, D. S., de Morais Calado, S. L., & Gomes, M. P. (2021). Veterinary antibiotics and plant physiology: An overview. *Science of the Total Environment*, *767*, 144902. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144902

Rojas, C., Pereyra, R., & Mayta, P. (2018). Prevalence and Associated Factors With Antimicrobial Purchase Without Medical Prescription , Peru 2016. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*, *35*(3), 400–408. https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.353.3458.400

Russell, J. N., & Yost, C. K. (2021). Alternative, environmentally conscious approaches for removing antibiotics from wastewater treatment systems. *Chemosphere*, *263*, 128177.

https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128177

Shao, Y., Xu, F., Sun, X., Bao, J., & Beta, T. (2014). Identification and quantification of phenolic acids and anthocyanins as antioxidants in bran, embryo and endosperm of white, red and black rice kernels (Oryza sativa L.). *Journal of Cereal Science*, *59*(2), 211–218. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2014.01.004

Sharma, P., Jha, A. B., Dubey, R. S., & Pessarakli, M. (2012). Reactive Oxygen Species, Oxidative Damage, and Antioxidative Defense Mechanism in Plants under Stressful Conditions. *Journal of Botany*, *2012*, 1–26. https://doi.org/10.1155/2012/217037

Sidhu, H., O'Connor, G., & Kruse, J. (2019). Plant toxicity and accumulation of biosolids-borne ciprofloxacin and azithromycin. *Science of the Total Environment*, *648*, 1219–1226. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.218

Sorinolu, A. J., Tyagi, N., Kumar, A., & Munir, M. (2021). Antibiotic resistance development and human health risks during wastewater reuse and biosolids application in agriculture. *Chemosphere*, *265*, 129032. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.129032

Sun, C., Dudley, S., McGinnis, M., Trumble, J., & Gan, J. (2019). Acetaminophen detoxification in cucumber plants via induction of glutathione S-transferases. *Science of the Total Environment*, *649*, 431–439. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.346

Sun, Y., Hou, M., Mur, L. A. J., Yang, Y., Zhang, T., Xu, X., Huang, S., & Tong, H. (2019). Nitrogen drives plant growth to the detriment of leaf sugar and steviol glycosides metabolisms in Stevia (Stevia rebaudiana Bertoni). *Plant Physiology and Biochemistry*, *141*(April), 240–249. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2019.06.008

Supo, J. (2014). Cómo elegir una muestra. In *SlideShare*.

Suriano, S., Balconi, C., Valoti, P., & Redaelli, R. (2021). Comparison of total polyphenols, profile anthocyanins, color analysis, carotenoids and tocols in pigmented maize. *Lwt*, *144*(September 2020), 111257. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111257

Turcios, A. E., & Papenbrock, J. (2019). Biofiltration of the antibacterial drug sulfamethazine by the species Chenopodium quinoa and its further biodegradation through anaerobic digestion. *Journal of Environmental Sciences (China)*, *75*, 54–63. https://doi.org/10.1016/j.jes.2018.02.022

Ungureanu, N., Vlăduț, V., & Voicu, G. (2020). Water scarcity and wastewater reuse in crop irrigation. *Sustainability (Switzerland)*, *12*(21), 1–19. https://doi.org/10.3390/su12219055

US NRC. (1983). *US NRC, 1983. Risk Assessment in the Federal Government: Managing the Process*. https://doi.org/10.17226/366

Vilca, F. Z., Loayza, O. D. V., Ponce, T. E. L., Junqueira, L. V., Galarza, N. C., Torres, N. H., Ferreira, L. F. R., Pinheiro, J. H. P. A., & Tornisielo, V. L. (2022). Presence of enrofloxacin residues in soil and its effect on carbon fixation, number of nodules, and root length of alfalfa (Medicago sativa). *Journal of Hazardous Materials Advances*, *7*(April), 100100. https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2022.100100

VR, B., & Greyson, R. (1990). *L.) V.R. BOMMINENI and R.I. GREYSON*. *68*, 239–247. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0168-9452(90)90230-L

Wilkinson, J. L., Boxall, A. B. A., Kolpin, D. W., Leung, K. M. Y., Lai, R. W. S., Wong, D., Ntchantcho, R., Pizarro, J., Mart, J., Echeverr, S., Garric, J., Chaumot, A., Gibba, P., Kunchulia, I., Seidensticker, S., Lyberatos, G., Morales-salda, J. M., & Kang, H. (2022). *Pharmaceutical pollution of the world ' s rivers*. *119*(8), 1–10. https://doi.org/10.1073/pnas.2113947119/-/DCSupplemental.Published

Wilson, M. E. (2019). Antibiotics What everyone needs to know. In *Oxford University Press*.

Yan, Q., Xu, Y., Chen, L., Cao, Z., Shao, Y., Xu, Y., Yu, Y., Fang, C., Zhu, Z. W., Feng, G., & Chen, M. (2021). Irrigation with secondary municipal-treated wastewater: Potential effects, accumulation of typical antibiotics and grain quality responses in rice (Oryza sativa L.). *Journal of Hazardous Materials*, *410*(June 2020), 124655. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124655

Yang, Z., & Zhai, W. (2010). Identification and antioxidant activity of anthocyanins extracted from the seed and cob of purple corn (Zea mays L.). *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, *11*(1), 169–176. https://doi.org/10.1016/j.ifset.2009.08.012

Yao, H., Skirpan, A., Wardell, B., Matthes, M. S., Best, N. B., McCubbin, T., Durbak, A., Smith, T., Malcomber, S., & McSteen, P. (2019). The barren stalk2 Gene Is Required for Axillary Meristem Development in Maize. *Molecular Plant*, *12*(3), 374–389. https://doi.org/10.1016/j.molp.2018.12.024

Zavala-Flores, E., & Salcedo-Matienzo, J. (2020). Medicación prehospitalaria en pacientes hospitalizados por COVID-19 en un hospital público de Lima-Perú. *Acta Medica Peruana*, *37*(3), 393–395. https://doi.org/10.35663/amp.2020.373.1277

Zhang, L., Zhu, Z., Zhao, M., He, J., Zhang, X., Hao, F., & Du, P. (2023). Occurrence, removal, emission and environment risk of 32 antibiotics and metabolites in wastewater treatment plants in Wuhu, China. *Science of the Total Environment*, *899*(April), 165681. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165681

Zhao, M., Li, J., Zhou, S., Li, K., Niu, L., Zhao, L., & Xu, D. (2023). Analysis of the effects of sulfamethoxazole on the secondary metabolites and antioxidants in oilseed rape (Brassica napus L.) and the underlying mechanisms. *Science of the Total Environment*, *902*(May).

https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165768

Zhou, Q., Gao, J., Zhang, R., & Zhang, R. (2017). Ammonia stress on nitrogen metabolism in tolerant aquatic plant—Myriophyllum aquaticum. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *143*(May), 102–110. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.04.016

Zieliński, W., Korzeniewska, E., Harnisz, M., Drzymała, J., Felis, E., & Bajkacz, S. (2021). Wastewater treatment plants as a reservoir of integrase and antibiotic resistance genes – An epidemiological threat to workers and environment. *Environment International*, *156*, 106641. https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106641

VIII ANEXOS

ANEXO 1: Panel fotográfico del experimento

Figura 21
Semillas esterilizadas superficialmente en una solución de hipoclorito de sodio y preparación del sustrato



