

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS



Efecto de los microorganismos eficaces en el tratamiento de aguas residuales domésticas, y su reutilización en el crecimiento de plañones de *Cedrela odorata* L. y *Prosopis pallida* Kunth.

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Forestal y del Medio Ambiente

Bach. Leonardo Daniel Peña Benner

Tumbes, 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS



Efecto de los microorganismos eficaces en el tratamiento de aguas residuales domésticas, y su reutilización en el crecimiento de plantones de *Cedrela odorata* L. y *Prosopis pallida* Kunth.

Tesis aprobada en forma y estilo por:

Dr. Puestas Chully Miguel Antonio (presidente)

Mg. Campaña Olaya Jalmer Fidel (secretario)

Mg. Guzman Tripul Víctor Santos (vocal)

Tumbes, 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS



Efecto de los microorganismos eficaces en el tratamiento de aguas residuales domésticas, y su reutilización en el crecimiento de plantones de *Cedrela odorata* L. y *Prosopis pallida* Kunth.

Los suscritos declaramos que la tesis es original en su estilo y forma

Bach. Peña Benner Leonardo Daniel

Dr. García Seminario Ramón

Tumbes, 2024



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
EX FUNDO FISCAL LA CRUZ-CAMPUS UNIVERSITARIO
SECRETARIA ACADÉMICA



"AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Tumbes, 27 del mes de Noviembre del dos mil veintitrés, siendo las diez horas, en modalidad presencial en la Ciudad Universitaria, aula F2 Pabellón Escuela Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, se reunieron el Jurado Calificador de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Tumbes, ratificado por Resolución N° 077-2020/UNTUMBES-VRACAD-FCA-D, Dr. MIGUEL ANTONIO PUESCAS CHULLY (Presidente) Mg. JALMER FIDEL CAMPAÑA OLAYA (Secretario), Mg. VICTOR SANTOS GUZMAN TRIPUL(Vocal), reconociendo en la misma resolución además, al Dr. RAMON GARCIA SEMINARIO como asesor, e Ing. DAVID YHAIR VASQUEZ LAZO, como co-asesor, se procedió a evaluar, calificar y deliberar la sustentación de la tesis, titulada: **"Efecto de los microorganismos eficaces en el tratamiento de aguas residuales domésticas, y su reutilización en el crecimiento de plantones de *Cedrela odorata* L. y *Prosopis pallida* Kunth."**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Forestal y Medio Ambiente, presentado por el (la): **Br. LEONARDO DANIEL PEÑA BENNER**. Concluida la sustentación y absueltas las preguntas, por parte del (la) sustentante y después de la deliberación, el jurado según el artículo N° 65 del Reglamento de Tesis para Pregrado y Posgrado de la Universidad Nacional de Tumbes, declara al (a la): **Br.** con calificativo Buena.....

Se hace conocer al (a la) sustentante, que deberá levantar las observaciones finales hechas al informe final de tesis, que el jurado le indica.

En consecuencia, queda APTO para continuar con los trámites correspondientes a la obtención del título profesional de Ingeniero Forestal y Medio Ambiente, de conformidad con lo estipulado en la Ley Universitaria N° 30220, el Estatuto, Reglamento General, Reglamento General de Grados y Títulos y Reglamento de Tesis para Pregrado y Posgrado de la Universidad Nacional de Tumbes.

Siendo las once..... horas y treinta minutos del mismo día, se dio por concluida la ceremonia académica, en forma presencial, procediendo a firmar el acta en presencia del público asistente.

Tumbes, 27 de noviembre de 2023.

| | |
|--|---|
| | |
| Dr. MIGUEL ANTONIO PUESCAS CHULLY DNI N° 02660522 CODIGO ORCID 0000-0003-1979-9572 Presidente | Mg. JALMER FIDEL CAMPAÑA OLAYA DNI N° 00236469 CODIGO ORCID 0000-0002-0804-1208 Secretario |
| | |
| Mg. VICTOR SANTOS GUZMAN TRIPUL DNI N° 18090530 CODIGO ORCID 0000-0002-5304-0407 VOCAL 1 | Dr. RAMON GARCIA SEMINARIO DNI N° 03683231 CODIGO ORCID 0000-0003-0756-0935 VOCAL 2 |

Efecto de los microorganismos
eficaces en el tratamiento de
aguas residuales domésticas, y
su reutilización en el
crecimiento de plantones de
Cedrela odorata L. y *Prosopis
pallida* Kunth.

por Leonardo Daniel Peña Benner

Fecha de entrega: 31-ene-2024 11:24a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2282966373

Nombre del archivo: Informe_final_de_tesis-Leonadro_pe_a_Benner.docx (24.96M)

Total de palabras: 26312

Total de caracteres: 128725

Efecto de los microorganismos eficaces en el tratamiento de aguas residuales domésticas, y su reutilización en el crecimiento de plántulas de *Cedrela odorata* L. y *Prosopis pallida* Kunth.

INFORME DE ORIGINALIDAD

| | | | |
|---------------------|---------------------|---------------|-------------------------|
| 8% | 8% | 3% | 3% |
| INDICE DE SIMILITUD | FUENTES DE INTERNET | PUBLICACIONES | TRABAJOS DEL ESTUDIANTE |

FUENTES PRIMARIAS

| | | |
|----------|--|----------------|
| 1 | dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet | 1% |
| 2 | repositorio.unas.edu.pe Fuente de Internet | 1% |
| 3 | hdl.handle.net Fuente de Internet | 1% |
| 4 | repositorio.ujcm.edu.pe Fuente de Internet | 1% |
| 5 | dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet | < 1% |
| 6 | erp.untumbes.edu.pe Fuente de Internet | < 1% |
| 7 | Submitted to Universidad Nacional de Tumbes Trabajo del estudiante | < 1% |

www.ula.ve

| | | |
|----|--|-----|
| 8 | Fuente de Internet | <1% |
| 9 | cunori.edu.gt Fuente de Internet | <1% |
| 10 | repositorio.untumbes.edu.pe Fuente de Internet | <1% |
| 11 | repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet | <1% |
| 12 | www.rngr.net Fuente de Internet | <1% |
| 13 | repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet | <1% |
| 14 | 1library.co Fuente de Internet | <1% |
| 15 | Submitted to Universidad Santo Tomas Trabajo del estudiante | <1% |
| 16 | repositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet | <1% |
| 17 | repositorio.unac.edu.pe Fuente de Internet | <1% |
| 18 | riaa.uaem.mx Fuente de Internet | <1% |
| 19 | www.scribd.com Fuente de Internet | <1% |

| | | |
|----|---|------|
| 20 | issuu.com Fuente de Internet | < 1% |
| 21 | docplayer.es Fuente de Internet | < 1% |
| 22 | repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet | < 1% |
| 23 | renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet | < 1% |
| 24 | www.revistatyca.org.mx Fuente de Internet | < 1% |
| 25 | Submitted to CONACYT Trabajo del estudiante | < 1% |
| 26 | Submitted to Universidad Alas Peruanas Trabajo del estudiante | < 1% |
| 27 | agris.fao.org Fuente de Internet | < 1% |
| 28 | repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet | < 1% |
| 29 | repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet | < 1% |
| 30 | Rose Adeline Callata Chura, Nancy Tania Manani Ccama, Richard Davis Chavez Molina, Juan Eduardo Vigo Rivera. "Depuración de aguas residuales domésticas con | < 1% |

Microorganismos Eficientes en condiciones altiplánicas en sistema mixto (anaerobio-aeróbico)", UNACIENCIA, 2021

Publicación

| | | |
|-----------|--|-----|
| 31 | repositorio.uap.edu.pe Fuente de Internet | <1% |
| 32 | up-rid.up.ac.pa Fuente de Internet | <1% |
| 33 | www.saber.ula.ve Fuente de Internet | <1% |
| 34 | FC INGENIERIA Y SERVICIOS AMBIENTALES SOCIEDAD ANONIMA CERRADA. "PAMA para la Planta Industrial de Transformación, Industrialización y Comercialización de Palma Aceitera y sus Derivados-IGA0010033", R.D. N°428-2017-PRODUCE/DVMYPE-I/DGAAMI, 2020 Publicación | <1% |
| 35 | de.scribd.com Fuente de Internet | <1% |
| 36 | repositorio.ana.gob.pe Fuente de Internet | <1% |
| 37 | repositorio.upeu.edu.pe Fuente de Internet | <1% |
| 38 | tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet | <1% |

| | | |
|----|--|-----|
| 39 | diu.unheval.edu.pe Fuente de Internet | <1% |
| 40 | repositorio.serfor.gob.pe Fuente de Internet | <1% |
| 41 | repositorio.unesum.edu.ec Fuente de Internet | <1% |
| 42 | repositoriodspace.unipamplona.edu.co Fuente de Internet | <1% |

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 15 words

Excluir bibliografía

Activo

Dr. Ramón García Seminario

DEDICATORIA

Esta tesis de investigación está dedicada en primer lugar a Dios por sus bendiciones recibidas, y por permitirme terminar mis estudios logrando mis metas propuestas.

A mi padre, madre y docentes, quienes constantemente me aconsejaron, y que pusieron su confianza en mí para poder completar mis metas trazadas en la vida.

A mis hermanos, hermana y a todas aquellas personas con las cuales forjé una bella amistad durante mi formación profesional quienes con sus consejos y constante ayuda pude terminar con éxito la carrera de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi profundo agradecimiento al Señor Dios Todopoderoso por cuidar siempre de mi vida y la de mi familia. A mis amados padres Vicente Peña Alonzo y Luz Marina Benner de Lama, quienes, gracias a sus constantes sacrificios, consejos y sobre todo con paciencia que supieron brindarme pude culminar mi carrera profesional.

También estoy muy agradecido con mis queridos hermanos Jhon, Albert y Katherin, que gracias a sus apoyos y consejos pude terminar con la meta que me propuse en la vida.

A la Universidad Nacional de Tumbes, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, a los docentes y personal administrativo en general quienes de manera constante me enseñaron, aconsejaron y ayudaron en todo lo necesario para poder culminar mi carrera profesional.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO

| | |
|--|------|
| DEDICATORIA..... | xi |
| AGRADECIMIENTO..... | xii |
| RESUMEN | xxi |
| ABSTRACT | xxii |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 23 |
| I. REVISIÓN DE LA LITERATURA | 25 |
| 2.1. Generalidades del cedro | 25 |
| 2.1.1. Taxonomía..... | 26 |
| 2.1.2. Descripción botánica | 26 |
| 2.1.3. Habitación | 28 |
| 2.1.4. Suelo | 28 |
| 2.1.5. Usos | 29 |
| 2.1.6. Fenología..... | 29 |
| 2.2. Generalidades del Algarrobo..... | 29 |
| 2.2.1. Taxonomía..... | 30 |
| 2.2.2. Descripción botánica | 31 |
| 2.2.3. Habitación | 32 |
| 2.2.4. Suelo | 32 |
| 2.2.5. Usos | 33 |
| 2.2.6. Fenología..... | 33 |
| 2.3. Aguas residuales domésticas (ARD)..... | 33 |
| 2.4. Plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas (PTAR)..... | 34 |
| 2.5. Tratamiento biológico de aguas residuales domésticas | 35 |
| 2.6. Microorganismos eficientes (EM) | 35 |
| 2.6.1. Beneficios del uso de los EM..... | 35 |
| 2.6.2. Principales especies de microorganismos eficientes..... | 36 |
| 2.6.3. Activación de los EM | 37 |

| | |
|---|----|
| 2.7. Importancia de los microorganismos eficaces en las plantas y en los tratamientos de aguas residuales domésticas..... | 38 |
| 2.8. Estándares de calidad ambiental (ECA) del agua | 38 |
| 2.9. Parámetros de los ECA para el agua utilizada para agua potable o para riego de vegetales. | 43 |
| 2.10. Solución nutritiva (SN)..... | 45 |
| 3.10. Antecedentes experimentales | 48 |
| 3. MATERIALES Y MÉTODOS..... | 53 |
| 3.1. Diseño de la investigación | 53 |
| 3.2. Lugar de ejecución | 53 |
| 3.3. Lugar de procedencia del material de estudio | 54 |
| 3.4. Materiales, insumos, herramientas y equipos..... | 55 |
| 3.5. Conducción del experimento | 56 |
| 3.5.1. Efecto de los Microorganismos Eficaces Activados (EMA) en el tratamiento del agua residual doméstica | 57 |
| 3.5.2. Efecto del agua residual doméstica tratada con EMA en el crecimiento de plántones de cedro (<i>Cedrela odorata</i> L.) y algarrobo (<i>Prosopis pallida</i> Kunth.)..... | 58 |
| 3.5.3. Análisis de datos..... | 60 |
| 4. RESULTADOS | 61 |
| 4.1. Efectos de los Microorganismos Eficaces Activados (EMA) en el tratamiento del agua residual doméstica..... | 61 |
| 4.1.1. Parámetros físico-químicos | 61 |
| 4.1.2. Parámetros microbiológicos..... | 66 |
| 4.2. Efecto del agua residual doméstica tratada con EMA en el crecimiento de plántones de <i>Cedrela odorata</i> L. y <i>Prosopis pallida</i> Kunth. | 66 |
| 4.2.1. Porcentaje de germinación | 66 |
| 4.2.2. Altura de planta..... | 67 |
| 4.2.3. Número de hojas | 70 |
| 4.2.4. Diámetro de tallo..... | 72 |

| | |
|--|----|
| 4.3. Efecto del agua residual doméstica tratada con EMA, complementada con solución nutritiva en el crecimiento de plantones de <i>Cedrela odorata</i> L. y <i>Prosopis pallida</i> Kunth..... | 75 |
| 4.3.1. Altura de planta..... | 75 |
| 4.3.2. Número de hojas | 77 |
| 4.3.3. Diámetro de tallo..... | 79 |
| 4.3.4. Longitud de raíz..... | 81 |
| 5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS..... | 84 |
| 6. CONCLUSIONES..... | 87 |
| 7. RECOMENDACIONES..... | 88 |
| 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 89 |
| 9. ANEXOS..... | 98 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Contaminantes que forman parte de las aguas residuales domésticas. | 34 |
| Tabla 2: Estándares de calidad de agua potable y agua para riego de vegetales. | 44 |
| Tabla 3: Principales características de los elementos minerales esenciales. | 46 |
| Tabla 4: Síntomas de deficiencia elementos minerales en vegetales..... | 47 |
| Tabla 5: Concentraciones óptimas de los 13 elementos esenciales para especies maderables..... | 48 |
| Tabla 6: Factor y tratamientos en estudio para el efecto de los microorganismos eficientes en el tratamiento del ARD. | 57 |
| Tabla 7: Factor y tratamientos en estudio para el efecto de la reutilización del ARD tratada con EMA en el crecimiento de plántones de <i>Cedrela odorata</i> L. y <i>Prosopis pallida</i> Kunth..... | 60 |
| Tabla 8: Factor y tratamientos en estudio para el efecto del ARD tratada con EMA, complementada con solución nutritiva en el crecimiento de plántones de <i>Cedrela odorata</i> L. y <i>Prosopis pallida</i> Kunth..... | 60 |
| Tabla 9: Test de Duncan al 5% para el efecto de los EMA sobre la conductividad eléctrica del ARD..... | 62 |
| Tabla 10: Test de Duncan al 5% para el efecto de los EMA sobre el pH del A.R.D. | 63 |
| Tabla 11: Demanda bioquímica de oxígeno en el ARD tratada con EMA después de 50 días de su aplicación..... | 65 |
| Tabla 12: Efecto de los EMA sobre los parámetros microbiológicos en el tratamiento del ARD después de 50 días de su aplicación. | 66 |
| Tabla 13: Parámetros de germinación de las especies forestales en estudio. | 67 |
| Tabla 14: Test de Duncan al 5% para el efecto de los EMA sobre la altura de los plántones de <i>Cedrela odorata</i> L. después de 25 días de su aplicación. | 68 |
| Tabla 15: Test de Duncan al 5% para el efecto de los EMA sobre la altura de los plántones de <i>Cedrela odorata</i> L. después de 50 días de su aplicación. | 69 |
| Tabla 16: Test de Duncan al 5% para el efecto de los EMA sobre la altura de los plántones de <i>Prosopis pallida</i> Kunth. después de 25 días de su aplicación. | 69 |

Tabla 17: Test de Duncan al 5% para el efecto de los EMA sobre la altura de los
plantones de *Prosopis pallida* Kunth. después de 50 días de su aplicación. 69

Tabla 18: Test de Duncan al 5% para el efecto de los EMA sobre el número de hojas
de los plantones de *Cedrela odorata* L. después de 25 días de aplicación..... 71

Tabla 19: Test de Duncan al 5% para el efecto de los EMA sobre el número de hojas
de los plantones de *Cedrela odorata* L. después de 50 días de aplicación..... 71

Tabla 20: Test de Duncan al 5% para el efecto de los EMA sobre el número de hojas
de los plantones de *Prosopis pallida* Kunth. a los 25 días de aplicación..... 71

Tabla 21: Test de Duncan al 5% para el efecto de los EMA sobre el número de hojas
de los plantones de *Prosopis pallida* Kunth. después de 50 días de su aplicación.72

Tabla 22: Test de Duncan al 5% para el efecto de los EMA sobre el diámetro de
tallo de los plantones de *Cedrela odorata* L. después de 25 días de su aplicación.73

Tabla 23: Test de Duncan al 5% para el efecto de los EMA sobre el diámetro de
tallo de los plantones de *Cedrela odorata* L. después de 50 días de su aplicación.74

Tabla 24: Test de Duncan al 5% para el efecto de los EMA sobre el diámetro de
tallo de los plantones de *Prosopis pallida* Kunth. después de 25 días de su
aplicación. 74

Tabla 25: Test de Duncan al 5% para el efecto de los EMA sobre el diámetro de
tallo de los plantones de *Prosopis pallida* Kunth. después de 50 días de su
aplicación. 74

Tabla 26: Test de Duncan al 5% para el efecto de los EMA más la adición de
soluciones nutritivas, sobre la altura de plantones de *Cedrela odorata* L. después de
75 días de su aplicación. 76

Tabla 27: Test de Duncan al 5% para el efecto de los EMA más la adición de
soluciones nutritivas, sobre la altura de plantones de *Prosopis pallida* Kunth. a los
75 días de su aplicación. 77

Tabla 28: Test de Duncan al 5% para el efecto de los EMA más la adición de
soluciones nutritivas, sobre el número de hojas de *Cedrela odorata* L. después de
75 días de su aplicación. 78

Tabla 29: Test de Duncan al 5% para el efecto de los EMA más la adición de soluciones nutritivas, sobre el número de hojas de *Prosopis pallida* Kunth. después 75 días de su aplicación. 79

Tabla 30: Test de Duncan al 5% para el efecto de los EMA más la adición de soluciones nutritivas, sobre el diámetro del tallo en los plántones de *Cedreia odorata* L. a los 75 días de su aplicación. 80

Tabla 31: Test de Duncan al 5% para el efecto de los EMA más la adición de soluciones nutritivas, sobre el diámetro de tallo en los plántones de *Prosopis pallida* Kunth. después 75 días de su aplicación. 81

Tabla 32: Test de Duncan al 5% para el efecto de los EMA más la adición de soluciones nutritivas, sobre la longitud de raíz de los plántones de *Cedreia odorata* L. a los 75 días de su aplicación. 82

Tabla 33: Test de Duncan al 5% para los efectos del agua residual doméstica tratada con EMA en la longitud de raíz en los plántones de *Prosopis pallida* Kunth. a los 75 días de su aplicación. 83

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. TEICH (Taller de enseñanza e investigación en cultivos hidropónicos), Facultad de Ciencias Agrarias..... | 53 |
| Figura 2. Ubicación satelital de la laguna de oxidación en Corrales-Tumbes..... | 54 |
| Figura 3. Vista satelital y ubicación de las especies forestales estudiadas..... | 55 |
| Figura 4. Variación del efecto de los EMA en la conductividad eléctrica del ARD después de 50 días de su aplicación. | 61 |
| Figura 5. Variación del efecto de los EMA sobre el pH en el ARD..... | 62 |
| Figura 6. Concentración inicial y final de cationes en el ARD después de la aplicación de los EMA. | 63 |
| Figura 7. Concentración inicial y final de aniones en agua residual doméstica después de la aplicación de los EMA..... | 64 |
| Figura 8. Concentración de metales totales presentes en el ARD después de la aplicación de los EMA. | 65 |
| Figura 9. Efecto de los EMA sobre la altura de plántones de <i>Cedrela odorata</i> L. y <i>Prosopis pallida</i> Kunth. después de 25 y 50 días de su aplicación. | 68 |
| Figura 10. Efecto de los EMA sobre el número de hojas de plántones de <i>Cedrela odorata</i> L. y <i>Prosopis pallida</i> Kunth. después de 25 y 50 días de su aplicación. .. | 70 |
| Figura 11. Efecto de los EMA sobre el diámetro de tallo de los plántones de <i>Cedrela odorata</i> L. y <i>Prosopis pallida</i> Kunth. después de 25 y 50 días de su aplicación..... | 73 |
| Figura 12. Efecto de los EMA más la adición de soluciones nutritivas, sobre la altura de los plántones de <i>Cedrela odorata</i> L. y <i>Prosopis pallida</i> Kunth. después de 75 días de su aplicación..... | 76 |
| Figura 13. Efecto de los EMA más la adición de soluciones nutritivas, sobre el número de hojas de los plántones de <i>Cedrela odorata</i> L. y <i>Prosopis pallida</i> Kunth. después de 75 días de su aplicación. | 78 |
| Figura 14. Efecto de los EMA más la adición de soluciones nutritivas, sobre el diámetro de tallo en los plántones de <i>Cedrela odorata</i> L. y <i>Prosopis pallida</i> Kunth. después de 75 días de su aplicación. | 80 |

| | |
|---|----|
| Figura 15. Efecto de los EMA más la adición de soluciones nutritivas, sobre la longitud de raíz de plántones de <i>Cedrela odorata</i> L. y <i>Prosopis pallida</i> Kunth. después de 75 días de su aplicación. | 82 |
|---|----|

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|--|-----|
| Anexo 1: Soluciones minerales nutritivas utilizadas para el crecimiento de plántones de <i>Cedrela odorata</i> L. y <i>Prosopis pallida</i> Kunth. | 98 |
| Anexo 2: Formulario para los ANOVAS | 99 |
| Anexo 3: Prueba de Duncan | 101 |
| Anexo 4: Cuadros de análisis de varianza (ANOVA) para los parámetros evaluados (altura, número de hojas y diámetro de tallo) en las dos especies forestales. | 102 |
| Anexo 5: Datos originales obtenidos en campo para los parámetros evaluados.. | 108 |
| Anexo 6: Dimensiones y distribución de los tratamientos ensayados. | 134 |
| Anexo 7: Ficha técnica del producto EM•Agua® “Microorganismos Eficaces” ... | 135 |
| Anexo 8: Análisis fisicoquímico del agua potable de la Facultad de Ciencias Agrarias-Tumbes..... | 139 |
| Anexo 9: Análisis microbiológico y fisicoquímico inicial del ARD. | 141 |
| Anexo 10: Análisis microbiológico y fisicoquímico del ARD después de 50 días de tratamiento..... | 146 |
| Anexo 11: Certificado de la empresa Bides Laboratorios Soluciones Integrales S.R.L..... | 158 |
| Anexo 12: Fotos..... | 159 |

RESUMEN

Los microorganismos eficientes (EM por sus siglas en inglés) constituyen una alternativa frente al problema ambiental de la contaminación hídrica, debido a que este consorcio utiliza los compuestos contaminantes presentes en el agua residual doméstica (ARD) como fuente de carbono y energía para su metabolismo y desarrollo, reduciendo así sus concentraciones en el agua. Se realizó esta investigación con el objetivo de evaluar el efecto del uso de microorganismos eficientes activados (EMA) en el tratamiento de aguas residual doméstica y su posterior reutilización en el crecimiento de plantones de las especies forestales *Cedrela odorata* L. y *Prosopis pallida* Kunth. Para evaluar el efecto de EMA en el tratamiento del agua residual doméstica, se estudiaron tres tratamientos (ARD sin EMA, ARD con 0,25 y 0,75% de EMA), analizándose parámetros físicos, químicos y microbiológicos. Los resultados indican que no hay diferencias significativas del pH y CE entre los controles y tratamientos; pero sí una reducción de la demanda bioquímica y química de oxígeno, menor concentración de cationes (Ca, Mg, P, k y Na), aniones (fosfatos, nitritos y sulfuros) y metales totales como Ba, Mn, Zn, Mg, P, Si y Fe; así como una remoción total del Aluminio, Coliformes termotolerantes y *E. coli* con 0,75% de EMA. En el caso de la reutilización del agua tratada con EMA sobre el crecimiento de plantones de *Cedrela odorata* L. y *Prosopis pallida* Kunth., se ensayaron cuatro tratamientos (solución nutritiva-Testigo referencial, ARD sin la aplicación de EMA-Testigo absoluto, ARD tratada con 0,25% de EMA y ARD tratada con 0,75% de EMA). Después de 60 días, a estos tres últimos se les agregó una solución nutritiva complementaria para corregir las deficiencias nutricionales observadas en los plantones. Se evaluó las características morfológicas (altura de planta, número de hojas, diámetro de tallo y longitud de raíz). Se obtuvo como resultado un escaso crecimiento en los plantones de *Cedrela odorata* L., y *Prosopis pallida* Kunth, que mejoró cuando se les agregó la solución nutritiva.

Palabras clave: Microorganismos eficientes (EM), agua residual domestica (ARD), *Cedrela odorata* L., *Prosopis pallida* Kunth.

ABSTRACT

Efficient microorganisms (EM) constitute an alternative to the environmental problem of water pollution, because this consortium uses the polluting compounds present in domestic wastewater (ARD) as a source of carbon and energy for its metabolism. And development, thus reducing their concentrations in water. This research was carried out with the objective of evaluating the effect of the use of efficient activated microorganisms (EMA) in the treatment of domestic wastewater and its subsequent reuse on the growth of seedlings of the forest species *Cedrela odorata* L. and *Prosopis pallida* Kunth. To evaluate the effect of EMA in the treatment of domestic wastewater, three treatments were studied (ARD without EMA, ARD with 0,25 and 0,75% EMA), analyzing physical, chemical and microbiological parameters. The results indicate that there are no significant differences in pH and EC between controls and treatments; but there is a reduction in biochemical and chemical oxygen demand, lower concentration of cations (Ca, Mg, P, K and Na), anions (phosphates, nitrites and sulphides) and total metals such as Ba, Mn, Zn, Mg, P, Yes and Faith; as well as a total removal of Aluminum, thermotolerant Coliforms and *E. coli* with 0,75% EMA. In the case of the reuse of water treated with EMA on the growth of *Cedrela odorata* L. and *Prosopis pallida* Kunth. seedlings, four treatments were tested (nutrient solution-Reference control, ARD without the application of EMA-Absolute control, ARD treated with 0,25% EMA and ARD treated with 0,75% EMA). After 60 days, a complementary nutrient solution was added to these last three days to correct the nutritional deficiencies observed in the seedlings. The morphological characteristics (plant height, number of leaves, stem diameter and root length) were evaluated. As a result, poor growth was obtained in the seedlings of *Cedrela odorata* L., and *Prosopis pallida* Kunth, which improved when the nutrient solution was added.

Key words: Efficient microorganism (EM), domestic wastewater (ARD), *Cedrela odorata* L. *Prosopis pallida* Kunth.

I. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso vital para sostener la vida en el planeta. En las próximas décadas, se prevé serios problemas por la falta de agua o contaminación de este líquido esencial, por lo que el mundo se verá obligado a encontrar soluciones en este sentido. Las poblaciones de las ciudades depositan las aguas residuales parcialmente tratadas y no tratadas a las masas de aguas superficiales y subterráneas de las inmediaciones, especialmente en las zonas urbanas con menor número de habitantes, los cuales no poseen un servicio de agua potable ni alcantarillado, como si sucede en las grandes ciudades; por lo que es poco viable la instalación de estas tecnologías en dichos pueblos. Ello, induce a los gobernantes Municipales y Regionales a gestionar sistemas ecoeficientes; sin embargo, el desconocimiento y la escasa información especializada de estas tecnologías, obstaculizan la toma de decisiones para su instalación.

Existe una diversidad de métodos utilizados para descontaminar aguas residuales, entre los que destaca el uso de microorganismos eficaces (ME), cuyas ventajas son, la no generación de subproductos contaminantes y económicamente viables. Se posibilita que las aguas servidas de los centros urbanos, puedan ser tratadas y utilizadas en actividades agrícolas y forestales.

Los bosques secos de la región de Tumbes se caracterizan por la falta de este recurso hídrico, que incide en la diversidad de las distintas especies forestales, reduciendo su población y afectando los ecosistemas forestales. Una alternativa para solucionar en parte este problema, es el riego con estas aguas residuales provenientes de las poblaciones rurales cercanas a estos bosques, previamente tratada. En este estudio se evaluó la aplicación de microorganismos eficaces en el tratamiento de las aguas residuales domésticas del distrito de Corrales, y su posible uso en el crecimiento de plantones de cedro (*Cedrela odorata* L.) y algarrobo (*Prosopis pallida* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Kunth) (especies que actualmente se encuentran amenazadas por la tala indiscriminada que ocasiona una disminución considerable de sus poblaciones). En el Perú se han realizado numerosas

investigaciones relacionadas con la aplicación de microorganismos eficaces en la descontaminación de aguas residuales (Centeno *et al.* 2019; Vigo, 2020; Romero y Vargas, 2017; Bazán & Nureña, 2019; Delgado, 2019; etc.); sin embargo, no se reportan trabajos concernientes a la reutilización de estas aguas tratadas en la producción de plantas de las especies cedro y algarrobo.

En ese contexto, el uso de biotecnología ambiental a través de la aplicación de microorganismos permitirá una restauración de las aguas residuales a un menor costo. Por otro lado, la reutilización de estas aguas tratadas permitirá obtener una masificación de plántones en lugares donde hay escasez de agua, para ser utilizados en programas de reforestación. Asimismo, el uso de microorganismos ayudará a remediar la contaminación del medio físico restaurando el balance ecológico del área. Incluso, debido a que la producción de plántones a nivel de vivero y su posterior traslado a campo mediante programas de forestación y reforestación permitirá ocupar una mayor mano de obra beneficiando a los pobladores de zonas rurales; además, de una producción sostenible de estas especies.

I. REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. Generalidades del cedro

El cedro es una especie forestal cuya madera posee unas importantes características físicas que la hacen muy apreciada en el mercado mundial de la madera. En la actualidad debido a la deforestación se ha provocado una reducción de sus poblaciones catalogándose como una especie en peligro de extinción, como resultado se encuentra dentro de la lista roja de La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (Gálvez *et al.*, 2020).

Según, Leshner *et al.*, (2018), mencionan que el cedro es un árbol caducifolio, perteneciente a la familia Meliaceae, esta especie forestal alcanza una altura de 30 a 40 metros aproximadamente. La polinización es llevada a cabo por los insectos, el esparcimiento de sus semillas por acción del viento y es capaz de alcanzar los 35 a 40 metros de distancia desde la planta progenitora, y es por eso que *Cedrela odorata* L. presenta una capacidad muy elevada en el esparcimiento de sus semillas.

Es una especie que ha logrado adaptarse a diferentes climas, esto ha sido posible porque ha sido introducida de manera considerable fuera de su lugar de origen natural debido a la importancia comercial de su madera. Los principales países de exportación son Perú, Brasil y Bolivia. En la actualidad existen muchas plantaciones de *Cedrela odorata* L. con la finalidad de ser vendida por trozas en el negocio internacional. La madera es muy apreciada en países africanos como: Costa de Marfil, Ghana, Nigeria, Madagascar, Uganda, Sudáfrica y Tanzania, también es muy demandada a en países asiáticos como Filipinas y Vietnam (Groves & Rutherford, 2017). En el Perú la especie *Cedrela odorata* L. se encuentra distribuida en las provincias de Bagua (región del Amazonas), Jaén (Cajamarca), Pachitea y Puerto Inca (Huánuco), y en Oxapampa (Pasco). También se han encontrado poblaciones en los departamentos de Loreto, San Martín, Lima, Madre

de Dios y Ucayali (Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre [SERFOR], 2020).

2.1.1. Taxonomía

Según Araujo *et al.*, (2020), Tropicos.org (2022), y Groves & Rutherford (2017), ubican taxonómicamente al cedro en la siguiente categoría:

| | | |
|-----------------|---|---------------------------|
| Reino | : | Plantae |
| División | : | Magnoliophyta |
| Clase | : | Magnoliopsida |
| Orden | : | Sapindales |
| Familia | : | Meliaceae |
| Género | : | <i>Cedrela</i> |
| Especie | : | <i>odorata</i> |
| Nombre común | : | Cedro |
| Nombre binomial | : | <i>Cedrela odorata</i> L. |

Sinónimos:

Cedro colorado

Cedro de altura

Cedro de Castilla

Manan conshan (Shipibo-conibo)

2.1.2. Descripción botánica

Baturén (2018), indica las siguientes características morfológicas para la especie forestal *Cedrela odorata* L.:

Copa: tiene un abundante follaje de estructura globosa y/o redondeada. El follaje de esta especie tiende a caerse cuando hay periodos de sequedad, dejando descubiertas sus robustas y desarrolladas ramas con una gran presencia de lenticelas de tonalidad blanquecinas, protuberantes y circulares. Las lenticelas tienen un diámetro aproximado de 1 mm de longitud.

Fuste: es duro, recto, de una forma cilíndrica, bifurcado o dividido, el fuste en la base posee pequeñas raíces tablares (este tipo de raíces ofrecen mayor sostén a los árboles). Su longitud puede llegar de 15 a 20 metros.

Corteza: su grosor puede llegar a 2 cm, en plantas jóvenes posee un color grisáceo. La corteza exterior es agrietada, cada grieta posee una separación de 2 a 5 cm aproximadamente. Su interior es de característica fibrosa, de coloración crema pálido y/o rosado, posee un sabor amargo y un olor característico.

Hojas: son compuestas, paripinnadas (rara vez imparipinnadas), alternas, de 20 a 35 cm de longitud, los folíolos pueden estar en pares de 5 a 11 y llegan a alcanzar una longitud de 1,0 a 1,5 cm aproximadamente. Las hojas tienden a caerse cuando el árbol ha alcanzado la maduración completa de sus frutos.

Flores: las flores de esta especie suelen estar agrupadas en panículas con diferente tamaño. Posee órganos sexuales de ambos sexos en una misma planta, y para su fertilización es necesaria la polinización cruzada (el polen es trasladado por insectos, aves o el viento).

Fruto: es una cápsula leñosa redondeada, en su parte exterior presenta una tonalidad oscura dependiendo de la especie. Están formados por 5 valvas de característica rígida y en el centro una pequeña estructura con las semillas sujetadas o prendidas, cada fruto puede almacenar de 20 a 35 semillas aproximadamente. Permanecen durante mucho tiempo en la planta, y también sirven como alimento para la fauna silvestre.

Semillas: son planas, aladas, color marrón claro de 1 a 2 cm de largo y presentan un aroma característico. La producción de semillas en esta especie es abundante, pudiendo generar un solo árbol la cantidad de 10 millones de semillas/año y su dispersión se lleva a cabo por acción del viento (anemócora).

Raíz: el sistema radicular es bastante superficial y está conformada por raíces tablares que ayudan a reforzar la planta al suelo.

Germinación: es de tipo epígea (los cotiledones emergen del suelo). Comienza después de 10 a 15 días, y a los 21 termina por completo. Para una adecuada germinación es necesario que la temperatura ambiente se encuentre en un rango de 26-31 °C aproximadamente.

2.1.3. Habitación

De acuerdo con el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre, la especie logra mejores resultados en condiciones de bosques cerrados secos, generalmente en el bosque natural. La especie *Cedrela odorata* L. alcanza un adecuado crecimiento y desarrollo cuando existen precipitaciones que varían entre 1600 a 2500 mm anuales, y de 3 a 4 meses de sequedad (meses en los cuales la precipitación media es menor a 60 mm). Esta especie requiere un alto grado de iluminación, y se encuentra en bosques secundarios (bosques con vegetación arbórea y arbustiva) (SERFOR, 2020).

2.1.4. Suelo

La especie *Cedrela odorata* L. es muy demandante en lo que se refiere a suelos, necesita que estén bien aireados y presenten buena porosidad, a veces con una pedregosidad elevada. La disponibilidad de nutrientes minerales como el K⁺, Ca⁺² y P debe ser buena. Esta especie puede crecer en suelos que contengan una acidez elevada (4 a 7 pH) (Instituto Nacional de Bosques [INAB], 2019).

2.1.5. Usos

Según el Instituto Nacional de Bosques, la madera de esta especie forestal posee un alto valor comercial y es muy demandada en cualquier país de América del Sur donde existen muchas poblaciones todavía. La madera de esta especie presenta una gran resistencia al ataque de las termitas y a la descomposición, y también se puede trabajar con facilidad. Se usa mucho en la construcción de puertas, escaleras, parqué, marco para puertas y ventanas, etc. Por esta razón, la madera de esta especie ha sido vendida en el comercio global con el seudónimo de “Cigar-Box Wood”, “Red Cedar” o también como “Spanish Cedar” en las últimas 20 décadas (INAB, 2019).

2.1.6. Fenología

La especie *Cedrela odorata* L. forma parte del ecotipo (raza, población) de árboles caducifolios con la principal característica de acumular agua en el tallo luego de dejar caer su follaje. Durante el tiempo de sequía el agua acumulada es aprovechada para la etapa de floración y madurez de los frutos, como consecuencia, el diámetro de tallo disminuye. La floración ocurre en los meses de mayo a octubre, y la maduración de frutos en abril y mayo después que ha dejado caer por completo su follaje (Corporación autónoma Regional de Cundinamarca [CAR], 2019).