Figura 22
Conducción del experimento



Figura 23
Floración masculina



Figura 24
Floración femenina y cosecha del cultivo

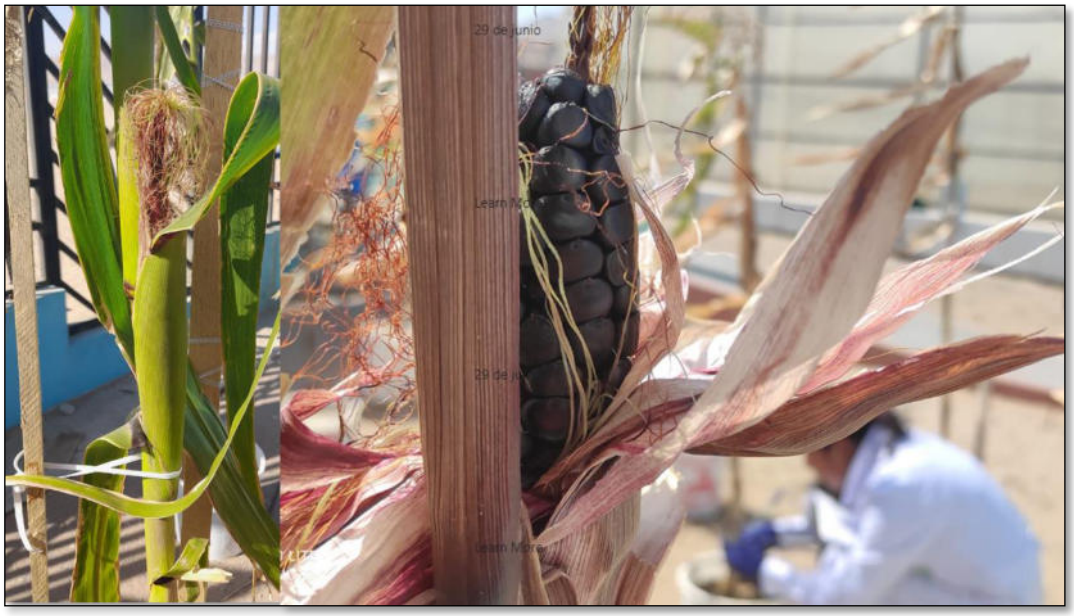


Figura 25

Pesado de la biomasa radicular, aplicamos el mismo proceso a todas las demás partes de la planta



ANEXO 2: Datos obtenidos en la determinación de la humedad para el análisis de compuestos fenólicos totales y antocianinas

Tabla 15

Determinación de humedad para el análisis de compuestos fenólicos totales y antocianinas

Tratamiento	peso inicial (gr)	peso final (gr)	peso en base húmeda	Promedio del peso en base húmeda	Humedad de la muestra (%)
Crt R1	0.107	0.093	1.15053763	1.14	15
Crt R2	0.102	0.09	1.13333333		13
Crt R3	0.104	0.091	1.14285714		14
Crt R4	0.104	0.091	1.14285714		14
Trt 1 R1	0.105	0.093	1.12903226	1.12	13
Trt 1 R2	0.103	0.093	1.10752688		11
Trt 1 R3	0.105	0.094	1.11702128		12
Trt 1 R4	0.104	0.093	1.11827957		12
Trt 2 R1	0.101	0.09	1.12222222	1.12	12
Trt 2 R2	0.102	0.091	1.12087912		12
Trt 2 R3	0.101	0.09	1.12222222		12
Trt 2 R4	0.102	0.092	1.10869565		11
Trt 3 R1	0.102	0.089	1.14606742	1.13	15
Trt 3 R2	0.101	0.09	1.12222222		12
Trt 3 R3	0.101	0.089	1.13483146		13
Trt 3 R4	0.1	0.09	1.11111111		11

ANEXO 3: Panel fotográfico de la extracción de compuestos fenólicos y análisis

Figura 26
Pesado de la muestra para la extracción de los compuestos fenólicos



Figura 27
Agitación por 30 minutos



Figura 28
Centrifugación por 5 minutos



Figura 29
Filtración del sobrenadante 1

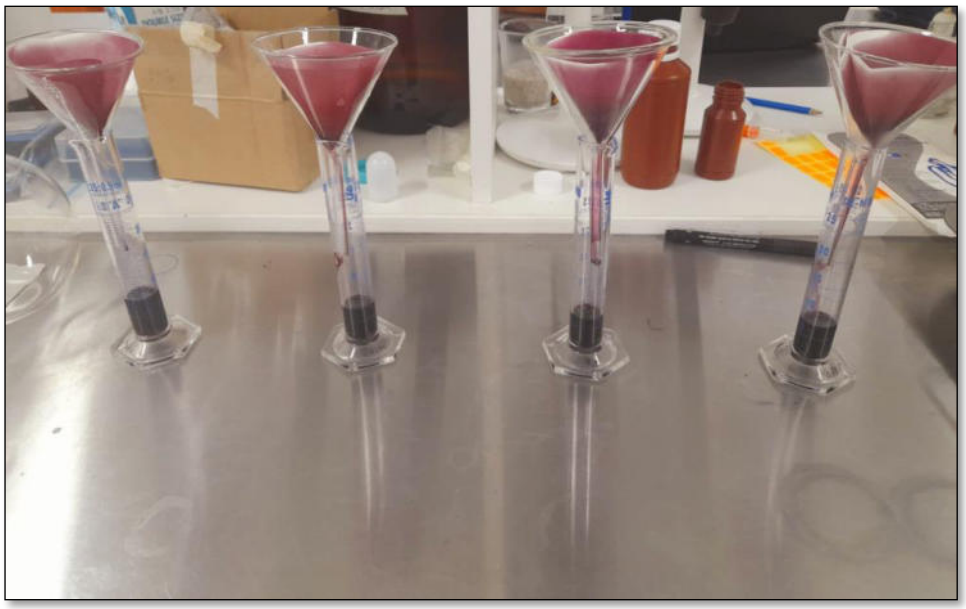


Figura 30
Concentración al vacío hasta sequedad



Figura 31
Extracto de compuestos fenólicos

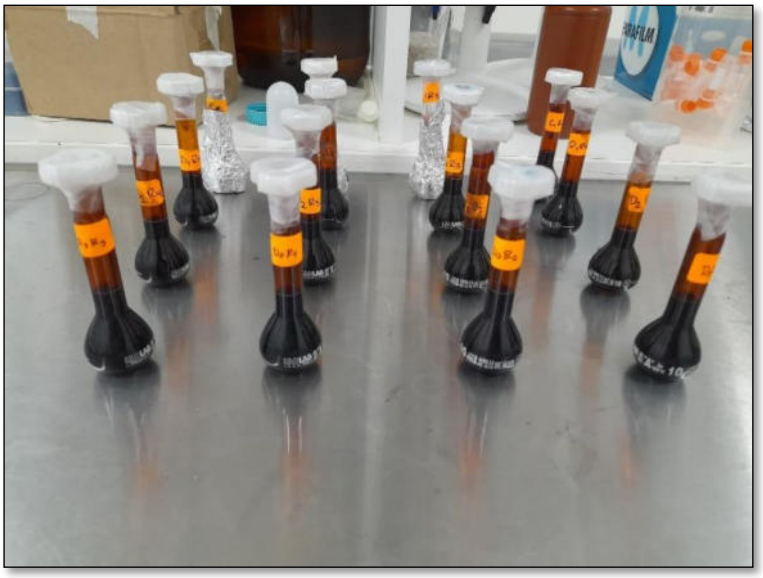


Figura 32

Análisis de los compuestos fenólicos totales



Figura 33

Soluciones de pH 1 utilizando tampón de cloruro de potasio y pH 4.5 utilizando tampón de acetato de sodio para el análisis de antocianinas totales en el espectrofotómetro

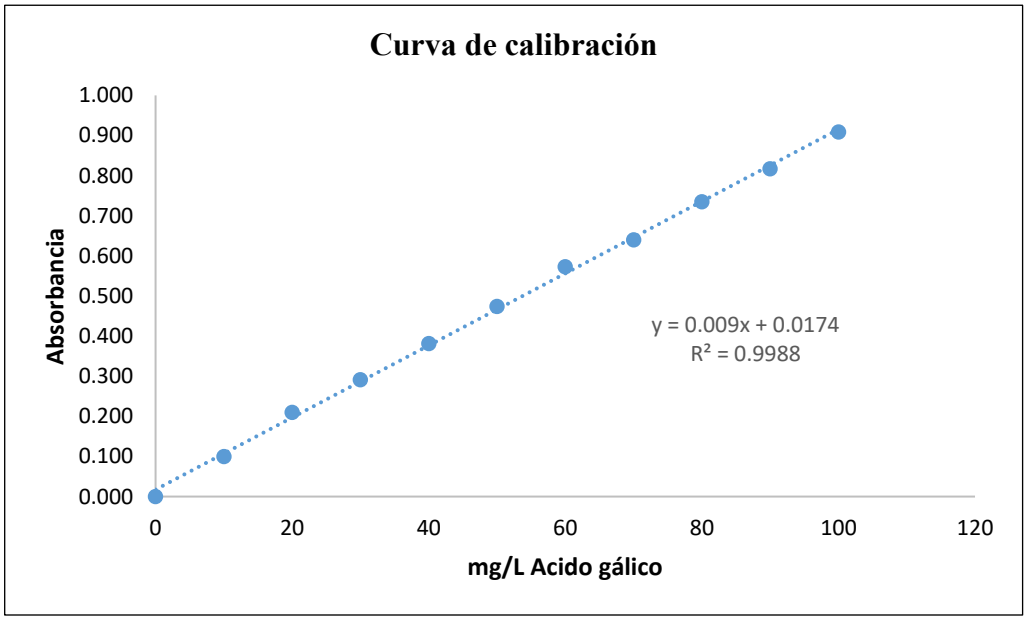


ANEXO 3: Curva de calibración de ácido gálico

Tabla 16
Curva de calibración de ácido gálico

Curva de calibración	
x [mg/L] Acido gálico	y Absorbancia
0	0.000
10	0.100
20	0.210
30	0.291
40	0.381
50	0.474
60	0.573
70	0.640
80	0.735
90	0.817
100	0.909

Figura 34
Gráfico de la curva de calibración de ácido gálico



ANEXO 4: Análisis estadístico de datos

A. Altura de la planta

Tabla 17
Prueba de Normalidad para la altura de la planta

	Shapiro-Wilk			
	Tratamientos	**Estadísticos**	**gl**	**p-valor**
Data: Altura de la planta	Control	0.94289	3	0.672
	trt1 (1 1ug L^{-1})	0.87308	3	0.3099
	trt2 (10 1ug L^{-1})	0.79361	3	0.09124
	trt3 (100 1ug L^{-1})	0.91409	3	0.5044

Nota. Si el p-valor es mayor al alfa (0.05), entonces los datos siguen una distribución normal

Tabla 18
Prueba de homocedasticidad de varianzas para la altura de la planta

Data: Altura de la planta			
(Estadísticos de Levene)	**gl1**	**gl2**	**p-valor**
1.2971	3	12	0.3204

Nota. Si el p-valor es mayor al alfa (0.05), entonces los datos cumplen con el supuesto de homogeneidad de varianzas.

Tabla 19
ANOVA de 1 factor para el efecto de Azitromicina sobre la altura de la planta

Altura de la planta					
Fuente de Variación	**gl**	**Suma de cuadrados**	**Media cuadrática**	**F**	**p-valor**
Tratamientos	3	717.6875	239.229167	0.6910393	0.57484093
Error	12	4154.25	346.1875		
Total	15	4871.9375			

Nota. Si el p-valor es menor al alfa (0.05), entonces al menos uno de tratamientos es diferente

B. Peso de la panoja

Tabla 20

Prueba de Normalidad para la altura de la planta

		Shapiro-Wilk		
	Tratamientos	**Estadísticos**	**gl**	**p-valor**
Data: peso de la panoja	Control	0.97319	3	0.8611
	trt1 (1 1ug L^{-1})	0.9453	3	0.6869
	trt2 (10 1ug L^{-1})	0.84888	3	0.2226
	trt3 (100 1ug L^{-1})	0.9791	3	0.8967

Nota. Si el p-valor es mayor al alfa (0.05), entonces los datos siguen una distribución normal

Tabla 21

Prueba de homocedasticidad de varianzas para el peso de la panoja

Data: Peso de la panoja				
(Estadísticos de Levene)			**gl1**	**gl2**	**p-valor**
1.9615	3	12	0.1737	

Nota. Si el p-valor es mayor al alfa (0.05), entonces los datos cumplen con el supuesto de homogeneidad de varianzas.

Tabla 22

ANOVA de 1 factor para el efecto de Azitromicina sobre el peso de la panoja

Peso de la panoja					
Fuente de Variación	**gl**	**Suma de cuadrados**	**Media cuadrática**	**F**	**p-valor**
Tratamientos	3	31.199	10.400	19.68	0.0000631
Error	12	6.343	0.529		
Total	15	37.542			

Nota. Si el p-valor es menor al alfa (0.05), entonces al menos uno de tratamientos es diferente.

Tabla 23
Grupos homogéneos del peso de la panoja

Tratamientos	N	Media	Grupos homogéneos
control	4	7.20225	a
trt1 (1 1ug L^{-1})	4	4.84325	b
trt2 (10 1ug L^{-1})	4	4.43875	bc
trt3 (100 1ug L^{-1})	4	3.38300	c

Tabla 24
Prueba de contraste para el peso de la panoja

Contraste	Diferencia	p-valor
trt1-crt	-2.35900	0.0030126 *
trt2-crt	-2.76350	0.0008277 *
trt3-crt	-3.81925	0.0000410 *
trt2-trt1	-0.40450	0.8590200
trt3-trt1	-1.46025	0.0623473
trt3-trt2	-1.05575	0.2228008

Nota. * indica una diferencia significativa

C. Peso del tallo

Tabla 25
Prueba de Normalidad para el peso del tallo

	Shapiro-Wilk			
	Tratamientos	**Estadísticos**	**gl**	**p-valor**
Data: Peso del tallo	Control	0.97319	3	0.8611
	trt1 (1 1ug L^{-1})	0.9453	3	0.6869
	trt2 (10 1ug L^{-1})	0.84888	3	0.2226
	trt3 (100 1ug L^{-1})	0.9791	3	0.8967

Nota. Si el p-valor es mayor al alfa (0.05), entonces los datos siguen una distribución normal

Tabla 26
Prueba de homocedasticidad de varianzas para el peso del tallo

Data: Peso del tallo			
(Estadísticos de Levene)	**gl1**	**gl2**	**p-valor**
0.7273	3	12	0.5551

Nota. Si el p-valor es mayor al alfa (0.05), entonces los datos cumplen con el supuesto de homogeneidad de varianzas.