2.2. Generalidades del Algarrobo

El nombre de la especie *Prosopis pallida* L. proviene de la palabra árabe “al carub”, cuya traducción sería “árbol por excelencia”, debido a la excelente capacidad que tiene la especie de propagarse invasivamente en diferentes tipos de suelos, y por su sobrevivencia en lugares donde existe una elevada sequedad. Una de las principales funciones de este árbol forestal es la captación de nitrógeno presente en atmosfera para luego fijarlo en la tierra, otra función sería el aporte de material

orgánico debido a la caída de su follaje (hojas). Su extraordinaria habilidad de reproducirse le ha permitido adaptarse en lugares como: África, América del Norte (Estados Unidos), Asia, América del Sur (Argentina, Perú, Colombia, Bolivia, Chile, Ecuador, Puerto Rico, etc.). En la actualidad se han logrado identificar alrededor de 44 especies de *Prosopis* (Instituto Nacional de Innovación Agraria [INIA], 2020). La distribución de *Prosopis pallida* Kunth. en el Perú se encuentra en Tumbes y Piura, principalmente en el bosque xerófilo (vegetación arbórea de la costa norte del Perú), también se han encontrado poblaciones en Lambayeque (Organismo de Supervisión de los Recursos Forestales y de Fauna Silvestre [ONSIFOR], 2018).

2.2.1. Taxonomía

Según, Cardenas (2017), FAO (2020), INIA (2020), Tropicos.org (2022), establecen las siguientes categorías taxonómicas para el algarrobo:

| | | |
|-----------------|---|---|
| Reino | : | Plantae |
| División | : | Fanerógama |
| Clase | : | Dicotiledonea |
| Orden | : | Fabales |
| Familia | : | Fabaceae |
| Subfamilia | : | Mimosoideae |
| Tribu | : | Mimoseae |
| Género | : | <i>Prosopis</i> |
| Especie | : | <i>pallida</i> |
| Nombre común | : | Algarrobo |
| Nombre binomial | : | <i>Prosopis pallida</i> (Humb & Bonpl. Ex Willd) Kunth. |

Sinónimos:

American carobe (nombres usados en inglés)

Huarango (departamento de Ica)

2.2.2. Descripción botánica

INIA (2020), señala las siguientes características morfológicas para la especie *Prosopis pallida* Kunth.:

Copa: su diámetro puede alcanzar los 8 a 15 m, por lo general con forma de sombrilla, con ramas de forma caprichosa y follaje siempre verde. En algunos casos posee ramas colgantes que llegan al ras del suelo.

Tronco: puede ser recto o torcido con una altura que varía de 8 a 20 m.

Corteza: la parte externa presenta un color marrón oscuro, leñosa, fisurada y en algunas ocasiones se puede observar la presencia de espinas.

Hojas: son bipinnadas, compuestas y perennes. En cada nudo logran nacer de 2 a 4 hojas. Las pinas pueden alcanzar una longitud de 6 cm aproximadamente, y su peciolo es corto. La plaga de las hojas de esta especie son las “orugas minadoras de hojas”.

Flores: están agrupadas en inflorescencias de color amarillo, hermafroditas, pueden ser de 2 a 3 veces más largas que las hojas. Las flores de este árbol logran ser afectadas por cambios bruscos en el viento y temperatura.

Fruto: es una legumbre de aspecto carnoso, indehiscente. También se puede obtener la algarrobina, y también es muy utilizado como alimento para el ganado caprino y vacuno.

Semillas: presentan forma ovalada (forma de lenteja), duras, son de color café. Cada legumbre alberga un aproximado de 15 a 35 semillas aproximadamente y sirven como alimento a la fauna silvestre (lagartijas y pampero peruano). El tamaño de las semillas varía según las condiciones climáticas del lugar donde crece la

especie, siendo de 0,50 por 0,60 mm como promedio. La propagación se lleva a cabo principalmente animales mamíferos (Zoocora).

Raíz: la especie puede llegar a tener dos tipos de raíces: La raíz principal (axonomorfa) que le permite obtener agua a gran profundidad, y las secundarias (laterales) que sirven como soporte de la planta.

2.2.3. Habitación

La especie *P. pallida* tiene como hábitat natural territorios áridos y semiáridos. En la costa norte del Perú se encuentra a altitudes medias de aproximadamente 1 500 m.s.n.m y en la costa sur se desarrollan en bajas altitudes, logrando estar distribuidas incluso en las pampas y quebradas costeras. La especie posee un espectro ecológico muy amplio y está adaptada a una alta diversidad de suelos y hábitats, se propaga en suelos arcillosos, arenosos y también en aquellos que poseen una elevada pedregosidad y salinidad. Esta especie mantiene la capacidad de fijar nitrógeno en condiciones de estrés hídrico (sequedad) (INIA, 2020).

2.2.4. Suelo

INIA (2020), manifiestan que, el algarrobo es un árbol con una baja reproducción natural. Para un adecuado crecimiento de la especie *Prosopis pallida* Kunth. es necesario suelos húmedos y con una buena disponibilidad de nutrientes minerales. Sin embargo, también puede crecer en suelos que hayan sido afectados por la erosión y que presenten un bajo contenido de materia orgánica. Debido a estas características la especie es catalogada como “héroe del desierto”, porque logra establecerse en lugares donde existe una extrema sequedad (zonas áridas o desiertos). Asimismo, es muy utilizada en programas de forestación y reforestación por su excelente capacidad de mejorar la fertilidad de los suelos (ONSIFOR, 2018).

2.2.5. Usos

La madera de esta especie es muy utilizada para elaborar carbón natural, mesas, postes, etc. Las hojas presentan propiedades curativas, y del fruto se obtiene un producto denominado “algarrobina” (Eras *et al.*, 2019).

2.2.6. Fenología

La especie *P. pallida* Kunth. presenta en septiembre una etapa de floración muy abundante y en junio esta desaparece. El periodo de la fructificación se inicia en octubre, y gradualmente va disminuyendo hasta desaparecer completamente en mayo (Eras *et al.* 2019).

2.3. Aguas residuales domésticas (ARD)

También denominadas como “aguas urbanas”, son aquellas procedentes de actividades antropogénicas (acciones humanas), estas aguas muchas veces son vertidas por los sistemas de alcantarillado a los ríos, lagos, aguas subterráneas, etc. Las ARD pueden dividirse en “aguas negras o grises” dependiendo del tipo de contaminantes por el cual estén constituidas (Osorio *et al.*, 2021).

Amy *et al.* (2017), enunciaron que, las ARD presentan unas características biológicas y fisicoquímicas muy complejas, a las cuales es necesario realizar tratamientos especiales para que pueda ser aprovechada y/o utilizada por animales o las personas. Dentro de sus principales contaminantes se pueden encontrar: detergentes, metales pesados, materia orgánica biodegradable, organismos perjudiciales para la salud de los animales o humana (tabla 1). Durante los últimos años ha habido un incremento de infraestructuras industriales (agrícolas, mineras y ganaderas) en concordancia con el aumento de la población, provocando así un aumento en la generación de ARD comparado con años anteriores (Aliaga *et al.*, 2021).

Tabla 1: Contaminantes que forman parte de las aguas residuales domésticas.

| Fuente | Parámetros representativos principales | Consecuencias |
|--------------------------------|--|--|
| Materia orgánica biodegradable | Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅) | Muerte de peces, olor. |
| Microorganismos | Microorganismos perjudiciales para la salud humana: Coliformes totales o termotolerantes, virus, bacterias, etc. | Es muy peligroso para realizar actividades que involucren el consumo de peces. |
| Sustancias nutritivas | NH ₃ , N y P | Daño en la calidad del agua debido a la pérdida de nutrientes. |
| Metales pesados | Cobre, Níquel, Cromo, Mercurio, Cadmio y Plomo. | Desestabilizan el habitat acuático, y producen efectos nocivos para la salud. |
| Efectos térmicos | Aumento en la temperatura del agua | Efectos sobre la fauna y flora. |
| Sabor y olor | Ácido sulfhídrico (H ₂ S) | Nocivo para la salud humana. |
| Otros compuestos inorgánicos | Ácidos, por ejemplo, sulfuro de hidrógeno. | Corrosión, efectos tóxicos. |

* Adaptado de Amy *et al.* (2017). Fuente: Tratamiento biológico de aguas residuales.

2.4. Plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas (PTAR)

También denominadas “lagunas de estabilización” o “lagunas de tratamiento de aguas residuales” (PTAR), son infraestructuras de poca profundidad diseñadas para la depuración de ARD que proceden de una población o institución específica, generalmente tienen forma cuadrada o rectangular y están ubicadas al aire libre. Estas infraestructuras son una gran alternativa por su fácil construcción, operación y sobre todo son de bajo presupuesto (Cedeño, 2020).

2.5. Tratamiento biológico de aguas residuales domésticas

Ferrer *et al.* (2018), señalan que, el tratamiento biológico consiste en el uso de diferentes tipos de “microorganismos benéficos o eficaces” (las bacterias son las que más destacan), sus funciones consisten en la remoción de la materia orgánica logrando así disminuir la demanda bioquímica y química de oxígeno (DBO₅ y DQO), microorganismos patógenos, nitratos, nitritos, sulfuros, etc. Estos tipos de microorganismos logran establecer un equilibrio en el medio ambiente beneficiando así a la flora y fauna.

2.6. Microorganismos eficientes (EM)

El producto comercial EM Agua está conformado por diferentes tipos de microorganismos benéficos, fue elaborado por el Dr. Teruo Higa, docente en la Universidad de Ryukus, Okinawa, Japón. En la actualidad se utiliza en más de 180 países en todo el mundo. Es una combinación de diferentes microorganismos naturales, estos no son dañinos para la salud. Mediante un proceso de fermentación estos microorganismos logran descomponer la materia orgánica y eliminando organismos nocivos (virus, bacterias, etc.) para la salud humana (BIOEM, 2022).

Inicialmente los EM eran usados para mejorar la fertilidad y la actividad microbiana en los suelos. En la actualidad estos microorganismos son utilizados para fabricar una gran diversidad de alimentos de excelente calidad e incluso para el manejo y tratamiento de desechos líquidos y sólidos generados por diversas actividades antrópicas (industrias o fabricas) (Morocho & Leiva, 2019).

2.6.1. Beneficios del uso de los EM

BIOEM (2022), establece una serie de beneficios del uso de los EM, a saber:

- ✓ Descomposición rápida del material orgánico y disminución de la demanda bioquímica y química de oxígeno (DBO₅ y DQO), partículas en suspensión (SST), etc.
- ✓ Reduce la presencia de microorganismos patógenos, coliformes, bacterias nocivas, hormonas y sulfatos reductores.
- ✓ Se genera una estabilidad en el pH.
- ✓ Disminuye el lodo sedimentado.
- ✓ Elude la fabricación de complejos sistemas con altos costos para el tratamiento de ARD.
- ✓ Minimiza la obligación de utilizar compuestos químicos.

2.6.2. Principales especies de microorganismos eficientes

Mamani & Chavez (2018), señalaron las principales especies de microorganismos eficientes:

Bacterias ácido lácticas (BAL), estos tipos de bacterias son muy utilizadas para la elaboración de diversos tipos de alimentos mediante el proceso de fermentación como lácteos, verduras, carnes, quesos, etc. La producción del ácido láctico se origina a partir de carbohidratos y azúcares debido a la actividad microbiana realizada por las bacterias. Entre las bacterias productoras del ácido láctico destacan *Lactobacillus (plantarum, casei)*, *Bidobacterium*, *Lactococcus*, *Streptococcus (S. lactis)* y *Pediococcus*.

Bacterias fotosintéticas, estos tipos de bacterias autótrofas facultativas son capaces de elaborar su propio alimento mediante la transformación de la energía del sol en energía química debido a un proceso denominado “fotosíntesis anoxigénica”. Entre las bacterias fotosintéticas destacan *Rhodopseudomonas palustris* y *Rhodobacter spaeroides*.

Levaduras, forman parte de un conjunto de hongos unicelulares presentes en la elaboración de los productos EM, porque incitan el crecimiento de otros microorganismos. Son importantes porque participan en la fermentación de azúcares y carbohidratos, y porque tienen la capacidad de elaborar sustancias antimicrobianas. Entre las principales levaduras se encuentran *candida utilis* y *Saccharomyces cerevisiae*.

Actinomicetos, estos tipos de microorganismos se encargan de anular la actividad de microorganismos que son perjudiciales para las plantas (fitopatógenos) actuando como controladores biológicos al elaborar sustancias antifúngicas. Es por esta principal característica que estos microorganismos son muy importantes en la formación de suelos y elaboración de compost. Entre las principales especies destacan *Micromonospora*, *Streptomyces*.

2.6.3. Activación de los EM

Los productos EM están constituidos por una gran variedad de microorganismos eficaces o benéficos que se encuentran en un estado de inactividad (latencia), con la finalidad de que se preserven un largo tiempo, es por eso, antes de ser aplicados estos deben activarse con otros insumos de origen natural. Para la activación de los EM es necesario mezclar un 5% del producto con 5% de melaza (miel de caña) y disueltos en un 90% de agua destilada sin ningún tipo de contaminante en un envase completamente sellado. Luego se deja que la solución pase por un proceso de fermentación durante 7 a 14 días hasta que el pH tenga un valor de 3,5 o menor, esto indica, que los EM han sido activados (BIOEM, 2022).

2.7. Importancia de los microorganismos eficaces en las plantas y en los tratamientos de aguas residuales domésticas

Según, Aquino (2020), los EM, como inoculante microbiano, mejora la actividad microbiana de los suelos, actúa como controlador biológico, estimula el crecimiento de las raíces y beneficia el aprovechamiento de los nutrientes en las plantas. De esta manera se mejoran las características fisicoquímicas del suelo, aumentando el rendimiento en los sembríos y su defensa contra organismos patógenos, ocasionando una sostenibilidad agrícola.

Los principales beneficios de los EM sobre el sembrío de cultivos son:

- ✓ El proceso de germinación de las semillas es más rápido.
- ✓ Se genera una mejor adquisición o captación del agua, produciendo un mejor desarrollo en las raíces y tallo.
- ✓ Efectos positivos en la tolerancia al estrés hídrico (sequedad), de esta manera incremento las probabilidades de supervivencia de los cultivos.
- ✓ Protección de los cultivos contra enfermedades o microorganismos fitopatógenos.
- ✓ Afecta de manera positiva las características físicas en los sembríos, aumentando el rendimiento y producción de los cultivos.
- ✓ Efecto positivo en la fotosíntesis.

2.8. Estándares de calidad ambiental (ECA) del agua

DIGESA (2008), describe las características y efectos (positivos o negativos) de cada uno de los estándares de calidad ambiental (ECA) del agua que será utilizada para riego de vegetales (árboles forestales, ornamentales, cereales legumbres, etc.). Entre los ECA tenemos: el rango mínimo del potencial de hidrogeno (pH), conductividad eléctrica (C.E), las concentraciones mínimas de algunos metales que puedan ocasionar daños a las plantas o suelos, etc. Además,

se sugiere, que los vegetales que son consumidos de forma cruda tienen que regarse con aguas que estén dentro de los estándares establecidos, principalmente en lo que se refiere a microorganismos patógenos (bacterias, virus, etc.). También se enfatiza que, dichos estándares fueron aprobados por los decretos supremos N.º 002-2008-MINAM, N.º 015-2015-MINAN y N.º 004-2017-MINAM.

2.8.1. Potencial de hidrógeno (pH)

Este indicador es de suma importancia en el tratamiento de ARD, su valor nos garantiza que el agua tenga las condiciones ideales para la actividad de los EM. El rango normal en la mayoría de las aguas utilizadas para riego de vegetales es de 6,4 – 8,5, y cuando estos valores son demasiado altos o bajos logran afectar los procesos fisiológicos de las plantas, afectando de manera negativa su crecimiento y desarrollo. La medición de este parámetro nos permite conocer el nivel de acidez en diferentes tipos de aguas (ARD, potable, agua de riego).

2.8.2. Conductividad eléctrica (CE)

Este parámetro es importante porque nos permite conocer si diferentes tipos de aguas (ARD, agua potable, aguas subterráneas, agua de lagunas o río, etc.) poseen un elevado contenido de sales. Los efectos negativos que se originan cuando el agua presenta una elevada C.E son los siguientes:

- ✓ Significa que el agua presenta una concentración elevada de solutos o sales.
- ✓ Es perjudicial para los cultivos. Debido a su elevada concentración de solutos la captación de nutrientes por las raíces se ve afectada. Por lo general el contenido de sales es superior dentro de las células, y si ocurre lo contrario el agua no es absorbida adecuadamente marchitándose las plantas.

2.8.3. Calcio

Es un elemento mineral muy importante en el crecimiento y desarrollo de las plantas sobre todo en el crecimiento de las raíces y desarrollo de frutos. Las escasas cantidades de calcio en los suelos suelen estar asociadas a pH ácido y cuando la concentración de este mineral es muy baja en las plantas, pueden ocurrir los siguientes efectos:

- ✓ El sistema radical de la planta se atrofia originando un aspecto clorótico a las hojas.
- ✓ Ocasiona la pudrición de frutos.
- ✓ La germinación en la planta se ve afectada.

2.8.4. Magnesio

Este elemento mineral es muy dañino para las plantas cuando se encuentra en grandes cantidades y puede llevar a una reducción en la captación de nutrientes presentes en los suelos, perjudicando y retrasando el crecimiento. Por el contrario, cuando existe escasez de este mineral las hojas presentan un aspecto clorótico, la respiración de la planta se ve perjudicada, como consecuencia se genera un bajo rendimiento en los cultivos.

2.8.5. Potasio

Este elemento suele encontrarse en las aguas superficiales (lagos, ríos, aguas subterráneas, etc.) debido a un proceso de corrosión de sufren las rocas o el suelo. Una elevada concentración de este mineral ocasiona la obstrucción (impedimento) de otros minerales como B, Mg y Ca, por el contrario, si existe una deficiencia se ven afectados diferentes procesos fisiológicos de los vegetales como fotosíntesis (apertura y cierre de estomas), síntesis de proteínas, tolerancia a l estrés hídrico, etc.

2.8.6. Sodio

Es uno de los elementos minerales más abundantes en el medio ambiente encontrándose en aguas que contengan elevados contenidos de salitre, al igual que los otros minerales, es necesario para un adecuado desarrollo y crecimiento de las plantas. De la misma manera que un micronutriente es aplicado en concentraciones muy bajas como asistente en la síntesis de la clorofila. La falta de este elemento ocasiona daños a las hojas en forma de quemaduras, y una elevada concentración afecta el crecimiento de la raíz por la menor absorción de agua, necrosis en raíces y hojas, efectos negativos en la permeabilidad de los suelos, etc.

2.8.7. Nitratos

El origen de estas sales se lleva a cabo de manera natural o por actividades humanas (antropogénicas), estos pueden ser reducidos a nitritos por actividades biológicas que involucren microorganismos (bacterias) o plantas mediante un proceso denominado nitrificación. Las bacterias transforman el amoníaco a nitritos, y estos últimos se convierten en nitratos mediante la oxidación. Además, siempre han formado parte de la alimentación humana y pueden ser encontrados en alimentos como peces, productos fermentados, carne, cereales, etc.

2.8.8. Bicarbonatos y carbonatos

Estos tipos de sales forman parte de diferentes tipos de aguas y están ligados a elementos minerales (Ca, Mg, Na, y otros iones), y que a mayores concentraciones se genera un incremento en los valores de pH y alcalinidad. Uno de los principales efectos negativos es la reducción en el consumo de agua ocasionando el marchitamiento y pérdida de hojas en las plantas.

2.8.9. Sulfuros

Son compuestos que se encuentran en diversos tipos de aguas de manera natural (aguas termales, subterráneas, submarinas, etc.) o como consecuencia de actividades antrópicas (ARD, industriales, etc.), produciendo malos olores que son más notorios cuando existe en el ambiente un aumento en la temperatura. Estos compuestos pueden afectar de manera negativa la fotosíntesis en las plantas cuando sus concentraciones son muy elevadas.

2.8.10. Boro

Es un micronutriente indispensable en el crecimiento y desarrollo de vegetales, obligatorio, pero en bajas concentraciones. Cuando existe deficiencia, diversas funciones y procesos fisiológicos (polinización, maduración de frutos, crecimiento de raíces, etc.) de las plantas se ven afectados. Su toxicidad produce la muerte de las hojas y se origina mediante actividades antrópicas (combustión de residuos sólidos, madera, etc.).

2.8.11. Zinc

Es un micronutriente que participa directamente en el metabolismo de las células de la planta, esencial para el crecimiento y desarrollo de la planta, pero en altas concentraciones reduce el crecimiento provocando acumulaciones indeseables en los tejidos. Recientes estudios han probado que este mineral ocasiona toxicidad en los vegetales si se encuentra en concentraciones elevadas, perjudicando su capacidad de reproducción.

2.8.12. Hierro

Este elemento mineral es muy indispensable para el desarrollo de los vegetales por su vinculación en la síntesis de clorofila, y su intervención en

numerosos procesos fisiológicos. Su deficiencia produce desequilibrios en la nutrición de la planta afectando el crecimiento, vigorosidad, rendimiento, etc. Este mineral se encuentra de manera natural en diferentes tipos de suelos, y de manera escasa en tierras con bajo contenido de material orgánico.

2.8.13. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

Este parámetro es utilizado para conocer el nivel de oxígeno utilizado por diferentes tipos de microorganismos en la descomposición de elementos orgánicos presentes en una muestra. Está muy relacionado con la temperatura, si sus valores resultan ser elevados significa que el agua presenta un alto grado de contaminación, por lo tanto, es necesario un tratamiento adecuado para que pueda ser aprovechable en diferentes actividades humanas (consumo humano, riego de vegetales, parques, etc.).

2.8.14. Coliformes totales y fecales

Son bacterias que pueden reproducirse en presencia o ausencia de oxígeno (anaerobias o aerobias), frecuentemente se utilizan como indicador de organismos patógenos presentes en diferentes tipos de aguas (para riego de vegetales o consumo humano), suelos y también suele encontrarse dentro del sistema digestivo de los seres vivos. Cuando existe una elevada concentración de estos microorganismos puede generarse severos daños a la salud por el consumo de vegetales regados con aguas contaminadas. La especie *Escherichia coli* es muy utilizada como indicador de estos tipos de microorganismos nocivos.

2.9. Parámetros de los ECA para el agua utilizada para agua potable o para riego de vegetales.

El Decreto supremo 004-2017-MINAM enumera una lista de parámetros que se deben tomar en consideración para aguas que por sus características puedan

ser reutilizadas para el riego de vegetales o bebidas de animales. Asimismo, se dispusieron los ECA dentro del cual se encuentran los LMP (límites máximos permisibles) para los parámetros microbiológicos, fisicoquímicos e inorgánicos (tabla 2) (Sistema Nacional de Información Ambiental [SINIA], 2017).

Tabla 2: Estándares de calidad de agua potable y agua para riego de vegetales.

| Parámetro | Unidad | Medida | Unidad |
|---|--------------|-----------|---------|
| | | a* | b** |
| Fisicoquímicos | | | |
| Cloruros | mg/l | 500 | *** |
| Conductividad | µS/cm | 2 500 | 1600 |
| Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅) | mg/l | 15 | 5 |
| Demanda química de oxígeno (DQO) | mg/l | 40 | 20 |
| Nitratos (NO ₃ -N) + Nitritos (NO ₂ -N) | mg/l | 100 | 10 |
| Potencial de hidrógeno (pH) | Unidad de pH | 6,5 - 8,5 | 5,5 - 9 |
| Sulfatos | mg/l | 1000 | *** |
| Inorgánicos | | | |
| B (Boro) | mg/l | 1 | 2,4 |
| Cu (Cobre) | mg/l | 0,2 | 2 |
| Fe (Hierro) | mg/l | 5 | 1 |
| Mg (Magnesio) | mg/l | *** | *** |
| Mn (Manganeso) | mg/l | 0,2 | 0,05 |
| Zn (Zinc) | mg/l | 2 | 5 |
| Microbiológicas | | | |
| Coliformes totales | NMP/100 ml | 1000 | 0 |
| Coliformes Termotolerantes | NMP/100 ml | 1000 | 0 |
| <i>Escherichia coli</i> | NMP/100 ml | 100 | 0 |

* Estándares de calidad del agua utilizada para riego de vegetales. ** Estándares de calidad para el agua potable. *** Para esta subcategoría el parámetro no es importante. **Fuente:** MINAN (2017). DS N.º 004-2017-MINAM.

2.10. Solución nutritiva (SN)

Es una solución constituida por agua más la adición de elementos minerales nutritivos, los cuales son añadidos por diferentes tipos de fertilizantes (inorgánicos u orgánicos) en concentraciones apropiadas con la finalidad de cubrir los números procesos fisiológicos en los vegetales, teniendo como resultado mejor rendimiento y productividad en los cultivos (Urresta, 2019). Para el uso de SN es importante tener conocimiento de los requerimientos máximos y mínimos de la planta (tabla 5), el entorno en él se piensa cultivar (tipo de suelo, temperatura, humedad relativa, clima, etc.). La falta de un elemento mineral esencial ocasiona deficiencias que pueden afectar el desarrollo y crecimiento de las plantas (Tabla 4).

Quiroz *et al.* 2009, manifiesta que, cada elemento mineral puede ser considerado como macronutriente o micronutriente dependiendo de las concentraciones demandadas por las plantas. Para un adecuado crecimiento y desarrollo siempre los macronutrientes serán aplicados en mayores cantidades, mientras que los micronutrientes en menores (tabla 3). Dentro de estos nutrientes podemos encontrar los siguientes.

2.10.1. Macronutrientes

Potasio, Nitrógeno, Azufre, Calcio, Magnesio, Fosforo.

2.10.2. Micronutrientes:

Hierro, Cobre, Manganeso, Zinc, Boro, Cloro.

Tabla 3: Principales características de los elementos minerales esenciales.

| Elementos esenciales | Forma asimilada por los vegetales | Funciones en las plantas |
|-----------------------------|---|---|
| Grupo 1 | | |
| Carbono (C) | En la forma de CO ₂ , H ₂ O, O ₂ , NO ₃ , NH ₄ , NO ₃ , SO ₄ . | Constituyentes mayores de la materia orgánica. Elementos esenciales de grupos atómicos involucrados en procesos enzimáticos. Asimilación por reacciones de redox. |
| Hidrógeno (H) | | |
| Oxígeno (O) | | |
| Nitrógeno (N) | | |
| Azufre (S) | | |
| Grupo 2 | | |
| Fósforo (P) | En forma de iones de fosfatos y en ácido bórico. | Se mejora la fructificación, floración y producción de semillas. |
| Boro (B) | | |
| Grupo 3 | | |
| Potasio (K) | Se asimilan en manera de iones. | Efecto positivo en la fotosíntesis, protección contra el estrés hídrico, aumento en la defensa de microorganismos perjudiciales para la planta. |
| Magnesio (Mg) | | |
| Calcio (Ca) | | |
| Manganeso (Mn) | | |
| Cloro (Cl) | | |
| Grupo 4 | | |
| Hierro (Fe) | Quelatos o iones. | Están vinculados en la respiración de la planta. También están involucrados en la maduración de los frutos. |
| Cobre (Cu) | | |
| Zinc (Zn) | | |
| Molibdeno (Mo) | | |

* Adaptado de Quiroz *et al.* (2009). Fuente: Vivero Forestal: Producción de plantas nativas a raíz cubierta.

Tabla 4: Síntomas de deficiencia elementos minerales en vegetales.

| Síntomas de deficiencia de nutrientes | |
|--|--|
| Macronutrientes | |
| Nitrógeno (N) | Hojas de color amarillo debido la escasez de clorofila, seguido de un lento crecimiento ocasionando marchites en la planta. |
| Fósforo (P) | Los tallos adquieren una tonalidad rojiza y las hojas verde oscuro. Desequilibrio en la nutrición de la planta ocasionando enanismo. |
| Potasio (K) | Marchites y debilitamiento general, como consecuencia se generan frutos de coloración pálida. Menor captación de agua. |
| Calcio (Ca) | Malformaciones en las hojas con manchas amarillas. Pobre desarrollo de frutos y raíces. |
| Magnesio (Mg) | Lesiones cloróticas en las hojas perjudicando la fotosíntesis. |
| Azufre (S) | La principal característica de deficiencia de este elemento es la clorosis en hojas jóvenes, seguido de estrés hídrico. |
| Micronutrientes | |
| Hierro (Fe) | Hojas de tonalidad amarilla sin perjudicar el tamaño de las mismas, y las raíces adquieren una coloración café. |
| Manganeso (Mn) | Las hojas presentan efectos similares a la deficiencia de Fe. |
| Zinc (Zn) | La formación de semillas es severamente afectada. |
| Cobre (Cu) | Enrollamiento y marchites en hojas nuevas. La raíz presenta un escaso desarrollo y crecimiento. |
| Boro (Bo) | La polinización y la maduración o cuajo de frutos se ve perjudicada. |
| Molibdeno (Mo) | Clorosis y malformaciones en las hojas. |
| Cloro (Cl) | Para especies forestales no existen síntomas de deficiencia. |

* Adaptado de Quiroz *et al.* (2009). Fuente: Vivero Forestal: Producción de plantas nativas a raíz cubierta.

Tabla 5: Concentraciones óptimas de los 13 elementos esenciales para especies maderables.

| Elemento esencial | Concentración (ppm) | | |
|------------------------|---------------------|-------------------|----------------|
| | Crecimiento inicial | Crecimiento pleno | Endurecimiento |
| Macronutrientes | | | |
| N* | 50 | 150 | 50 |
| P | 100 | 60 | 60 |
| K | 100 | 150 | 150 |
| Ca | 80 | 80 | 80 |
| Mg | 40 | 40 | 40 |
| S | 60 | 60 | 60 |
| Micronutrientes | | | |
| Fe | 4,00 | 4,00 | 4,00 |
| Mn | 0,80 | 0,80 | 0,80 |
| Zn | 0,32 | 0,32 | 0,32 |
| Cu | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| Mg | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| B | 0,50 | 0,50 | 0,50 |
| Cl ⁺ | 4,00 | 4,00 | 4,00 |

* Las concentraciones de N dependen de la especie vegetal. Existen especies maderables (*Larix occidentalis* y *L. Populus*) que son sensibles al N, y que requieren concentraciones bajas, mientras que especies de lento crecimiento como *Larix Picea* y *L. Abies* requieren concentraciones elevadas de N. El Cl⁺ es un elemento que puede encontrarse en diferentes tipos de aguas, pero casi nunca es utilizado. Adaptado de Quiroz *et al.* (2009). **Fuente:** Vivero Forestal: Producción de plantas nativas a raíz cubierta.

3.10. Antecedentes experimentales

Ruddy *et al.* (2021), ejecutaron dos ensayos experimentales. En el primero se observaron los efectos de la aplicación de dos concentraciones de microorganismos eficaces activados (0,05 y 0,1% de EMA) con un testigo (sin EMA) sobre el agua subterránea de la Facultad de Ciencias Agrarias - Tumbes, registrándose al inicio y final todos los valores obtenidos de los parámetros evaluados (microbiológicos, químicos y físicos). En el experimento número dos se evaluaron los efectos del agua subterránea tratada con EMA sobre las

características morfológicas, y presencia de microorganismos patógenos en *Lactuca sativa* L. bajo condiciones hidropónicas. Los valores obtenidos finalizado el experimento nos indican que en el pH (potencial de hidrógeno) hubo diferencias no significativas, aumento de la CE (conductividad eléctrica), la demanda bioquímica y química de oxígeno disminuyeron. Por lo tanto, la aplicación de EMA en una concentración de 0,1% resultó ser más efectiva en la eliminación total de los parámetros microbiológicos. Además, la producción y calidad de las lechugas se vio beneficiada cuando fueron regadas con el agua que recibió el tratamiento de los EMA, por esta razón, la aplicación de estos microorganismos son una excelente opción en la depuración de diferentes tipos de aguas y en la producción de alimentos de buena calidad.

Vigo (2020), realizó una investigación con la finalidad de probar el efecto de los EM sobre A.R.D en situaciones altoandinas. Se hicieron 4 tratamientos, cada uno de ellos con una capacidad de 110 litros de agua, la concentración de EM en los 2 primeros tratamientos fue de 220 ml en condiciones anaeróbicas y aeróbicas, y los restantes se tomaron como testigos. Además, para el incremento de la temperatura en los tratamientos se instalaron “colectores solares”. El primer tratamiento (220 ml EM más aerobio) mostró mejores efectos en la reducción de los sólidos suspendidos totales (88,9%), demanda bioquímica y química de oxígeno (80,7 y 79,9 %), fósforo total (81,8%); mientras que el segundo (220 ml más anaerobio) obtuvo mejores efectos en la reducción del amoníaco (100%), nitritos (100%) y los nitratos (98,1%). En conclusión, la aplicación de EM en los tratamientos produjo una disminución en el contenido de nitrógeno y material orgánico presente en el A.R.D.

Bazán & Nureña (2019), ejecutaron un ensayo que tuvo la finalidad de probar los efectos y conocer la dosis adecuada de EM sobre el tratamiento de A.R.D, evaluándose parámetros como turbidez, demanda bioquímica de oxígeno y turbidez. Para este experimento se utilizaron tres concentraciones de EM (0, 10, y 50 ml) distribuidas en tres tratamientos y tres repeticiones. Después de un periodo

de 33 días de tratamiento los valores obtenidos al finalizar el experimento mostraron una disminución en la demanda bioquímica de oxígeno, coliformes termotolerantes y turbidez siendo la concentración de 10 ml de EM la efectiva en el tratamiento del A.R.D provenientes de una laguna de oxidación o P.T.A.R.

Centeno et al. (2019), ensayaron una investigación sobre los efectos de los EM en el tratamiento de A.R.D. Las concentraciones utilizadas para este ensayo fueron: 3×10^8 , 9×10^8 y $1,8 \times 10^9$ UFC/ml más un testigo sin la aplicación de EM (5% EM, 5% miel de caña y un 90% de H_2O_2). Una vez finalizado el experimento se registraron los datos de la demanda bioquímica de oxígeno obteniendo como resultado una disminución de 199,1 mg/l en la dosis 3×10^8 UFC/ml, 142,9 mg/l y 132,1 mg/l en las dosis 9×10^8 y $1,8 \times 10^9$ UFC/ml, mientras que en el testigo se registró una disminución de 247,2 mg/l. Por lo tanto, en este experimento se determinó que aplicando una dosis de $1,8 \times 10^9$ UFC/ml (tratamiento N.º 3) de EM (microorganismos eficaces) se produce una reducción en la DBO_5 .

Delgado (2019), realizó una investigación con A.R.D provenientes de una planta de tratamiento con la finalidad de probar los efectos de los EM sobre las características fisicoquímicas y microbiológicas. Se elaboraron doce unidades experimentales divididas en grupos de tres, y añadiéndoles los EM en diferentes concentraciones (4,6 y 8%) más el testigo (4 grupo). Luego de finalizado el experimento se procedió a registrar los valores obtenidos de los parámetros evaluados obteniéndose como resultado una estabilidad en el potencial de hidrogeno (pH), conductividad eléctrica (C.E) y en la variación de la temperatura (T^0). Asimismo, en este experimento la aplicación de los EM ocasionó la aparición de elementos metálicos, se produjo un aumento en el contenido de aceites y grasas, demanda bioquímica y química de oxígeno y los sólidos totales suspendidos también se vieron beneficiados, pero los parámetros microbiológicos (fecales o termotolerantes) sufrieron una reducción.

Romero (2020), realizó una investigación cuya finalidad fue determinar el efecto de los EM sobre la DBO₅ (demanda bioquímica de oxígeno) y de Coliformes termotolerantes, para esto se recolectó 216 litros como muestra de agua residual doméstica. Se hicieron 12 unidades experimentales, cada unidad experimental contenía 18 litros de muestra. Las dosis fueron aplicadas en concentraciones de 4%, 6% y 8% de EM, y el último fue el testigo. Luego de finalizado el experimento se llegó a la conclusión que las dosis en concentraciones de 6 y 8% de EM redujeron considerablemente la DBO₅ y la presencia de coliformes termotolerantes.

Rivera (2019), realizó un ensayo cuya finalidad fue evaluar el crecimiento de *Eucalyptus globulus* Labill. cuando se aplica A.R.D (sin ningún tipo de tratamiento previo) como agua de riego. En esta investigación se elaboraron cuatro tratamientos y un testigo como control (T-1= 100% de H₂O potable, T-2= 100% de A.R.D, T-3= 50% de A.R.D, T-4= 70% de A.R.D y T-5= 100% de A.R.D) y 140 plantones como material vegetativo. Luego de finalizado el experimento se llegó a la conclusión que la reutilización de A.R.D como agua de riego afectó de manera positiva sobre las características morfológicas (índice de esbeltez, índice de Dickson, altura, diámetro de tallo) de los plantones. Todos los plantones fueron sembrados sobre un sustrato que contenía materia orgánica.

Vega (2017), realizó una investigación donde se evaluó la frecuencia de aplicación y el efecto de SN (soluciones minerales nutritivas) sobre el crecimiento de la especie *Cedrelinga cateniformis* Duke (chuncho). Para esta investigación se elaboró un diseño experimental completamente al azar (DCA) con 19 tratamientos incluido el testigo absoluto. Las concentraciones de las SN fueron: Nitrato de amonio (0,5; 1; 1,5 gr/l), Fosfato diamónico (0,25; 0,75; 1 gr/l) y la aplicación de estos riegos fue cada 3, 6 y 9 días. Luego de finalizado el experimento se procedió a registrar los valores finales de los parámetros (altura, número de hojas, diámetro) evaluados, obteniéndose como resultado que el tratamiento T-15 favoreció el diámetro, el tratamiento T-1 favoreció la altura, y el número de hojas obtuvo un mejor resultado en el tratamiento T-12.

Rosero et al. (2018), ensayaron una investigación para evaluar las características morfológicas en *Polylepis racemosa* (yagual) mediante la aplicación de diferentes tipos de fertilizantes. Para esta investigación se realizaron 7 tratamientos con 4 repeticiones, como fuente de nutrientes se utilizaron fosfato monopotásico, nitrato de potasio y nitrato de amonio (para la elaboración de los tratamientos a aplicar fue necesario realizar una mezcla entre los fertilizantes). Las concentraciones de NPK fueron las siguientes: 100-50-100 (A1), 150-75-150 (A2) y 200-100-200 (A3) mg/l más un tratamiento de control (testigo), y con 2 maneras de aplicación (2 (B1) y 3 (B2) veces x semana). Luego de finalizado el experimento se registraron los datos obtenidos teniendo como resultado que regando 3 veces por semana con una dosis de 200-100-200 mg/l NPK origina un aumento en el número de hojas y la altura de los plántones; por otro lado, hubo un bajo rendimiento cuando fueron regados con una concentración 100-50-100 mg/l NPK y con el tratamiento utilizado como control (sin fertilizantes).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Diseño de la investigación

Fue aplicativo-cuantitativo y experimental, donde la aplicación de microorganismo eficaces (EM) fue necesaria para la reparación (descontaminación) del agua residual doméstica proveniente de una laguna de oxidación (PTAR).