Tabla 27
ANOVA de 1 factor para el efecto de Azitromicina sobre el peso del tallo

Peso del tallo					
Fuente de Variación	**gl**	**Suma de cuadrados**	**Media cuadrática**	**F**	**p-valor**
Tratamientos	3	753.6	251.19	5.03	0.0174
Error	12	599.3	49.94		
Total	15	1352.9			

Nota. Si el p-valor es menor al alfa (0.05), entonces al menos uno de tratamientos es diferente

Tabla 28
Grupos homogéneos del peso del tallo

Tratamientos	N	Media	Grupos homogéneos
control	4	62.63675	ab
trt1 (1 1ug L^{-1})	4	71.73175	a
trt2 (10 1ug L^{-1})	4	67.16075	ab
trt3 (100 1ug L^{-1})	4	53.17500	b

Tabla 29
Prueba de contraste para el peso del tallo

Contraste	Diferencia	p-valor
trt1-crt	9.09500	0.3112108
trt2-crt	4.52400	0.8023918
trt3-crt	-9.46175	0.2810383
trt2-trt1	-4.57100	0.7975853
trt3-trt1	-18.55675	0.0136170 *
trt3-trt2	-13.98575	0.0669487

Nota. * indica una diferencia significativa

D. Peso de la hoja

Tabla 30
Prueba de Normalidad para el peso de la hoja

	Shapiro-Wilk			
	Tratamientos	**Estadísticos**	**gl**	**p-valor**
Data: Peso de la hoja	Control	0.97319	3	0.8611
	trt1 (1 1ug L^{-1})	0.9453	3	0.6869
	trt2 (10 1ug L^{-1})	0.84888	3	0.2226
	trt3 (100 1ug L^{-1})	0.9791	3	0.8967

Nota. Si el p-valor es mayor al alfa (0.05), entonces los datos siguen una distribución normal

Tabla 31

Prueba de homocedasticidad de varianzas para el peso de la hoja

Data: Peso de la hoja			
(Estadísticos de Levene)	**gl1**	**gl2**	**p-valor**
0.2869	3	12	0.834

Nota. Si el p-valor es mayor al alfa (0.05), entonces los datos cumplen con el supuesto de homogeneidad de varianzas.

Tabla 32

ANOVA de 1 factor para el efecto de Azitromicina sobre el peso de la hoja

Peso de la hoja					
Fuente de Variación	**gl**	**Suma de cuadrados**	**Media cuadrática**	**F**	**p-valor**
Tratamientos	3	518.4	172.82	4.374	0.0267
Error	12	474.1	39.51		
Total	15				

Nota. Si el p-valor es menor al alfa (0.05), entonces al menos uno de tratamientos es diferente

Tabla 33

Grupos homogéneos del peso de las hojas

Tratamientos	**N**	**Media**	**Grupos homogéneos**
control	4	36.14875	b
trt1 (1 1ug L^{-1})	4	50.30625	a
trt2 (10 1ug L^{-1})	4	45.32450	ab
trt3 (100 1ug L^{-1})	4	37.98650	ab

Tabla 34

Prueba de contraste para el peso de la hoja

Contraste	**Diferencia**	**p-valor**
trt1-crt	14.15750	0.0343331 *
trt2-crt	9.17575	0.2192206
trt3-crt	1.83775	0.9751038
trt2-trt1	-4.98175	0.6842479
trt3-trt1	-12.31975	0.0700788
trt3-trt2	-7.33800	0.3889147

Nota. *indica una diferencia significativa

E. Longitud de la raíz

Tabla 35

Prueba de Normalidad para la longitud de la raíz

		Shapiro-Wilk		
	Tratamientos	**Estadísticos**	**gl**	**p-valor**
Data: Longitud de la raíz	Control	0.97319	3	0.8611
	trt1 (1 1ug L^{-1})	0.9453	3	0.6869
	trt2 (10 1ug L^{-1})	0.84888	3	0.2226
	trt3 (100 1ug L^{-1})	0.9791	3	0.8967

Nota. Si el p-valor es mayor al alfa (0.05), entonces los datos siguen una distribución normal

Tabla 36

Prueba de homocedasticidad de varianzas para la longitud de la raíz

Data: Longitud de la raíz			
(Estadísticos de Levene)	**gl1**	**gl2**	**p-valor**
0.6381	3	12	0.6048

Nota. Si el p-valor es mayor al alfa (0.05), entonces los datos cumplen con el supuesto de homogeneidad de varianzas.

Tabla 37

ANOVA de 1 factor para el efecto de Azitromicina sobre la longitud de la raíz

Longitud de la raíz					
Fuente de Variación	**gl**	**Suma de cuadrados**	**Media cuadrática**	**F**	**p-valor**
Tratamientos	3	195	64.9	0.243	0.865
Error	12	3208	267.3		
Total	15	3403			

Nota. Si el p-valor es menor al alfa (0.05), entonces al menos uno de tratamientos es diferente

F. Peso de la biomasa radicular

Tabla 38

Prueba de Normalidad para el peso de la biomasa radicular

		Shapiro-Wilk		
	Tratamientos	**Estadísticos**	**gl**	**p-valor**
Data: Peso de la biomasa radicular	Control	0.84633	3	0.2145
	trt1 (1 1ug L^{-1})	0.89762	3	0.4193
	trt2 (10 1ug L^{-1})	0.92996	3	0.5942
	trt3 (100 1ug L^{-1})	0.97658	3	0.8817

Nota. Si el p-valor es mayor al alfa (0.05), entonces los datos siguen una distribución normal

Tabla 39

Prueba de homocedasticidad de varianzas para el peso de la biomasa radicular

Data: Peso de la biomasa radicular			
(Estadísticos de Levene)	**gl1**	**gl2**	**p-valor**
1.3756	3	12	0.2974

Nota. Si el p-valor es mayor al alfa (0.05), entonces los datos cumplen con el supuesto de homogeneidad de varianzas.

Tabla 40

ANOVA de 1 factor para el efecto de Azitromicina sobre el peso de la biomasa radicular

Peso de la biomasa radicular					
Fuente de Variación	**gl**	**Suma de cuadrados**	**Media cuadrática**	**F**	**p-valor**
Tratamientos	3	84.03	28.009	2.876	0.0803
Error	12	116.85	9.738		
Total	15	200.88			

Nota. Si el p-valor es menor al alfa (0.05), entonces al menos uno de tratamientos es diferente

G. Peso de la mazorca

Tabla 41

Prueba de Normalidad para el peso de la mazorca

Shapiro-Wilk				
	Tratamientos	**Estadísticos**	**gl**	**p-valor**
Data: Peso de la mazorca	Control	0.95262	3	0.7325
	trt1 (1 1ug L^{-1})	0.99905	3	0.9973
	trt2 (10 1ug L^{-1})	0.96236	3	0.7937
	trt3 (100 1ug L^{-1})	0.9466	3	0.695

Nota. Si el p-valor es mayor al alfa (0.05), entonces los datos siguen una distribución normal

Tabla 42

Prueba de homocedasticidad de varianzas para el peso de la mazorca

Data: Peso de la mazorca			
(Estadísticos de Levene)	**gl1**	**gl2**	**p-valor**
0.3727	3	12	0.7742

Nota. Si el p-valor es mayor al alfa (0.05), entonces los datos cumplen con el supuesto de homogeneidad de varianzas.

Tabla 43
ANOVA de 1 factor para el efecto de Azitromicina sobre el peso de la mazorca

Peso de la mazorca					
Fuente de Variación	**gl**	**Suma de cuadrados**	**Media cuadrática**	**F**	**p-valor**
Tratamientos	3	63.5	21.16	0.089	0.965
Error	12	2867.3	238.94		
Total	15	2930.8			

Nota. Si el p-valor es menor al alfa (0.05), entonces al menos uno de tratamientos es diferente

H. Compuestos fenólicos totales

Tabla 44
Prueba de Normalidad para la concentración de compuestos fenólicos totales

Shapiro-Wilk				
	Tratamientos	**Estadísticos**	**gl**	**p-valor**
Data: Compuestos fenólicos totales	Control	0.99615	2	0.8814
	trt1 (1 1ug L^{-1})	0.97447	2	0.6935
	trt2 (10 1ug L^{-1})	0.96613	2	0.6465
	trt3 (100 1ug L^{-1})	0.98139	2	0.7386

Nota. Si el p-valor es mayor al alfa (0.05), entonces los datos siguen una distribución normal

Tabla 45
Prueba de homocedasticidad de varianzas para la concentración de compuestos fenólicos totales

Data: Compuestos fenólicos totales			
(Estadísticos de Levene)	**gl1**	**gl2**	**p-valor**
0.2475	3	8	0.8609

Nota. Si el p-valor es mayor al alfa (0.05), entonces los datos cumplen con el supuesto de homogeneidad de varianzas.

Tabla 46
ANOVA de 1 factor para el efecto de AZM sobre la concentración de compuestos fenólicos totales

Compuestos fenólicos totales					
Fuente de Variación	**gl**	**Suma de cuadrados**	**Media cuadrática**	**F**	**p-valor**
Tratamientos	3	1361.8	453.9	11.45	0.00289
Error	8	317.2	39.6		
Total	11	1679			

Nota. Si el p-valor es menor al alfa (0.05), entonces al menos uno de tratamientos es diferente

Tabla 47
Grupos homogéneos de la concentración de compuestos fenólicos totales

Tratamientos	**N**	**Media**	**Grupos homogéneos**
control	3	31.35159	b
trt1 (1 1ug L^{-1})	3	43.80026	ab
trt2 (10 1ug L^{-1})	3	57.70585	a
trt3 (100 1ug L^{-1})	3	32.37950	b

Tabla 48
Prueba de contraste para la concentración de compuestos fenólicos totales

Contraste	**Diferencia**	**p-valor**
trt1-crt	12.448667	0.1499074
trt2-crt	26.354258	0.0039695 *
trt3-crt	1.027906	0.9969332
trt2-trt1	13.905591	0.1009066
trt3-trt1	-11.420761	0.1970137
trt3-trt2	-25.326352	0.0050618*

Nota. * indica una diferencia significativa

I. Antocianinas totales

Tabla 49

Prueba de Normalidad para la concentración de antocianinas totales

		Shapiro-Wilk		
	Tratamientos	**Estadísticos**	**gl**	**p-valor**
Data: Antocianinas totales	Control	0.85793	2	0.2619
	trt1 (1 1ug L^{-1})	0.98232	2	0.7453
	trt2 (10 1ug L^{-1})	0.87508	2	0.3101
	trt3 (100 1ug L^{-1})	0.94636	2	0.5536

Nota. Si el p-valor es mayor al alfa (0.05), entonces los datos siguen una distribución normal

Tabla 50

Prueba de homocedasticidad de varianzas para la concentración de antocianinas totales

Data: Antocianinas totales			
(Estadísticos de Levene)	**gl1**	**gl2**	**p-valor**
0.502	3	8	0.6914

Nota. Si el p-valor es mayor al alfa (0.05), entonces los datos cumplen con el supuesto de homogeneidad de varianzas.

Tabla 51

ANOVA de 1 factor para el efecto de AZM sobre la concentración de Antocianinas totales

Antocianinas totales					
Fuente de Variación	**gl**	**Suma de cuadrados**	**Media cuadrática**	**F**	**p-valor**
Tratamientos	3	409.3	136.42	7.928	0.00882
Error	8	137.7	17.21		
Total	11	547			

Nota. Si el p-valor es menor al alfa (0.05), entonces al menos uno de tratamientos es diferente

Tabla 52
Grupos homogéneos de la concentración de antocianinas totales

Tratamientos	N	Media	Grupos homogéneos
control	3	15.62295	b
trt1 (1 1ug L^{-1})	3	23.89790	ab
trt2 (10 1ug L^{-1})	3	27.95391	a
trt3 (100 1ug L^{-1})	3	13.74101	b

Tabla 53
Prueba de contraste para la concentración de antocianinas totales

Contraste	Diferencia	p-valor
trt1-crt	8.274942	0.1454648
trt2-crt	12.330955	0.0271463 *
trt3-crt	-1.881945	0.9423973
trt2-trt1	4.056013	0.6450357
trt3-trt1	-10.156887	0.0666332
trt3-trt2	-14.212900	0.0128284 *

Nota. *indica una diferencia significativa

ANEXO 5: Resultados obtenidos

Tabla 54
Resultados obtenidos para el efecto de Azitromicina sobre el maíz morado

Tratamiento	Altura de la planta		Longitud de la raíz		Peso seco de la biomasa radicular		Peso de la panoja	
	$\bar{X}$	DE	$\bar{X}$	DE	$\bar{X}$	DE	$\bar{X}$	DE
0 µ/L	209^{a}	±20.42	79.8^{a}	±13.72	21.7^{a}	±11.29	7.2^{a}	±0.76
1 µ/L	199^{a}	±21.74	85.5^{a}	±13.17	16.4^{b}	±9.13	4.8^{b}	±0.52
10 µ/L	215^{a}	±21	76.5^{a}	±23.18	18.15^{ab}	±19.63	4.2^{bc}	±1.22
100 µ/L	200^{a}	±7.54	77.5^{a}	±13.02	21.7^{a}	±19.53	3.38^{c}	±0.54

Tratamiento	Peso del tallo		Peso de las hojas		Peso de la mazorca	
	$\bar{X}$	DE	$\bar{X}$	DE	$\bar{X}$	DE
0 µ/L	62.64^{ab}	±3.35	36.15^{b}	±4.76	124.54^{a}	±16.93
1 µ/L	71.7^{a}	±8.21	50.31^{a}	±7.18	123.7^{a}	±14.33
10 µ/L	67.16^{a}	±8.66	45.32^{ab}	±7.23	126.9^{a}	±17.32
100 µ/L	53.18^{b}	±6.79	37.99^{b}	±5.61	121.33^{a}	±12.78

Tratamiento	Polifenoles		Antocianinas	
	$\bar{X}$	DE	$\bar{X}$	DE
0 µ/L	31.35^{c}	±4.38	15.62^{b}	±3.02
1 µ/L	43.80^{b}	±7.83	23.89^{a}	±4.94
10 µ/L	57.71^{a}	±7.41	27.95^{a}	±4.90
100 µ/L	32.38^{bc}	±4.81	13.74^{b}	±3.36

Donde:

$\bar{X}$: representa el promedio. DE: representa la desviación estándar. La altura de la planta y longitud de la raíz es expresada en centímetros. El peso seco de la biomasa radicular, peso de la panoja, peso del tallo y las hojas es expresado en gramos. El contenido de polifenoles es expresado como mg de ácido gálico equivalente por gramo de solido seco (mgAGE/gbs). El contenido de antocianinas es expresado como mg de cianidina-3-glucosido por gramos de solido seco.

Letras diferentes indican diferencias significativas por cada variable respuesta ($p < 0.05$)

ANEXO 6: Análisis de suelo

Labisag	UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS	Código: CCFG - 036	Versión: 01
	INFORME DE ENSAYO Nº 1568	Página .../...	