3.2. Lugar de ejecución

Para la realización de este experimento o ensayo fue necesario utilizar las instalaciones la Universidad Nacional de Tumbes, Facultad de Ciencias Agrarias, en el TEICH (taller de enseñanza e investigación de cultivos hidropónicos) (figura 1). Las instalaciones se encuentran ubicadas en el Distrito de Corrales, cuyas coordenadas UTM son: 9602990,80 m Norte y 555162,10 m Este, con 5 m.s.n.m de altitud.



Figura 1. TEICH (Taller de enseñanza e investigación en cultivos hidropónicos), Facultad de Ciencias Agrarias.

3.3. Lugar de procedencia del material de estudio

3.3.1. Ubicación de la laguna de oxidación

La muestra de ARD se extrajo de la laguna de oxidación que se encuentra ubicada en el distrito de Corrales, Provincia y Región de Tumbes, cuyas coordenadas en UTM son: 9602382,60 m Norte y 557009,00 m Este, con 9 m.s.n.m de altitud (fig. 2).

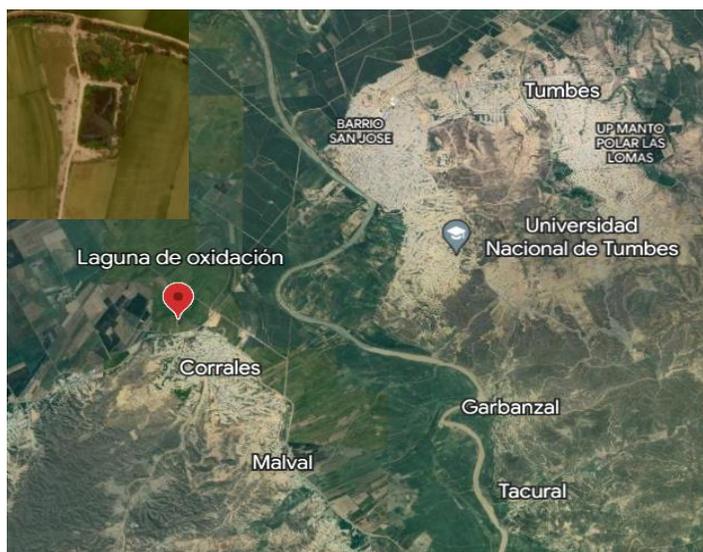


Figura 2. Ubicación satelital de la laguna de oxidación en Corrales-Tumbes.

3.3.2. Ubicación satelital de los sectores de recolección de semillas de las especies forestales evaluadas

Para evaluar el efecto del agua residual doméstica en arboles forestales se seleccionaron dos especies maderables, *Cedrela odorata* L. (cedro) y *Prosopis pallida* Kunth. (algarrobo), de edad aproximada 10-15 años, ubicadas en la provincia y departamento de Tumbes. Ambas especies se encuentran ubicadas en las coordenadas UTM. Este 557009,40 m – Norte 9602993,20 m, con una altitud de 6 m.s.n.m para la especie *Cedrela odorata* L., y Este 561746,20 m - Norte 9603908,20 m, con una altitud de 34 m.s.n.m para *Prosopis pallida* Kunth. Datum WGS84 (fig. 3).



Figura 3. Vista satelital y ubicación de las especies forestales estudiadas.

3.4. Materiales, insumos, herramientas y equipos

3.4.1. Materiales

- ✓ Cajas de madera
- ✓ Etiquetas
- ✓ Láminas de poliestireno
- ✓ Libreta de campo
- ✓ Plástico de color negro
- ✓ Plumones
- ✓ Vasos de precipitación de 100 y 500 mL de capacidad

3.4.2. Equipos

- ✓ Cámara fotográfica marca Panasonic modelo Lumix DMC SZ9
- ✓ Conductímetro digital marca Hanna modelo HI 863
- ✓ Grapadora industrial marca Stanley modelo Grap 1"
- ✓ Calibrador Vernier (Pie de rey) digital marca Stanley modelo Racing 4
- ✓ Mochila de fumigación marca Solo modelo MS 1L
- ✓ Potenciómetro digital, marca Orión modelo Star A211

- ✓ Medidor multiparámetro portátil Multi 3620 IDS

3.4.3. Insumos

- ✓ Agua potable
- ✓ Agua residual doméstica, proveniente poza de oxidación Corrales-Tumbes
- ✓ EM AGUA®, producto que contiene los microorganismos eficientes
- ✓ Hipoclorito de sodio (lejía 10%)
- ✓ Semillas de “Cedro” y “Algarrobo”
- ✓ Solución nutritiva comercial de la UNALM-La Molina
- ✓ Sustrato para plantones (Arena fina de río lavada)
- ✓ Pintura blanca

3.4.4. Herramientas y otros

- ✓ Baldes de plástico
- ✓ Tijeras
- ✓ Wincha
- ✓ Cuchillo de cocina
- ✓ Lampitas de jardín

3.5. Conducción del experimento

Se realizó la incorporación de los microorganismos eficaces activados (EMA) para evaluar los efectos en el tratamiento del ARD procedente de la laguna de oxidación de Corrales – Tumbes para luego reutilizarla en el crecimiento de plantones de *Cedrela odorata* L. y *Prosopis pallida* Kunth. Para ello, el trabajo se dividió en dos experimentos independientes: Primer experimento: Efecto de los microorganismos eficientes activados (EMA) en el tratamiento del agua residual doméstica. Segundo experimento: Efecto del agua residual doméstica tratada con EMA en el crecimiento de plantones de *Cedrela odorata* L. y *Prosopis pallida* Kunth. Como complemento del segundo experimento se adicionó solución nutritiva a los tratamientos para corregir deficiencias de minerales.

“En el segundo experimento se utilizó arena de quebrada esterilizada para poder evaluar mejor los efectos de la reutilización del agua residual doméstica sobre las características morfológicas de los plantones forestales, la utilización de materia orgánica (humus, tierra agrícola, etc.) en el sustrato perjudicaría el verdadero propósito del experimento”.

3.5.1. Efecto de los Microorganismos Eficaces Activados (EMA) en el tratamiento del agua residual doméstica

Como fuente de microorganismos eficaces se utilizó el inoculante microbiano EM AGUA®. La activación se realizó en base a lo recomendado por BIOEM (2020). Se mezcló 5% del producto comercial más 5% de melaza y se completó el 90% restante con agua potable (para activar 1 litro de EM, se mezcló 50 ml del producto y 50 ml de melaza más 900 ml de agua potable). Se colocó la mezcla en un envase de plástico limpio (botellas de tres litros), sin contaminación química, se cerró herméticamente y se dejó en reposo durante 7 días a la sombra, posteriormente, se registró el pH, el cual fue de 3,5. Los gases generados en el interior del envase de plástico se eliminaron por difusión libre. Se ensayaron tres tratamientos, ARD sin EMA (T₀), ARD más la adición de 0,25% de EMA (T₁) y ARD más la adición de 0,75% de EMA (T₂) (tabla 6). Para esta investigación se trabajó con volúmenes de 100 litros de agua residual doméstica por cada cama (caja de madera). El tiempo de actuación de los EMA fue de 60 días, momento en que se realizaron las evaluaciones de la calidad del ARD.

Tabla 6: Factor y tratamientos en estudio para el efecto de los microorganismos eficientes en el tratamiento del ARD.

| Factor | Tratamientos | Clave |
|-------------------------------|---------------------|----------------|
| Agua residual doméstica (ARD) | ARD sin EMA | T ₀ |
| | ARD + 0,25% de EMA | T ₁ |
| | ARD + 0,75% de EMA | T ₂ |

Para este ensayo se utilizó el diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con tres tratamientos (incluyendo el utilizado como control) con cuatro repeticiones, y distribuidas en doce unidades experimentales. Para esta investigación fue necesario construir cajas de madera (1 X 1 X 0,25 m), forradas en su interior con un plástico de color negro (8 micras de grosor) con la capacidad de albergar un volumen de 100 litros de ARD. Este tipo de agua fue recolectada de la laguna de oxidación del distrito de Corrales-Tumbes a una profundidad de 30 cm, siguiendo los protocolos de sanidad establecidos para este caso. Se realizaron dos análisis al agua residual doméstica, al inicio y finalizado el tratamiento con microorganismos eficientes. Se analizaron los parámetros físico-químicos (pH, conductividad eléctrica, nitratos, nitritos, sulfatos, demanda bioquímica y química de oxígeno...entre otros), los parámetros microbiológicos (coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* y huevos y larvas de Helminths) y metales totales (aluminio, cadmio, cobre, cromo, mercurio, níquel, plomo, zinc, arsénico... entre otros). Las muestras de agua residual domestica se analizaron en la empresa Bides Laboratorios Soluciones Integrales - Tumbes.

El análisis del agua potable (utilizada para la elaboración de la solución nutritiva) se realizó en la Universidad Nacional Agraria La Molina-Lima, Perú.

3.5.2. Efecto del agua residual doméstica tratada con EMA en el crecimiento de plantones de cedro (*Cedrela odorata* L.) y algarrobo (*Prosopis pallida* Kunth.)

Las semillas de algarrobo fueron escarificadas mecánicamente (remoción de parte de la cáscara con tijera), luego fueron sumergidas en agua potable por dos días y junto con las semillas de cedro fueron desinfectadas con una solución de vitavax 0,1% por 5 minutos, luego fueron colocadas en bandejas de plástico (desinfectadas con alcohol etílico 96%) llenas con arena de quebrada.

Después de 15 a 20 días de la germinación, las plántulas de ambas especies se trasplantaron a bolsas de plástico perforadas (para el drenaje del agua), de color negro de un 1 kg de capacidad, conteniendo arena fina de quebrada, lavada y desinfectada por el método de solarización. Se estudiaron cuatro tratamientos, incluyendo dos testigos, absoluto y referencial (tabla 6). Cada unidad experimental (repetición) estaba constituida por 20 plantones de *Cedrela odorata* L. y *Prosopis pallida* Kunth., mientras que la muestra tomada al finalizar el experimento fue de 4 plantones elegidos aleatoriamente por cada repetición. Los riegos fueron frecuentes y se hicieron de acuerdo a la necesidad de las plantas y condiciones del clima. El testigo absoluto se regó con ARD sin EMA, el testigo referencial con solución nutritiva mineral, especial para especies forestales en la etapa de establecimiento (Quiroz, 2009) (tabla 7), y los otros dos tratamientos fueron regados con ARD tratada con 0,25 y 0,75% de EMA, respectivamente.

Las plantas permanecieron en el TEICH durante tres meses aproximadamente, donde se evaluó los días de emergencia de las plántulas, porcentaje de germinación, y las características morfológicas (altura de planta, número de hojas, diámetro del tallo y longitud de la raíz). Después de realizadas las observaciones de estas características morfológicas, se optó por incorporar solución nutritiva para especies forestales en la etapa de establecimiento (Quiroz, 2009) a los tratamientos T₀ (testigo absoluto), T₂ (0,25% de EMA) y T₃ (0,75% de EMA) con la finalidad de corregir las deficiencias nutricionales que se presentaron en los plantones (tabla 8). Después de 75 días se evaluaron nuevamente las características morfológicas de las dos especies forestales.

Tabla 7: Factor y tratamientos en estudio para el efecto de la reutilización del ARD tratada con EMA en el crecimiento de plantones de *Cedreia odorata* L. y *Prosopis pallida* Kunth.

| Factor | Tratamientos | Clave |
|-------------------------------------|--|----------------|
| Agua residual doméstica (ARD) | ARD sin EMA* (testigo absoluto) | A ₀ |
| | Solución nutritiva (testigo referencial) | A ₁ |
| | ARD + 0,25% de EMA* | A ₂ |
| | ARD + 0,75% de EMA* | A ₃ |

* Efecto de los microorganismos eficaces activados sobre el ARD.

Tabla 8: Factor y tratamientos en estudio para el efecto del ARD tratada con EMA, complementada con solución nutritiva en el crecimiento de plantones de *Cedreia odorata* L. y *Prosopis pallida* Kunth.

| Factor | Tratamientos | Clave |
|---|--|----------------|
| Agua residual doméstica tratada con EMA | ARD sin EMA (testigo absoluto) + SN* | A ₀ |
| | Solución nutritiva (testigo referencial) | A ₁ |
| | ARD tratada con 0,25% de EMA + SN* | A ₂ |
| | ARD tratada con 0,75% de EMA + SN* | A ₃ |

* ARD complementada con solución nutritiva.

3.5.3. Análisis de datos

Para realizar el procesamiento de datos a partir de los resultados obtenidos en los parámetros evaluados se realizó un análisis de varianza (ANVA) (ver anexo 2), y para la comparación de medias se realizó la prueba de rango o test de comparaciones múltiple (Duncan) con una probabilidad del 5% (ver anexo 3). Para el procesamiento de datos se utilizaron utilizando los softwares estadísticos, Excel y InfoStat versión 2022. Los resultados del análisis estadístico se presentaron en figuras y tablas.

4. RESULTADOS

4.1. Efectos de los Microorganismos Eficaces Activados (EMA) en el tratamiento del agua residual doméstica.

4.1.1. Parámetros físico-químicos

- a. **Conductividad eléctrica (C.E) y Potencial de Hidrógeno (pH).** El A.R.D presentó inicialmente un pH alcalino (9,80) y una CE de 9,70 mS/cm, disminuyendo ligeramente a los 10, 20, 30, 40 y 50 días después de agregar los EMA en concentraciones de 0,25 y 0,75% (Fig. 3 y 4). Se observaron diferencias estadísticas significativas de estos parámetros entre los tratamientos y el testigo absoluto (agua residual doméstica sin EMA) (tablas 9 y 10).

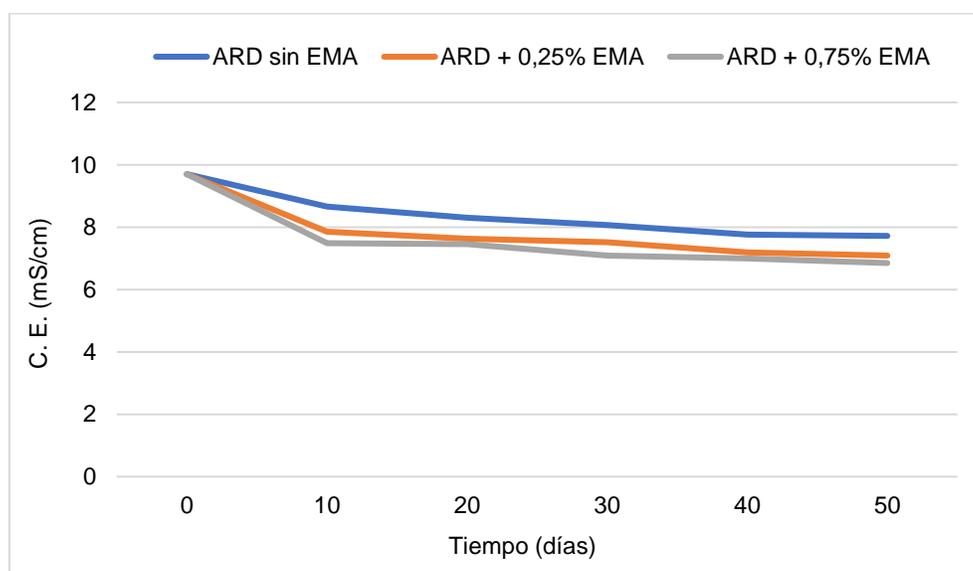


Figura 4. Variación del efecto de los EMA en la conductividad eléctrica del ARD después de 50 días de su aplicación.

Tabla 9: Test de Duncan al 5% para el efecto de los EMA sobre la conductividad eléctrica del ARD.

| Clave | Tratamientos | Tiempo (días) | | | | | | Valor (mS/cm) | Duncan 5% (*) |
|--------------------------------|--------------------|--------------------|------|------|---------------------|------|------|------------------|------------------|
| | | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | | |
| T0 | ARD sin EMA | 9,70 | 8,66 | 8,30 | 8,07 | 7,76 | 7,72 | 8,37 | a |
| T1 | ARD + 0,25% EMA | 9,70 | 7,85 | 7,63 | 7,52 | 7,19 | 7,09 | 7,83 | b |
| T2 | ARD + 0,75% EMA | 9,70 | 7,49 | 7,46 | 7,09 | 7,00 | 6,85 | 7,60 | b |
| Fb = 57,01 Ft = 21,32 | | pv = 0,0002 | | | C.V = 2,64 % | | | Sign. * | |

* Letras iguales indican promedios estadísticamente similares.

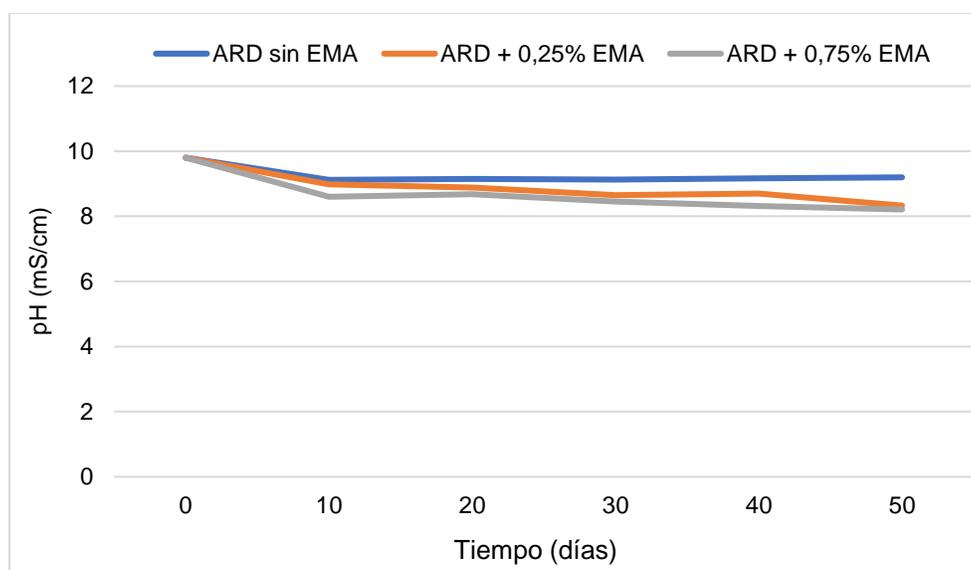


Figura 5. Variación del efecto de los EMA sobre el pH en el ARD.

Tabla 10: Test de Duncan al 5% para el efecto de los EMA sobre el pH del A.R.D.

| Clave | Tratamientos | Tiempo (días) | | | | | | Valor (pH) | Duncan 5% (*) |
|------------------------------|-----------------|--------------------|------|------|---------------------|------|----------------|------------|---------------|
| | | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | | |
| T0 | ARD sin EMA | 9,80 | 9,12 | 9,15 | 9,13 | 9,17 | 9,20 | 9,26 | a |
| T1 | ARD + 0,25% EMA | 9,80 | 8,98 | 8,88 | 8,65 | 8,70 | 8,33 | 8,89 | b |
| T2 | ARD + 0,75% EMA | 9,80 | 8,60 | 8,68 | 8,45 | 8,32 | 8,21 | 8,68 | b |
| Fb = 14,50 Ft = 13,31 | | pv = 0,0015 | | | C.V = 2,22 % | | Sign. * | | |

* Letras iguales indican promedios estadísticamente similares.

b. Concentración de cationes (mg/l). En la figura 5, se encuentran los valores obtenidos después de realizar un análisis inicial y final de la concentración de cationes en el agua residual domestica tratada con EMA. Después de 50 días de la aplicación de los EMA en las concentraciones 0,25 y 0,75%, los elementos esenciales tales como Ca, Na, Mg, K y P disminuyen su concentración, en relación con el ARD no tratada.

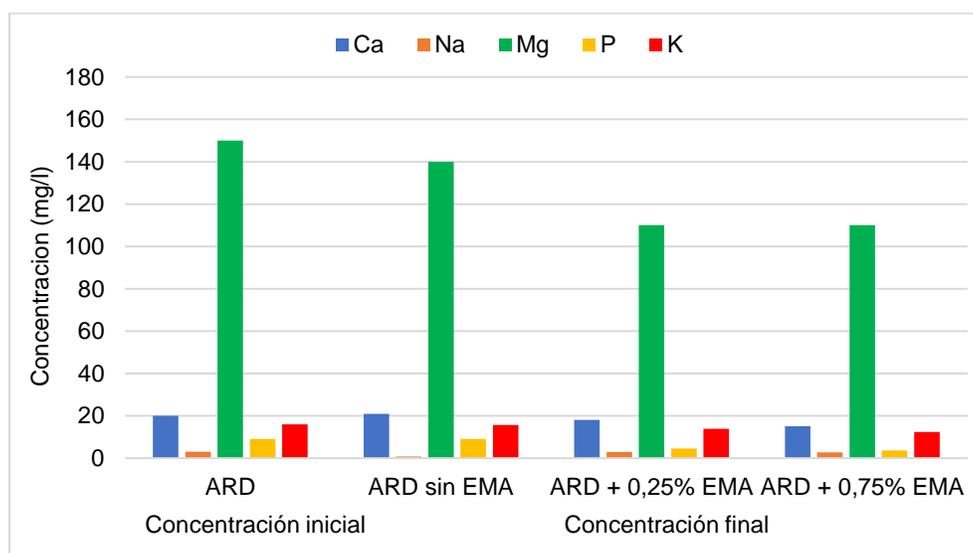


Figura 6. Concentración inicial y final de cationes en el ARD después de la aplicación de los EMA.

c. Concentración de aniones (mg/l). En la figura 6 se observa, que a los 50 días de la aplicación de los EMA (0,25 y 0,75%) en el ARD, hay una disminución de los aniones fosfatos, nitritos y sulfuros; mientras que el contenido de nitratos se incrementa un 96% (T₁) y 82% (T₂) en comparación al ARD sin tratamiento.

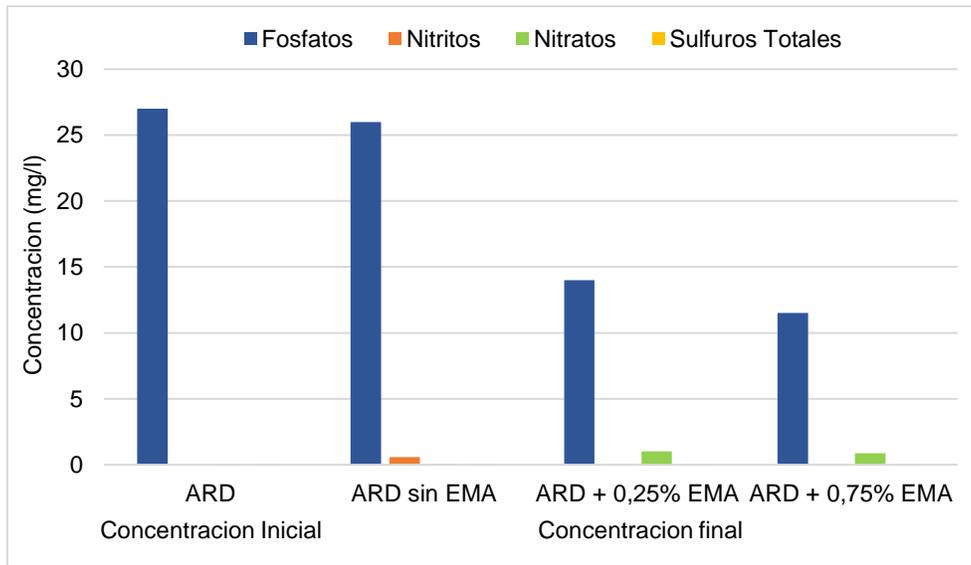


Figura 7. Concentración inicial y final de aniones en agua residual doméstica después de la aplicación de los EMA.

d. Metales totales (mg/l). Después de 50 días de evaluación, se determinó que, la incorporación de los EMA en las concentraciones 0,25 y 0,75% muestran una remoción de los metales como el Aluminio (100%), Zinc (88 y 100%), Manganeso (69 y 85%), Hierro (86 y 99%), Fosforo (48 y 74%), Bario (50 y 50%), Magnesio (41 y 9%), y Silicio (85 y 95%); respectivamente. Asimismo, otros tipos de metales incrementan su concentración, tales como el Potasio (60 y 65%), Sodio (54 y 26%), Estroncio (54 y 54%) y Calcio (79 y 79%). Además, se encontraron pequeñas cantidades de Boro, que no aparecía en el análisis inicial del ARD (fig. 7).

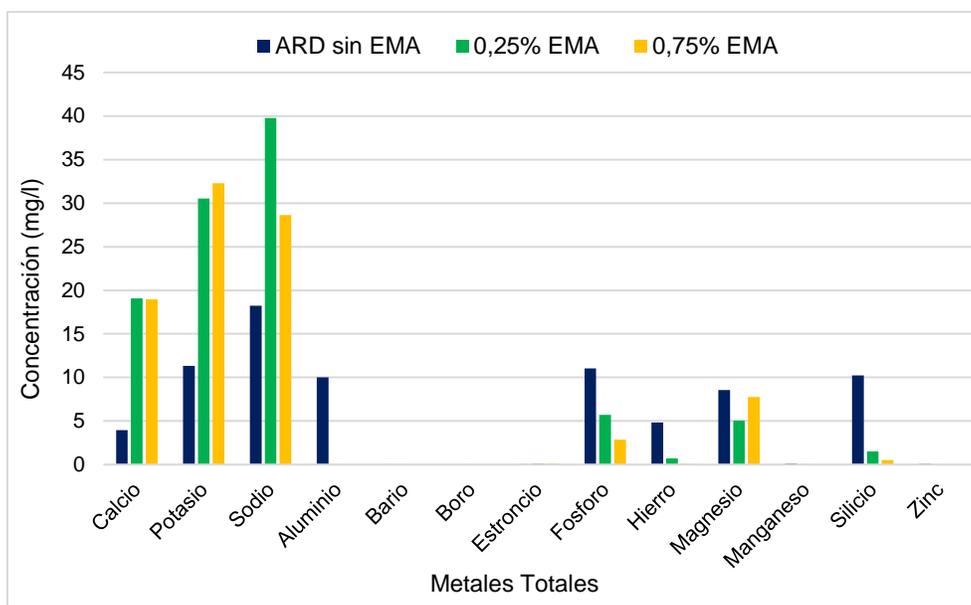


Figura 8. Concentración de metales totales presentes en el ARD después de la aplicación de los EMA.

e. Demanda bioquímica y química de oxígeno (DBO₅ y DQO). Con respecto al comportamiento de la DBO₅ y DQO, se observa una reducción al aplicar los EMA, siendo más pronunciado con una concentración 0,75%. (tabla 11).

Tabla 11: Demanda bioquímica de oxígeno en el ARD tratada con EMA después de 50 días de su aplicación.

| Parámetro | Tratamientos | | | |
|--------------------------------|------------------|------------------|------------------------------|------------------------------|
| | ARD ^A | ARD ^B | ARD + 0,25% EMA ^B | ARD + 0,75% EMA ^B |
| DQO (mg/L) | 556 | 310 | 135 | 111 |
| DBO ₅ (mg/L) | 178 | 24,17 | 20,23 | 8,56 |
| Relación DBO ₅ /DQO | 0,32 | 0,21 | 0,24 | 0,24 |
| Relación DQO/DBO ₅ | 3,12 | 4,86 | 4,17 | 4,22 |

Nota. ^A Valor obtenido al inicio del experimento. ^B Valores obtenidos finalizado el experimento.

4.1.2. Parámetros microbiológicos

- a. **Coliformes Termotolerantes y *Escherichia coli***. Después de 50 días de tratamiento con EMA en concentraciones de 0,25 y 0,75%, los parámetros microbiológicos medidos como *Escherichia coli* y Coliformes termotolerantes fueron eliminados en su totalidad (tabla 12).

Tabla 12: Efecto de los EMA sobre los parámetros microbiológicos en el tratamiento del ARD después de 50 días de su aplicación.

| Tratamientos | Microorganismos | |
|------------------------------|------------------------------------|---|
| | C. Termotolerantes (NMP/100 ml) | <i>Escherichia coli</i> (NMP/100 ml) |
| ARD ^A | 11 x 10 ⁷ | 11 x 10 ⁴ |
| ARD sin EMA ^B | 160 | 130 |
| ARD + 0,25% EMA ^B | 6 | 0 |
| ARD + 0,75% EMA ^B | 0 | 0 |

Nota. ^A Resultados obtenidos al inicio del experimento. ^B Resultados obtenidos al finalizar el experimento.

4.2. Efecto del agua residual doméstica tratada con EMA en el crecimiento de plantones de *Cedrela odorata* L. y *Prosopis pallida* Kunth.

4.2.1. Porcentaje de germinación

La germinación de las semillas de algarrobo se dio después de 15 días; mientras que las de algarrobo fueron a los 7 días. El porcentaje de germinación para ambas especies en estudio fue del 100% (tabla 13).

Tabla 13: Parámetros de germinación de las especies forestales en estudio.

| Especie vegetal | Días al inicio de la germinación | Porcentaje de germinación |
|---|---|----------------------------------|
| Cedro (<i>Cedrela odorata</i> L.) | 15 | 100 |
| Algarrobo (<i>Prosopis pallida</i> Kunth.) | 7 | 100 |

4.2.2. Altura de planta

En la figura 8 se encuentran, los valores obtenidos después del riego de plantones con ARD tratada con EMA, donde nos indica, que, si hubo variación en la altura de los plantones de cedro a los 25 días, excepto en los tratamientos T_2 y T_0 que presentaron efectos similares, pero el que obtuvo el mejor rendimiento es T_1 , lo cual se comprueba al realizar el análisis estadístico de Duncan 5% (tabla 14). Asimismo, a los 50 días, se observa que el ARD tratada con EMA en concentraciones de 0,25 y 0,75%, aumenta en 2% y 5% la altura de los plantones, en comparación cuando son regadas con ARD sin EMA, a pesar de ello se mantienen estadísticamente por debajo del promedio de altura de los plantones regados con solución nutritiva. La prueba de Duncan al 5%, muestra que hay diferencias significativas entre los tratamientos ensayados (tabla 15). En la tabla 16, se muestran los valores y la prueba de Duncan para la altura de los plantones de algarrobo a los 25 días de riego. Se determinó, que el tratamiento T_1 presento los mejores resultados que el resto de ensayos. En la tabla 17 se observa que no hay variación significativa entre el ARD sin tratar y los tratamientos T_2 y T_3 . Sin embargo, al ser comparados con T_1 , su altura disminuye significativamente.

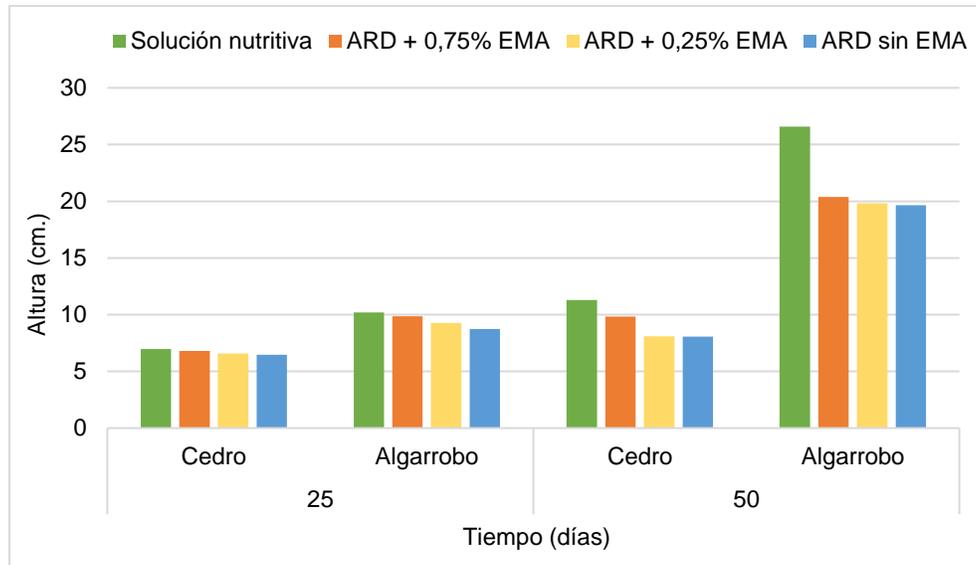


Figura 9. Efecto de los EMA sobre la altura de plántones de *Cedrela odorata* L. y *Prosopis pallida* Kunth. después de 25 y 50 días de su aplicación.

Tabla 14: Test de Duncan al 5% para el efecto de los EMA sobre la altura de los plántones de *Cedrela odorata* L. después de 25 días de su aplicación.

| Clave | Tratamientos | Bloque | | | Promedio (cm) | Duncan 5% (*) |
|----------------------------------|--------------------|-------------------|------|------|---------------------|------------------|
| | | I | II | III | | |
| T1 | Solución nutritiva | 7,01 | 6,97 | 6,93 | 6,97 | a |
| T3 | ARD más 0,75% EMA | 6,73 | 6,82 | 6,87 | 6,81 | b |
| T2 | ARD más 0,25% EMA | 6,65 | 6,60 | 6,53 | 6,59 | c |
| T0 | ARD sin EMA | 6,43 | 6,57 | 6,38 | 6,46 | c |
| Fb = 0,7340 Ft = 28,72 | | pv = 0,006 | | | C.V = 1,09 % | Sign. * |

* Letras iguales indican promedios estadísticamente similares.

Tabla 15: Test de Duncan al 5% para el efecto de los EMA sobre la altura de los plantones de *Cedrela odorata* L. después de 50 días de su aplicación.

| Clave | Tratamientos | Bloque | | | Promedio (cm) | Duncan 5% (*) |
|-------------------|--------------------|-------------------|-------|-------------------|---------------------|------------------|
| | | I | II | III | | |
| T1 | Solución nutritiva | 10,88 | 10,74 | 12,22 | 11,28 | a |
| T3 | ARD más 0,75% EMA | 9,39 | 9,93 | 10,19 | 9,84 | b |
| T2 | ARD más 0,25% EMA | 8,10 | 9,12 | 8,30 | 8,51 | c |
| T0 | ARD sin EMA | 7,46 | 8,92 | 7,80 | 8,06 | c |
| Fb = 1,824 | | Ft = 17,82 | | pv = 0,002 | C.V = 6,32 % | Sign. * |

* Letras iguales indican promedios estadísticamente similares.

Tabla 16: Test de Duncan al 5% para el efecto de los EMA sobre la altura de los plantones de *Prosopis pallida* Kunth. después de 25 días de su aplicación.

| Clave | Tratamientos | Bloque | | | Promedio (cm) | Duncan 5% (*) |
|--------------------|--------------------|-------------------|-------|-------------------|---------------------|------------------|
| | | I | II | III | | |
| T1 | Solución nutritiva | 10,51 | 10,29 | 9,76 | 10,19 | a |
| T3 | ARD más 0,75% EMA | 9,53 | 10,10 | 9,92 | 9,85 | ab |
| T2 | ARD más 0,25% EMA | 9,47 | 9,03 | 9,33 | 9,28 | bc |
| T0 | ARD sin EMA | 8,97 | 8,38 | 8,83 | 8,73 | c |
| Fb = 0,3186 | | Ft = 10,86 | | pv = 0,007 | C.V = 3,55 % | Sign. * |

* Letras iguales indican promedios estadísticamente similares.

Tabla 17: Test de Duncan al 5% para el efecto de los EMA sobre la altura de los plantones de *Prosopis pallida* Kunth. después de 50 días de su aplicación.

| Clave | Tratamientos | Bloque | | | Promedio (cm) | Duncan 5% (*) |
|--------------------|--------------------|-------------------|-------|--------------------|---------------------|------------------|
| | | I | II | III | | |
| T1 | Solución nutritiva | 27,13 | 28,00 | 24,58 | 26,61 | a |
| T3 | ARD más 0,75% EMA | 20,38 | 20,65 | 20,13 | 20,39 | b |
| T2 | ARD más 0,25% EMA | 20,48 | 18,92 | 20,10 | 19,88 | b |
| T0 | ARD sin EMA | 19,94 | 19,73 | 19,26 | 19,64 | b |
| Fb = 0,9411 | | Ft = 31,04 | | pv = 0,0005 | C.V = 4,79 % | Sign. * |

* Letras iguales indican promedios estadísticamente similares.

4.2.3. Número de hojas

En los resultados podemos observar que a los 25 días después de la siembra, el agua residual doméstica tratada con los EMA en las concentraciones de 0,25% y 0,75%, incrementaron en 5% y 7% el número de hojas de cedro en comparación con el ARD sin EMA (testigo absoluto), y la solución nutritiva (testigo referencial) presenta un aumento del 16% (fig. 9). El análisis estadístico nos indica que existen diferencias significativas entre la solución nutritiva con las concentraciones de EMA y el ARD sin EMA (tabla 18). Asimismo, tabla 19, se muestran los resultados y el análisis estadístico del rendimiento en el número de hojas de cedro a los 50 días; donde observamos que no hay variación significativa entre ARD sin EMA, 0,25% y 0,75% EMA; sin embargo, al compararlas con el testigo referencial su rendimiento en el número de hojas disminuye en 27, 19 y 13%. Los plántones de Algarrobo, a los 25 y 50 días de sembrado, presentaron una disminución en el número de hojas al ser regadas con ARD sin EMA y las tratadas con 0,25% y 0,75% EMA, en comparación cuando son regadas con solución nutritiva (fig. 9). Además, la prueba estadística de Duncan al 5% indica que hay diferencia significativa y altamente significativa, respectivamente, entre la solución nutritiva y los demás tratamientos en estudio (tabla 20 y 21).