1. DATOS :

Solicitante : YOSELIN MAMANI RAMOS

Departamento : MOQUEGUA
Provincia : HILO
Distrito :

Caserío :
N. Parcela :
Cod. Muestra : 1568
Fecha : 18/10/22

2. RESULTADO DEL ANÁLISIS SOLICITADO CARACTERIZACIÓN

Número de Muestra		pH	C.E.	P	K	C	M.O	N	Análisis Mecánico			Clase textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
Lab	Muestra		(1:1)						Arena	Limo	Arcilla			Ca^{+2}	Mg^{+2}	K^{+}	Na^{+}	$Al^{+3} + H^{+}$			
		(1:1)	mS/m	ppm		%	%	%	%	%	%		meq/100g								
1568	HILO	8,07	4,92	39,09	993,01	2,29	3,94	0,20	84,0	6,0	10,0	A.Fr.	12,44	5,39	3,43	2,45	1,17	0,00	12,44	12,44	100

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso;
Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

Nota: *Cabe resaltar que la muestra tomada en campo, no fue recolectada por el personal del laboratorio.*
Los resultados presentados son válidos unicamente para la muestra ensayada, queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita de LABISAG.
Los resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS LABISAG
ING. JESUS CASCON BARRIOS
RESPONSABLE DE LABISAG

UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS - LABORATORIO DE INVESTIGACION DE SUELOS Y AGUAS - LABISAG
Tec. Elder Chichipe Vela
RESPONSABLE DEL ÁREA DE SUELOS
RESPONSABLE DEL ÁREA DE SUELOS LABISAG

Recibí Conforme:
Nombre:
DNI:
Fecha y Hora:

Firma de Conformidad

MÉTODOS SEGUIDOS EN EL ANÁLISIS DE SUELO

1. Textura de suelo: % de arena , limo y arcilla; metodo del hidrometro.
2. Salinidad: medida de la conductividad eléctrica (CE) del extracto acuoso en la relación suelo: agua 1:1 o en el extracto de la pasta de saturación(es).
3. pH: medida en el potenciómetro de la suspensión en el suelo: agua relación 1:1.
4. Materia orgánica: método de Walkley y Black, oxidación del carbono orgánico con dicromato de potasio. % M.O.=%CX1.724.
5. Fósforo disponible: método de Olsen modificado, extracción con NaHCO3=0.5M, pH 8.5.
6. Potasio disponible: extracción con acetato de amonio (CH_3-$COONH_4$)N, pH 7.0
7. Capacidad de intercambio catiónico (CIC): saturación con acetato de amonio (CH_3-$COONH_4$)N; pH 7.0)
8. Ca^{+2}, Mg^{+2}, Na^{+}, k^{+} cambiables: reemplazamiento con acetato de amonio(CH_3-$COONH_4$) N; pH 7.0 cuantificación por fotometría de emisión atómica.
9. Al^{+3}+H^{+}: método de Yuan: extracción con KCl, N.

Equivalencias:

1 ppm = 1 mg/kilogramo
1millimho (mmho/cm) = 1 deciSiemens/metro
1 miliequivalente / 100g = 1 cmol (+)/kg
Sales solubles totales (TDS) en ppm o mg/kg = 640xCEes
CE (1:1) mmho/cm x 2 = CE(es) mmho/cm

TABLA DE INTERPRETACIÓN

Salinidad

clasificación del suelo	CE(es)
*muy ligeramente salino	<2
*ligeramente salino	2 - 4
*moderadamente salino	4-8
*fuertemente salino	>8

Materia Orgánica / Fósforo disponible / Potasio disponible

Clasificación	%	ppm P	ppm K
*bajo	<2.0	<7.0	<100
*medio	2-4	7.0-14.0	100-240
*alto	>4.0	>14.0	>240

Relaciones Catiónicas

Clasificación	k/Mg	Ca/Mg
*Normal	0.2-0.3	5-9
*defc. Mg	>0.5	
*defc. K	>0.2	
*defc. Mg		>10

Reacción o pH

clasificación del suelo	pH
*fuertemente ácido	<5.5
*moderadamente ácido	5.6-6.0
*ligeramente ácido	6.1-6.5
*neutro	7.0
*ligeramente alcalino	7.1-7.8
*moderadamente alcalino	7.9-8.4
*fuertemente alcalino	>8.5

CLASES TEXTURALES

A	= arena	Fr.Ar.A	= franco arcillo arenoso
A.Fr	= arena franca	Fr.Ar	= franco arcilloso
Fr.A	= franco arenoso	Fr.Ar.L	= franco arcillo limoso
Fr.	= franco	Ar.A	= arcillo arenoso
Fr.L.	= franco limoso	Ar.L	= arcillo limoso
L	= limoso	Ar.	= arcilloso

Distribución de cationes %

Ca^{+2}	=	60-75
Mg^{+2}	=	15-20
K^{+}	=	3-7
Na^{+}	=	<15

FORMATO DE AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UNAM

Formulario de autorización para la publicación electrónica en la página web del Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Moquegua, de conformidad con la Ley N° 30035 Ley que regula el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto y Resolución de Comisión Organizadora N° 041-2022-UNAM que aprueba el Reglamento que regula el Repositorio Institucional Digital de la UNAM.

1. DATOS DEL AUTOR

Nombres y Apellidos	: YOSELIN MAMANI RAMOS
DNI/Carnet de Extranjería/Pasaporte N°	: 71752503
Correo electrónico	: yosi2000mr@gmail.com
Teléfono/Celular	: 944150228

2. GRADO, TITULO O ESPECIALIZACIÓN (Marque con una X)

Bachiller	Título Profesional	Magister	Doctor	Segunda Especialidad
	X			

3. TIPO DE PUBLICACIÓN (Marque con una X)

a) Articulo ( )
b) Tesis de pregrado (X)
c) Tesis de Maestría ( )
d) Tesis de Doctorado ( )
e) Monografía ( )
f) Reporte de caso científico o hallazgos ( )
g) Libro ( )
h) Parte de un libro ( )
i) Revisión ( )
j) Conferencia ( )
k) Presentación ( )
l) Artículo preliminar ( )
m) Articulo antes de ser publicado ( )
n) Artículo de prensa ( )
o) Documentos internos ( )
p) Imagen ( )
q) Documentos técnicos ( )
r) Ponencias presentadas en eventos científicos (Jornada, Congreso, Simposio Conferencias, etc.) ( )
s) Informes de suficiencia profesional ( )
t) Patentes producidas por académicos/as ( )

4. TIPO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (Marque con una X)

a) Tesis (x)
b) Trabajo de Investigación ( )
c) Trabajo de suficiencia profesional ( )
d) Trabajo académico ( )

5. DATOS DE LA PUBLICACION

a) Título : EFECTO DE LA PRESENCIA DE RESIDUOS DE AZITROMICINA EN EL AGUA DE RIEGO SOBRE EL CULTIVO DE MAÍZ MORADO (Zea mays L.) EN LA PROVINCIA DE ILO DURANTE EL PERIODO 2022
b) Campo del conocimiento OCDE (Indicar el código de clasificación OCDE de la obra : https://catalogos.concytec.gob.pe/vocabulario/ocde_ford.html) : 1.05.08
c) Fecha de publicación : 2024

6. DATOS DEL ASESOR:

a) Nombres y Apellidos : FRANZ ZIRENA VILCA
b) DNI/Pasaporte/Cédula : 01341834
c) ORCID : 0000-0002-4534-0733

FIRMA :

DOCUMENTO DE IDENTIDAD : 71752503
NOMBRES Y APELLIDOS : YOSELIN MAMANI RAMOS

LICENCIAS

Licencia Estándar

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional Digital de la UNAM.

Con la autorización de depósito da mi trabajo de investigación, otorgo a la Universidad Nacional de Moquegua, una Licencia No Exclusiva para reproducir. distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi trabajo de investigación (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios provistos por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Institucional Digital de la UNAM, Colección de Tesis, entre otros, en el Perú y en el extranjero, por el tiempo y veces que considere necesarias, y libre de remuneraciones.

En virtud de dicha Licencia, la UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA, podrá reproducir mi trabajo de investigación en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con los propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que el trabajo de investigación es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, o coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicho trabajo de investigación no infringe derechos de autor de terceras personas.

La UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA consignara el nombre del/los autor/es del trabajo de investigación, y no le hará ninguna modificación más de la permitida en la presente licencia.

Autorizo el depósito (marque con una X).

(X) **SI autorizo que se deposite inmediatamente.**

FIRMA : .....

DOCUMENTO DE IDENTIDAD : 71752503

NOMBRES Y APELLIDOS : YOSELIN MAMANI RAMOS

FECHA : 30/ 05/ 2024



DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN / TESIS / TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Yo, YOSELIN MAMANI RAMOS,
bachiller de la Escuela Profesional de: INGENIERIA AMBIENTAL
,
de la Universidad Nacional de Moquegua, identificado(a) con DNI Nº 71752503, autor(a) del Trabajo de Investigación / Tesis / Trabajo de suficiencia profesional, denominado:
EFECTO DE LA PRESENCIA DE RESIDUOS DE AZITROMICINA EN EL AGUA DE RIEGO SOBRE EL CULTIVO DE MAÍZ MORADO (Zea mays L.) EN LA PROVINCIA DE ILO DURANTE EL PERIODO 2022

Declaro bajo juramento que:

1. El trabajo de investigación es auténtico, siendo resultado de mi trabajo personal, que no se ha copiado, que no se ha utilizado ideas, formulaciones, citas integrales e ilustraciones diversas, sacadas de cualquier tesis, obra, artículo, memoria, etc., (en versión digital o impresa), sin mencionar de forma clara y exacta su origen o autor, tanto en el cuerpo del texto, figuras, cuadros, tablas u otros que tengan derechos de autor. Por tanto, el trabajo de investigación no ha sido plagiado total ni parcialmente.
2. El trabajo de investigación no ha sido autoplagiada, es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
3. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presentan en el trabajo de investigación constituirán aporte a la realidad investigada.

Soy consciente de que, el hecho de no respetar los derechos de autor y hacer plagio, es objeto de sanciones universitarias y/o legales, por lo que asumo cualquier responsabilidad que pudiera derivarse de irregularidades en el trabajo de investigación, así como de los derechos sobre la obra presentada.

Moquegua, 30/05/2024



Huella digital

Nombres y Apellidos: YOSELIN MAMANI RAMOS
DNI: 71752503

Document Information

Analyzed document	INFORME FINAL_YOSELIN MAMANI RAMOS (1) (1).pdf (D176689346)
Submitted	2023-10-23 20:39:00
Submitted by	franz
Submitter email	fzirenav@unam.edu.pe
Similarity	0%
Analysis address	fzirenav.unampe@analysis.urkund.com

Sources included in the report

Entire Document

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL
EFECTO DE LA PRESENCIA DE RESIDUOS DE AZITROMICINA EN EL AGUA DE RIEGO SOBRE EL CULTIVO DE MAÍZ MORADO (Zea mays L.) EN LA PROVINCIA DE ILO DURANTE EL PERIODO 2022 PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
PRESENTADO POR: YOSELIN MAMANI RAMOS ASESOR: FRANZ ZIRENA VILCA CO-ASESOR Dr. NILS LEANDER HUAMAN CASTILLA
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE: INGENIERO AMBIENTAL ILO – PERU 2023
2 RESUMEN El presente estudio evaluó el impacto del uso de agua de riego contaminada con residuos de Azitromicina (AZM) sobre la biomasa del maíz morado; para ello, las plantas se cultivaron en condiciones ambientales, el sustrato empleado consistió en suelo proveniente de las lomas de Ilo, que fue previamente mezclado con compost en una proporción de 1:1 (v/v). El experimento se realizó en las instalaciones de la Universidad Nacional de Moquegua – Filial Ilo y se sometieron a cuatro tratamientos diferentes, cada uno con 4 repeticiones. Estos tratamientos incluyeron concentraciones de 0 (agua destilada/control), 1, 10 y 100 µg L -1 de AZM. Los resultados evidencian que la presencia de Azitromicina en el agua de riego en dosis de 1 y 10 µg L -1 , incrementan el peso de la biomasa aérea seca, mientras a dosis mayores (100 µg L -1) disminuye; en cuanto a la concentración de compuestos fenólicos totales, se registró un incremento del 39.7 y 84% respectivamente a las dosis de 1 y 10 µg L -1 . Este mismo comportamiento se aprecia en cuanto a la concentración de antocianinas, lo cual se evidencia el incremento en un 48.6% y 77.64% a dosis de 1, 10 µg L -1 respectivamente; no obstante, expuesta a 100 µg L -1 disminuye en un 13.6%. Por otro lado, la altura de la planta, la longitud de la raíz, el peso seco de la biomasa radicular y peso seco de la mazorca
no se vieron afectados significantemente por la presencia de AZM en el agua de riego. Palabra clave: Biomasa, Azitromicina, metabolitos secundarios, maíz morado

Firmado digitalmente por ZIRENA VILCA Franz FAU 20449347448 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 23.10.2023 13:52:26 -05:00

DECENIO DE LA IGUALDAD DE OPORTUNIDADES PARA MUJERES Y HOMBRES
"AÑO DEL BICENTENARIO, DE LA CONSOLIDACIÓN DE NUESTRA INDEPENDENCIA, Y DE LA CONMEMORACIÓN DE LAS HEROICAS BATALLAS DE JUNÍN Y AYACUCHO"

RESOLUCIÓN DE COMISIÓN ORGANIZADORA Nº 482-2024-UNAM/CO

Moquegua, 17 de julio de 2024

LA COMISIÓN ORGANIZADORA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

VISTOS:

El Acuerdo de Sesión Ordinaria de Comisión Organizadora de fecha 17 de julio de 2024; PROVEÍDO N° 10266-2024 de fecha 16 de julio de 2024 emitido por la Presidencia de la Comisión Organizadora; INFORME N° 391-2024-UNAM-CO-P/SG de fecha de recepción 16 de julio de 2024 emitido por Secretaria General; CARTA Nº 113-2024-GYT/UNAM-PCAS de fecha 12 de julio de 2024 emitido por el Especialista del Área de Grados y Títulos; Sobre el otorgamiento del Título Profesional de Ingeniero Ambiental y demás documentos que escoltan el expediente administrativo, y;

CONSIDERANDO:

Que, la Constitución Política del Perú en su artículo 18º prevé que cada Universidad es autónoma en su régimen normativo, de gobierno, académico, administrativo y económico, y el artículo 8º de la Ley Nº 30220, Ley Universitaria, establece que la referida autonomía inherente a las Universidades, se ejerce de conformidad con la Constitución y las Leyes de la República e implica las organizaciones de su sistema académico, económico y administrativo, así como la administración de sus bienes y rentas, elaborar su presupuesto y aplicar sus fondos con la responsabilidad que impone la Ley;

Que, de conformidad con la Ley N° 28520 de fecha 23/05/2005, se creó la Universidad Nacional de Moquegua, cuyo artículo 1º dispone: "créase la Universidad Nacional de Moquegua como persona jurídica de derecho público interno, con sede en la ciudad de Moquegua, Provincia de Mariscal Nieto, Departamento de Moquegua". Asimismo, a través de la Resolución del Consejo Directivo N° 103-2017-SUNEDU/CD, el Concejo Directivo de la SUNEDU, le otorgó la Licencia Institucional a la Universidad Nacional de Moquegua; la misma que fue modificada a través de la Resolución del Consejo Directivo N° 135-2022-SUNEDU/CD;

Que, el artículo 29° de la Ley Universitaria, Ley N° 30220, establece que, aprobada la ley de creación de una universidad pública, el Ministerio de Educación (MINEDU), constituye una Comisión Organizadora integrada por tres (3) académicos de reconocido prestigio, que cumplan los mismos requisitos para ser Rector (…). Esta Comisión tiene a su cargo la aprobación del estatuto, reglamentos y documentos de gestión académica y administrativa de la universidad, formulados en los instrumentos de planeamiento, así como su conducción y dirección hasta que se constituyan los órganos de gobierno que, de acuerdo a la presente Ley, le correspondan";