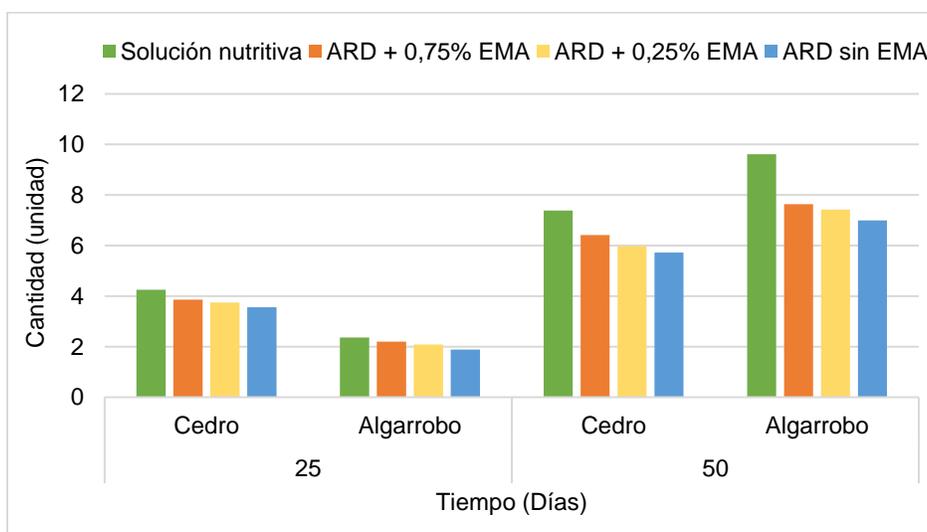


Figura 10. Efecto de los EMA sobre el número de hojas de plántones de *Cedrela odorata* L. y *Prosopis pallida* Kunth. después de 25 y 50 días de su aplicación.

Tabla 18: Test de Duncan al 5% para el efecto de los EMA sobre el número de hojas de los plantones de *Cedrela odorata* L. después de 25 días de aplicación.

| Clave | Tratamientos | Bloque | | | Promedio (cm) | Duncan 5% (*) |
|--------------------|--------------------|-------------------|------|-------------------|---------------------|------------------|
| | | I | II | III | | |
| T1 | Solución nutritiva | 4,33 | 4,00 | 4,42 | 4,25 | a |
| T3 | ARD más 0,75% EMA | 3,83 | 3,92 | 3,83 | 3,86 | b |
| T2 | ARD más 0,25% EMA | 3,83 | 3,75 | 3,67 | 3,75 | b |
| T0 | ARD sin EMA | 3,42 | 3,75 | 3,50 | 3,56 | b |
| Fb = 0,0003 | | Ft = 8,767 | | pv = 0,130 | C.V = 4,43 % | Sign. * |

* Letras iguales indican promedios estadísticamente similares.

Tabla 19: Test de Duncan al 5% para el efecto de los EMA sobre el número de hojas de los plantones de *Cedrela odorata* L. después de 50 días de aplicación.

| Clave | Tratamientos | Bloque | | | Promedio (cm) | Duncan 5% (*) |
|-------------------|--------------------|-------------------|------|--------------------|---------------------|------------------|
| | | I | II | III | | |
| T1 | Solución nutritiva | 7,83 | 7,08 | 7,25 | 7,39 | a |
| T3 | ARD más 0,75% EMA | 6,25 | 6,83 | 6,17 | 6,42 | b |
| T2 | ARD más 0,25% EMA | 6,08 | 5,83 | 6,00 | 5,97 | b |
| T0 | ARD sin EMA | 5,08 | 6,42 | 5,67 | 5,72 | b |
| Fb = 0,377 | | Ft = 7,250 | | pv = 0,0202 | C.V = 7,40 % | Sign. * |

* Letras iguales indican promedios estadísticamente similares.

Tabla 20: Test de Duncan al 5% para el efecto de los EMA sobre el número de hojas de los plantones de *Prosopis pallida* Kunth. a los 25 días de aplicación.

| Clave | Tratamientos | Bloque | | | Promedio (cm) | Duncan 5% (*) |
|--------------------|--------------------|-------------------|------|--------------------|--------------------|------------------|
| | | I | II | III | | |
| T1 | Solución nutritiva | 2,33 | 2,33 | 2,42 | 2.36 | a |
| T3 | ARD más 0,25% EMA | 2,25 | 2,17 | 2,17 | 2.20 | b |
| T2 | ARD más 0,75% EMA | 2,08 | 2,17 | 2,00 | 2.08 | b |
| T0 | ARD sin EMA | 1,92 | 1,83 | 1,92 | 1,89 | d |
| Fb = 0,0997 | | Ft = 24,58 | | pv = 0,0009 | C.V = 3,24% | Sign. * |

* Letras diferentes indican promedios estadísticamente diferentes.

Tabla 21: Test de Duncan al 5% para el efecto de los EMA sobre el número de hojas de los plantones de *Prosopis pallida* Kunth. después de 50 días de su aplicación.

| Clave | Tratamientos | Bloque | | | Promedio (cm) | Duncan 5% (*) |
|--------------------|--------------------|-------------------|------|--------------------|---------------------|------------------|
| | | I | II | III | | |
| T1 | Solución nutritiva | 9,58 | 9,92 | 9,33 | 9,61 | a |
| T3 | ARD más 0,75% EMA | 7,75 | 7,67 | 7,50 | 7,64 | b |
| T2 | ARD más 0,25% EMA | 7,92 | 6,75 | 7,58 | 7,42 | b |
| T0 | ARD sin EMA | 7,17 | 7,17 | 6,67 | 7,00 | b |
| Fb = 0,8117 | | Ft = 27,94 | | pv = 0,0006 | C.V = 4,80 % | Sign. * |

* Letras iguales indican promedios estadísticamente similares.

4.2.4. Diámetro de tallo

Según los resultados a los 25 días, los plantones de cedro tuvieron mejores rendimientos cuando fueron regados con ARD en una concentración de 0,75% EMA, incrementándose el diámetro de tallo por encima del 17% con respecto al ARD sin EMA, que obtuvo el menor valor (fig. 10 y tabla 22), pero al ser comparados con la solución nutritiva su rendimiento disminuye. Además, el análisis estadístico indica que hay una diferencia altamente significativa entre los tratamientos en estudio. Asimismo, en la tabla 23 y figura 10, se observa que, a los 50 días, a mayor concentración de EMA, el diámetro aumenta significativamente en comparación a los plantones que fueron regados con el ARD sin tratar. La prueba estadística de Duncan al 5% nos demostrarían que existe una diferencia altamente significativa entre los promedios de los tratamientos evaluados. Del mismo modo, en la tabla 24 se muestran los valores del diámetro de tallo en los plantones de algarrobo a los 25 días de riego, donde observamos que no existe variación significativa entre los testigos y los tratamientos experimentales. Lo cual se comprueba al realizar la prueba estadística de Duncan al 5%. Sin embargo, se observa que a los 50 días de riego si existen diferencias estadísticas entre la solución nutritiva y resto de tratamientos ensayados (tabla 25).

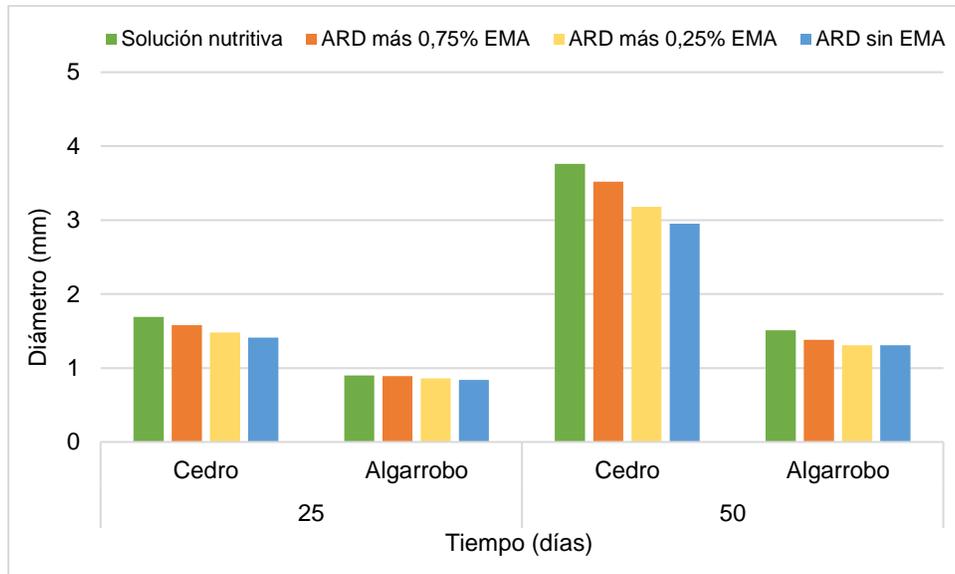


Figura 11. Efecto de los EMA sobre el diámetro de tallo de los plantones de *Cedrela odorata* L. y *Prosopis pallida* Kunth. después de 25 y 50 días de su aplicación.

Tabla 22: Test de Duncan al 5% para el efecto de los EMA sobre el diámetro de tallo de los plantones de *Cedrela odorata* L. después de 25 días de su aplicación.

| Clave | Tratamientos | Bloque | | | Promedio (cm) | Duncan 5% (*) |
|------------------|--------------------|-------------------|------|-------------------|---------------------|-----------------|
| | | I | II | III | | |
| T1 | Solución nutritiva | 1,73 | 1,65 | 1,70 | 1.69 | a |
| T3 | ARD más 0,75% EMA | 1,62 | 1,57 | 1,56 | 1.58 | b |
| T2 | ARD más 0,25% EMA | 1,50 | 1,48 | 1,45 | 1.48 | c |
| T0 | ARD sin EMA | 1,40 | 1,44 | 1,38 | 1.41 | d |
| Fb = 1,96 | | Ft = 55,32 | | pv = 0,001 | C.V = 1,90 % | Sign. ** |

* Letras diferentes indican promedios estadísticamente diferentes.

Tabla 23: Test de Duncan al 5% para el efecto de los EMA sobre el diámetro de tallo de los plantones de *Cedrela odorata* L. después de 50 días de su aplicación.

| Clave | Tratamientos | Bloque | | | Promedio (cm) | Duncan 5% (*) |
|-------------------|--------------------|-------------------|------|-------------------|---------------------|------------------|
| | | I | II | III | | |
| T1 | Solución nutritiva | 3,70 | 3,65 | 3,94 | 3,76 | a |
| T3 | ARD más 0,75% EMA | 3,56 | 3,48 | 3,52 | 3,52 | b |
| T2 | ARD más 0,25% EMA | 3,22 | 3,21 | 3,10 | 3,18 | c |
| T0 | ARD sin EMA | 2,92 | 3,00 | 2,92 | 2,95 | d |
| Fb = 0,019 | | Ft = 38,02 | | pv = 0,003 | C.V = 3,03 % | Sign. ** |

* Letras diferentes indican promedios estadísticamente diferentes.

Tabla 24: Test de Duncan al 5% para el efecto de los EMA sobre el diámetro de tallo de los plantones de *Prosopis pallida* Kunth. después de 25 días de su aplicación.

| Clave | Tratamientos | Bloque | | | Promedio (cm) | Duncan 5% (*) |
|-------------------|--------------------|--------------------|------|-------------------|---------------------|------------------|
| | | I | II | III | | |
| T1 | Solución nutritiva | 0,99 | 0,87 | 0,84 | 0,90 | a |
| T3 | ARD más 0,75% EMA | 0,87 | 0,92 | 0,87 | 0,89 | a |
| T2 | ARD más 0,25% EMA | 0,88 | 0,82 | 0,89 | 0,86 | a |
| T0 | ARD sin EMA | 0,84 | 0,81 | 0,88 | 0,84 | a |
| Fb = 0,600 | | Ft = 0,6939 | | pv = 0,588 | C.V = 5,97 % | N.S |

* Letras iguales indican promedios estadísticamente similares.

Tabla 25: Test de Duncan al 5% para el efecto de los EMA sobre el diámetro de tallo de los plantones de *Prosopis pallida* Kunth. después de 50 días de su aplicación.

| Clave | Tratamientos | Bloque | | | Promedio (cm) | Duncan 5% (*) |
|-------------------|--------------------|-------------------|------|-------------------|---------------------|------------------|
| | | I | II | III | | |
| T1 | Solución nutritiva | 1,52 | 1,59 | 1,42 | 1,51 | a |
| T3 | ARD más 0,75% EMA | 1,41 | 1,36 | 1,37 | 1,38 | b |
| T2 | ARD más 0,25% EMA | 1,31 | 1,30 | 1,33 | 1,31 | b |
| T0 | ARD sin EMA | 1,33 | 1,29 | 1,30 | 1,31 | b |
| Fb = 0,666 | | Ft = 11,29 | | pv = 0,007 | C.V = 3,53 % | Sign. * |

* Letras iguales indican promedios estadísticamente similares.

4.3. Efecto del agua residual doméstica tratada con EMA, complementada con solución nutritiva en el crecimiento de plantones de *Cedrela odorata* L. y *Prosopis pallida* Kunth.

En vista de que los plantones de algarrobo y cedro no crecieron adecuadamente, a los 75 días se complementó el agua residual doméstica tratada y no tratada con una solución nutritiva para estimular dicho crecimiento.

4.3.1. Altura de planta

A los 75 días, los plantones de cedro tuvieron mejores rendimientos cuando fueron regados con el tratamiento T_3 incrementándose la altura por encima del 18% con respecto T_0 , que obtuvo el menor resultado de todos los ensayos (fig. 11), pero al ser comparado con la solución nutritiva su rendimiento disminuye en un 32%. Además, el análisis estadístico de Duncan con una probabilidad del 5% demostraría que diferencias altamente significativas entre T_1 con el resto de tratamientos, pero los tratamientos T_2 y T_0 estarían presentando el mismo efecto (tabla 26). De la misma manera, en la tabla 27 se encuentran los valores de altura en los plantones de algarrobo a los 75 días de riego con ARD tratada, donde podemos observar que hay una variación significativa entre los testigos y los tratamientos experimentales, se demostró, que al incorporarse soluciones nutritivas a los tratamientos 0,25 y 0,75% de EMA, la altura aumenta en 18 y 27% con respecto a T_0 .

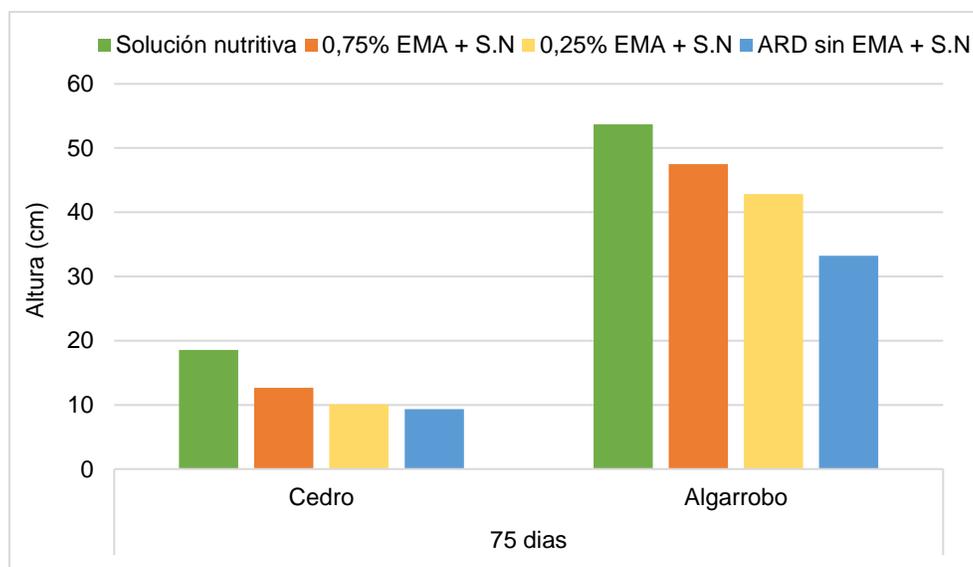


Figura 12. Efecto de los EMA más la adición de soluciones nutritivas, sobre la altura de los plántones de *Cedrela odorata* L. y *Prosopis pallida* Kunth. después de 75 días de su aplicación.

Tabla 26: Test de Duncan al 5% para el efecto de los EMA más la adición de soluciones nutritivas, sobre la altura de plántones de *Cedrela odorata* L. después de 75 días de su aplicación.

| Clave | Tratamientos | Bloque | | | Promedio (cm) | Duncan 5% (*) |
|-----------------------------------|--------------------|--------------------|-------|---------------------|-----------------|---------------|
| | | I | II | III | | |
| T1 | Solución nutritiva | 18,66 | 17,79 | 19,20 | 18,55 | a |
| T3 | 0,75% EMA + SN | 12,38 | 12,38 | 13,20 | 12,65 | b |
| T2 | 0,25% EMA + SN | 9,93 | 10,00 | 10,31 | 10,08 | c |
| T0 | ARD sin EMA + SN | 9,32 | 9,90 | 8,82 | 9,35 | c |
| Fb = 0,5116 Ft = 172,82 | | pv = 0,0001 | | C.V = 4,35 % | Sign. ** | |

* Letras iguales indican promedios estadísticamente similares.

Tabla 27: Test de Duncan al 5% para el efecto de los EMA más la adición de soluciones nutritivas, sobre la altura de plántones de *Prosopis pallida* Kunth. a los 75 días de su aplicación.

| Clave | Tratamientos | Bloque | | | Promedio (cm) | Duncan 5% (*) |
|----------------------------------|--------------------|--------------------|-------|---------------------|------------------|------------------|
| | | I | II | III | | |
| T1 | Solución nutritiva | 53,09 | 54,59 | 53,34 | 53,67 | a |
| T3 | 0,75% EMA + SN | 46,81 | 48,08 | 47,61 | 47,50 | b |
| T2 | 0,25% EMA + SN | 42,18 | 42,46 | 43,88 | 42,84 | c |
| T0 | ARD sin EMA + SN | 34,17 | 33,33 | 32,13 | 33,21 | d |
| Fb = 0,364 Ft = 255,41 | | pv = 0,0001 | | C.V = 2,11 % | Sign. ** | |

* Letras diferentes indican promedios estadísticamente diferentes.

4.3.2. Número de hojas

Después de 75 días de realizado el experimento, se observó que al incorporarse soluciones nutritivas al 0,25 y 0,75% de EMA, el rendimiento en el número de hojas de cedro aumenta un 11 y 18% en comparación a T_0 , pero al ser comparados con los plántones que fueron regados desde el inicio con solución nutritiva su rendimiento en el número de hojas disminuye en 28 y 21% respectivamente (fig. 12). Los análisis estadísticos demostrarían que hay diferencia altamente significativa entre los tratamientos en estudio (tabla 28). Asimismo, en la figura 12 se pudo observar que, a los 75 días de riego los tratamientos T_2 y T_3 aumentan en 6% y 10% el número de hojas en los plántones de algarrobo en comparación con el tratamiento T_0 , pero manteniéndose un 17 y 13% por debajo de T_1 . La prueba estadística de Duncan al 5% nos indica que existen diferencias altamente significativas entre la solución nutritiva y el resto de tratamientos ensayados, la prueba también nos demuestra que T_3 estaría presentando los mismos efectos que T_2 , pero mejores que T_0 (tabla 29).

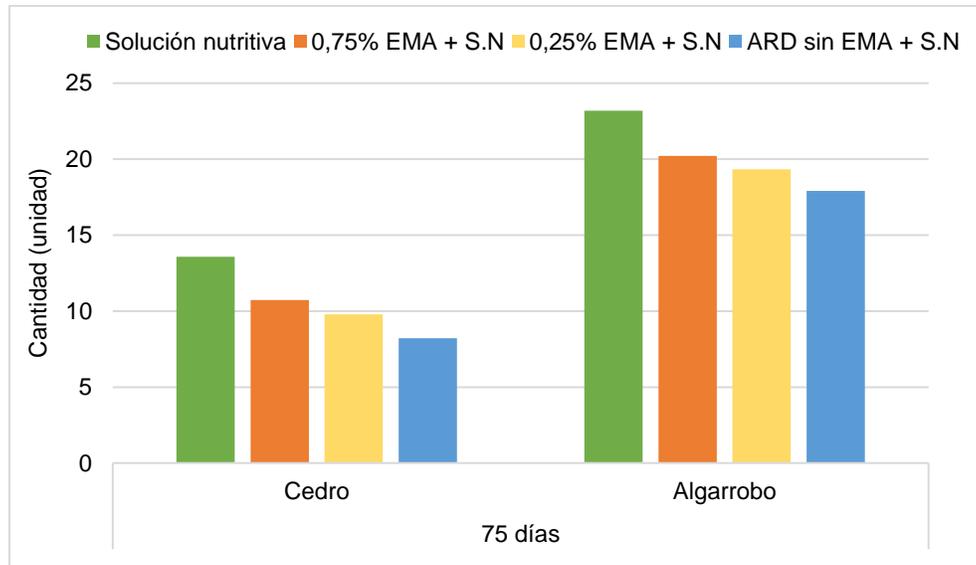


Figura 13. Efecto de los EMA más la adición de soluciones nutritivas, sobre el número de hojas de los plantones de *Cedrela odorata* L. y *Prosopis pallida* Kunth. después de 75 días de su aplicación.

Tabla 28: Test de Duncan al 5% para el efecto de los EMA más la adición de soluciones nutritivas, sobre el número de hojas de *Cedrela odorata* L. después de 75 días de su aplicación.

| Clave | Tratamientos | Bloque | | | Promedio (cm) | Duncan 5% (*) |
|---------------------------------|--------------------|--------------------|-------|---------------------|-----------------|---------------|
| | | I | II | III | | |
| T1 | Solución nutritiva | 13,50 | 13,67 | 13,58 | 13,58 | a |
| T3 | 0,75% EMA + SN | 11,00 | 10,50 | 10,67 | 10,72 | b |
| T2 | 0,25% EMA + SN | 9,67 | 9,25 | 10,42 | 9,78 | c |
| T0 | ARD sin EMA + SN | 8,25 | 8,33 | 8,08 | 8,22 | d |
| Fb = 0,5199 Ft = 122,144 | | pv = 0,0001 | | C.V = 3,34 % | Sign. ** | |

* Letras diferentes indican promedios estadísticamente diferentes.

Tabla 29: Test de Duncan al 5% para el efecto de los EMA más la adición de soluciones nutritivas, sobre el número de hojas de *Prosopis pallida* Kunth. después 75 días de su aplicación.

| Clave | Tratamientos | Bloque | | | Promedio (cm) | Duncan 5% (*) |
|---------------------------------|--------------------|--------------------|-------|---------------------|------------------|------------------|
| | | I | II | III | | |
| T1 | Solución nutritiva | 24,33 | 23,17 | 22,08 | 23,19 | a |
| T3 | 0,75% EMA + SN | 20,92 | 20,33 | 19,42 | 20,22 | b |
| T2 | 0,25% EMA + SN | 20,75 | 18,75 | 18,50 | 19,33 | bc |
| T0 | ARD sin EMA + SN | 17,50 | 18,58 | 17,67 | 17,92 | c |
| Fb = 4,079 Ft = 28,58 | | pv = 0,0006 | | C.V = 3,58 % | Sign. ** | |

* Letras diferentes indican promedios estadísticamente diferentes.

4.3.3. Diámetro de tallo

En la figura 13, se observa que, a los 75 días del experimento, cuando se agrega solución nutritiva al agua residual doméstica tratada con 0,75% de EMA, el diámetro de tallo de los plántones de cedro aumenta un 25% en comparación cuando son regadas con ARD tratada más solución nutritiva. La prueba estadística de Duncan al 5% nos indicaría que existe una diferencia altamente significativa entre los promedios de los tratamientos evaluados (tabla 30). De igual manera, a los 75 días de riego, los resultados indican que al agregar soluciones nutritivas a las concentraciones de 0,25% y 0,75% de EMA, el diámetro de tallo en los plántones de algarrobo se incrementa en 13 y 36% respectivamente, pero aun así estos resultados están por debajo de los plántones regados con solución nutritiva desde el inicio del experimento (fig. 13). El análisis estadístico de Duncan al 5% muestra que hay una diferencia altamente significativa entre todos los tratamientos en estudio (tabla 31).

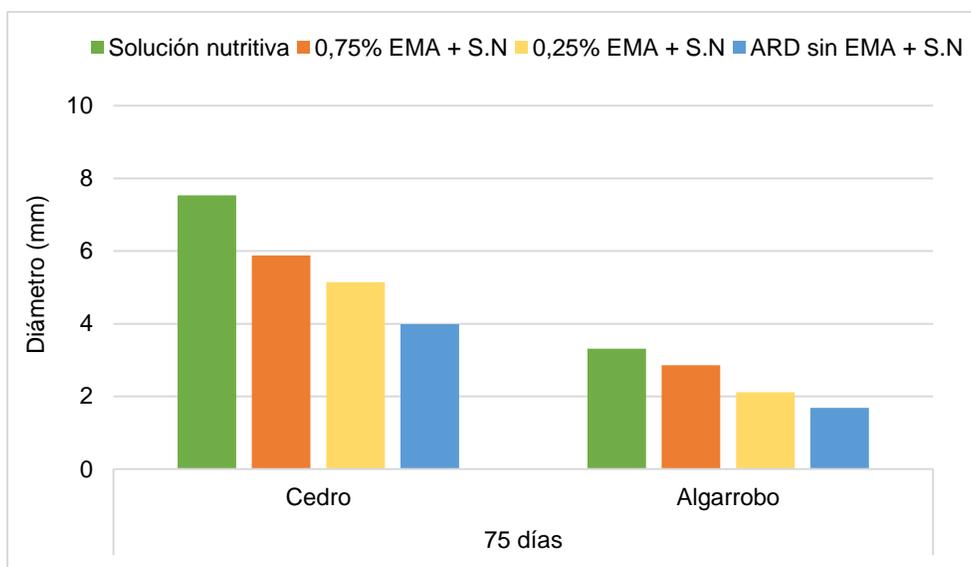


Figura 14. Efecto de los EMA más la adición de soluciones nutritivas, sobre el diámetro de tallo en los plantones de *Cedrela odorata* L. y *Prosopis pallida* Kunth. después de 75 días de su aplicación.

Tabla 30: Test de Duncan al 5% para el efecto de los EMA más la adición de soluciones nutritivas, sobre el diámetro del tallo en los plantones de *Cedrela odorata* L. a los 75 días de su aplicación.

| Clave | Tratamientos | Bloque | | | Promedio (cm) | Duncan 5% (*) |
|---------------------------------|--------------------|--------------------|------|------|---------------------|------------------|
| | | I | II | III | | |
| T1 | Solución nutritiva | 7,56 | 7,45 | 7,57 | 7,53 | a |
| T3 | 0,75% EMA + SN | 5,52 | 5,89 | 6,22 | 5,88 | b |
| T2 | 0,25% EMA + SN | 5,04 | 5,06 | 5,31 | 5,14 | c |
| T0 | ARD sin EMA + SN | 4,36 | 4,03 | 3,59 | 3,99 | d |
| Fb = 0,049 Ft = 67,11 | | pv = 0,0001 | | | C.V = 5,56 % | Sign. ** |

* Letras diferentes indican promedios estadísticamente diferentes.

Tabla 31: Test de Duncan al 5% para el efecto de los EMA más la adición de soluciones nutritivas, sobre el diámetro de tallo en los plántones de *Prosopis pallida* Kunth. después 75 días de su aplicación.

| Clave | Tratamientos | Bloque | | | Promedio (cm) | Duncan 5% (*) |
|----------------------------------|--------------------|--------------------|------|---------------------|------------------|------------------|
| | | I | II | III | | |
| T1 | Solución nutritiva | 3,48 | 3,19 | 3,27 | 3,31 | a |
| T3 | 0,75% EMA + SN | 2,88 | 2,85 | 2,84 | 2,86 | b |
| T2 | 0,25% EMA + SN | 2,20 | 2,13 | 2,01 | 2,11 | c |
| T0 | ARD sin EMA + SN | 1,75 | 1,65 | 1,64 | 1,68 | d |
| Fb = 5,235 Ft = 370,42 | | pv = 0,0001 | | C.V = 2,65 % | Sign. ** | |

* Letras diferentes indican promedios estadísticamente diferentes.

4.3.4. Longitud de raíz

Los resultados después de 75 días de riego, nos indican, que el riego de plántones con ARD tratada con EMA en las concentraciones de 0,25 y 0,75% más la adición de soluciones nutritivas, incrementan la longitud de raíz en un 19 y 26% respectivamente, en comparación a T_0 , pero aun así su rendimiento está por debajo de T_1 (fig. 14). El análisis estadístico de Duncan al 5% nos que hay diferencias altamente significativas entre los tratamientos ensayados siendo el tratamiento T_0 que obtuvo menor longitud de raíz y siendo superado por T_2 , T_3 y T_1 respectivamente (tabla 32). Asimismo, en la tabla 33, se encuentran valores y el análisis estadístico de la longitud de raíz en los plántones de algarrobo. Se observa una variación significativa en los tratamientos ensayados, siendo los tratamientos T_3 y T_2 con mejores resultados superando en 34 y 24% su longitud de raíz con respecto a T_0 . Pero como en los resultados anteriores los plántones que fueron regados solo con solución nutritiva desde el inicio son los que presentan mejores resultados.

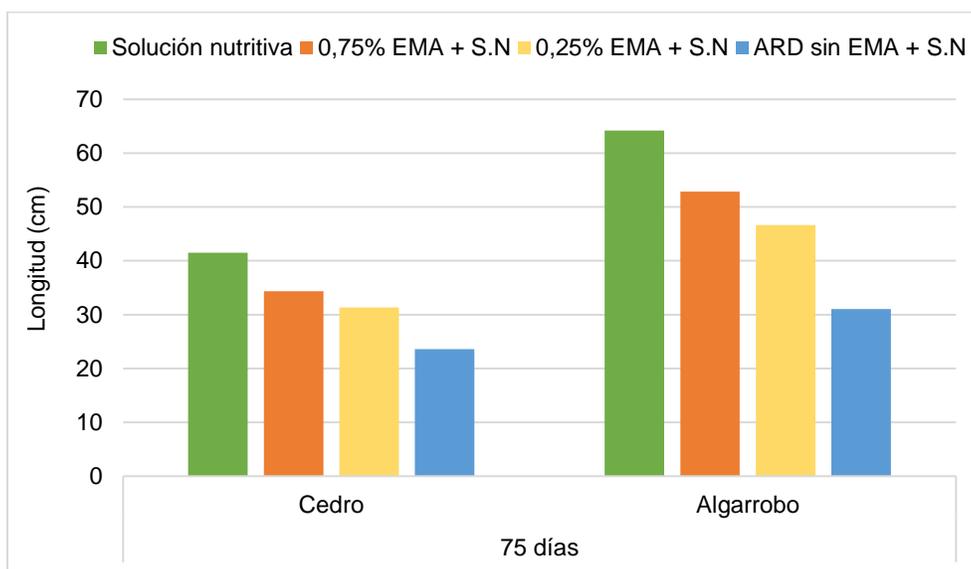


Figura 15. Efecto de los EMA más la adición de soluciones nutritivas, sobre la longitud de raíz de plántulas de *Cedrela odorata* L. y *Prosopis pallida* Kunth. después de 75 días de su aplicación.

Tabla 32: Test de Duncan al 5% para el efecto de los EMA más la adición de soluciones nutritivas, sobre la longitud de raíz de las plántulas de *Cedrela odorata* L. a los 75 días de su aplicación.

| Clave | Tratamientos | Bloque | | | Promedio (cm.) | Duncan 0,05 (*) |
|-------------------|--------------------|-------------------|-------|--------------------|---------------------|--------------------|
| | | I | II | III | | |
| T1 | Solución nutritiva | 42,18 | 40,55 | 41,85 | 41,53 | a |
| T3 | 0,75% EMA + SN | 32,38 | 33,63 | 37,10 | 34,37 | b |
| T2 | 0,25% EMA + SN | 30,20 | 31,80 | 31,98 | 31,33 | c |
| T0 | ARD sin EMA + SN | 28,50 | 20,65 | 21,63 | 23,59 | d |
| Fb = 0,439 | | Ft = 21,91 | | pv = 0,0012 | C.V = 8,40 % | Sign. ** |

* Letras diferentes indican promedios estadísticamente diferentes.

Tabla 33: Test de Duncan al 5% para los efectos del agua residual doméstica tratada con EMA en la longitud de raíz en los plantones de *Prosopis pallida* Kunth. a los 75 días de su aplicación.

| Clave | Tratamientos | Bloque | | | Promedio (cm) | Duncan 5% (*) |
|-------------------|--------------------|-------------------|-------|--------------------|---------------------|------------------|
| | | I | II | III | | |
| T1 | Solución nutritiva | 65,23 | 62,45 | 64,93 | 64,20 | a |
| T3 | 0,75% EMA + SN | 55,05 | 56,18 | 47,33 | 52,85 | b |
| T2 | 0,25% EMA + SN | 42,95 | 45,95 | 51,10 | 46,67 | b |
| T0 | ARD sin EMA + SN | 24,85 | 32,53 | 35,68 | 31,02 | c |
| Fb = 0,395 | | Ft = 26,51 | | pv = 0,0007 | C.V = 9,56 % | Sign. ** |

* Letras iguales promedios estadísticamente similares.

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La contaminación por aguas residuales domésticas, pecuarias y agrícolas puede afectar gravemente la salud humana, entre las principales enfermedades causadas por bacterias están la tifoidea, el cólera, paratifoidea, entre otras. Y las causadas por virus, hepatitis infecciosa y poliomielitis. Este tipo de aguas afectan al ambiente por su gran contenido nitrógeno y por fósforo. Ambos elementos actúan como nutrientes provocando la proliferación de algas, además, utilizan grandes cantidades de oxígeno en los ecosistemas acuáticos produciendo así la pérdida de biodiversidad. En las últimas décadas el mundo ha venido desarrollando diferentes tecnologías y ha tratado de resolver las dificultades relacionadas con las descargas de residuos líquidos provenientes del uso industrial, comercial y doméstica.

Una tecnología alternativa para el tratamiento de aguas residuales domésticas es la denominada “microorganismos eficaces”, puesto que esta comunidad puede utilizar el material orgánico como fuente de energía para su metabolismo y desarrollo, reduciendo o eliminando organismos patógenos como virus y bacterias, aislando metales pesados mejorando así la calidad del agua.

Las aguas utilizadas para riego de vegetales (usadas en la agricultura) el pH normal es de 6,5 y 8,4. En este estudio que hemos realizado, los EMA no ejercieron influencia en el pH de las ARD tratadas obteniendo valores dentro del rango establecido para riego. Sin embargo, MINAM (2017) establece que las aguas con pH muy elevado ocasionarían problemas nutricionales que afectarían gravemente crecimiento y desarrollo normal de la planta, además, el valor fuera del rango normal afectaría la captación de agua por medio de las raíces deteriorándolas poco a poco. En este contexto el ARD presentó un pH superior a 9. Investigaciones realizadas muestran resultados similares en el uso de EMA sobre el pH de aguas tratadas (Guanilo *et al.* 2021; Delgado, 2019).

La diversidad de microorganismos que se encuentran dentro de los productos EM (bacterias fotosintéticas, bacterias del ácido lácticas y levaduras), estarían relacionados con la variación de la concentración de los elementos minerales, dependiendo de su remoción y consumo por estos microorganismos. Los microorganismos quimiotróficos y autotróficos son los que utilizan los sulfuros y fosfatos para obtener la energía necesaria para su metabolismo, tal como lo reportan diversos estudios (Espinosa & Muñoz, 2020; Santos, 2020; Alvarez, 2018).

La acción mutua de los metales con los microorganismos ha sido ampliamente estudiada con la finalidad de aprovechar la capacidad de aislamiento o reducción en los metales que sean nocivos o perjudiciales para la flora y fauna de un ecosistema. Estos microorganismos poseen mecanismos de sobrevivencia y desintoxicación que les permite tolerar y acumular metales pesados, es así que, la tecnología de los EM son una excelente alternativa para remediar y limpiar aguas residuales domésticas (Brutti *et al.*, 2018; Muñoz *et al.*, 2019; Chiriví *et al.*, 2019). Para el aislamiento de diferentes tipos de elementos metales nocivos presentes en el agua existen diversos procesos biológicos como: Biosorción (aislamiento o captación de metales pesados mediante la aplicación de microorganismos), Bioprecipitación (aplicación de bacterias sulfato reductoras para precipitación de metales nocivos), Biovolatilización (aplicación de hongos y bacterias para la eliminación de metales nocivos) (Arrieta, 2019; Pérez *et al.*, 2021; Machuca & Rojas, 2022). Nuestros resultados muestran una remoción significativa de Ba (50 y 50%), Mn (68 y 85%), Zn (88 y 100%), Mg (41 y 9%), P (48 y 74%), Si (85 y 95%) y Fe (86 y 99%), y 100% de Al con concentraciones de 0,25% y 0,75% de EMA después de 50 días de tratamiento.

Con respecto al comportamiento de la DBO₅, el ARD mostró una reducción de la misma al adicionar 0,25% y 0,75% de EMA. Resultados que concuerdan con los obtenidos por diversos investigadores (Vigo, 2020; Bazán & Nureña, 2019; Centeno *et al.*, 2019). La mayor reducción de la DBO₅ se registró en el tratamiento 0,75% de EMA.

Nuestros resultados indican que, los Coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*. disminuyeron en el ARD tratada con EMA, presentando una remoción total con una concentración 0,75%. Algunos estudios realizados por otros autores en ARD también obtuvieron similares resultados (Bazán & Nureña, 2019; Romero, 2020; Beltrán & Campos, 2016; Centeno *et al.*, 2019). La acidez es importante en el control de microorganismos patógenos, por ejemplo, la especie *Escherichia coli*. crece en ambientes cuyos niveles de pH se encuentran entre 6 a 7, y para un crecimiento pequeño de 4,4. Los microorganismos que se encuentran en los productos EM poseen metabolismos que producen fermentación, la cual suprimiría la putrefacción y favorecería la eliminación de microorganismos patógenos. La inhibición de microorganismos patógenos también se debe a la bacteriocina (sustancia elaborada por microorganismos o bacterias) (BIOEM, 2022; Romero, 2020; Yangali, 2019).

Existen diferentes investigaciones realizadas para evaluar los efectos del ARD sin EM sobre el crecimiento de especies forestales, cuyos resultados son variados. Rivera (2019), concluyó que el riego con ARD (sin ningún tipo de tratamiento previo) en dosis de 30, 50, 70 y 100% mejora las características morfológicas de la especie vegetal *Eucalyptus globulus* Labill cultivado en suelo. Similares resultados obtuvieron Majuan (2019) en *Prosopis pallida* Kunth., *Acacia macracantha* H et B. y *Azadirachta Indica*. Sin embargo, nuestro estudio contrasta con esos resultados, puesto que el riego con ARD sin tratamiento con EM produce un escaso crecimiento en el cedro (*Cedrela odorata* L.), y algarrobo (*Prosopis pallida* Kunth.); aunque en menor grado en este último. Rivera *et al* (2020) manifiesta que, el algarrobo no requiere suelos muy fértiles para su crecimiento. La enorme diversidad de microorganismos que se encuentran en un medio (suelo, agua) pueden cumplir un rol determinante en la transformación metabólica del material orgánico e inorgánico de un ecosistema, de igual forma, nos permiten entender que son de vital importancia en la alimentación de la planta debido a que ofrecen protección y facilitan la absorción de nutrientes minerales a través de la raíz (Pérez *et al.*, 2021).

6. CONCLUSIONES

1. El uso de microorganismos eficientes activados ha demostrado un efecto positivo en la disminución de los parámetros Físico-químicos en el agua residual doméstica: pH, conductividad eléctrica, DBO₅, DQO, cationes, y aniones como fosfatos, sulfuros totales.
2. Los microorganismos eficientes activados remueven en un 99.9% los coliformes termotolerantes y *E. Coli*, con la dosis más alta ensayada (0,75%).
3. El agua residual doméstica tratada con microorganismos eficientes y el testigo absoluto (agua no tratada) mostraron un escaso crecimiento de los plantones de *Cedrela odorata* L., y *Prosopis pallida* Kunth debido a la falta de nutrientes, pero que mejoró cuando se les agregó solución nutritiva.

7. RECOMENDACIONES

1. Investigar la aplicación de EM en el tratamiento de ARD de diferente origen (industriales, camales, actividades acuícolas y agrícolas...entre otras). y estudiar su comportamiento.
2. Realizar experimentos en ARD con EM, utilizando concentraciones más altas y mayores tiempos de exposición.
3. Realizar ensayos de crecimiento en otras especies forestales con ARD tratada con EM.
4. Se debe reutilizar el ARD tratada con EM complementada con soluciones nutritivas para un adecuado crecimiento de las plantas forestales.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aliaga, I., Carbajal, N., & Solis, E. (2021). *Efecto de la descarga de agua residual poblacional en a carga orgánica y coliformes termotolerantes del río Ichu, distrito de Acoria - Huancavelica - 2021 [Tesis de titulación, Universidad Continental]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12394/11135>
- Alvarez, M. (2018). *Caracterización de microorganismos benéficos provenientes de tres pisos altitudinales de Azuay - Ecuador y su influencia en el cultivo de fresa [Tesis de doctorado, Universidad Nacional Agraria La Molina]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3097>
- Amy, G., Brdjanovic, D., A. Ekama, G., García, J., Gerba, C., Henze, M., . . . Zeeman, G. (2017). *Tratamiento biológico de aguas residuales: Principios, modelación y diseño*. Londres, Inglaterra: Publishing, IWA.
- Aquino, E. (2020). Microorganismos Eficaces (EM) en el rendimiento del cultivo de habas (Vicia faba) variedad señorita en condiciones edafoclimaticos de Pano, Pachitea. *Revista Investigación Agraria*, 2(2), 49-55. doi:<https://doi.org/10.47840/ReInA20213>
- Araujo, A., Zenteno, F., & Paredes, K. (2020). Biogeografía, taxonomía y nuevos registros de Cedrela en Bolivia. *Revista de la Sociedad Boliviana de Botánica*, 11(1), 10-27. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Alejandro-Araujo-Murakami/publication/343863255_Biogeografia_taxonomia_y_nuevos_registros_de_Cedrela_en_Bolivia/links/5f458cf7a6fdcccc43042563/Biogeografia-taxonomia-y-nuevos-registros-de-Cedrela-en-Bolivia.pdf

- Arrieta, L. (2019). *Biosorción de metales pesados por hongos filamentosos, aislados de cuerpos de agua altoandinos contaminados con relaves mineros de la sierra central del Perú [Tesis de titulación, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12672/10061>
- Barturén, L. (2018). *Sobrevivencia de Cordia alliodora, Pinus tecunumanii, Eucalyptus saligna, Cedrela odorata del proyecto «Microcuenca San Miguel de las Naranjas» - Jaén [Titulo de titulación, Universidad Nacional de Jaén]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/115>
- Bazán, M., & Nureña, J. (2019). *Efecto del tiempo y dosis de microorganismos eficaces en el tratamiento de aguas residuales de las pozas de oxidación de Covicorti - Trujillo, 2019 [Titulo de titulación, Universidad César Vallejo]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/44314>
- Beltrán, T., & Campos, C. (2016). *Influencia de microorganismos eficaces sobre la calidad de agua y lodo residual, planta de tratamiento de Jauja [Tesis de titulación, Universidad Nacional del Centro del Perú]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12894/3461>
- BIOEM. (2022). *Tecnología EM Microorganismos Eficaces*. Recuperado el 27 de Octubre de 2022, de BioPunto Desarrollo Biotecnológico: <https://www.biopunto.cl/2020/08/03/ficha-tecnica-em1/>
- Brutti, L., Beltrán, M., & García, I. (2018). *Biorremediación de los recursos naturales*. Buenos Aires, Argentina: INTA.

- Cardenas, C. (2017). *Actividad antimicrobiana y antioxidante del extracto etanólico de Prosopis pallida "algarrobo" [Tesis de Titulación, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12672/5857>
- Cedeño, D. (2020). Impacto ambiental de las lagunas de tratamiento de aguas residuales. Sector Colinas San José, Ciudad de Rocafuerte. *Polo del Conocimiento*, 5(1), 257-280. doi:10.23857/pc.v5i01.1223
- Centeno, L., Quintana, A., & López, F. (2019). Efecto de un consorcio microbiano en la eficacia del tratamiento de aguas residuales, Trujillo, Perú. *Arnaldoa*, 26(1), 433-446. doi:<http://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.261.26123>
- Chiriví, J., Fajardo, C., Gómez, L., & Delgado, S. (2019). *Revisión y panorama nacional de la biorremediación microbiana*. Bogotá, Colombia: Sello Editorial UNAD.
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR. (2019). Plan de Manejo y Conservación del Cedro (*Cedrela odorata* L.) para la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR. 57. Obtenido de <https://www.car.gov.co/uploads/files/60d37989cd13e.pdf>
- Delgado, J. (2019). *Influencia de los microorganismos eficaces (Em agua) en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del afluente del bioreactor en la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) Concepción-2018 [Tesis de titulación, Universidad Continental]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12394/7027>
- Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria (DIGESA). (2008). *Estándares de Calidad Ambiental del Agua: Riego de Vegetales y Bebida de Animales*. Recuperado el 27 de Octubre de 2022, de

http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%203.pdf

Eras, V., Minchala, J., Moreno, J., Yaguana, M., & Sinche, M. (2019). *Estudio Fenológico y Análisis de calidad de semillas de Algarrobo Prosopis sp., y Guayacán, Handroanthus billbergi (Bureau & K. Schum) S. O. Grose, del bosque seco, provincia de Loja*. Loja, Ecuador: EDILOJA Cía. Ltda.

Espinosa, D., & Muñoz, P. (2020). *Aislamiento de bacterias Sulfuro Oxidadoras a partir de Columnas de Winogradsky [Tesis de doctorado, Pontificia Universidad Javerina de Colombia]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10554/51993>

Ferrer, J., Seco, A., Robles, Á., & Asensi, E. (2018). *Tratamientos biológicos de aguas residuales* (3 ed.). Valencia, España: Editorial Universitat Politècnica de Valencia.

Gálvez, L., López, J., Vallejo, M., & Méndez, C. (2020). Cedrela odorata L.: oportunidades para su conservación y mejoramiento genético. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 11(58), 4-25. doi:<https://doi.org/10.29298/rmcf.v11i58.622>

García, Y., & Robles, E. (2018). *Determinación de la dosis de microorganismos eficientes para el tratamiento de aguas residuales domésticas provenientes de la Universidad Nacional de Ucayali, distrito de Callería, provincia de Coronel Portillo, Ucayali [Tesis de titulación, Universidad]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/3564>

Groves, M., & Rutherford, C. (2017). *CITES y la Madera Manual de especies arbóreas incluidas en los Apéndices de la CITES* (1 ed.). Reino Unido: Royal Botanic Gardens.

- Guaraca, H. (2018). *Aplicación de soluciones nutritivas en plantulas de Yagual (Polylepis racemosa) en la comunidad Tiocajas del cantón Guamate, provincia de Chimborazo [Tesis de titulación, Escuela Superior politécnica del Chimborazo]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/8734>
- Instituto Nacional de Bosques (INAB). (2019). *Paquete Tecnológico Forestal para Cedro Cedrela odorata L.* Guatemala: Instituto Nacional de Bosques. Obtenido de ww.inab.gob.gt
- Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). (2020). *Manual técnico para la conservación y propagación de especies de algarrobo (Prosopis spp.)*. Lima, Perú. Obtenido de www.inia.gob.pe
- Leshner, J., Martínez, J., Orduña, P., & Hernández, A. (2018). Diversidad genética del cedro rojo (*Cedrela odorata*) en el estado de Tabasco, México. *Bosque (Valdivia)*, 39(3), 411-417. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002018000300411>
- Machuca, T., & Rojas, C. (2022). *Uso de Bacterias para la Remoción de Metales Pesados en Aguas Ácidas Mineras. Revisión Sistemática 2022 [Tesis de titulación, Universidad Cesar Vallejo]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/94829>
- Majuan, L. (2019). *Forestación con plantaciones forestales como alternativa para el reúso de aguas residuales de la lagunas de oxidación El Indio. AA.HH El Indio Piura - Perú [Tesis de titulación, Universidad Alas Peruanas]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12990/9217>
- Mamani, N., & Chavez, R. (2018). *Evaluación de la remoción de materia orgánica a través de un sistema aerobio con microorganismos eficientes (EM) en aguas*

residuales domésticas - Puno, 2018 [Tesis de licenciatura, Universidad Peruana Unión]. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12840/1665>

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2017). *Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias*. Recuperado el 27 de Octubre de 2022, de <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>

Morocho, M., & Leiva, M. (2019). Microorganismos ecientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro Agrícola*, 46(2), 93-103. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v46n2/0253-5785-cag-46-02-93.pdf>

Muñoz, L., Olivera, P., Santillán, M., & Angeles, C. (2019). Microorganismos tolerantes a metales pesados del pasivo minero Santa Rosa, Jangas (Perú). *Revista peruana de biología*, 26(1), 109-118. doi:<http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v26i1.15914>

Organismo de Supervisión de los Recursos Forestales y de Fauna Silvestre (ONSIFOR). (2018). *Aprovechamiento forestal maderable en bosques secos en el norte del Perú*. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/osinfor/informes-publicaciones/832315-aprovechamiento-forestal-maderable-en-bosques-secos-en-el-norte-del-peru>

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2020). *El Género prosopis “Algarrobos” en América Latina y el Caribe. Distribución, Bioecología, Usos y Manejo*. Recuperado el 20 de Octubre de 2022, de [fao.org: https://www.fao.org/3/ad314s/AD314S08.htm#ch1.24](https://www.fao.org/3/ad314s/AD314S08.htm#ch1.24)

- Osorio, M., Carrillo, W., Negrete, J., Loor, X., & Riera, E. (s.f.). La calidad de las aguas residuales domésticas. *Polo del Conocimiento*, 6(3), 228-245. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7926905>
- Pérez, L., Martínez, A., Salgado, I., Larrea, C., Cruz, M., Alleyne, S., & Carballo, M. (2021). Biosorción de cinc y cadmio por bacterias inactivadas pretratadas. *Minería y Geología*, 37(1), 90-104. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/mg/v37n1/1993-8012-mg-37-01-90.pdf>
- Quiroz, I., García, E., Chung, P., Soto, H., & González, M. (2009). *Vivero Forestal: Producción de plantas nativas a raíz cubierta*. Santiago, Chile: INFOR. doi:<https://doi.org/10.52904/20.500.12220/17366>
- Rivera , H. (2019). *Características morfológicas de plantones de Eucalyptus globulus labill, regadas con aguas residuales domésticas tratadas de la Planta de Tratamiento De Chupaca [Tesis de titulación, Universidad Nacional del Centro del Perú]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12894/6230>
- Rivera, J., Cabrera, R., & Bulnes, F. (2020). Micropropagación de *Prosopis pallida* (Humb & Bonpl. Ex Willd.) Kunth a partir de yemas apicales. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 22(1), 18-26. doi:<https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v22n1.70949>
- Romero, P. (2020). *Influencia de microorganismos eficaces en la remoción de coliformes termotolerantes y demanda bioquímica de oxígeno de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas del distrito de Quilcas, 2019 [Tesis de titulación, Universidad Continental]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12394/8247>

Rosero, S., Arcos, J., Gualpa, M., & Guaraca, H. (s.f.). Efecto de la aplicación de solución nutritiva para el crecimiento inicial de *Polylepis racemosa* a nivel de vivero. *Enfoque UTE*, 9(2), 198-207. doi:<https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v9n2.207>

Ruddy, G., García, R., Quevedo, T., Zamora, C., & Cornejo, J. (2021). Microorganismos eficientes en la descontaminación de agua subterránea y su implicancia en la producción y calidad de lechuga hidropónica. *Manglar: Revista de Investigación Científica*, 18(1), 77-82. doi:<http://dx.doi.org/10.17268/manglar.2021.010>

Santos, M. (2020). *Mejoramiento de la fertilización fosfatada en la asociación ryegrass y trébol rojo mediante el uso de bacterias solubilizadoras de fosfato [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/77905>

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR). (2020). *Estado situacional del género Cedrela en Perú*. Lima, Perú. Obtenido de <https://www.gob.pe/serfor>

SINIA. (2017). *Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias*. Recuperado el 10 de Noviembre de 2022, de Sistema Nacional de Información Ambiental: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-ea-agua-establecen-disposiciones>

Tropicos. (s.f.). Recuperado el 20 de Octubre de 2022, de Tropicos: <https://www.tropicos.org/name/20400353>

Urresta, A. (2019). *Evaluación de tres soluciones nutritivas con diferentes niveles de Biol en la producción de forraje verde hidropónico de cebada (Hordeum*

vulgare L.) [Tesis de titulación, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/9858>

Valles, M., Ojeda, D., Guerrero, V., Prieto, J., & Sánchez, E. (2017). Calidad del agua para riego en una zona nogalera del Estado de Chihuahua. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 33(1), 85-97. doi:<https://doi.org/10.20937/rica.2017.33.01.08>

Vega, C. (2017). *Evaluación de soluciones nutritivas y frecuencias de aplicación en plantas de Cedrelinga cateniformis duke (Chuncho), en condiciones de vivero en Santa Cecilia, Lago Agrio, provincia de Sucumbíos [Tesis de titulación, Escuela Superior Politécnica de Chim]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/8180>

Vigo, J. (2020). *Efecto de Microorganismos Eficaces (ME) en el proceso de depuración de aguas residuales domésticas en condiciones altoandinas [Tesis de maestría, Universidad Peruana Unión]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12840/4162>

Yangali, C. (2019). *Efecto de los microorganismos eficaces (EM) sobre los coliformes totales y termotolerantes en el tratamiento biológico de las aguas residuales de la universidad Alas Peruanas-sede Pachacamac, 2018 [Tesis de titulación, Universidad Alas Peruanas]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12990/9274>

9. ANEXOS

Anexo 1: Soluciones minerales nutritivas utilizadas para el crecimiento de plántones de *Cedrela odorata* L. y *Prosopis pallida* Kunth.

1) Solución nutritiva mineral referencial para plántones de especies forestales (etapa de crecimiento inicial).

| Fertilizante | Solución | |
|----------------------|----------|---------|
| | 1000 L | 500 L |
| Solución A | | |
| Nitrato de Ca | 291 g | 145 g |
| Fosfato Monopotásico | 442 g | 221 g |
| Quelato de Hierro | 25 g | 12,5 g |
| Solución B | | |
| Sulfato de Magnesio | 365 g | 182,5 g |
| Fetrilon Combi | 40 g | 20 g |

Nota. Solución nutritiva utilizada para el tratamiento T₁ (testigo referencial).

2) Solución nutritiva mineral utilizada para complementar la deficiencia nutricional en el tratamiento T₂ (0,25% de EMA).

| Fertilizante | Solución |
|----------------------|----------|
| Solución A | |
| 2,5 L | |
| Nitrato de Amonio | 165 g |
| Nitrato de Calcio | 154 g |
| Quelato de Hierro | 12,5 g |
| Solución B | |
| 1 L | |
| Fosfato monopotásico | 101,5 g |
| Fetrilon Combi | 12,5 g |
| Sulfato de potasio | 62,5 g |

Nota. Por cada litro de agua (ARD o agua potable) se agrega 5 ml de SN A y 2 ml de SN.

- 3) Solución nutritiva mineral utilizada para complementar la deficiencia nutricional en el tratamiento T₃ (0,75% de EMA).

| Fertilizante | Solución |
|----------------------|--------------|
| Solución A | 2,5 L |
| Nitrato de Amonio | 163,5 g |
| Nitrato de Calcio | 154 g |
| Quelato de Hierro | 12,5 g |
| Solución B | 1 L |
| Fosfato monopotásico | 107,5 g |
| Fetrilon Combi | 12,5 g |
| Sulfato de potasio | 44,5 g |

Nota. Por cada litro de agua (ARD o agua potable) se agrega 5 ml de SN A y 2 ml de SN B.

Anexo 2: Formulario para los ANOVAS

1) Suma de Cuadrados (SC)

$$\text{Factor de corrección (C)} = \frac{(\sum X)^2}{n_{(\text{txr})}} = \frac{\text{Total}_{\text{valores de las observaciones}}}{\text{numero total de observaciones}}$$

$$\text{Suma de cuadrado de tratamientos (SC}_{\text{TR}}) = \frac{(\sum T_i)^2}{r (\# \text{ Repeticiones})} - C$$

$$\text{Suma de cuadrado de bloque (SC}_{\text{B}}) = \frac{(\sum T_j)^2}{t (\# \text{ Tratamientos})} - C$$

$$\text{Suma de cuadrado del error (SC}_{\text{E}}) = SC_{\text{T}} - SC_{\text{t}} - SC_{\text{B}}$$

$$\text{Suma de cuadrado del total (SC}_{\text{T}}) = \sum X_{ij}^2 (\text{Cada dato}) - C$$

2) Grados de Libertad (GL)

$$GL_T \text{ (grados de libertad de tratamientos)} = t - 1$$

$$GL_B \text{ (grados de libertad de los bloques)} = r - 1$$

$$GL_E \text{ (grados de libertad del error)} = (r - 1)(t - 1)$$

$$GL_T \text{ (grados de libertad del total)} = (t \times r) - 1$$

Donde : t = tratamientos r = repeticiones

3) Cuadrados medios (CM)

$$\text{Cuadrado medio del tratamiento (CM}_{TR}) = \frac{SC_{TR}}{GL_{TR}}$$

$$\text{Cuadrado medio del bloque (CM}_B) = \frac{SC_B}{GL_B}$$

$$\text{Cuadrado medio del error (CM}_E) = \frac{SC_E}{GL_E}$$

4) Coeficiente de variación (CV)

$$\text{Coeficiente de variación (C.V)} = \frac{\sqrt{CM_E}}{\bar{X} \text{ (Media general)}} \times 100$$

5) Fisher (F)

$$\text{Cálculo del valor F para tratamiento (F)} = \frac{CM_{TR}}{CM_E}$$

$$\text{Cálculo del valor F para bloque (F)} = \frac{CM_B}{CM_E}$$

Anexo 3: Prueba de Duncan

1) Fórmula para calcular el error estándar

$$S_{yi} = \sqrt{\frac{MS_E}{n}}$$

Donde:

MS_E = Suma de cuadrados medios del error

n = Numero de repeticiones, observaciones o bloques.

2) Fórmula para calcular los rangos mínimos de significación

$$R_p = r_a(p, v) \times S_{yi}$$

Donde:

r_a : Valor de alpha (nivel de significancia)

p = Orden de la comparacion (2,3,4)

v = Grados de libertad del error

3) Fórmula de Duncan:

$$\text{Duncan (D)} = \frac{Z * S}{\sqrt{n}}$$

Anexo 4: Cuadros de análisis de varianza (ANOVA) para los parámetros evaluados (altura, número de hojas y diámetro de tallo) en las dos especies forestales.

- 1) ANOVA para el número de hojas de *Cedrela odorata* L. después de 25 días de riego con ARD tratada.

| F.V | G.L | S.C | C.M | F Calculada | F 1% | F 5% | Sign |
|--------------|-----|--------|--------|-------------|-------|------|------|
| Tratamientos | 3 | 0,7682 | 0,2561 | 8,7672 | 9,78 | 4,76 | ** |
| Bloques | 2 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0003 | 10,92 | 5,14 | N.S |
| Error | 6 | 0,1753 | 0,0292 | | | | |
| Total | 11 | 0,9435 | | | | | |

- 2) ANOVA para el número de hojas de *Cedrela odorata* L. después de 50 días de riego con ARD tratada.

| F.V | G.L | S.C | C.M | F Calculada | F 1% | F 5% | Sign |
|--------------|-----|--------|--------|-------------|-------|------|------|
| Tratamientos | 3 | 4,8417 | 1,6139 | 7,2503 | 9,78 | 4,76 | ** |
| Bloques | 2 | 0,1678 | 0,0839 | 0,3770 | 10,92 | 5,14 | N.S |
| Error | 6 | 1,3356 | 0,2226 | | | | |
| Total | 11 | 6,3451 | | | | | |

- 3) ANOVA para el número de hojas de *Cedrela odorata* L. después de 75 días de riego con ARD tratada, complementada con solución mineral nutritiva.

| F.V | G.L | S.C | C.M | F Calculada | F 1% | F 5% | Sign |
|--------------|-----|--------|--------|-------------|-------|------|------|
| Tratamientos | 3 | 45,750 | 15,250 | 122,144 | 9,78 | 4,76 | ** |
| Bloques | 2 | 0,1298 | 0,0649 | 0,5199 | 10,92 | 5,14 | N.S |
| Error | 6 | 0,7491 | 0,1249 | | | | |
| Total | 11 | 46,629 | | | | | |

- 4) ANOVA para la altura de plantones de *Cedrela odorata* L. después de 25 días de riego ARD tratada.

| F.V | G.L | S.C | C.M | F Calculada | F 1% | F 5% | Sign |
|--------------|-----|--------|--------|-------------|-------|------|------|
| Tratamientos | 3 | 0,4591 | 0,1530 | 28,6187 | 9,78 | 4,76 | ** |
| Bloques | 2 | 0,0079 | 0,0039 | 0,7340 | 10,92 | 5,14 | N.S |
| Error | 6 | 0,0321 | 0,0053 | | | | |
| Total | 11 | 0,4990 | | | | | |

- 5) ANOVA para la altura de plantones de *Cedrela odorata* L. después de 50 días de riego con ARD tratada.

| F.V | G.L | S.C | C.M | F Calculada | F 1% | F 5% | Sign |
|--------------|-----|--------|--------|-------------|-------|------|------|
| Tratamientos | 3 | 18,951 | 6,3170 | 17,8222 | 9,78 | 4,76 | ** |
| Bloques | 2 | 1,293 | 0,6465 | 1,8241 | 10,92 | 5,14 | N.S |
| Error | 6 | 2,126 | 0,3544 | | | | |
| Total | 11 | 22,371 | | | | | |

- 6) ANOVA para la altura de plantones de *Cedrela odorata* L. después de 75 días de riego con ARD tratada, complementada con solución mineral nutritiva.

| F.V | G.L | S.C | C.M | F Calculada | F 1% | F 5% | Sign |
|--------------|-----|--------|--------|-------------|-------|------|------|
| Tratamientos | 3 | 156,98 | 52,327 | 172,815 | 9,78 | 4,76 | ** |
| Bloques | 2 | 0,309 | 0,155 | 0,511 | 10,92 | 5,14 | N.S |
| Error | 6 | 1,816 | 0,303 | | | | |
| Total | 11 | 159,11 | | | | | |

- 7) ANOVA para el diámetro de tallo de los plantones de *Cedrela odorata* L. después de 25 días de riego con ARD tratada.

| F.V | G.L | S.C | C.M | F Calculada | F 1% | F 5% | Sign |
|--------------|-----|--------|--------|-------------|-------|------|------|
| Tratamientos | 3 | 0,1415 | 0,0472 | 55,3225 | 9,78 | 4,76 | ** |
| Bloques | 2 | 0,0033 | 0,0017 | 1,9642 | 10,92 | 5,14 | N.S |
| Error | 6 | 0,0051 | 0,0009 | | | | |
| Total | 11 | 0,1500 | | | | | |

- 8) ANOVA para el diámetro de tallo de los plantones de *Cedrela odorata* L. después de 50 días de riego con ARD tratada.

| F.V | G.L | S.C | C.M | F Calculada | F 1% | F 5% | Sign |
|--------------|-----|--------|--------|-------------|-------|------|------|
| Tratamientos | 3 | 1,1774 | 0,3925 | 38,0205 | 9,78 | 4,76 | ** |
| Bloques | 2 | 0,0025 | 0,0012 | 0,1195 | 10,92 | 5,14 | N.S |
| Error | 6 | 0,0619 | 0,0103 | | | | |
| Total | 11 | 1,2418 | | | | | |

- 9) ANOVA para el diámetro de tallo de los plantones de *Cedrela odorata* L. después de 75 días de riego con ARD tratada, complementada con solución mineral nutritiva.

| F.V | G.L | S.C | C.M | F Calculada | F 1% | F 5% | Sign |
|--------------|-----|--------|--------|-------------|-------|------|------|
| Tratamientos | 3 | 19,741 | 6,5802 | 67,1050 | 9,78 | 4,76 | ** |
| Bloques | 2 | 0,0095 | 0,0048 | 0,0485 | 10,92 | 5,14 | N.S |
| Error | 6 | 0,5883 | 0,0981 | | | | |
| Total | 11 | 20,338 | | | | | |

- 10) ANOVA para el número de hojas de los plantones de *Prosopis pallida* Kunth. después de 25 días de riego con ARD tratada.

| F.V | G.L | S.C | C.M | F Calculada | F 1% | F 5% | Sign |
|--------------|-----|--------|--------|-------------|-------|------|------|
| Tratamientos | 3 | 0,3513 | 0,1171 | 24,5802 | 9,78 | 4,76 | ** |
| Bloques | 2 | 0,0009 | 0,0005 | 0,0997 | 10,92 | 5,14 | N.S |
| Error | 6 | 0,0286 | 0,0048 | | | | |
| Total | 11 | 0,3808 | | | | | |

- 11) ANOVA para el número de hojas de los plantones de *Prosopis pallida* Kunth. después de 50 días de riego con ARD tratada.

| F.V | G.L | S.C | C.M | F Calculada | F 1% | F 5% | Sign |
|--------------|-----|--------|--------|-------------|-------|------|------|
| Tratamientos | 3 | 12,084 | 4,0281 | 27,9379 | 9,78 | 4,76 | ** |
| Bloques | 2 | 0,2341 | 0,1170 | 0,8117 | 10,92 | 5,14 | N.S |
| Error | 6 | 0,8651 | 0,1442 | | | | |
| Total | 11 | 13,183 | | | | | |

- 12) ANOVA para el número de hojas de los plantones de *Prosopis pallida* Kunth. después de 75 días de riego con ARD tratada, complementada con solución mineral nutritiva.

| F.V | G.L | S.C | C.M | F Calculada | F 1% | F 5% | Sign |
|--------------|-----|--------|--------|-------------|-------|------|------|
| Tratamientos | 3 | 44,763 | 14,921 | 28,5872 | 9,78 | 4,76 | ** |
| Bloques | 2 | 4,2586 | 2,1293 | 4,0796 | 10,92 | 5,14 | N.S |
| Error | 6 | 3,1317 | 0,5219 | | | | |
| Total | 11 | 52,152 | | | | | |

- 13) ANOVA para altura de los plantones de *Prosopis pallida* Kunth. después de 25 días de riego con ARD tratada.

| F.V | G.L | S.C | C.M | F Calculada | F 1% | F 5% | Sign |
|--------------|-----|--------|--------|-------------|-------|------|------|
| Tratamientos | 3 | 3,7246 | 1,2415 | 10,8684 | 9,78 | 4,76 | ** |
| Bloques | 2 | 0,0728 | 0,0364 | 0,3186 | 10,92 | 5,14 | N.S |
| Error | 6 | 0,6854 | 0,1142 | | | | |
| Total | 11 | 4,4828 | | | | | |

- 14) ANOVA para altura de los plantones de *Prosopis pallida* Kunth. después de 50 días de riego con ARD tratada.

| F.V | G.L | S.C | C.M | F Calculada | F 1% | F 5% | Sign |
|--------------|-----|--------|--------|-------------|-------|------|------|
| Tratamientos | 3 | 100,03 | 33,344 | 31,0389 | 9,78 | 4,76 | ** |
| Bloques | 2 | 2,022 | 1,011 | 0,9411 | 10,92 | 5,14 | N.S |
| Error | 6 | 6,445 | 1,074 | | | | |
| Total | 11 | 108,49 | | | | | |

- 15) ANOVA para altura de los plantones de *Prosopis pallida* Kunth. después de 75 días de riego con ARD tratada, complementada con solución mineral nutritiva.

| F.V | G.L | S.C | C.M | F Calculada | F 1% | F 5% | Sign |
|--------------|-----|--------|--------|-------------|-------|------|------|
| Tratamientos | 3 | 669,65 | 223,22 | 255,4114 | 9,78 | 4,76 | ** |
| Bloques | 2 | 0,636 | 0,318 | 0,3642 | 10,92 | 5,14 | N.S |
| Error | 6 | 5,244 | 0,874 | | | | |
| Total | 11 | 675,54 | | | | | |

- 16) ANOVA para el diámetro de tallo de los plántones de *Prosopis pallida* Kunth. después de 25 días de riego con ARD tratada.

| F.V | G.L | S.C | C.M | F Calculada | F 1% | F 5% | Sign |
|--------------|-----|--------|--------|-------------|-------|------|------|
| Tratamientos | 3 | 0,0057 | 0,0019 | 0,6939 | 9,78 | 4,76 | N.S |
| Bloques | 2 | 0,0033 | 0,0016 | 0,6000 | 10,92 | 5,14 | N.S |
| Error | 6 | 0,0163 | 0,0027 | | | | |
| Total | 11 | 0,0253 | | | | | |

- 17) ANOVA para el diámetro de tallo de los plántones de *Prosopis pallida* Kunth. después de 50 días de riego con ARD tratada.

| F.V | G.L | S.C | C.M | F Calculada | F 1% | F 5% | Sign |
|--------------|-----|--------|--------|-------------|-------|------|------|
| Tratamientos | 3 | 0,0801 | 0,0267 | 11,2938 | 9,78 | 4,76 | ** |
| Bloques | 2 | 0,0031 | 0,0016 | 0,6663 | 10,92 | 5,14 | N.S |
| Error | 6 | 0,0142 | 0,0024 | | | | |
| Total | 11 | 0,0974 | | | | | |

- 18) ANOVA para el diámetro de tallo de los plántones de *Prosopis pallida* Kunth. después de 75 días de riego con ARD tratada, complementada con solución mineral nutritiva.

| F.V | G.L | S.C | C.M | F Calculada | F 1% | F 5% | Sign |
|--------------|-----|--------|--------|-------------|-------|------|------|
| Tratamientos | 3 | 4,8309 | 1,6103 | 370,4198 | 9,78 | 4,76 | ** |
| Bloques | 2 | 0,0455 | 0,0228 | 5,2351 | 10,92 | 5,14 | ** |
| Error | 6 | 0,0261 | 0,0043 | | | | |
| Total | 11 | 4,9025 | | | | | |

- 19) ANOVA para la longitud de raíz de los plántones de *Cedrela odorata* L. después de 75 días de riego con ARD tratada, complementada con solución mineral nutritiva.

| F.V | G.L | S.C | C.M | F Calculada | F 1% | F 5% | Sign |
|--------------|-----|--------|--------|-------------|-------|------|------|
| Tratamientos | 3 | 496,55 | 165,52 | 21,9106 | 9,78 | 4,76 | ** |
| Bloques | 2 | 6,634 | 3,317 | 0,4391 | 10,92 | 5,14 | N.S |
| Error | 6 | 45,325 | 7,554 | | | | |
| Total | 11 | 548,51 | | | | | |

20) ANOVA para la longitud de raíz de los plantones de *Prosopis pallida* Kunth. después de 75 días de riego con ARD tratada, complementada con solución mineral nutritiva.

| F.V | G.L | S.C | C.M | F Calculada | F 1% | F 5% | Sign |
|--------------|-----|--------|--------|-------------|-------|------|------|
| Tratamientos | 3 | 1722,9 | 574,31 | 26,5099 | 9,78 | 4,76 | ** |
| Bloques | 2 | 17,11 | 8,557 | 0,3950 | 10,92 | 5,14 | N.S |
| Error | 6 | 129,98 | 21,664 | | | | |
| Total | 11 | 1870,1 | | | | | |

Anexo 5: Datos originales obtenidos en campo para los parámetros evaluados.