Que, mediante Resolución Viceministerial Nº 011-2024-MINEDU de fecha 31/01/2024, se reconformó la Comisión Organizadora de la Universidad Nacional de Moquegua, integrada por los académicos: Dr. Jorge Lázaro Franco Medina, como Presidente; Dr. Edwin Molina Porcel, como Vicepresidente Académico y Dr. Avid Roman Gonzalez, como Vicepresidente de Investigación;

Que, el artículo 58° de la Ley Universitaria, Ley Nº 30220, concordado con el artículo 14º del Estatuto de la Universidad Nacional de Moquegua, aprobado con Resolución de Comisión Organizadora Nº 578-2021-UNAM, establecen que el **Consejo Universitario es el máximo órgano de gestión, dirección y ejecución académica y administrativa de la universidad.** En el caso de la Universidad Nacional de Moquegua, dada su condición y naturaleza, corresponde ejercer dicha atribución a la Comisión

Domicilio Fiscal: Prolongación Av., Ancash S/N - Moquegua
RUC: 20449347448 - Teléfono: (053) 670168
Página Web: www.unam.edu.pe

///... **Resolución de Comisión Organizadora Nº 482-2024-UNAM/CO**

Organizadora quien hace las veces de Consejo Universitario, disposición relacionada con la Resolución Viceministerial N° 244-2021-MINEDU y sus modificatorias;

Que, el artículo 44° de la Ley Nº 30220, Ley Universitaria, señala que las universidades otorgan los grados académicos de Bachiller, Maestro, Doctor y los Títulos Profesionales que correspondan, a nombre de la Nación (...);

Que, el numeral 45.2 del artículo 45° de la Ley Nº 30220, Ley Universitaria, precisa **los requisitos mínimos para la obtención del título profesional, como son: el grado de Bachiller y la aprobación de una tesis** o trabajo de suficiencia profesional. Asimismo, establece que el título profesional solo se puede obtener en la universidad en la cual se haya obtenido el grado de bachiller;

Que, mediante Resolución de Comisión Organizadora Nº 1153-2021-UNAM, se aprobó el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Moquegua, el mismo que fue modificado a través de las Resoluciones de Comisión Organizadora N° 410; 453 y 890-2022 y N° 880-2023-UNAM el cual establece los requisitos y norma los procedimientos para la obtención de los grados académicos y títulos profesionales conferidos por esta Casa Superior de Estudios;

Que, mediante CARTA Nº 113-2024-GYT/UNAM-PCAS, el Especialista del Área de Grados y Títulos, remite a Secretaria General, la relación de una (1) bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, quien se encuentra apta para la expedición del Título Profesional de Ingeniero Ambiental, al haber cumplido satisfactoriamente con los requisitos legales y reglamentarios[1], exigidos en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Moquegua, conforme lo señala la Dirección de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, razón por la cual la Secretaría General incluye el expediente como punto de agenda para ser tratado en Sesión de Comisión Organizadora de fecha 17 de julio de 2024;

Que, se ha establecido como atribución de la Comisión Organizadora de la UNAM, la facultad de conferir los grados académicos y los títulos profesionales (...), por lo que en mérito al pedido del Secretario General y debatido el caso en Sesión Ordinaria de fecha 17 de julio de 2024, se acordó por

---

[1] Artículo 122°. - Requisitos para la obtención del Título Profesional
Para obtener el Título Profesional el interesado deberá presentar ante su Escuela Profesional un expediente con la siguiente documentación:

a. Solicitud dirigida al Director de la Escuela Profesional o quien haga sus veces, indicando la fecha y numero de comprobante de pago.
b. Dos (2) fotografías de frente, tamaño pasaporte a color con fondo blanco (con traje formal); para garantizar la seguridad ciudadana.
c. Dos ejemplares de la Tesis, del Trabajo de Suficiencia Profesional o Informe del Examen Profesional en físico, uno para la Biblioteca y otro para la Escuela Profesional, y un CD con la versión digital.
d. Formulario de autorización del graduado para la publicación de la Tesis, Trabajo de Suficiencia Profesional o Informe de Examen Profesional en el repositorio.
e. Declaración Jurada de originalidad de la Tesis, Trabajo de Suficiencia Profesional o Informe de Examen Profesional.

La Escuela Profesional es responsable de completar el expediente del bachiller en un plazo máximo de 3 días hábiles y derivar a la Oficina de Secretaría General, adjuntando los siguientes documentos:

a. Copia del acta de sustentación indicando la modalidad de obtención del título profesional.
b. Constancia de "no adeudo" de Bienes a la Universidad, bienes a los Laboratorios Básicos y de Especialidad, material bibliográfico; dichos documentos deberán ser refrendados por los responsables a cargo.

Domicilio Fiscal: Prolongación Av., Ancash S/N - Moquegua
RUC: 20449347448 - Teléfono: (053) 670168
Página Web: www.unam.edu.pe

unanimidad **conferir a nombre de la Nación el Título Profesional de Ingeniero Ambiental por la modalidad de Sustentación de Tesis, a una (1) Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Moquegua**;

Estando en uso de las facultades y atribuciones conferidas en el artículo 18° de la Constitución Política del Perú; la Ley N° 30220, Ley Universitaria; el Documento Normativo denominado: "Disposiciones para la Constitución y Funcionamiento de las Comisiones Organizadoras de las Universidades Públicas en proceso de Constitución", aprobado mediante la Resolución Viceministerial N° 244-2021-MINEDU y sus modificatorias, y en la Resolución Viceministerial Nº 011-2024-MINEDU, así como en el Estatuto de la Universidad Nacional de Moquegua y demás normas concordantes;

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO: CONFERIR, a nombre de la Nación el **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL**, por la modalidad de Sustentación de Tesis, a la Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Nacional de Moquegua, que se consigna en el listado siguiente:

1. **YOSELIN MAMANI RAMOS**

TESIS : "EFECTO DE LA PRESENCIA DE RESIDUOS DE AZITROMICINA EN EL AGUA DE RIEGO SOBRE EL CULTIVO DE MAÍZ MORADO (Zea mays L.) EN LA PROVINCIA DE ILO DURANTE EL PERIODO 2022", cuyo Asesor fue el Dr. Franz Zirena Vilca.

ARTÍCULO SEGUNDO: AUTORIZAR, a la Secretaría General de la Universidad Nacional de Moquegua, expedir y registrar el Diploma correspondiente para su otorgamiento.

ARTÍCULO TERCERO: ENCARGAR al Área de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Moquegua, para que realice las acciones pertinentes conducentes, relacionadas con la inscripción de los grados y títulos en el Registro de Grados y Títulos de la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria - SUNEDU.

ARTÍCULO CUARTO: NOTIFICAR, la presente Resolución a todas las instancias y dependencias administrativas y académicas de la Universidad Nacional de Moquegua, para su conocimiento, cumplimiento y demás fines pertinentes.

ARTÍCULO QUINTO: ENCARGAR, a la Oficina de Tecnología de la Información, la publicación de la presente Resolución en el portal de transparencia de la Universidad Nacional de Moquegua.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE, CÚMPLASE Y ARCHÍVESE.

DR. JORGE LAZARO FRANCO MEDINA
Presidente de la Comisión Organizadora
Universidad Nacional de Moquegua

ABOG. KEVIN YUVER CHIHUAN QUISPE
Secretario General
Universidad Nacional de Moquegua

Domicilio Fiscal: Prolongación Av., Ancash S/N - Moquegua
RUC: 20449347448 - Teléfono: (053) 670168
Página Web: www.unam.edu.pe