1) Altura de planta para *Cedrela odorata* L. en el tratamiento T₀ (testigo absoluto).

| Repeticiones | N.º de planta | Tiempo (días) | | |
|----------------|---------------|---------------|-------------|-------------|
| | | 25 | 50 | 75 |
| | | Altura (cm) | Altura (cm) | Altura (cm) |
| R ₁ | 1 | 5,8 | 6,4 | 9,4 |
| | 2 | 7,4 | 8,4 | 9,5 |
| | 3 | 6,3 | 7,2 | 9,9 |
| | 4 | 7,4 | 8,5 | 10 |
| | 5 | 7,5 | 8,6 | 10 |
| | 6 | 5,8 | 6,6 | 9,5 |
| | 7 | 5,9 | 7,3 | 8,5 |
| | 8 | 6,4 | 7,7 | 9,2 |
| | 9 | 6,2 | 7,5 | 10 |
| | 10 | 6,3 | 7,4 | 8,3 |
| | 11 | 5,4 | 6,5 | 8,4 |
| | 12 | 6,7 | 7,4 | 9,1 |
| R ₂ | 1 | 8,3 | 10,5 | 10,1 |
| | 2 | 6,6 | 8,5 | 9,3 |
| | 3 | 5,5 | 7,4 | 8,6 |
| | 4 | 7,6 | 8,5 | 9,2 |
| | 5 | 7,2 | 10,5 | 10,8 |
| | 6 | 5,3 | 8,5 | 9,4 |
| | 7 | 7,7 | 9,4 | 11,5 |
| | 8 | 5,5 | 8,5 | 9,7 |
| | 9 | 5,9 | 9,6 | 9,2 |
| | 10 | 7,2 | 10,5 | 11,2 |
| | 11 | 6,8 | 8,5 | 12,2 |
| | 12 | 5,2 | 6,6 | 7,5 |
| R ₃ | 1 | 7,3 | 7,7 | 10,2 |
| | 2 | 5,8 | 7,6 | 8,4 |
| | 3 | 6,7 | 9,2 | 8,5 |
| | 4 | 5,3 | 7,3 | 8,4 |
| | 5 | 5,5 | 7,8 | 8,6 |
| | 6 | 4,3 | 6,2 | 7,8 |
| | 7 | 7,2 | 7,8 | 8,5 |
| | 8 | 8,2 | 10,3 | 11,1 |
| | 9 | 5,5 | 6,4 | 7,5 |
| | 10 | 6,9 | 7,5 | 8,4 |
| | 11 | 7,5 | 8,3 | 9,6 |
| | 12 | 6,3 | 7,5 | 8,8 |

2) Altura de planta para la especie *Cedrela odorata* L. en el tratamiento T₁ (testigo referencial).

| Repeticiones | N.º de planta | Tiempo (días) | | |
|----------------|---------------|---------------|-------------|-------------|
| | | 25 | 50 | 75 |
| | | Altura (cm) | Altura (cm) | Altura (cm) |
| R ₁ | 1 | 7,2 | 7,5 | 20,5 |
| | 2 | 6,1 | 12,3 | 19,4 |
| | 3 | 7,6 | 10,5 | 20,2 |
| | 4 | 6,6 | 12,5 | 18,3 |
| | 5 | 6,1 | 9,5 | 17,3 |
| | 6 | 7,4 | 11,5 | 19,3 |
| | 7 | 7,5 | 11,4 | 20,2 |
| | 8 | 7,6 | 9,5 | 17,5 |
| | 9 | 7,2 | 11,3 | 18,2 |
| | 10 | 6,7 | 10,5 | 17,3 |
| | 11 | 7,3 | 12,4 | 17,2 |
| | 12 | 6,8 | 11,6 | 18,5 |
| R ₂ | 1 | 6,9 | 10,3 | 18,2 |
| | 2 | 7,2 | 11,5 | 17,2 |
| | 3 | 7,3 | 10,6 | 16,5 |
| | 4 | 6,5 | 9,3 | 18,3 |
| | 5 | 6,4 | 12,2 | 19,3 |
| | 6 | 6,5 | 12,3 | 17,5 |
| | 7 | 6,8 | 10,7 | 16,6 |
| | 8 | 7,8 | 9,3 | 17,4 |
| | 9 | 6,9 | 11,3 | 18,6 |
| | 10 | 8,1 | 10,4 | 16,3 |
| | 11 | 6,4 | 12,5 | 19,3 |
| | 12 | 6,8 | 8,5 | 18,3 |
| R ₃ | 1 | 6,6 | 13,5 | 20,0 |
| | 2 | 6,7 | 12,3 | 18,7 |
| | 3 | 7,5 | 11,5 | 18,6 |
| | 4 | 7,0 | 12,7 | 18,7 |
| | 5 | 6,4 | 12,4 | 18,0 |
| | 6 | 7,3 | 13,5 | 20,5 |
| | 7 | 6,8 | 11,5 | 19,4 |
| | 8 | 6,5 | 12,5 | 20,5 |
| | 9 | 6,8 | 11,5 | 19,5 |
| | 10 | 6,7 | 11,3 | 20,2 |
| | 11 | 6,6 | 12,6 | 18,4 |
| | 12 | 8,3 | 11,3 | 17,9 |

3) Altura de planta para la especie *Cedrela odorata* L. en el tratamiento T2 (0,25% de EMA).

| Repeticiones | N.º de planta | Tiempo (días) | | |
|----------------|---------------|---------------|-------------|-------------|
| | | 25 | 50 | 75 |
| | | Altura (cm) | Altura (cm) | Altura (cm) |
| R ₁ | 1 | 7,4 | 7,8 | 9,7 |
| | 2 | 6,5 | 7,2 | 9,2 |
| | 3 | 6,6 | 8,5 | 9,7 |
| | 4 | 7,4 | 10,2 | 11,1 |
| | 5 | 6,5 | 8,5 | 9,5 |
| | 6 | 6,4 | 7,5 | 9,3 |
| | 7 | 6,3 | 8,1 | 10,2 |
| | 8 | 6,5 | 8,5 | 10,6 |
| | 9 | 5,9 | 7,5 | 9,7 |
| | 10 | 5,6 | 7,4 | 9,8 |
| | 11 | 7,3 | 8,2 | 10,6 |
| | 12 | 7,4 | 7,8 | 9,8 |
| R ₂ | 1 | 6,3 | 8,6 | 9,2 |
| | 2 | 6,0 | 8,7 | 9,9 |
| | 3 | 7,2 | 9,3 | 10,4 |
| | 4 | 6,5 | 9,1 | 9,8 |
| | 5 | 6,2 | 8,9 | 9,8 |
| | 6 | 8,8 | 9,6 | 10,6 |
| | 7 | 7,4 | 9,7 | 10,3 |
| | 8 | 5,6 | 9,0 | 9,8 |
| | 9 | 5,8 | 9,2 | 10,3 |
| | 10 | 5,5 | 8,8 | 9,6 |
| | 11 | 6,4 | 8,8 | 9,8 |
| | 12 | 7,5 | 9,7 | 10,5 |
| R ₃ | 1 | 6,0 | 8,5 | 10,1 |
| | 2 | 6,3 | 8,2 | 9,8 |
| | 3 | 7,5 | 8,8 | 10,7 |
| | 4 | 5,7 | 7,7 | 9,7 |
| | 5 | 5,8 | 7,9 | 8,6 |
| | 6 | 8,5 | 9,2 | 12,2 |
| | 7 | 6,0 | 8,8 | 10,4 |
| | 8 | 6,6 | 7,4 | 9,8 |
| | 9 | 7,3 | 8,6 | 10,9 |
| | 10 | 4,9 | 7,3 | 9,5 |
| | 11 | 5,5 | 8,0 | 9,6 |
| | 12 | 8,3 | 9,2 | 12,4 |

4) Altura de planta para la especie *Cedrela odorata* L. en el tratamiento T₃ (0,75% de EMA).

| Repeticiones | N.º de planta | Tiempo (días) | | |
|----------------|---------------|---------------|-------------|-------------|
| | | 25 | 50 | 75 |
| | | Altura (cm) | Altura (cm) | Altura (cm) |
| R ₁ | 1 | 6,5 | 9,5 | 13,2 |
| | 2 | 7,3 | 9,6 | 10,4 |
| | 3 | 4,5 | 7,9 | 12,6 |
| | 4 | 7,4 | 8,3 | 13,5 |
| | 5 | 6,6 | 10,5 | 12,8 |
| | 6 | 6,3 | 9,6 | 11,6 |
| | 7 | 6,5 | 9,7 | 13,6 |
| | 8 | 7,5 | 9,8 | 12,8 |
| | 9 | 7,3 | 9,6 | 11,3 |
| | 10 | 6,6 | 9,8 | 11,9 |
| | 11 | 7,6 | 8,6 | 12,3 |
| | 12 | 6,7 | 9,8 | 12,5 |
| R ₂ | 1 | 6,0 | 9,3 | 11,7 |
| | 2 | 7,7 | 9,8 | 13,1 |
| | 3 | 6,5 | 9,9 | 13,6 |
| | 4 | 5,7 | 9,7 | 13,5 |
| | 5 | 7,7 | 10,3 | 11,8 |
| | 6 | 6,3 | 10,3 | 12,3 |
| | 7 | 7,4 | 11,5 | 11,6 |
| | 8 | 6,2 | 9,7 | 12,5 |
| | 9 | 7,3 | 9,2 | 12,1 |
| | 10 | 7,2 | 9,7 | 11,8 |
| | 11 | 7,0 | 9,8 | 11,6 |
| | 12 | 6,8 | 10,3 | 12,9 |
| R ₃ | 1 | 7,8 | 9,7 | 12,7 |
| | 2 | 6,6 | 10,3 | 14,2 |
| | 3 | 7,6 | 10,6 | 13,7 |
| | 4 | 6,3 | 10,5 | 13,1 |
| | 5 | 6,4 | 9,9 | 11,8 |
| | 6 | 6,2 | 9,7 | 12,5 |
| | 7 | 7,5 | 9,8 | 12,7 |
| | 8 | 6,3 | 10,3 | 13,2 |
| | 9 | 7,1 | 10,4 | 13,3 |
| | 10 | 6,2 | 10,5 | 13,8 |
| | 11 | 6,8 | 9,9 | 13,6 |
| | 12 | 7,6 | 10,7 | 13,8 |

5) Número de hojas para la especie *Cedrela odorata* L. en el tratamiento T₀ (testigo absoluto).

| Repeticiones | N.º de planta | Tiempo (días) | | |
|----------------|---------------|---------------|--------------|--------------|
| | | 25 | 50 | 75 |
| | | N.º de hojas | N.º de hojas | N.º de hojas |
| R ₁ | 1 | 4 | 4 | 7 |
| | 2 | 3 | 5 | 7 |
| | 3 | 4 | 5 | 8 |
| | 4 | 4 | 6 | 10 |
| | 5 | 3 | 5 | 10 |
| | 6 | 4 | 5 | 8 |
| | 7 | 3 | 6 | 7 |
| | 8 | 3 | 5 | 10 |
| | 9 | 3 | 5 | 10 |
| | 10 | 3 | 4 | 7 |
| | 11 | 3 | 6 | 7 |
| | 12 | 4 | 5 | 8 |
| R ₂ | 1 | 4 | 6 | 8 |
| | 2 | 4 | 7 | 8 |
| | 3 | 3 | 6 | 8 |
| | 4 | 4 | 4 | 7 |
| | 5 | 3 | 6 | 10 |
| | 6 | 4 | 8 | 8 |
| | 7 | 4 | 8 | 9 |
| | 8 | 3 | 4 | 7 |
| | 9 | 4 | 6 | 8 |
| | 10 | 4 | 7 | 9 |
| | 11 | 4 | 8 | 10 |
| | 12 | 4 | 7 | 8 |
| R ₃ | 1 | 4 | 4 | 9 |
| | 2 | 4 | 5 | 7 |
| | 3 | 4 | 6 | 8 |
| | 4 | 3 | 5 | 7 |
| | 5 | 3 | 6 | 8 |
| | 6 | 3 | 6 | 9 |
| | 7 | 4 | 6 | 8 |
| | 8 | 3 | 5 | 9 |
| | 9 | 3 | 5 | 7 |
| | 10 | 4 | 7 | 7 |
| | 11 | 3 | 7 | 9 |
| | 12 | 4 | 6 | 12 |

6) Número de hojas para la especie *Cedrela odorata* L. en el tratamiento T₁ (testigo referencial).

| Repeticiones | N.º de planta | Tiempo (días) | | |
|----------------|---------------|---------------|--------------|--------------|
| | | 25 | 50 | 75 |
| | | N.º de hojas | N.º de hojas | N.º de hojas |
| R ₁ | 1 | 5 | 6 | 15 |
| | 2 | 4 | 11 | 14 |
| | 3 | 4 | 7 | 14 |
| | 4 | 5 | 8 | 13 |
| | 5 | 4 | 8 | 14 |
| | 6 | 5 | 8 | 12 |
| | 7 | 4 | 8 | 14 |
| | 8 | 4 | 7 | 12 |
| | 9 | 3 | 8 | 13 |
| | 10 | 5 | 7 | 13 |
| | 11 | 4 | 9 | 14 |
| | 12 | 5 | 7 | 14 |
| R ₂ | 1 | 5 | 7 | 13 |
| | 2 | 5 | 8 | 14 |
| | 3 | 4 | 7 | 13 |
| | 4 | 4 | 6 | 15 |
| | 5 | 3 | 7 | 15 |
| | 6 | 3 | 7 | 13 |
| | 7 | 4 | 7 | 14 |
| | 8 | 3 | 6 | 13 |
| | 9 | 5 | 7 | 15 |
| | 10 | 4 | 9 | 14 |
| | 11 | 3 | 8 | 12 |
| | 12 | 5 | 6 | 13 |
| R ₃ | 1 | 4 | 7 | 14 |
| | 2 | 4 | 7 | 13 |
| | 3 | 5 | 9 | 13 |
| | 4 | 5 | 8 | 12 |
| | 5 | 4 | 7 | 14 |
| | 6 | 5 | 8 | 14 |
| | 7 | 4 | 7 | 13 |
| | 8 | 4 | 6 | 15 |
| | 9 | 4 | 5 | 15 |
| | 10 | 5 | 8 | 15 |
| | 11 | 4 | 7 | 13 |
| | 12 | 5 | 8 | 12 |

7) Número de hojas para la especie *Cedrela odorata* L. en el tratamiento T₂ (0,25% de EMA).

| Repeticiones | N.º de planta | Tiempo (días) | | |
|----------------|---------------|---------------|--------------|--------------|
| | | 25 | 50 | 75 |
| | | N.º de hojas | N.º de hojas | N.º de hojas |
| R ₁ | 1 | 4 | 6 | 9 |
| | 2 | 4 | 5 | 10 |
| | 3 | 3 | 6 | 10 |
| | 4 | 4 | 6 | 10 |
| | 5 | 4 | 7 | 9 |
| | 6 | 4 | 7 | 8 |
| | 7 | 4 | 7 | 12 |
| | 8 | 4 | 6 | 11 |
| | 9 | 4 | 5 | 9 |
| | 10 | 4 | 6 | 8 |
| | 11 | 4 | 6 | 11 |
| | 12 | 3 | 6 | 9 |
| R ₂ | 1 | 4 | 5 | 8 |
| | 2 | 4 | 5 | 9 |
| | 3 | 4 | 6 | 10 |
| | 4 | 4 | 6 | 8 |
| | 5 | 4 | 5 | 9 |
| | 6 | 4 | 7 | 10 |
| | 7 | 3 | 7 | 11 |
| | 8 | 4 | 7 | 9 |
| | 9 | 4 | 7 | 10 |
| | 10 | 3 | 4 | 9 |
| | 11 | 3 | 4 | 8 |
| | 12 | 4 | 7 | 10 |
| R ₃ | 1 | 4 | 7 | 10 |
| | 2 | 4 | 6 | 9 |
| | 3 | 3 | 7 | 11 |
| | 4 | 4 | 5 | 9 |
| | 5 | 3 | 5 | 9 |
| | 6 | 4 | 6 | 11 |
| | 7 | 3 | 6 | 10 |
| | 8 | 4 | 6 | 10 |
| | 9 | 3 | 7 | 12 |
| | 10 | 4 | 5 | 11 |
| | 11 | 4 | 6 | 11 |
| | 12 | 4 | 6 | 12 |

8) Número de hojas para la especie *Cedrela odorata* L. en el tratamiento T₃ (0,75% de EMA).

| Repeticiones | N.º de planta | Tiempo (días) | | |
|----------------|---------------|---------------|--------------|--------------|
| | | 25 | 50 | 75 |
| | | N.º de hojas | N.º de hojas | N.º de hojas |
| R ₁ | 1 | 4 | 9 | 12 |
| | 2 | 4 | 6 | 9 |
| | 3 | 3 | 5 | 11 |
| | 4 | 4 | 6 | 13 |
| | 5 | 4 | 6 | 13 |
| | 6 | 5 | 6 | 12 |
| | 7 | 4 | 7 | 13 |
| | 8 | 4 | 8 | 10 |
| | 9 | 4 | 6 | 11 |
| | 10 | 3 | 5 | 9 |
| | 11 | 3 | 6 | 10 |
| | 12 | 4 | 5 | 9 |
| R ₂ | 1 | 4 | 8 | 11 |
| | 2 | 4 | 7 | 12 |
| | 3 | 4 | 7 | 12 |
| | 4 | 4 | 6 | 13 |
| | 5 | 3 | 7 | 10 |
| | 6 | 5 | 7 | 9 |
| | 7 | 5 | 8 | 9 |
| | 8 | 3 | 6 | 10 |
| | 9 | 4 | 7 | 9 |
| | 10 | 4 | 6 | 9 |
| | 11 | 3 | 7 | 10 |
| | 12 | 4 | 6 | 12 |
| R ₃ | 1 | 3 | 5 | 11 |
| | 2 | 1 | 5 | 12 |
| | 3 | 4 | 5 | 10 |
| | 4 | 4 | 6 | 9 |
| | 5 | 4 | 5 | 10 |
| | 6 | 4 | 6 | 9 |
| | 7 | 4 | 6 | 9 |
| | 8 | 5 | 8 | 10 |
| | 9 | 4 | 6 | 10 |
| | 10 | 4 | 7 | 12 |
| | 11 | 5 | 9 | 13 |
| | 12 | 4 | 6 | 13 |

9) Medición del diámetro de tallo para la especie *Cedrela odorata* L. en el tratamiento T₀ (testigo absoluto).

| Repeticiones | N.º de planta | Tiempo (días) | | |
|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | 25 | 50 | 75 |
| | | Diámetro (mm) | Diámetro (mm) | Diámetro (mm) |
| R ₁ | 1 | 1,41 | 2,54 | 3,12 |
| | 2 | 1,64 | 3,02 | 3,94 |
| | 3 | 1,35 | 1,85 | 3,82 |
| | 4 | 1,37 | 3,12 | 4,89 |
| | 5 | 1,34 | 3,33 | 5,22 |
| | 6 | 1,25 | 3,11 | 4,42 |
| | 7 | 1,32 | 3,47 | 4,78 |
| | 8 | 1,11 | 2,96 | 5,35 |
| | 9 | 1,54 | 3,45 | 4,89 |
| | 10 | 1,44 | 1,75 | 3,56 |
| | 11 | 1,55 | 2,79 | 3,65 |
| | 12 | 1,44 | 3,63 | 4,63 |
| R ₂ | 1 | 1,33 | 3,61 | 4,22 |
| | 2 | 1,55 | 3,12 | 3,94 |
| | 3 | 1,41 | 2,11 | 3,45 |
| | 4 | 1,32 | 2,38 | 3,34 |
| | 5 | 1,35 | 3,34 | 4,32 |
| | 6 | 1,59 | 3,04 | 3,56 |
| | 7 | 1,55 | 3,85 | 4,63 |
| | 8 | 1,34 | 1,65 | 3,86 |
| | 9 | 1,43 | 2,83 | 3,85 |
| | 10 | 1,44 | 4,45 | 5,33 |
| | 11 | 1,50 | 3,63 | 4,32 |
| | 12 | 1,46 | 1,97 | 3,52 |
| R ₃ | 1 | 1,45 | 3,71 | 4,23 |
| | 2 | 1,55 | 2,49 | 3,32 |
| | 3 | 1,52 | 3,03 | 3,36 |
| | 4 | 1,52 | 3,02 | 3,43 |
| | 5 | 1,56 | 2,82 | 3,42 |
| | 6 | 1,13 | 2,34 | 3,12 |
| | 7 | 1,33 | 3,03 | 3,46 |
| | 8 | 1,44 | 3,28 | 3,89 |
| | 9 | 1,12 | 2,28 | 3,54 |
| | 10 | 1,34 | 2,82 | 3,53 |
| | 11 | 1,33 | 3,05 | 3,65 |
| | 12 | 1,26 | 3,12 | 4,12 |

10) Medición del diámetro de tallo para la especie *Cedrela odorata* L. en el tratamiento T₁ (testigo referencial).

| Repeticiones | N.º de planta | Tiempo (días) | | |
|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | 25 | 50 | 75 |
| | | Diámetro (mm) | Diámetro (mm) | Diámetro (mm) |
| R ₁ | 1 | 2,08 | 3,78 | 8,23 |
| | 2 | 1,82 | 4,07 | 8,66 |
| | 3 | 1,78 | 3,88 | 7,66 |
| | 4 | 1,74 | 3,85 | 7,25 |
| | 5 | 1,61 | 3,02 | 6,32 |
| | 6 | 1,59 | 3,53 | 7,32 |
| | 7 | 2,11 | 4,04 | 8,56 |
| | 8 | 1,58 | 3,93 | 7,12 |
| | 9 | 1,62 | 3,33 | 7,33 |
| | 10 | 1,62 | 3,45 | 7,43 |
| | 11 | 1,53 | 4,07 | 7,23 |
| | 12 | 1,62 | 3,45 | 7,65 |
| R ₂ | 1 | 1,57 | 3,84 | 6,84 |
| | 2 | 1,46 | 4,08 | 7,26 |
| | 3 | 1,53 | 3,12 | 6,41 |
| | 4 | 1,81 | 3,63 | 7,76 |
| | 5 | 2,01 | 3,57 | 8,76 |
| | 6 | 1,46 | 3,42 | 6,63 |
| | 7 | 1,49 | 3,54 | 7,53 |
| | 8 | 1,51 | 3,55 | 7,63 |
| | 9 | 2,11 | 3,54 | 8,76 |
| | 10 | 1,62 | 4,18 | 7,27 |
| | 11 | 1,65 | 4,87 | 7,65 |
| | 12 | 1,55 | 2,45 | 6,86 |
| R ₃ | 1 | 1,52 | 3,78 | 7,12 |
| | 2 | 1,55 | 3,91 | 7,23 |
| | 3 | 1,69 | 4,14 | 6,98 |
| | 4 | 1,53 | 4,72 | 6,68 |
| | 5 | 1,92 | 3,33 | 6,66 |
| | 6 | 2,05 | 4,65 | 8,43 |
| | 7 | 1,53 | 2,86 | 7,48 |
| | 8 | 2,12 | 4,07 | 8,34 |
| | 9 | 1,42 | 4,18 | 8,34 |
| | 10 | 1,83 | 3,75 | 8,42 |
| | 11 | 1,96 | 4,13 | 7,65 |
| | 12 | 1,29 | 3,76 | 7,45 |

11) Medición del diámetro de tallo para la especie *Cedrela odorata* L. en el tratamiento T₂ (0,25% de EMA).

| Repeticiones | N.º de planta | Tiempo (días) | | |
|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | 25 | 50 | 75 |
| | | Diámetro (mm) | Diámetro (mm) | Diámetro (mm) |
| R ₁ | 1 | 1,76 | 3,66 | 4,98 |
| | 2 | 1,65 | 3,04 | 4,93 |
| | 3 | 1,25 | 3,21 | 4,54 |
| | 4 | 1,63 | 3,57 | 5,33 |
| | 5 | 1,44 | 3,43 | 5,23 |
| | 6 | 1,22 | 2,24 | 4,69 |
| | 7 | 1,51 | 3,35 | 5,13 |
| | 8 | 1,58 | 3,45 | 5,27 |
| | 9 | 1,55 | 2,37 | 5,15 |
| | 10 | 1,44 | 3,76 | 4,87 |
| | 11 | 1,66 | 3,12 | 5,26 |
| | 12 | 1,25 | 3,48 | 5,15 |
| R ₂ | 1 | 1,67 | 3,38 | 4,89 |
| | 2 | 1,57 | 2,52 | 4,93 |
| | 3 | 1,74 | 3,43 | 5,36 |
| | 4 | 1,51 | 3,21 | 5,22 |
| | 5 | 1,25 | 3,28 | 4,86 |
| | 6 | 1,54 | 3,38 | 4,93 |
| | 7 | 1,56 | 3,23 | 5,12 |
| | 8 | 1,11 | 2,75 | 4,84 |
| | 9 | 1,55 | 3,14 | 4,94 |
| | 10 | 1,31 | 3,65 | 4,83 |
| | 11 | 1,33 | 3,32 | 5,12 |
| | 12 | 1,57 | 3,26 | 5,73 |
| R ₃ | 1 | 1,08 | 3,31 | 4,76 |
| | 2 | 1,61 | 2,91 | 5,12 |
| | 3 | 1,54 | 2,34 | 5,35 |
| | 4 | 1,29 | 3,76 | 5,21 |
| | 5 | 1,52 | 2,92 | 4,84 |
| | 6 | 1,27 | 4,27 | 6,39 |
| | 7 | 1,67 | 3,64 | 5,29 |
| | 8 | 1,24 | 3,35 | 5,24 |
| | 9 | 1,33 | 2,74 | 5,48 |
| | 10 | 1,52 | 1,73 | 4,95 |
| | 11 | 1,73 | 3,42 | 5,36 |
| | 12 | 1,64 | 2,77 | 5,72 |

12) Medición del diámetro de tallo para la especie *Cedrela odorata* L. en el tratamiento T₃ (0,75% de EMA).

| Repeticiones | N.º de planta | Tiempo (días) | | |
|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | 25 | 50 | 75 |
| | | Diámetro (mm) | Diámetro (mm) | Diámetro (mm) |
| R ₁ | 1 | 1,17 | 3,83 | 6,43 |
| | 2 | 1,85 | 3,21 | 4,43 |
| | 3 | 1,49 | 3,35 | 5,11 |
| | 4 | 1,67 | 3,51 | 6,35 |
| | 5 | 1,65 | 3,38 | 6,74 |
| | 6 | 1,45 | 3,65 | 5,32 |
| | 7 | 2,04 | 3,45 | 6,23 |
| | 8 | 1,51 | 3,84 | 5,46 |
| | 9 | 1,88 | 3,65 | 4,89 |
| | 10 | 1,62 | 3,85 | 5,43 |
| | 11 | 1,47 | 3,47 | 4,57 |
| | 12 | 1,63 | 3,56 | 5,22 |
| R ₂ | 1 | 1,37 | 3,63 | 5,76 |
| | 2 | 1,66 | 3,25 | 6,43 |
| | 3 | 1,72 | 3,74 | 6,21 |
| | 4 | 1,32 | 3,63 | 6,32 |
| | 5 | 1,67 | 3,48 | 5,83 |
| | 6 | 1,73 | 3,83 | 5,89 |
| | 7 | 1,68 | 3,64 | 5,54 |
| | 8 | 1,69 | 3,55 | 5,73 |
| | 9 | 1,54 | 3,37 | 5,66 |
| | 10 | 1,73 | 3,78 | 5,85 |
| | 11 | 1,41 | 3,65 | 5,55 |
| | 12 | 1,27 | 2,24 | 5,95 |
| R ₃ | 1 | 1,35 | 3,56 | 5,33 |
| | 2 | 1,24 | 3,54 | 6,53 |
| | 3 | 1,45 | 3,57 | 6,23 |
| | 4 | 1,82 | 3,85 | 6,22 |
| | 5 | 1,45 | 3,44 | 6,33 |
| | 6 | 1,57 | 3,58 | 5,44 |
| | 7 | 1,63 | 3,62 | 5,88 |
| | 8 | 1,55 | 3,59 | 6,31 |
| | 9 | 1,47 | 3,67 | 6,33 |
| | 10 | 1,77 | 2,36 | 6,74 |
| | 11 | 1,64 | 3,59 | 6,85 |
| | 12 | 1,83 | 3,85 | 6,44 |

13) Longitud de raíz para la especie *Cedrela odorata* L. en los cuatro tratamientos evaluados.

| N.º de Plantón | Tratamientos | | | |
|-----------------|------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| | T ₀ (ARD sin EMA) | T ₁ (Solución nutritiva) | T ₂ (ARD con 0,25% EMA) | T ₃ (ARD con 0,75% EMA) |
| 1 | 22,5 | 44,2 | 28,5 | 33,3 |
| 2 | 37,5 | 41,2 | 28,5 | 31,6 |
| 3 | 35,4 | 40,6 | 30,2 | 35,7 |
| 4 | 18,6 | 42,7 | 33,6 | 28,9 |
| 5 | 26,5 | 40,4 | 30,5 | 32,6 |
| 6 | 22,7 | 40,6 | 31,6 | 32,7 |
| 7 | 18,2 | 39,6 | 32,7 | 33,9 |
| 8 | 15,2 | 41,6 | 32,4 | 35,3 |
| 9 | 18,6 | 40,2 | 31,7 | 37,5 |
| 10 | 19,6 | 41,8 | 30,3 | 37,8 |
| 11 | 25,6 | 42,8 | 33,2 | 36,4 |
| 12 | 22,7 | 42,6 | 32,7 | 36,7 |
| Promedio | 31,33 | 19,71 | 31,33 | 34,37 |

Nota. Para la medición de la raíz se eligieron al azar cuatro plantones por cada repetición. Valores expresados en cm.

14) Altura de planta para la especie *Prosopis pallida* Kunth. en el tratamiento T₀ (ARD sin EMA).

| Repeticiones | N.º de planta | Tiempo (días) | | |
|----------------|---------------|---------------|-------------|-------------|
| | | 25 | 50 | 75 |
| | | Altura (cm) | Altura (cm) | Altura (cm) |
| R ₁ | 1 | 9,2 | 18,5 | 34,2 |
| | 2 | 9,5 | 22,7 | 36,2 |
| | 3 | 8,1 | 17,4 | 35,3 |
| | 4 | 8,9 | 17,6 | 34,5 |
| | 5 | 10,5 | 23,5 | 33,4 |
| | 6 | 10,6 | 19,0 | 32,5 |
| | 7 | 8,5 | 18,8 | 34,2 |
| | 8 | 9,1 | 26,7 | 34,6 |
| | 9 | 10,1 | 26,3 | 32,3 |
| | 10 | 7,5 | 15,4 | 33,3 |
| | 11 | 6,1 | 15,7 | 34,3 |
| | 12 | 9,5 | 17,7 | 35,2 |
| R ₂ | 1 | 9,1 | 18,4 | 34,1 |
| | 2 | 5,2 | 14,7 | 34,2 |
| | 3 | 9,5 | 23,9 | 34,3 |
| | 4 | 6,5 | 11,5 | 32,4 |
| | 5 | 8,5 | 18,6 | 32,7 |
| | 6 | 7,5 | 19,5 | 33,4 |
| | 7 | 7,5 | 19,5 | 30,2 |
| | 8 | 8,2 | 21,6 | 34,3 |
| | 9 | 9,7 | 19,3 | 32,6 |
| | 10 | 9,5 | 23,7 | 34,7 |
| | 11 | 10,2 | 24,4 | 34,9 |
| | 12 | 9,2 | 21,7 | 32,1 |
| R ₃ | 1 | 8,5 | 17,4 | 33,4 |
| | 2 | 8,6 | 19,7 | 34,5 |
| | 3 | 8,1 | 14,5 | 31,3 |
| | 4 | 7,7 | 14,8 | 30,4 |
| | 5 | 9,5 | 21,6 | 33,7 |
| | 6 | 10,2 | 21,8 | 30,5 |
| | 7 | 6,2 | 17,6 | 30,6 |
| | 8 | 10,5 | 18,5 | 31,2 |
| | 9 | 9,5 | 23,5 | 34,2 |
| | 10 | 8,5 | 22,5 | 33,9 |
| | 11 | 9,2 | 17,7 | 30,4 |
| | 12 | 9,5 | 21,5 | 31,5 |

15) Altura de planta para la especie *Prosopis pallida* Kunth. en el tratamiento T₁ (solución nutritiva).

| Repeticiones | N.º de planta | Tiempo (días) | | |
|----------------|---------------|---------------|-------------|-------------|
| | | 25 | 50 | 75 |
| | | Altura (cm) | Altura (cm) | Altura (cm) |
| R ₁ | 1 | 10,2 | 22,5 | 50,4 |
| | 2 | 11,5 | 31,2 | 52,4 |
| | 3 | 11,7 | 31,2 | 52,6 |
| | 4 | 9,5 | 30,3 | 51,6 |
| | 5 | 11,5 | 27,2 | 53,5 |
| | 6 | 10,5 | 25,5 | 52,5 |
| | 7 | 9,3 | 18,2 | 51,5 |
| | 8 | 11,5 | 32,1 | 50,3 |
| | 9 | 11,5 | 32,5 | 54,3 |
| | 10 | 11,6 | 28,5 | 55,8 |
| | 11 | 8,5 | 24,3 | 56,3 |
| | 12 | 8,8 | 22,1 | 55,9 |
| R ₂ | 1 | 10,3 | 27,2 | 52,4 |
| | 2 | 8,3 | 23,4 | 52,4 |
| | 3 | 12,3 | 34,2 | 57,4 |
| | 4 | 9,3 | 25,5 | 55,4 |
| | 5 | 11,3 | 25,4 | 52,4 |
| | 6 | 12,4 | 32,6 | 56,4 |
| | 7 | 10,5 | 28,7 | 54,5 |
| | 8 | 9,5 | 31,6 | 56,5 |
| | 9 | 9,3 | 22,8 | 52,3 |
| | 10 | 10,3 | 30,4 | 57,5 |
| | 11 | 10,5 | 28,7 | 55,6 |
| | 12 | 9,5 | 25,5 | 52,3 |
| R ₃ | 1 | 9,3 | 27,6 | 55,3 |
| | 2 | 10,2 | 28,4 | 53,4 |
| | 3 | 10,4 | 15,7 | 50,3 |
| | 4 | 10,5 | 27,8 | 52,3 |
| | 5 | 10,3 | 24,6 | 54,3 |
| | 6 | 10,5 | 27,7 | 53,8 |
| | 7 | 9,8 | 22,3 | 51,4 |
| | 8 | 9,4 | 23,6 | 53,5 |
| | 9 | 11,4 | 26,7 | 53,5 |
| | 10 | 8,4 | 28,3 | 58,5 |
| | 11 | 8,2 | 20,6 | 52,4 |
| | 12 | 8,7 | 21,7 | 51,4 |

16) Altura de planta para la especie *Prosopis pallida* Kunth. en el tratamiento T₂ (ARD con 0,25% EMA).

| Repeticiones | N.º de planta | Tiempo (días) | | |
|----------------|---------------|---------------|-------------|-------------|
| | | 25 | 50 | 75 |
| | | Altura (cm) | Altura (cm) | Altura (cm) |
| R ₁ | 1 | 11,1 | 23,6 | 41,3 |
| | 2 | 10,1 | 18,5 | 39,4 |
| | 3 | 10,2 | 22,4 | 42,2 |
| | 4 | 9,1 | 17,7 | 44,2 |
| | 5 | 8,5 | 18,7 | 43,5 |
| | 6 | 6,5 | 18,5 | 41,4 |
| | 7 | 8,5 | 24,5 | 40,3 |
| | 8 | 9,2 | 16,8 | 40,7 |
| | 9 | 7,5 | 14,5 | 43,5 |
| | 10 | 11,6 | 25,4 | 43,8 |
| | 11 | 10,6 | 23,5 | 42,9 |
| | 12 | 10,7 | 21,6 | 42,9 |
| R ₂ | 1 | 11,5 | 19,5 | 41,8 |
| | 2 | 8,5 | 20,3 | 42,4 |
| | 3 | 10,1 | 21,2 | 43,2 |
| | 4 | 10,5 | 17,4 | 41,2 |
| | 5 | 8,2 | 17,4 | 41,8 |
| | 6 | 9,3 | 17,5 | 42,7 |
| | 7 | 9,5 | 20,5 | 43,9 |
| | 8 | 7,5 | 22,5 | 40,6 |
| | 9 | 8,5 | 16,7 | 44,8 |
| | 10 | 8,2 | 18,5 | 40,6 |
| | 11 | 7,2 | 17,4 | 44,1 |
| | 12 | 9,3 | 18,1 | 42,4 |
| R ₃ | 1 | 9,1 | 22,3 | 42,3 |
| | 2 | 11,2 | 20,7 | 44,5 |
| | 3 | 10,8 | 16,5 | 43,6 |
| | 4 | 9,5 | 21,5 | 43,9 |
| | 5 | 5,2 | 17,5 | 42,7 |
| | 6 | 7,5 | 18,3 | 41,6 |
| | 7 | 10,2 | 18,2 | 44,8 |
| | 8 | 9,5 | 23,7 | 45,6 |
| | 9 | 10,2 | 17,3 | 44,6 |
| | 10 | 10,1 | 23,5 | 44,9 |
| | 11 | 9,1 | 16,6 | 43,5 |
| | 12 | 9,5 | 25,1 | 44,6 |

17) Altura de planta para la especie *Prosopis pallida* Kunth. en el tratamiento T₃ (ARD con 0,75% EMA).

| Repeticiones | N.º de planta | Tiempo (días) | | |
|----------------|---------------|---------------|-------------|-------------|
| | | 25 | 50 | 75 |
| | | Altura (cm) | Altura (cm) | Altura (cm) |
| R ₁ | 1 | 9,2 | 16,3 | 46,5 |
| | 2 | 8,1 | 18,2 | 47,6 |
| | 3 | 9,7 | 26,5 | 46,6 |
| | 4 | 9,5 | 22,4 | 48,5 |
| | 5 | 10,7 | 24,8 | 47,7 |
| | 6 | 11,1 | 28,1 | 49,3 |
| | 7 | 9,1 | 14,3 | 46,6 |
| | 8 | 9,5 | 19,6 | 45,8 |
| | 9 | 9,2 | 20,8 | 45,2 |
| | 10 | 8,5 | 14,7 | 49,4 |
| | 11 | 10,1 | 21,9 | 44,7 |
| | 12 | 9,7 | 16,9 | 43,8 |
| R ₂ | 1 | 10,2 | 18,5 | 47,4 |
| | 2 | 10,5 | 22,3 | 48,8 |
| | 3 | 10,5 | 18,4 | 48,1 |
| | 4 | 9,5 | 19,1 | 47,9 |
| | 5 | 11,5 | 22,8 | 48,7 |
| | 6 | 10,7 | 19,8 | 49,2 |
| | 7 | 10,5 | 21,1 | 49,5 |
| | 8 | 10,3 | 19,6 | 47,5 |
| | 9 | 10,4 | 21,5 | 46,8 |
| | 10 | 8,5 | 22,1 | 48,6 |
| | 11 | 10,1 | 20,7 | 46,7 |
| | 12 | 8,5 | 21,9 | 47,8 |
| R ₃ | 1 | 7,5 | 17,4 | 49,2 |
| | 2 | 10,5 | 21,3 | 47,5 |
| | 3 | 9,1 | 19,7 | 46,5 |
| | 4 | 9,5 | 18,8 | 47,6 |
| | 5 | 11,1 | 21,8 | 48,6 |
| | 6 | 10,2 | 19,3 | 47,2 |
| | 7 | 10,1 | 18,3 | 46,7 |
| | 8 | 11,5 | 26,8 | 49,8 |
| | 9 | 11,6 | 19,4 | 48,6 |
| | 10 | 10,2 | 19,7 | 47,5 |
| | 11 | 9,6 | 19,3 | 47,5 |
| | 12 | 8,1 | 19,7 | 44,6 |

18) Número de hojas para la especie *Prosopis pallida* Kunth. en el tratamiento T₀ (ARD sin EMA).

| Repeticiones | N.º de planta | Tiempo (días) | | |
|----------------|---------------|---------------|--------------|--------------|
| | | 25 | 50 | 75 |
| | | N.º de hojas | N.º de hojas | N.º de hojas |
| R ₁ | 1 | 3 | 8 | 16 |
| | 2 | 2 | 8 | 18 |
| | 3 | 2 | 7 | 20 |
| | 4 | 1 | 5 | 16 |
| | 5 | 2 | 7 | 18 |
| | 6 | 2 | 7 | 17 |
| | 7 | 2 | 7 | 16 |
| | 8 | 2 | 8 | 18 |
| | 9 | 2 | 10 | 19 |
| | 10 | 2 | 6 | 16 |
| | 11 | 1 | 7 | 17 |
| | 12 | 2 | 6 | 19 |
| R ₂ | 1 | 2 | 7 | 19 |
| | 2 | 1 | 7 | 20 |
| | 3 | 2 | 7 | 19 |
| | 4 | 1 | 5 | 18 |
| | 5 | 2 | 6 | 17 |
| | 6 | 2 | 7 | 17 |
| | 7 | 3 | 7 | 18 |
| | 8 | 1 | 8 | 20 |
| | 9 | 2 | 7 | 20 |
| | 10 | 3 | 10 | 18 |
| | 11 | 2 | 9 | 18 |
| | 12 | 1 | 6 | 19 |
| R ₃ | 1 | 2 | 5 | 16 |
| | 2 | 2 | 8 | 19 |
| | 3 | 2 | 5 | 18 |
| | 4 | 1 | 5 | 15 |
| | 5 | 2 | 8 | 20 |
| | 6 | 2 | 7 | 16 |
| | 7 | 2 | 5 | 17 |
| | 8 | 3 | 7 | 18 |
| | 9 | 1 | 8 | 19 |
| | 10 | 2 | 9 | 18 |
| | 11 | 2 | 6 | 19 |
| | 12 | 2 | 7 | 17 |

19) Número de hojas para la especie *Prosopis pallida* Kunth. en el tratamiento T₁ (solución nutritiva).

| Repeticiones | N.º de planta | Tiempo (días) | | |
|----------------|---------------|---------------|--------------|--------------|
| | | 25 | 50 | 75 |
| | | N.º de hojas | N.º de hojas | N.º de hojas |
| R ₁ | 1 | 2 | 7 | 24 |
| | 2 | 2 | 10 | 25 |
| | 3 | 3 | 10 | 26 |
| | 4 | 2 | 9 | 23 |
| | 5 | 2 | 9 | 25 |
| | 6 | 3 | 10 | 23 |
| | 7 | 3 | 10 | 25 |
| | 8 | 2 | 11 | 24 |
| | 9 | 3 | 12 | 22 |
| | 10 | 2 | 10 | 26 |
| | 11 | 2 | 8 | 25 |
| | 12 | 2 | 9 | 24 |
| R ₂ | 1 | 2 | 9 | 22 |
| | 2 | 2 | 9 | 21 |
| | 3 | 3 | 13 | 24 |
| | 4 | 2 | 10 | 25 |
| | 5 | 3 | 8 | 23 |
| | 6 | 3 | 13 | 23 |
| | 7 | 2 | 10 | 21 |
| | 8 | 2 | 10 | 24 |
| | 9 | 2 | 7 | 23 |
| | 10 | 3 | 11 | 25 |
| | 11 | 2 | 9 | 24 |
| | 12 | 2 | 10 | 23 |
| R ₃ | 1 | 2 | 8 | 22 |
| | 2 | 2 | 10 | 23 |
| | 3 | 2 | 9 | 24 |
| | 4 | 2 | 10 | 19 |
| | 5 | 2 | 9 | 23 |
| | 6 | 3 | 10 | 22 |
| | 7 | 2 | 7 | 20 |
| | 8 | 2 | 9 | 21 |
| | 9 | 3 | 10 | 23 |
| | 10 | 3 | 11 | 24 |
| | 11 | 3 | 9 | 23 |
| | 12 | 3 | 10 | 21 |

20) Número de hojas para la especie *Prosopis pallida* Kunth. en el tratamiento T₂ (ARD con 0,25% de EMA).

| Repeticiones | N.º de planta | Tiempo (días) | | |
|----------------|---------------|---------------|--------------|--------------|
| | | 25 | 50 | 75 |
| | | N.º de hojas | N.º de hojas | N.º de hojas |
| R ₁ | 1 | 2 | 8 | 22 |
| | 2 | 3 | 8 | 21 |
| | 3 | 2 | 8 | 19 |
| | 4 | 2 | 8 | 21 |
| | 5 | 3 | 8 | 20 |
| | 6 | 2 | 8 | 22 |
| | 7 | 2 | 9 | 21 |
| | 8 | 2 | 8 | 22 |
| | 9 | 2 | 5 | 23 |
| | 10 | 2 | 8 | 21 |
| | 11 | 2 | 9 | 18 |
| | 12 | 3 | 8 | 19 |
| R ₂ | 1 | 3 | 7 | 18 |
| | 2 | 2 | 7 | 17 |
| | 3 | 2 | 7 | 19 |
| | 4 | 2 | 6 | 20 |
| | 5 | 2 | 6 | 18 |
| | 6 | 2 | 7 | 17 |
| | 7 | 2 | 8 | 20 |
| | 8 | 2 | 7 | 20 |
| | 9 | 2 | 7 | 21 |
| | 10 | 2 | 6 | 19 |
| | 11 | 3 | 6 | 18 |
| | 12 | 2 | 7 | 18 |
| R ₃ | 1 | 2 | 8 | 18 |
| | 2 | 3 | 8 | 19 |
| | 3 | 3 | 7 | 18 |
| | 4 | 2 | 9 | 20 |
| | 5 | 2 | 4 | 18 |
| | 6 | 2 | 9 | 19 |
| | 7 | 3 | 8 | 18 |
| | 8 | 2 | 7 | 20 |
| | 9 | 2 | 7 | 18 |
| | 10 | 1 | 9 | 19 |
| | 11 | 2 | 7 | 17 |
| | 12 | 2 | 8 | 18 |

21) Número de hojas para la especie *Prosopis pallida* Kunth. en el tratamiento T₃ (ARD con 0,75% de EMA).

| Repeticiones | N.º de planta | Tiempo (días) | | |
|----------------|---------------|---------------|--------------|--------------|
| | | 25 | 50 | 75 |
| | | N.º de hojas | N.º de hojas | N.º de hojas |
| R ₁ | 1 | 2 | 6 | 22 |
| | 2 | 2 | 8 | 22 |
| | 3 | 2 | 9 | 19 |
| | 4 | 2 | 7 | 21 |
| | 5 | 2 | 7 | 18 |
| | 6 | 2 | 8 | 21 |
| | 7 | 2 | 7 | 22 |
| | 8 | 2 | 9 | 22 |
| | 9 | 2 | 8 | 22 |
| | 10 | 2 | 7 | 22 |
| | 11 | 2 | 9 | 21 |
| | 12 | 3 | 8 | 19 |
| R ₂ | 1 | 2 | 9 | 23 |
| | 2 | 3 | 8 | 22 |
| | 3 | 2 | 6 | 21 |
| | 4 | 2 | 6 | 20 |
| | 5 | 2 | 7 | 21 |
| | 6 | 2 | 8 | 22 |
| | 7 | 2 | 9 | 20 |
| | 8 | 2 | 7 | 18 |
| | 9 | 2 | 8 | 19 |
| | 10 | 2 | 7 | 21 |
| | 11 | 2 | 9 | 18 |
| | 12 | 3 | 8 | 19 |
| R ₃ | 1 | 2 | 7 | 22 |
| | 2 | 2 | 7 | 21 |
| | 3 | 2 | 6 | 19 |
| | 4 | 2 | 7 | 18 |
| | 5 | 2 | 7 | 20 |
| | 6 | 2 | 8 | 18 |
| | 7 | 2 | 8 | 19 |
| | 8 | 2 | 10 | 21 |
| | 9 | 2 | 7 | 19 |
| | 10 | 2 | 8 | 19 |
| | 11 | 2 | 7 | 19 |
| | 12 | 2 | 8 | 18 |

22) Medición del diámetro de tallo para la especie *Prosopis pallida* Kunth. en el tratamiento T₀ (ARD sin EMA).

| Repeticiones | N.º de planta | Tiempo (días) | | |
|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | 25 | 50 | 75 |
| | | Diámetro (mm) | Diámetro (mm) | Diámetro (mm) |
| R ₁ | 1 | 0,96 | 1,31 | 1,47 |
| | 2 | 0,91 | 1,57 | 1,87 |
| | 3 | 0,79 | 1,53 | 1,91 |
| | 4 | 0,81 | 1,23 | 1,69 |
| | 5 | 0,98 | 1,31 | 1,47 |
| | 6 | 0,95 | 1,23 | 1,52 |
| | 7 | 0,85 | 1,29 | 1,83 |
| | 8 | 0,81 | 1,35 | 1,93 |
| | 9 | 0,82 | 1,42 | 1,75 |
| | 10 | 0,71 | 1,27 | 1,66 |
| | 11 | 0,62 | 1,25 | 1,89 |
| | 12 | 0,83 | 1,23 | 2,02 |
| R ₂ | 1 | 0,82 | 1,26 | 1,48 |
| | 2 | 0,81 | 1,12 | 1,39 |
| | 3 | 0,79 | 1,45 | 1,62 |
| | 4 | 0,85 | 1,24 | 1,49 |
| | 5 | 0,84 | 1,21 | 1,53 |
| | 6 | 0,77 | 1,34 | 1,55 |
| | 7 | 0,76 | 1,14 | 1,75 |
| | 8 | 0,85 | 1,57 | 2,33 |
| | 9 | 0,77 | 1,14 | 1,88 |
| | 10 | 0,82 | 1,58 | 1,82 |
| | 11 | 0,85 | 1,33 | 1,66 |
| | 12 | 0,83 | 1,13 | 1,35 |
| R ₃ | 1 | 0,85 | 1,31 | 1,36 |
| | 2 | 0,87 | 1,03 | 1,47 |
| | 3 | 0,85 | 1,23 | 1,55 |
| | 4 | 0,83 | 1,32 | 1,76 |
| | 5 | 0,88 | 1,26 | 1,69 |
| | 6 | 0,97 | 1,36 | 1,65 |
| | 7 | 0,89 | 1,45 | 2,12 |
| | 8 | 0,84 | 1,25 | 1,37 |
| | 9 | 0,86 | 1,26 | 2,11 |
| | 10 | 0,91 | 1,39 | 1,85 |
| | 11 | 0,92 | 1,33 | 1,36 |
| | 12 | 0,91 | 1,15 | 1,33 |

23) Medición del diámetro de tallo para la especie *Prosopis pallida* Kunth. en el tratamiento T₁ (solución nutritiva).

| Repeticiones | N.º de planta | Tiempo (días) | | |
|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | 25 | 50 | 75 |
| | | Diámetro (mm) | Diámetro (mm) | Diámetro (mm) |
| R ₁ | 1 | 1,13 | 1,42 | 3,31 |
| | 2 | 1,16 | 1,65 | 2,97 |
| | 3 | 1,19 | 1,76 | 3,33 |
| | 4 | 1,13 | 1,45 | 2,85 |
| | 5 | 0,98 | 1,33 | 3,87 |
| | 6 | 0,88 | 1,55 | 3,35 |
| | 7 | 0,87 | 1,22 | 3,77 |
| | 8 | 0,98 | 1,72 | 3,38 |
| | 9 | 0,79 | 1,93 | 3,32 |
| | 10 | 0,87 | 1,48 | 3,96 |
| | 11 | 0,95 | 1,28 | 3,85 |
| | 12 | 0,92 | 1,41 | 3,76 |
| R ₂ | 1 | 0,94 | 1,91 | 3,23 |
| | 2 | 0,95 | 1,82 | 3,22 |
| | 3 | 1,13 | 1,87 | 3,43 |
| | 4 | 0,85 | 1,53 | 3,31 |
| | 5 | 0,86 | 1,39 | 3,21 |
| | 6 | 0,97 | 1,72 | 3,13 |
| | 7 | 0,79 | 1,96 | 3,18 |
| | 8 | 0,78 | 1,59 | 3,26 |
| | 9 | 0,85 | 1,15 | 2,96 |
| | 10 | 0,69 | 1,57 | 3,44 |
| | 11 | 0,76 | 1,27 | 2,88 |
| | 12 | 0,83 | 1,34 | 3,05 |
| R ₃ | 1 | 0,87 | 1,23 | 3,31 |
| | 2 | 0,94 | 1,63 | 3,18 |
| | 3 | 0,98 | 1,11 | 3,21 |
| | 4 | 0,69 | 1,42 | 3,22 |
| | 5 | 0,87 | 1,45 | 3,63 |
| | 6 | 0,85 | 1,54 | 3,31 |
| | 7 | 0,77 | 1,43 | 3,42 |
| | 8 | 0,74 | 1,34 | 3,17 |
| | 9 | 0,82 | 1,53 | 3,33 |
| | 10 | 0,81 | 1,73 | 3,28 |
| | 11 | 0,78 | 1,31 | 3,16 |
| | 12 | 0,98 | 1,33 | 3,01 |

24) Medición del diámetro de tallo para la especie *Prosopis pallida* Kunth. en el tratamiento T₂ (ARD con 0,25% de EMA).

| Repeticiones | N.º de planta | Tiempo (días) | | |
|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | 25 | 50 | 75 |
| | | Diámetro (mm) | Diámetro (mm) | Diámetro (mm) |
| R ₁ | 1 | 0,91 | 1,39 | 2,22 |
| | 2 | 0,76 | 1,36 | 2,15 |
| | 3 | 0,83 | 1,18 | 1,94 |
| | 4 | 0,91 | 1,25 | 2,22 |
| | 5 | 0,84 | 1,26 | 2,28 |
| | 6 | 0,88 | 1,24 | 1,89 |
| | 7 | 0,94 | 1,52 | 2,18 |
| | 8 | 0,93 | 1,34 | 2,31 |
| | 9 | 0,85 | 1,14 | 2,35 |
| | 10 | 0,94 | 1,42 | 2,32 |
| | 11 | 0,95 | 1,32 | 2,16 |
| | 12 | 0,85 | 1,35 | 2,34 |
| R ₂ | 1 | 0,86 | 1,38 | 1,89 |
| | 2 | 0,77 | 1,49 | 1,97 |
| | 3 | 0,92 | 1,32 | 2,25 |
| | 4 | 0,84 | 1,25 | 1,95 |
| | 5 | 0,82 | 1,26 | 1,87 |
| | 6 | 0,81 | 1,49 | 2,24 |
| | 7 | 0,83 | 1,21 | 2,31 |
| | 8 | 0,82 | 1,48 | 2,25 |
| | 9 | 0,79 | 1,18 | 2,27 |
| | 10 | 0,74 | 1,14 | 1,99 |
| | 11 | 0,73 | 1,16 | 2,33 |
| | 12 | 0,86 | 1,27 | 2,22 |
| R ₃ | 1 | 0,93 | 1,25 | 1,98 |
| | 2 | 0,95 | 1,33 | 2,11 |
| | 3 | 0,92 | 1,32 | 2,07 |
| | 4 | 0,96 | 1,49 | 2,11 |
| | 5 | 0,89 | 1,01 | 1,87 |
| | 6 | 0,75 | 1,32 | 1,77 |
| | 7 | 0,89 | 1,31 | 2,23 |
| | 8 | 0,84 | 1,44 | 2,21 |
| | 9 | 0,84 | 1,27 | 1,73 |
| | 10 | 0,95 | 1,55 | 2,25 |
| | 11 | 0,96 | 1,33 | 1,98 |
| | 12 | 0,82 | 1,39 | 1,84 |

25) Medición del diámetro de tallo para la especie *Prosopis pallida* Kunth. en el tratamiento T₃ (ARD con 0,75% de EMA).

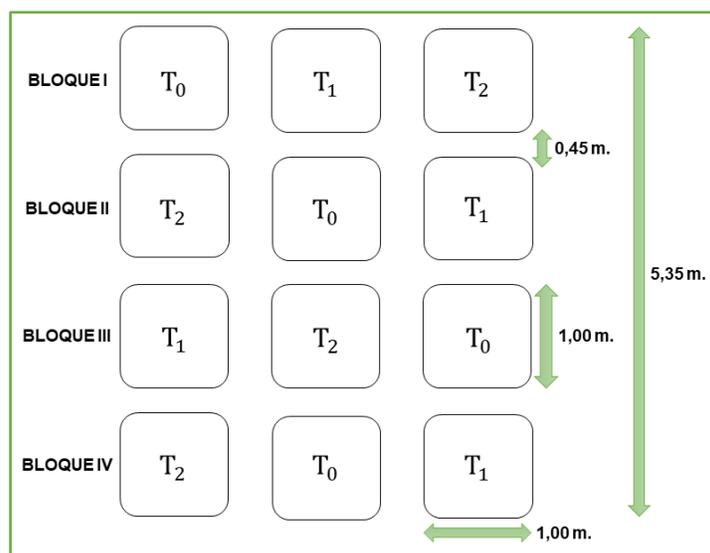
| Repeticiones | N.º de planta | Tiempo (días) | | |
|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | 25 | 50 | 75 |
| | | Diámetro (mm) | Diámetro (mm) | Diámetro (mm) |
| R ₁ | 1 | 0,99 | 1,49 | 2,54 |
| | 2 | 0,75 | 1,41 | 3,17 |
| | 3 | 0,89 | 1,68 | 2,32 |
| | 4 | 0,84 | 1,28 | 3,22 |
| | 5 | 0,91 | 1,41 | 2,88 |
| | 6 | 0,93 | 1,51 | 3,26 |
| | 7 | 0,89 | 1,39 | 3,11 |
| | 8 | 0,87 | 1,33 | 3,07 |
| | 9 | 0,83 | 1,38 | 2,87 |
| | 10 | 0,98 | 1,19 | 3,22 |
| | 11 | 0,85 | 1,42 | 2,27 |
| | 12 | 0,75 | 1,38 | 2,68 |
| R ₂ | 1 | 0,88 | 1,41 | 2,89 |
| | 2 | 1,02 | 1,52 | 3,04 |
| | 3 | 0,86 | 1,33 | 2,66 |
| | 4 | 0,91 | 1,26 | 2,74 |
| | 5 | 1,13 | 1,42 | 2,86 |
| | 6 | 0,81 | 1,59 | 3,02 |
| | 7 | 0,93 | 1,22 | 2,94 |
| | 8 | 0,95 | 1,31 | 2,96 |
| | 9 | 0,89 | 1,38 | 2,77 |
| | 10 | 0,87 | 1,24 | 2,88 |
| | 11 | 0,92 | 1,22 | 2,55 |
| | 12 | 0,84 | 1,42 | 2,87 |
| R ₃ | 1 | 0,73 | 1,32 | 2,97 |
| | 2 | 0,88 | 1,43 | 2,82 |
| | 3 | 0,91 | 1,36 | 2,79 |
| | 4 | 0,94 | 1,37 | 2,95 |
| | 5 | 0,93 | 1,32 | 2,89 |
| | 6 | 0,81 | 1,38 | 2,77 |
| | 7 | 0,82 | 1,33 | 2,55 |
| | 8 | 1,04 | 1,37 | 3,08 |
| | 9 | 0,86 | 1,28 | 2,85 |
| | 10 | 0,83 | 1,66 | 2,77 |
| | 11 | 0,89 | 1,26 | 2,79 |
| | 12 | 0,79 | 1,39 | 2,86 |

26) Longitud de raíz para la especie *Prosopis pallida* Kunth. en los cuatro tratamientos.

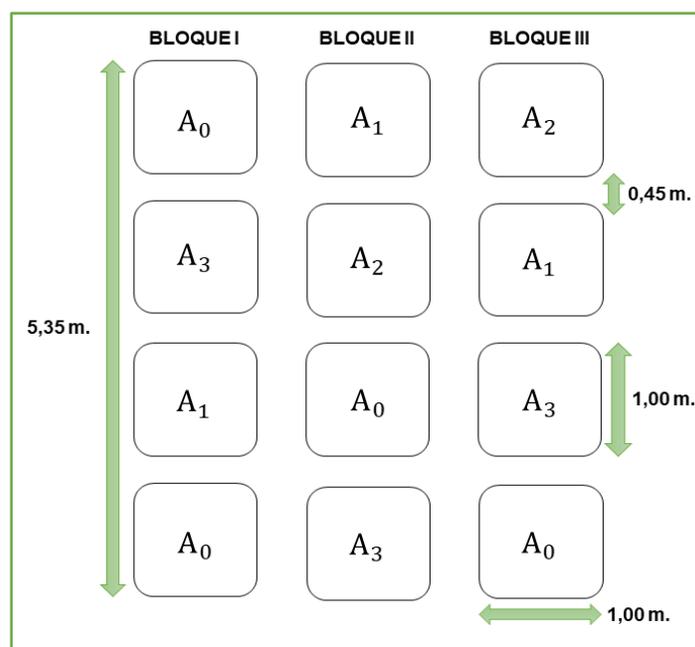
| N.º de Plantón | Tratamientos | | | |
|-----------------|------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| | T ₀ (ARD sin EMA) | T ₁ (Solución nutritiva) | T ₂ (ARD con 0,25% EMA) | T ₃ (ARD con 0,75% EMA) |
| 1 | 19,5 | 72,5 | 49,3 | 60,2 |
| 2 | 30,3 | 67,6 | 42,4 | 45,8 |
| 3 | 33,3 | 65,4 | 43,6 | 55,4 |
| 4 | 16,3 | 55,4 | 36,5 | 58,8 |
| 5 | 35,4 | 55,5 | 32,8 | 53,7 |
| 6 | 34,8 | 62,4 | 42,8 | 66,4 |
| 7 | 50,4 | 65,3 | 55,3 | 57,3 |
| 8 | 33,5 | 66,6 | 52,9 | 47,3 |
| 9 | 48,3 | 58,3 | 51,3 | 51,3 |
| 10 | 41,3 | 59,6 | 49,7 | 48,4 |
| 11 | 24,5 | 71,3 | 50,8 | 45,3 |
| 12 | 28,6 | 70,5 | 52,6 | 44,3 |
| Promedio | 33,02 | 64,20 | 46,67 | 52,85 |

Nota. Para la medición de la raíz se eligieron al azar cuatro plantones por cada repetición. Valores expresados en cm.

Anexo 6: Dimensiones y distribución de los tratamientos ensayados.



1) Distribución de los tratamientos para el efecto de los EM en el ARD.



2) Distribución de los tratamientos para el efecto del ARD tratada con EM en el crecimiento de
plantones de *Cedrela odorata* L. y *Prosopis pallida* Kunth.

Anexo 7: Ficha técnica del producto EM•Agua® “Microorganismos Eficaces”.



Jr. Pedro Torres Malarín N°355-Pueblo Libre-Lima
RPM: *11282 / #0045663 / #656656
Movistar: 943603740 / 952086694 / 943629819
Oficina: 01-4630329
informes@bioem.com.pe
www.bioem.com.pe



FICHA TÉCNICA

EM•AGUA®

MICROORGANISMOS EFICACES™

ORIGEN

El **EM•AGUA®** es un producto natural que contiene microorganismos benéficos. Fue desarrollado en la década de los 80 por el Dr. Teruo Higa, de la Universidad de Ryukus, Okinawa, Japón. Actualmente se utiliza en más de 180 países a nivel mundial.

DESCRIPCIÓN

El **EM•AGUA®** es una mezcla de diferentes microorganismos naturales. Estos microorganismos no son nocivos, ni patógenos, ni genéticamente modificados, ni químicamente sintetizados. Son microorganismos que promueven procesos de fermentación benéfica, aceleran la descomposición de la materia orgánica y promueven el equilibrio de la flora microbiana.

CONTENIDO MÍNIMO UFC/mL

- * Bacterias Fotosintéticas 10^4
- * Bacterias ácido lácticas 10^3
- * Levaduras 10^3
- * Enzimas

DATOS FÍSICOS

Apariencia: líquido color marrón-amarillo
Olor: Fermento-agradable
pH: 3.5

COMPATIBILIDAD

- Es compatible con aceites minerales y fertilizantes.
- No es compatible con cloro, desinfectantes, sulfato de cobre, oxidantes y pesticidas (fungicidas, insecticidas y bactericidas).

1) Ficha técnica.

ACTIVACIÓN

El **EM•AGUA®** está en latencia (inactivo), para conservar a largo plazo, por lo tanto antes de usarlo, hay que activarlo.

El activado consiste en 5% de **EM•AGUA®** y 5% de melaza diluidos en 90% de agua limpia en un recipiente herméticamente cerrado. Se deja reposar la mezcla durante siete días. Un olor agrisado y un pH de 3.5 o menos indican que el proceso de activación está completo.

DOSIS DE APLICACIÓN

- Para Sistemas con DBO entre 2.000 y 1.000 mg/L, use la dosis de 01 L de EM•AGUA® ACTIVADO para cada 1000 L del volumen total de las lagunas o sistemas de tratamiento.
- Para sistemas con DBO abajo de 1.000 mg/L, use la dosis de 01 L de EM•AGUA® –ACTIVADO para cada 2.000 L del volumen total de las lagunas o sistemas de tratamiento.

Para el uso de la **Tecnología EM™** en la recuperación de cuerpos de agua o para el tratamiento de efluentes, por favor, consúltenos y obtendrá mayor información y una asistencia técnica especializada acorde a cada caso.

Atentamente,



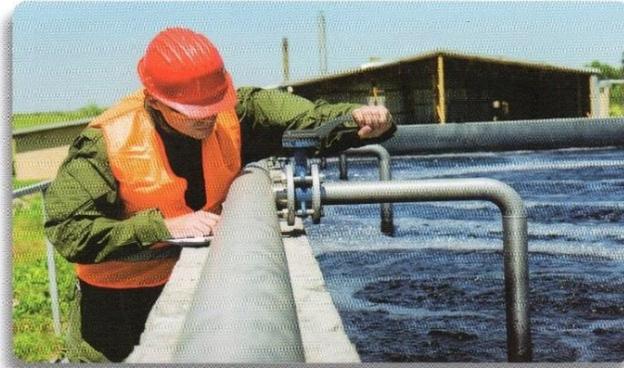
www.bioem.com.pe www.em-la.com www.emrojapan.com

2) Activación del producto EM.



Microorganismos Eficaces™

EM-Microorganismos Eficaces™ Perú



Dr. Higa's Original

EM™ significa **Microorganismos Eficaces EM™**, es un consorcio de varios microorganismos benéficos de origen natural de 3 géneros principales: bacterias fototróficas, bacterias ácido lácticas y levaduras.

La tecnología **EM™** fue desarrollada en la década de los ochenta por el Dr. Teruo Higa, profesor de la Universidad Ryukyus, Okinawa, Japón, como alternativa al uso de agroquímicos. Actualmente la tecnología **EM™** es usada en más de 143 países a nivel mundial, para:

- Mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo.
- Optimizar el crecimiento de las plantas y prevenir la presencia de plagas y enfermedades.
- Elaboración de abonos orgánicos
- Crianza y sanidad animal
- Tratamiento de aguas residuales

“Deje que nuestros microorganismos trabajen para usted”



Bacterias Ácido Lácticas
(*Lactobacillus* spp.)



Levaduras
(*Saccharomyces* spp.)



Bacterias Fotosintéticas
(*Rhodospirillum rubrum* spp.)

bioem.com.pe

3) Características técnicas del uso de EM•AGUA®.

Dr. Higa's Original

EM•AGUA[®]

Microorganismos Eficaces[™]

EM AGUA[®] es un cultivo mixto de microorganismos benéficos de origen natural usado para el tratamiento de aguas contaminadas y para restaurar el equilibrio natural de los sistemas acuáticos, trayendo consigo efectos benéficos y sostenibles en el tiempo. Su contenido no afecta al ambiente ni a la salud de las personas o animales que se encuentren en contacto con él.

Producto autorizado para su uso en la producción orgánica.



ACTIVACIÓN

Los microorganismos presentes en la tecnología **EM AGUA[®]** están latentes y deben activarse antes de usar.



1

Mezclar 1 de melaza (5%) en 18 litros de agua sin cloro (90%) y agregar 4 litros de **EM AGUA[®]** (5%).



2

Colocar la mezcla en un bidón limpio y cerrarlo herméticamente (sin aire).



3

Dejar reposar por 3 a 6 días en un ambiente bajo sombra.

1 litro de **EM AGUA[®]** rendirá 20 litros de **EM AGUA[®] - Activado (EMA)**.
El EMA debe usarse antes de los 30 días de activado.

RECOMENDACIÓN

Almacene el producto a temperatura ambiente, no es necesario refrigerarlo. Evite la exposición al sol, polvo y aire; mantenga el envase cerrado cuando no este en uso. El pH debe ser igual o menor a 3.8.

BENEFICIOS

- Sintetiza rápidamente la materia orgánica, reduciendo los valores de DBO, DQO, turbidez, sólidos suspendidos, equilibra el pH y el oxígeno disuelto.
- Acelera la degradación de grasas y aceites.
- Reduce eficazmente los malos olores.
- Reduce el lodo sedimentado.
- Reduce eficazmente la concentración de microorganismos patógenos.
- Evita la construcción de sistemas caros y de elevado costo de mantenimiento para el tratamiento de los efluentes.
- Reduce la necesidad de uso de productos químicos. Disminuye significativamente los costos operacionales del sistema.



DOSIS Y MODO DE APLICACIÓN

Para el uso de **EM AGUA[®]** en el tratamiento de aguas residuales o recuperación de cuerpos de aguas. Por favor, consulte con nuestro equipo técnico.



www.emrojapan.com

www.bioem.com.pe

www.em-la.com

4) Beneficios del uso del producto EM•AGUA[®] en ARD.

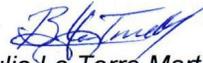
Anexo 8: Análisis fisicoquímico del agua potable de la Facultad de Ciencias Agrarias-Tumbes.

| | | | | | |
|---|-----------------------------|---|--|---|--|
|  | | UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE AGRONOMIA LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES | |  | |
| <h3>ANALISIS DE AGUA</h3> | | | | | |
| SOLICITANTE : | LEONARDO DANIEL PEÑA BENNER | | | | |
| PROCEDENCIA : | TUMBES | | | | |
| REFERENCIA : | H.R. 74468 | | | | |
| FACTURA : | 4598 | | | | |
| No. Laboratorio | | 208 | | | |
| No. Campo | | | | | |
| pH | | 7.50 | | | |
| C.E. | dS/m | 0.22 | | | |
| Calcio | meq/L | 1.29 | | | |
| Magnesio | meq/L | 0.38 | | | |
| Potasio | meq/L | 0.03 | | | |
| Sodio | meq/L | 0.47 | | | |
| SUMA DE CATIONES | | 2.17 | | | |
| Nitratos | meq/L | 0.00 | | | |
| Carbonatos | meq/L | 0.00 | | | |
| Bicarbonatos | meq/L | 1.15 | | | |
| Sulfatos | meq/L | 0.70 | | | |
| Cloruros | meq/L | 0.40 | | | |
| SUMA DE ANIONES | | 2.25 | | | |
| Sodio | % | 21.68 | | | |
| RAS | | 0.51 | | | |
| Boro | ppm | 0.01 | | | |
| Clasificación | | C1-S1 | | | |
| Cobre | ppm | 0.004 | | | |
| Zinc | ppm | N.D | | | |
| Manganeso | ppm | 0.001 | | | |
| Hierro | ppm | 0.001 | | | |

N.D.: no detectable.

La Molina, 22 de Junio del 2021




Ing. Braulio La Torre Martínez
 Jefe del Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
 Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622
 Celular: 946-505-254
 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

1) Resultados de los análisis fisicoquímicos del agua potable.

Interpretación de la Calidad de Riego

La salinidad total es determinada por la medición de la conductividad del agua. (CE.) Expresada en unidades de deci Siemens por metro (d Sm⁻¹) o en milimhos por centímetro (mmhos cm⁻¹). También puede ser expresada como la cantidad total de sales disueltas (TDS), donde: TDS (en ppm o mgL⁻¹) = 640 x CE (en d Sm⁻¹ ó mmhos cm⁻¹)

Cuadro 1 Clasificación de las aguas de riego basada en su CE y TDS

| Peligro de Salinidad | Características | CE dSm-1 | TDS ppm |
|----------------------------|---|-------------|------------|
| Bajo (C ₁) | * Bajo peligro de salinidad, no se espera efectos dañinos sobre las plantas y suelos. | <0.25 | < 160 |
| Medio (C ₂) | * Plantas sensibles pueden mostrar estrés a sales; moderada lixiviación previene la acumulación de sales en el suelo. | 0.25 - 0.75 | 160 - 500 |
| Alto (C ₃) | * Salinidad afectará a muchas plantas. Requiere: selección de plantas tolerantes a salinidad, buen drenaje y lixiviación. | 0.75 - 2.25 | 500 - 1500 |
| Muy Alto (C ₄) | * Generalmente no aceptable, excepto para plantas muy tolerantes a sales, se requiere excelente drenaje y lixiviación. | >2.25 | >1500 |

* SAR (Relación de Absorción de Sodio): $SAR = Na \text{ en meq. L}^{-1} / ((Ca + Mg \text{ en meq L}^{-1}) / 2)^{1/2}$

Cuadro 2 Peligro de Sodio basado en el valor del SAR

| Peligro de Na | SAR del agua | Comentarios sobre el peligro de Na |
|----------------------------|--------------|---|
| Bajo (S ₁) | <10 | * Puede usarse para el riego de casi todos los suelos, sin peligro de destrucción de la estructura. |
| Medio (S ₂) | 10 - 18 | * Puede desmejorarse la permeabilidad de suelos de textura fina con alta CIC. Puede usarse en suelos de textura gruesa con buen drenaje. |
| Alto (S ₃) | 18 - 26 | * Se producen, daños de los suelos, por acumulación de Na. Se requerirá intensivas prácticas de aplicación de enmiendas, drenaje y lixiviación. |
| Muy Alto (S ₄) | >26 | * Generalmente no recomendable para el riego excepto en suelos de muy bajo contenido de sales: Se requerirá prácticas de manejo. |

* Carbonato de sodio residual. (RCS.) Tercer criterio que se usa para juzgar el peligro de sodio en las aguas de riego. Es definido como: $RCS = (CO_3 + HCO_3) - (Ca + Mg)$.

Cuadro 3 Peligro de Sodio basado en el valor del RSC

| Valores de RSC (meq L ⁻¹) | Peligro de Na |
|---------------------------------------|---|
| > 0 (valores negativos) | * Ninguno. Ca y Mg del agua no participarán como carbonatos, ellos se mantienen Activos para prevenir la acumulación de Na en los sitios de cambio de la CIC. |
| 0 - 1.25 | * Bajo. Existe alguna remoción del Ca y Mg del agua de riego. |
| 1.25 - 2.50 | * Medio. Apreciable remoción de Ca y Mg del agua de riego. |
| > 2.50 | * Alto. Todo o mayor parte del Ca y Mg del agua de riego es removido como carbonato precipitado produciendo acumulación de Na. |

2) Interpretación de la calidad del agua potable, según los resultados del análisis fisicoquímico.

Anexo 9: Análisis microbiológico y fisicoquímico inicial del ARD.



BIODS LABORATORIOS
Soluciones Integrales S.R.L.
CENTRO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN



INFORME DE ENSAYO

IE-01043/2021

Página 1 de 2

1. DATOS DEL CLIENTE

Solicitante : Leonardo Daniel Peña Benner
Dirección : Tumbes

Orden de servicio: OSC-BLSI-0152/2021

2. DATOS DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA

Tipo de muestra : Agua
Número de muestras : 1
Toma de muestra : Por el cliente
Fecha de recepción : 28/05/2021
Condición : Refrigerados
Fecha de análisis : 28/05/2021
Procedencia : Agua residual
Fecha de entrega : 03/06/2021

3. TIPO DE ANÁLISIS REQUERIDO

SA012: Colimetría (coliformes termotolerantes) / SMEWW-APHA-AWWA-WEF.Part 9221 E1, 22 ndEd.2012. Multiple-tube fermentation technique for members of the Coliform procedure, Thermotolerant coliform test (EC medium)

SA058: Demanda bioquímica de oxígeno DBO₅ / SMEWW-APHA AWWA-WEF.PART 5210 B, 22 nd Ed.2012.Biochemical Oxygen Demand (BOD) 5 – Day BOD Test

SA059: Demanda química de oxígeno DQO / SMEWW-APHA AWWA-WEF.PART 5220 D, 23 rd Ed.2017. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method

4. RESULTADO DEL ANÁLISIS

| Código generado | Identificación de la muestra | Unidad | Unidad de medida | Coliformes termotolerantes |
|-----------------|------------------------------|--------|------------------|----------------------------|
| MU00005632021 | Agua residual | 1 | NMP/100mL | 110000000 |

| Código generado | Identificación de la muestra | Unidad | Unidad de medida | Demanda bioquímica de oxígeno |
|-----------------|------------------------------|--------|---------------------|-------------------------------|
| MU00005632021 | Agua residual | 1 | mgO ₂ /L | 178 |

| Código generado | Identificación de la muestra | Unidad | Unidad de medida | Demanda química de oxígeno |
|-----------------|------------------------------|--------|---------------------|----------------------------|
| MU00005632021 | Agua residual | 1 | mgO ₂ /L | 556 |

Los resultados mencionados en este documento corresponden a nuestras muestras proporcionadas por el cliente o por un tercero a nombre del cliente. Biodes Laboratorios Soluciones Integrales S.R.L., se responsabiliza exclusivamente de los análisis, el resultado se refiere únicamente a la muestra recibida en el Laboratorio. Este informe no es válido sin la firma y sello original del coordinador de Laboratorio.

Oficina principal: Calle Matilde Ávalos Mz. 7 – Lote 10 – Andrés Araujo Moran (Puyango) – Referencia Parque el Avión. Sucursal Av. Piura N° 500 Interior 13, 2do Piso – Tumbes. Teléfono 072 522087, Celular 946486525, 992714119.
E-mail: biodeslab@biodeslaboratorios.com
Web: www.biodeslaboratorios.com
RUC: 20409298355

1) Análisis inicial de coliformes termotolerantes, DBO₅ y DQO en el ARD.



INFORME DE ENSAYO

IE-01046/2021

Página 2 de 2

1. DATOS DEL CLIENTE

Solicitante : Leonardo Daniel Peña Benner
Dirección : Tumbes

Orden de servicio: OSC-BLSI-0154/2021

2. DATOS DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA

Tipo de muestra : Agua
Toma de muestra : Por el cliente
Condición : Refrigerados
Procedencia : Agua residual

Número de muestras : 1
Fecha de recepción : 28/05/2021
Fecha de análisis : 28/05/2021
Fecha de entrega : 03/06/2021

3. TIPO DE ANÁLISIS REQUERIDO

SA013: Detección de *Escherichia coli* (presuntivo) / FDA BAM

4. RESULTADO DEL ANÁLISIS

| Código generado | Identificación de la muestra | Unidad | Unidad de medida | <i>Escherichia coli</i> |
|-----------------|------------------------------|--------|------------------|-------------------------|
| MU0005652021 | Agua residual | 1 | NMP/100mL | 110000 |



BIODES LABORATORIOS
Soluciones Integrales S.
CENTRO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN
ING. PÉDRO JOSÉ ALBERTO SERNA CRU
COORDINADOR DE LABORATORIO
CIP N° 1-3373

Los resultados mencionados en este documento corresponden a nuestras muestras proporcionadas por el cliente o por un tercero a nombre del cliente. BIODS Laboratorios Soluciones Integrales S.R.L., se responsabiliza exclusivamente de los análisis, el resultado se refiere únicamente a la muestra recibida en el Laboratorio. Este informe no es válido sin la firma y sello original del coordinador de Laboratorio.

Oficina principal: Calle Matilde Ávalos Mz. 7 – Lote 10 – Andrés Araujo Moran (Puyango) – Referencia Parque el Avión. Sucursal Av. Piura N° 500 Interior 13, 2do Piso – Tumbes. Teléfono 072 522087, Celular 946486525, 992714119.
E-mail: biodeslab@biodeslaboratorios.com
Web: www.biodeslaboratorios.com
RUC: 20409298355

2) Análisis inicial de *Escherichia coli* en el ARD.



INFORME DE ENSAYO

IE-01044/2021

Página 1 de 1

1. DATOS DEL CLIENTE

Solicitante : Leonardo Daniel Peña Benner
Dirección : Tumbes

Orden de servicio: OSC-BLSI-0154/2021

2. DATOS DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA

Tipo de muestra : Agua
Toma de muestra : Por el cliente
Condición : Refrigerados
Procedencia : Agua residual

Número de muestras : 1
Fecha de recepción : 28/05/2021
Fecha de análisis : 28/05/2021
Fecha de entrega : 03/06/2021

3. TIPO DE ANÁLISIS REQUERIDO

SA173: Conteo de huevos y larvas de Helmintos / Microscopía óptica

4. RESULTADO DEL ANÁLISIS

| Código generado | Identificación de la muestra | Unidad | Organismo parásito | Organismo/mL | Observación |
|-----------------|------------------------------|--------|--------------------|--------------|---|
| MU0005652021 | Agua residual | 1 | Ausencia | 0 | No se observó presencia de huevos y larvas de helmintos |

BIODS LABORATORIOS
Soluciones Integrales S.R.L.
CENTRO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN
ING. PESQ. JOSÉ ALBERTO SERNA CRUZ
COORDINADOR DE LABORATORIO



Los resultados mencionados en este documento corresponden a nuestras muestras proporcionadas por el cliente o por un tercero a nombre del cliente. Biods Laboratorios Soluciones Integrales S.R.L., se responsabiliza exclusivamente de los análisis, el resultado se refiere únicamente a la muestra recibida en el Laboratorio. Este informe no es válido sin la firma y sello original del coordinador de Laboratorio.

Oficina principal: Calle Matilde Ávalos Mz. 7 – Lote 10 – Andrés Araujo Moran (Puyango) – Referencia Parque el Avión. Sucursal Av. Piura N° 500 Interior 13, 2do Piso – Tumbes. Teléfono 072 522087, Celular 946486525, 992714119.
E-mail: biodeslab@biodeslaboratorios.com
Web: www.biodeslaboratorios.com
RUC: 20409298355

3) Análisis inicial del conteo de huevos y larvas de Helmintos presentes en el ARD.



IE-01045/2021

Página 1 de 2

1. DATOS DEL CLIENTE

Solicitante : Leonardo Daniel Peña Benner
Dirección : Tumbes

Orden de servicio: OSC-BLSI-0161/2021

2. DATOS DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA

Tipo de muestra : Agua
Toma de muestra : Por el cliente
Condición : Temperatura ambiente
Procedencia : Agua residual

Número de muestras : 1
Fecha de recepción : 28/05/2021
Fecha de análisis : 28/05/2021
Fecha de entrega : 03/06/2021

3. TIPO DE ANÁLISIS REQUERIDO

SA063: Nitritos / Método Fotométrico
SA064: Nitratos / Método Fotométrico
SA066: Calcio / Método Fotométrico
SA068: Magnesio / Método Fotométrico
SA070: Potasio / Método Fotométrico
SA072: Sulfuros totales / Método Fotométrico
SA075: Fosfatos / Fotometría
SA079: Sodio / Método Fotométrico

4. RESULTADO DEL ANÁLISIS

| Código generado | Identificación de la muestra | Unidad | Nitrito NO ₂ (mg/L) |
|-----------------|------------------------------|--------|--------------------------------|
| MU0005782021 | Agua residual | 1 | 0 |

| Código generado | Identificación de la muestra | Unidad | Nitrato NO ₃ (mg/L) |
|-----------------|------------------------------|--------|--------------------------------|
| MU0005782021 | Agua residual | 1 | 0.03 |

| Código generado | Identificación de la muestra | Unidad | Calcio Ca mg/L |
|-----------------|------------------------------|--------|----------------|
| MU0005782021 | Agua residual | 1 | 20 |

Los resultados mencionados en este documento corresponden a nuestras muestras proporcionadas por el cliente o por un tercero a nombre del cliente. Biodes Laboratorios Soluciones Integrales S.R.L., se responsabiliza exclusivamente de los análisis, el resultado se refiere únicamente a la muestra recibida en el Laboratorio. Este informe no es válido sin la firma y sello original del coordinador de Laboratorio.

Oficina principal: Calle Matilde Ávalos Mz. 7 – Lote 10 – Andrés Araujo Moran (Puyango) – Referencia Parque el Avión. Sucursal Av. Piura N° 500 Interior 13, 2do Piso – Tumbes. Teléfono 072 522087, Celular 946486525, 992714119.
E-mail: biodeslab@biodeslaboratorios.com
Web: www.biodeslaboratorios.com
RUC: 20409298355

4) Análisis inicial de la concentración de nitratos, nitritos y calcio en el ARD.



INFORME DE ENSAYO

IE-01045/2021

Página 2 de 2

| Código generado | Identificación de la muestra | Unidad | Magnesio Mg (mg/L) |
|-----------------|------------------------------|--------|--------------------|
| MU0005782021 | Agua residual | 1 | 150 |

| Código generado | Identificación de la muestra | Unidad | Potasio K (mg/L) |
|-----------------|------------------------------|--------|------------------|
| MU0005782021 | Agua residual | 1 | 16 |

| Código generado | Identificación de la muestra | Unidad | Sulfuros totales (mg/L) |
|-----------------|------------------------------|--------|-------------------------|
| MU0005782021 | Agua residual | 1 | 0.04 |

| Código generado | Identificación de la muestra | Unidad | Sodio Na (mg/L) |
|-----------------|------------------------------|--------|-----------------|
| MU0005782021 | Agua residual | 1 | 3.1 |

| Código generado | Identificación de la muestra | Unidad | Fósforo P (mg/L) | Fosfato PO ₄ (mg/kg) |
|-----------------|------------------------------|--------|------------------|---------------------------------|
| MU0005782021 | Agua residual | 1 | 9 | 27 |

BIODS LABORATORIOS
Soluciones Integrales S.R.L.
CENTRO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN

ING. PÉDRO JOSÉ ALBERTO SERNA C.R.U.
COORDINADOR DE LABORATORIO
CIP N° 1-5373



Los resultados mencionados en este documento corresponden a nuestras muestras proporcionadas por el cliente o por un tercero a nombre del cliente. BIODS Laboratorios Soluciones Integrales S.R.L., se responsabiliza exclusivamente de los análisis, el resultado se refiere únicamente a la muestra recibida en el Laboratorio. Este informe no es válido sin la firma y sello original del coordinador de Laboratorio.

Oficina principal: Calle Matilde Ávalos Mz. 7 – Lote 10 – Andrés Araujo Moran (Puyango) – Referencia Parque el Avión. Sucursal Av. Piura N° 500 Interior 13, 2do Piso – Tumbes. Teléfono 072 522087, Celular 946486525, 992714119.
E-mail: biodeslab@biodeslaboratorios.com
Web: www.biodeslaboratorios.com
RUC: 20409298355

- 5) Análisis inicial de la concentración de sodio, magnesio, potasio, sulfuros totales y fosfatos en el ARD.

Anexo 10: Análisis microbiológico y fisicoquímico del ARD después de 50 días de tratamiento.

| | | | | |
|--|---|---|-------------------------|--------------------------------------|
|  | BIODÉS LABORATORIOS Soluciones Integrales S.R.L. CENTRO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN |  | | |
| INFORME DE ENSAYO | | | | |
| IE-01273/2021 | | Pagina 1 de 2 | | |
| 1. DATOS DEL CLIENTE | | | | |
| Solicitante | : Leonardo Daniel Peña Benner | Orden de servicio: OSC-BLSI-0253/2021 | | |
| Dirección | : Tumbes | | | |
| 2. DATOS DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA | | | | |
| Tipo de muestra | : Agua | Número de muestras : 1 | | |
| Toma de muestra | : Por el cliente | Fecha de recepción : 28/07/2021 | | |
| Condición | : Temperatura ambiente | Fecha de análisis : 28/07/2021 | | |
| Procedencia | : Agua residual | Fecha de entrega : 09/08/2021 | | |
| 3. TIPO DE ANÁLISIS REQUERIDO | | | | |
| SA012: Colimetría (coliformes termotolerantes) / SMEWW-APHA-AWWA-WEF.Part 9221 E1, 22 ndEd.2012. Multiple-tube fermentation technique for members of the Coliform procedure, Thermotolerant coliform test (EC medium) | | | | |
| SA059: Demanda química de oxígeno DQO / SMEWW-APHA AWWA-WEF.PART 5220 D, 23 rd Ed.2017. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method | | | | |
| SA058: Detección de Escherichia coli (presuntivo) / FDA BAM | | | | |
| 4. RESULTADO DEL ANÁLISIS | | | | |
| Código generado | Identificación de la muestra | Unidad | Unidad de medida | Coliformes termotolerantes |
| MU0011332021 | T-0 | 1 | NMP/100mL | 160 |
| Código generado | Identificación de la muestra | Unidad | Unidad de medida | Escherichia coli (presuntivo) |
| MU0011332021 | T-0 | 1 | NMP/100mL | 130 |
| Código generado | Identificación de la muestra | Unidad | Unidad de medida | Demanda química de oxígeno |
| MU0011332021 | T-0 | 1 | mgO ₂ /L | 310 |
| <p>Los resultados mencionados en este documento corresponden a nuestras muestras proporcionadas por el cliente o por un tercero a nombre del cliente. Biodés Laboratorios Soluciones Integrales S.R.L., se responsabiliza exclusivamente de los análisis, el resultado se refiere únicamente a la muestra recibida en el Laboratorio. Este informe no es válido sin la firma y sello original del coordinador de Laboratorio.</p> <p style="text-align: center;">Oficina principal: Calle Matilde Ávalos Mz. 7 – Lote 10 – Andrés Araujo Moran (Puyango) – Referencia Parque el Avión. Sucursal Av. Piura N° 500 Interior 13, 2do Piso – Tumbes. Teléfono 072 522087. Celular 946486525, 992714119. E-mail: biodeslab@biodeslaboratorios.com Web: www.biodeslaboratorios.com RUC: 20409298355</p> | | | | |

1) Análisis de Coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* y DQO en el tratamiento T₀ (ARD sin EMA) después de 50 días.



BIODES LABORATORIOS
Soluciones Integrales S.R.L.
CENTRO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN



INFORME DE ENSAYO

IE-01273/2021

Página 2 de 2

BIODES LABORATORIOS
Soluciones Integrales S.R.L.
CENTRO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN

ING. PESQ. JOSÉ ALBERTO SERNA CRUZ
COORDINADOR DE LABORATORIO
CIP



Los resultados mencionados en este documento corresponden a nuestras muestras proporcionadas por el cliente o por un tercero a nombre del cliente. BIODS Laboratorios Soluciones Integrales S.R.L., se responsabiliza exclusivamente de los análisis, el resultado se refiere únicamente a la muestra recibida en el Laboratorio. Este informe no es válido sin la firma y sello original del coordinador de Laboratorio.

Oficina principal: Calle Matilde Ávalos Mz. 7 – Lote 10 – Andrés Araujo Moran (Puyango) – Referencia Parque el Avión. Sucursal Av. Piura N° 500 Interior 13, 2do Piso – Tumbes. Teléfono 072 522087, Celular 946486525, 992714119.
E-mail: biodeslab@biodeslaboratorios.com
Web: www.biodeslaboratorios.com
RUC: 20409298355



INFORME DE ENSAYO

IE-01248/2021

Página 1 de 2

1. DATOS DEL CLIENTE

Solicitante : Leonardo Daniel Peña Benner
Dirección : Tumbes

Orden de servicio: OSC-BLSI-0253/2021

2. DATOS DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA

Tipo de muestra : Agua
Toma de muestra : Por el cliente
Condición : Temperatura ambiente
Procedencia : Agua residual

Número de muestras : 1
Fecha de recepción : 28/07/2021
Fecha de análisis : 28/07/2021
Fecha de entrega : 09/08/2021

3. TIPO DE ANÁLISIS REQUERIDO

SA063: Nitritos / Método Fotométrico
SA064: Nitratos / Método Fotométrico
SA066: Calcio / Método Fotométrico
SA068: Magnesio / Método Fotométrico
SA070: Potasio / Método Fotométrico
SA072: Sulfuros totales / Método Fotométrico
SA075: Fosfatos / Fotometría
SA079: Sodio / Método Fotométrico

4. RESULTADO DEL ANÁLISIS

| Código generado | Identificación de la muestra | Unidad | Nitrito NO ₂ (mg/L) |
|-----------------|------------------------------|--------|--------------------------------|
| MU0011332021 | T-0 | 1 | 0.57 |

| Código generado | Identificación de la muestra | Unidad | Nitrato NO ₃ (mg/L) |
|-----------------|------------------------------|--------|--------------------------------|
| MU0011332021 | T-0 | 1 | 0.04 |

Los resultados mencionados en este documento corresponden a nuestras muestras proporcionadas por el cliente o por un tercero a nombre del cliente. BIODS Laboratorios Soluciones Integrales S.R.L., se responsabiliza exclusivamente de los análisis, el resultado se refiere únicamente a la muestra recibida en el Laboratorio. Este informe no es válido sin la firma y sello original del coordinador de Laboratorio.

Oficina principal: Calle Matilde Ávalos Mz. 7 – Lote 10 – Andrés Araujo Moran (Puyango) – Referencia Parque el Avión. Sucursal Av. Piura N° 500 Interior 13, 2do Piso – Tumbes. Teléfono 072 522087, Celular 946486525, 992714119.
E-mail: biodeslab@biodeslaboratorios.com
Web: www.biodeslaboratorios.com
RUC: 20409298355

- 2) Análisis de la concentración de nitratos y nitritos en el tratamiento T₀ (ARD sin EMA) después de 50 días.



INFORME DE ENSAYO

IE-01248/2021

Página 2 de 2

| Código generado | Identificación de la muestra | Unidad | Calcio Ca (mg/L) |
|-----------------|------------------------------|--------|------------------|
| MU0011332021 | T-0 | 1 | 21 |

| Código generado | Identificación de la muestra | Unidad | Magnesio Mg (mg/L) |
|-----------------|------------------------------|--------|--------------------|
| MU0011332021 | T-0 | 1 | 140 |

| Código generado | Identificación de la muestra | Unidad | Sulfuros totales (mg/L) |
|-----------------|------------------------------|--------|-------------------------|
| MU0011332021 | T-0 | 1 | 0.02 |

| Código generado | Identificación de la muestra | Unidad | Sodio Na (mg/L) |
|-----------------|------------------------------|--------|-----------------|
| MU0011332021 | T-0 | 1 | 0.80 |

| Código generado | Identificación de la muestra | Unidad | Potasio K (mg/L) |
|-----------------|------------------------------|--------|------------------|
| MU0011332021 | T-0 | 1 | 15.6 |

| Código generado | Identificación de la muestra | Unidad | Fósforo P (mg/L) | Fosfato PO ₄ (mg/Kg) |
|-----------------|------------------------------|--------|------------------|---------------------------------|
| MU0011332021 | T-0 | 1 | 9 | 26 |



BIODS LABORATORIOS
Soluciones Integrales S.R.L.
CENTRO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN
[Firma]
ING. PEBL. JOSE ALBERTO SERNA CRU
COORDINADOR DE LABORATORIO
CIP N° 145373

Los resultados mencionados en este documento corresponden a nuestras muestras proporcionadas por el cliente o por un tercero a nombre del cliente. BIODS Laboratorios Soluciones Integrales S.R.L., se responsabiliza exclusivamente de los análisis, el resultado se refiere únicamente a la muestra recibida en el Laboratorio. Este informe no es válido sin la firma y sello original del coordinador de Laboratorio.

Oficina principal: Calle Matilde Ávalos Mz. 7 – Lote 10 – Andrés Araujo Moran (Puyango) – Referencia Parque el Avión. Sucursal Av. Piura N° 500 Interior 13, 2do Piso – Tumbes. Teléfono 072 522087, Celular 946486525, 9927141119.
E-mail: biodeslab@biodeslaboratorios.com
Web: www.biodeslaboratorios.com
RUC: 20409298355

- 3) Análisis de la concentración de calcio, magnesio, sulfuros totales, sodio, potasio y fosfatos en el tratamiento T₀ (ARD sin EMA) después de 50 días.



IE-01285/2021

Página 1 de 2

1. DATOS DEL CLIENTE

Solicitante : Leonardo Daniel Peña Benner
Dirección : Tumbes

Orden de servicio: OSC-BLSI-0253/2021

2. DATOS DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA

Tipo de muestra : Agua
Toma de muestra : Por el cliente
Condición : Temperatura ambiente
Procedencia : Agua residual

Número de muestras : 1
Fecha de recepción : 28/07/2021
Fecha de análisis : 28/07/2021
Fecha de entrega : 13/08/2021

3. TIPO DE ANÁLISIS

SA049: Metales totales ICP Masa en agua / Metales totales ICP Masa: ISO 17294-2. 2006. Water quality – Application of inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) – Part 2: Determination of selected elements including uranium isotopes.

4. RESULTADO DEL ANÁLISIS

| Código generado | Identificación de la muestra | Unidad | Metales pesados | Unidad de medida | Resultados |
|-----------------|------------------------------|--------|-----------------|------------------|------------|
| MU0011332021 | T-0 | 1 | Aluminio (Al) | mg/L | 10 |
| | | 2 | Antimonio (Sb) | mg/L | 0 |
| | | 3 | Arsénico (As) | mg/L | 0 |
| | | 4 | Bario (Ba) | mg/L | 0.02 |
| | | 5 | Boro (B) | mg/L | 0 |
| | | 6 | Cadmio (Cd) | mg/L | 0 |
| | | 7 | Calcio (Ca) | mg/L | 3.94 |
| | | 8 | Cerio (Ce) | mg/L | 0 |
| | | 9 | Cobalto (Co) | mg/L | 0 |
| | | 10 | Cobre (Cu) | mg/L | 0 |
| | | 11 | Estroncio (Sr) | mg/L | 0.06 |
| | | 12 | Fósforo (P) | mg/L | 11.02 |
| | | 13 | Hierro (Fe) | mg/L | 4.83 |
| | | 14 | Litio (Li) | mg/L | 0 |
| | | 15 | Magnesio (Mg) | mg/L | 8.57 |
| | | 16 | Manganeso (Mn) | mg/L | 0.13 |
| | | 17 | Molibdeno (Mo) | mg/L | 0 |
| | | 18 | Plata (Ag) | mg/L | 0 |
| | | 19 | Plomo (Pb) | mg/L | 0 |
| | | 20 | Potasio (K) | mg/L | 11.33 |
| | | 21 | Selenio (Se) | mg/L | 0 |
| | | 22 | Silicio (Si) | mg/L | 10.24 |
| | | 23 | Sodio (Na) | mg/L | 18.24 |
| | | 24 | Vanadio (V) | mg/L | 0 |
| | | 25 | Zinc (Zn) | mg/L | 0.08 |

Los resultados mencionados en este documento corresponden a nuestras muestras proporcionadas por el cliente o por un tercero a nombre del cliente. BIODS Laboratorios Soluciones Integrales S.R.L., se responsabiliza exclusivamente de los análisis, el resultado se refiere únicamente a la muestra recibida en el Laboratorio. Este informe no es válido sin la firma y sello original del coordinador de Laboratorio.

Oficina principal: Calle Matilde Ávalos Mz. 7 – Lote 10 – Andrés Araujo Moran (Puyango) – Referencia Parque el Aviador. Sucursal Av. Piura N° 500 Interior 13, 2do Piso – Tumbes. Teléfono 072 522087, Celular 946486525, 992714119.
E-mail: biodeslab@biodeslaboratorios.com
Web: www.biodeslaboratorios.com
RUC: 20409298355

4) Análisis de la concentración de metales totales en el tratamiento T₀ (ARD sin EMA) después de 50 días.

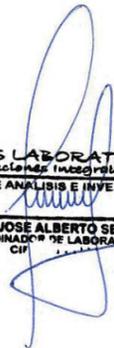


BIODS LABORATORIOS
Soluciones Integrales S.R.L.
CENTRO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN



IE-01285/2021

Página 2 de 2


BIODS LABORATORIOS
Soluciones Integrales S.R.L.
CENTRO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN
ING. PESQ. JOSÉ ALBERTO SERNA CRUZ
COORDINADOR DE LABORATORIO
CIP



Los resultados mencionados en este documento corresponden a nuestras muestras proporcionadas por el cliente o por un tercero a nombre del cliente. BIODS Laboratorios Soluciones Integrales S.R.L., se responsabiliza exclusivamente de los análisis, el resultado se refiere únicamente a la muestra recibida en el Laboratorio. Este informe no es válido sin la firma y sello original del coordinador de Laboratorio.

Oficina principal: Calle Matilde Ávalos Mz. 7 – Lote 10 – Andrés Araujo Moran (Puyango) – Referencia Parque el Avión. Sucursal Av. Piura N° 500 Interior 13, 2do Piso – Tumbes. Teléfono 072 522087, Celular 946486525, 992714119.
E-mail: biodeslab@biodeslaboratorios.com
Web: www.biodeslaboratorios.com
RUC: 20409298355



INFORME DE ENSAYO

IE-01273/2021

Página 1 de 2

1. DATOS DEL CLIENTE

Solicitante : Leonardo Daniel Peña Benner
Dirección : Tumbes

Orden de servicio: OSC-BLSI-0253/2021

2. DATOS DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA

Tipo de muestra : Agua
Número de muestras : 2
Toma de muestra : Por el cliente
Fecha de recepción : 28/07/2021
Condición : Temperatura ambiente
Fecha de análisis : 28/07/2021
Procedencia : Agua residual
Fecha de entrega : 09/08/2021

3. TIPO DE ANÁLISIS REQUERIDO

SA012: Colimetría (coliformes termotolerantes) / SMEWW-APHA-AWWA-WEF.Part 9221 E1, 22 ndEd.2012. Multiple-tube fermentation technique for members of the Coliform procedure, Thermotolerant coliform test (EC medium)

SA058: Detección de *Escherichia coli* (presuntivo) / FDA BAM

SA059: Demanda química de oxígeno DQO / SMEWW-APHA AWWA-WEF.PART 5220 D, 23 rd Ed.2017. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method

4. RESULTADO DEL ANÁLISIS REQUERIDO

| Código generado | Identificación de la muestra | Unidad | Unidad de medida | Coliformes termotolerantes |
|-----------------|------------------------------|--------|------------------|----------------------------|
| MU0011312021 | T-1 | 1 | NMP/100mL | 6 |
| MU0011322021 | T-2 | 1 | NMP/100mL | 0 |

| Código generado | Identificación de la muestra | Unidad | Unidad de medida | <i>Escherichia coli</i> (presuntivo) |
|-----------------|------------------------------|--------|------------------|--------------------------------------|
| MU0011312021 | T-1 | 1 | NMP/100mL | 0 |
| MU0011322021 | T-2 | 1 | NMP/100mL | 0 |

| Código generado | Identificación de la muestra | Unidad | Unidad de medida | Demanda química de oxígeno |
|-----------------|------------------------------|--------|---------------------|----------------------------|
| MU0011312021 | T-1 | 1 | mgO ₂ /L | 135 |
| MU0011322021 | T-2 | 1 | mgO ₂ /L | 111 |

Los resultados mencionados en este documento corresponden a nuestras muestras proporcionadas por el cliente o por un tercero a nombre del cliente. Bides Laboratorios Soluciones Integrales S.R.L., se responsabiliza exclusivamente de los análisis, el resultado se refiere únicamente a la muestra recibida en el Laboratorio. Este informe no es válido sin la firma y sello original del coordinador de Laboratorio.

Oficina principal: Calle Matilde Ávalos Mz. 7 – Lote 10 – Andrés Araujo Moran (Puyango) – Referencia Parque el Avión. Sucursal Av. Piura N° 500 Interior 13, 2do Piso – Tumbes. Teléfono 072 522087, Celular 946486525, 992714119.
E-mail: bideslab@bideslaboratorios.com
Web: www.bideslaboratorios.com
RUC: 20409298355

5) Resultados del análisis de Coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* y demanda química de oxígeno en los tratamientos T₁ (0,25% EMA) y T₃ (0,75% EMA) después de 50 días.



BIODS LABORATORIOS
Soluciones Integrales S.R.L.
CENTRO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN



INFORME DE ENSAYO

IE-01273/2021

Página 2 de 2

BIODS LABORATORIOS
Soluciones Integrales S.R.L.
CENTRO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN
[Firma manuscrita]
ING. PÉDRO JOSÉ ALBERTO SERNA CRU
COORDINADOR DE LABORATORIO
CIP N° 145373



Los resultados mencionados en este documento corresponden a nuestras muestras proporcionadas por el cliente o por un tercero a nombre del cliente. BIODS Laboratorios Soluciones Integrales S.R.L., se responsabiliza exclusivamente de los análisis, el resultado se refiere únicamente a la muestra recibida en el Laboratorio. Este informe no es válido sin la firma y sello original del coordinador de Laboratorio.

Oficina principal: Calle Matilde Ávalos Mz. 7 – Lote 10 – Andrés Araujo Moran (Puyango) – Referencia Parque el Avión. Sucursal Av. Piura N° 500 Interior 13, 2do Piso – Tumbes. Teléfono 072 522087, Celular 946486525, 992714119.
E-mail: biodeslab@biodeslaboratorios.com
Web: www.biodeslaboratorios.com
RUC: 20409298355



INFORME DE ENSAYO

IE-01248/2021

Página 1 de 2

1. DATOS DEL CLIENTE

Solicitante : Leonardo Daniel Peña Benner
Dirección : Tumbes

Orden de servicio: OSC-BLSI-0253/2021

2. DATOS DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA

Tipo de muestra : Agua
Toma de muestra : Por el cliente
Condición : Temperatura ambiente
Procedencia : Agua residual

Número de muestras : 2
Fecha de recepción : 28/07/2021
Fecha de análisis : 28/07/2021
Fecha de entrega : 09/08/2021

3. TIPO DE ANÁLISIS REQUERIDO

SA063: Nitritos / Método Fotométrico
SA064: Nitratos / Método Fotométrico
SA066: Calcio / Método Fotométrico
SA068: Magnesio / Método Fotométrico
SA070: Potasio / Método Fotométrico
SA072: Sulfuros totales / Método Fotométrico
SA075: Fosfatos / Fotométría
SA079: Sodio / Método Fotométrico



BIODS LABORATORIOS
Soluciones Integrales S.R.L.
CENTRO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN
ING. PESQ. JOSÉ ALBERTO SERNA CRUZ
COORDINADOR DE LABORATORIO
CIP

4. RESULTADO DEL ANÁLISIS

| Código generado | Identificación de la muestra | Unidad | Nitrito NO ₂ (mg/L) |
|-----------------|------------------------------|--------|--------------------------------|
| MU0011312021 | T-1 | 1 | 0.01 |
| MU0011322021 | T-2 | 1 | 0.01 |

| Código generado | Identificación de la muestra | Unidad | Nitrato NO ₃ (mg/L) |
|-----------------|------------------------------|--------|--------------------------------|
| MU0011312021 | T-1 | 1 | 1.01 |
| MU0011322021 | T-2 | 1 | 0.87 |

Los resultados mencionados en este documento corresponden a nuestras muestras proporcionadas por el cliente o por un tercero a nombre del cliente. BIODS Laboratorios Soluciones Integrales S.R.L., se responsabiliza exclusivamente de los análisis, el resultado se refiere únicamente a la muestra recibida en el Laboratorio. Este informe no es válido sin la firma y sello original del coordinador de Laboratorio.

Oficina principal: Calle Matilde Ávalos Mz. 7 – Lote 10 – Andrés Araujo Moran (Puyango) – Referencia Parque el Avión. Sucursal Av. Piura N° 500 Interior 13, 2do Piso – Tumbes. Teléfono 072 522087, Celular 946486525, 992714119.
E-mail: biodeslab@biodeslaboratorios.com
Web: www.biodeslaboratorios.com
RUC: 20409298355

6) Análisis de las concentraciones de nitritos y nitratos en los tratamientos 0,25% y 0,75% de EMA después de 50 días de tratamiento.



INFORME DE ENSAYO

IE-01248/2021

Página 2 de 2

| Código generado | Identificación de la muestra | Unidad | Calcio Ca (mg/L) |
|-----------------|------------------------------|--------|------------------|
| MU0011312021 | T-1 | 1 | 18 |
| MU0011322021 | T-2 | 1 | 15 |

| Código generado | Identificación de la muestra | Unidad | Magnesio Mg (mg/L) |
|-----------------|------------------------------|--------|--------------------|
| MU0011312021 | T-1 | 1 | 110 |
| MU0011322021 | T-2 | 1 | 110 |

| Código generado | Identificación de la muestra | Unidad | Sulfuros totales (mg/L) |
|-----------------|------------------------------|--------|-------------------------|
| MU0011312021 | T-1 | 1 | 0.03 |
| MU0011322021 | T-2 | 1 | 0.03 |

| Código generado | Identificación de la muestra | Unidad | Sodio Na (mg/L) |
|-----------------|------------------------------|--------|-----------------|
| MU0011312021 | T-1 | 1 | 2.85 |
| MU0011322021 | T-2 | 1 | 2.7 |

| Código generado | Identificación de la muestra | Unidad | Potasio K (mg/L) |
|-----------------|------------------------------|--------|------------------|
| MU0011312021 | T-1 | 1 | 13.8 |
| MU0011322021 | T-2 | 1 | 12.4 |

| Código generado | Identificación de la muestra | Unidad | Fósforo P (mg/L) | Fosfato PO ₄ (mg/Kg) |
|-----------------|------------------------------|--------|------------------|---------------------------------|
| MU0011312021 | T-1 | 1 | 4.5 | 14 |
| MU0011322021 | T-2 | 1 | 3.5 | 11.5 |

Los resultados mencionados en este documento corresponden a nuestras muestras proporcionadas por el cliente o por un tercero a nombre del cliente. BIODS Laboratorios Soluciones Integrales S.R.L., se responsabiliza exclusivamente de los análisis, el resultado se refiere únicamente a la muestra recibida en el Laboratorio. Este informe no es válido sin la firma y sello original del coordinador de Laboratorio.

Oficina principal: Calle Matilde Ávalos Mz. 7 – Lote 10 – Andrés Araujo Moran (Puyango) – Referencia Parque el Avión. Sucursal Av. Piura N° 500 Interior 13, 2do Piso – Tumbes. Teléfono 072 522087, Celular 946486525, 992714119.
E-mail: biodeslab@biodeslaboratorios.com
Web: www.biodeslaboratorios.com
RUC: 20409298355

- 7) Análisis de las concentraciones de calcio, magnesio, sulfuros totales, sodio, potasio, fosfatos en los tratamientos 0,25% y 0,75% de EMA después de 50 días de tratamiento.



IE-01285/2021

Página 1 de 2

1. DATOS DEL CLIENTE

Solicitante : Leonardo Daniel Peña Benner
Dirección : Tumbes

Orden de servicio: OSC-BLSI-0253/2021

2. DATOS DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA

Tipo de muestra : Agua
Toma de muestra : Por el cliente
Condición : Temperatura ambiente
Procedencia : Agua residual

Número de muestras : 2
Fecha de recepción : 01/11/2021
Fecha de análisis : 01/11/2021
Fecha de entrega : 12/11/2021

3. TIPO DE ANÁLISIS

SA049: Metales totales ICP Masa en agua / Metales totales ICP Masa: ISO 17294-2. 2006. Water quality – Application of inductively coupled plasma mass spectrometry (IPC-MS) – Part 2: Determination of selected elements including uranium isotopes.

4. RESULTADO DEL ANÁLISIS REQUERIDO

| Código generado | Identificación de la muestra | Unidad | Metales pesados | Unidad de medida | Resultados |
|-----------------|------------------------------|--------|-----------------|------------------|------------|
| MU0011312021 | T-1 | 1 | Aluminio (Al) | mg/L | 0.01 |
| | | 2 | Antimonio (Sb) | mg/L | 0 |
| | | 3 | Arsénico (As) | mg/L | 0 |
| | | 4 | Bario (Ba) | mg/L | 0.01 |
| | | 5 | Boro (B) | mg/L | 0.03 |
| | | 6 | Cadmio (Cd) | mg/L | 0 |
| | | 7 | Calcio (Ca) | mg/L | 19.06 |
| | | 8 | Cerio (Ce) | mg/L | 0 |
| | | 9 | Cobalto (Co) | mg/L | 0 |
| | | 10 | Cobre (Cu) | mg/L | 0 |
| | | 11 | Estroncio (Sr) | mg/L | 0.13 |
| | | 12 | Fósforo (P) | mg/L | 5.7 |
| | | 13 | Hierro (Fe) | mg/L | 0.69 |
| | | 14 | Litio (Li) | mg/L | 0 |
| | | 15 | Magnesio (Mg) | mg/L | 5.04 |
| | | 16 | Manganeso (Mn) | mg/L | 0.04 |
| | | 17 | Molibdeno (Mo) | mg/L | 0 |
| | | 18 | Plata (Ag) | mg/L | 0 |
| | | 19 | Plomo (Pb) | mg/L | 0 |
| | | 20 | Potasio (K) | mg/L | 30.55 |
| | | 21 | Selenio (Se) | mg/L | 0 |
| | | 22 | Silicio (Si) | mg/L | 1.52 |
| | | 23 | Sodio (Na) | mg/L | 39.78 |
| | | 24 | Vanadio (V) | mg/L | 0 |
| | | 25 | Zinc (Zn) | mg/L | 0.01 |

Los resultados mencionados en este documento corresponden a nuestras muestras proporcionadas por el cliente o por un tercero a nombre del cliente. Biodés Laboratorios Soluciones Integrales S.R.L., se responsabiliza exclusivamente de los análisis, el resultado se refiere únicamente a la muestra recibida en el Laboratorio. Este informe no es válido sin la firma y sello original del coordinador de Laboratorio.

Oficina principal: Calle Matilde Ávalos Mz. 7 – Lote 10 – Andrés Araujo Moran (Puyango) – Referencia Parque el Avión. Sucursal Av. Piura Nº 500 Interior 13, 2do Piso – Tumbes. Teléfono 072 522087, Celular 946486525, 992714119.
E-mail: biodeslab@biodeslaboratorios.com
Web: www.biodeslaboratorios.com
RUC: 20409298355

- 8) Análisis de la concentración de metales totales en el ARD tratada con 0,25% EMA después de 50 días de tratamiento.



| Código generado | Identificación de la muestra | Unidad | Metales pesados | Unidad de medida | Resultados |
|-----------------|------------------------------|--------|-----------------|------------------|------------|
| MU0011322021 | T-2 | 1 | Aluminio (Al) | mg/L | 0.01 |
| | | 2 | Antimonio (Sb) | mg/L | 0 |
| | | 3 | Arsénico (As) | mg/L | 0 |
| | | 4 | Bario (Ba) | mg/L | 0.01 |
| | | 5 | Boro (B) | mg/L | 0.01 |
| | | 6 | Cadmio (Cd) | mg/L | 0 |
| | | 7 | Calcio (Ca) | mg/L | 18.97 |
| | | 8 | Cerio (Ce) | mg/L | 0 |
| | | 9 | Cobalto (Co) | mg/L | 0 |
| | | 10 | Cobre (Cu) | mg/L | 0 |
| | | 11 | Estroncio (Sr) | mg/L | 0.13 |
| | | 12 | Fósforo (P) | mg/L | 2.86 |
| | | 13 | Hierro (Fe) | mg/L | 0.07 |
| | | 14 | Litio (Li) | mg/L | 0 |
| | | 15 | Magnesio (Mg) | mg/L | 7.76 |
| | | 16 | Manganeso (Mn) | mg/L | 0.02 |
| | | 17 | Molibdeno (Mo) | mg/L | 0 |
| | | 18 | Plata (Ag) | mg/L | 0 |
| | | 19 | Plomo (Pb) | mg/L | 0 |
| | | 20 | Potasio (K) | mg/L | 32.28 |
| | | 21 | Selenio (Se) | mg/L | 0 |
| | | 22 | Silicio (Si) | mg/L | 0.51 |
| | | 23 | Sodio (Na) | mg/L | 28.64 |
| | | 24 | Vanadio (V) | mg/L | 0 |
| | | 25 | Zinc (Zn) | mg/L | 0 |



BIODES LABORATORIOS
Soluciones integrales S.R.L.
CENTRO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN
ING. PESQ. JOSE ALBERTO SERNA CRU
COORDINADOR DE LABORATORIO
CIP N° 143373

Los resultados mencionados en este documento corresponden a nuestras muestras proporcionadas por el cliente o por un tercero a nombre del cliente. Biodes Laboratorios Soluciones Integrales S.R.L., se responsabiliza exclusivamente de los análisis, el resultado se refiere únicamente a la muestra recibida en el Laboratorio. Este informe no es válido sin la firma y sello original del coordinador de Laboratorio.

Oficina principal: Calle Matilde Ávalos Mz. 7 – Lote 10 – Andrés Araujo Moran (Puyango) – Referencia Parque el Avión. Sucursal Av. Piura N° 500 Interior 13, 2do Piso – Tumbes. Teléfono 072 522087.
Celular 946486525, 992714119.
E-mail: biodeslab@biodeslaboratorios.com
Web: www.biodeslaboratorios.com
RUC: 20409298355

9) Análisis de la concentración de metales totales en el ARD tratada con 0,75% EMA después de 50 días de tratamiento.

Anexo 11: Certificado de la empresa Biodes Laboratorios Soluciones Integrales S.R.L



"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

Tumbes, 22 de julio de 2023.

Oficio N° 004/2023/BLSI

**Sr.
Leonardo Peña Benner**

**Atención:
Jurado de tesis**

Asunto: alcanzo detalle de ejecución de servicio de análisis en Biodes Laboratorios Soluciones Integrales S.R.L.

De mi mayor consideración:

Reciba usted el saludo cordial de la empresa Biodes Laboratorios Soluciones Integrales S.R.L. El motivo del presente es para hacer de su conocimiento que los servicios de análisis solicitados por el señor Leonardo Peña Benner en el año 2021, fueron ejecutados de manera adecuada según las muestras remitidas a nuestras instalaciones de análisis.

Se detalla a continuación los informes de ensayo emitidos por mí representada:

- IE-01043/2021 (02/06/2021), IE-01044/2021 (02/06/2021), IE-01045/2021 (02/06/2021), IE-01046/2021 (03/06/2021), IE-01066/2021 (16/06/2021), IE-01248/2021 (12/08/2021), IE-01073/2021 (20/08/2021), IE-01285/2021 (23/08/2021), IE-01537/2021 (29/12/2021), IE-01540/2021 (30/12/2021) y IE-01556/2021 (10/01/2022).

Sin otro particular, hago propicia la oportunidad para reiterar a usted los sentimientos de mi mayor consideración y estima personal.

Atentamente,

The image shows a handwritten signature in blue ink over a printed name and title. The printed text reads: 'BIODES LABORATORIOS Soluciones Integrales S.R.L. CENTRO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN'. Below this, it says 'BLGO. RUBÉN HERNÁN ALFARO AGUILERA GERENTE GENERAL CPB N° 5358'. To the right of the signature is a circular official stamp with the same company name and logo, and the text 'GERENCIA GENERAL' at the bottom.

Urb. Andrés Araujo Morán Mz. 7 Lt 10 – Tumbes (referencia: parque El Avión – Puyango). Celular +51992714119
E-mail: biodeslab@hotmail.com

Anexo 12: Fotos



1) Determinación de la DBO_5 en el ARD después de 50 días de tratamiento.



2) Producto EM•AGUA® “microorganismos eficaces”.



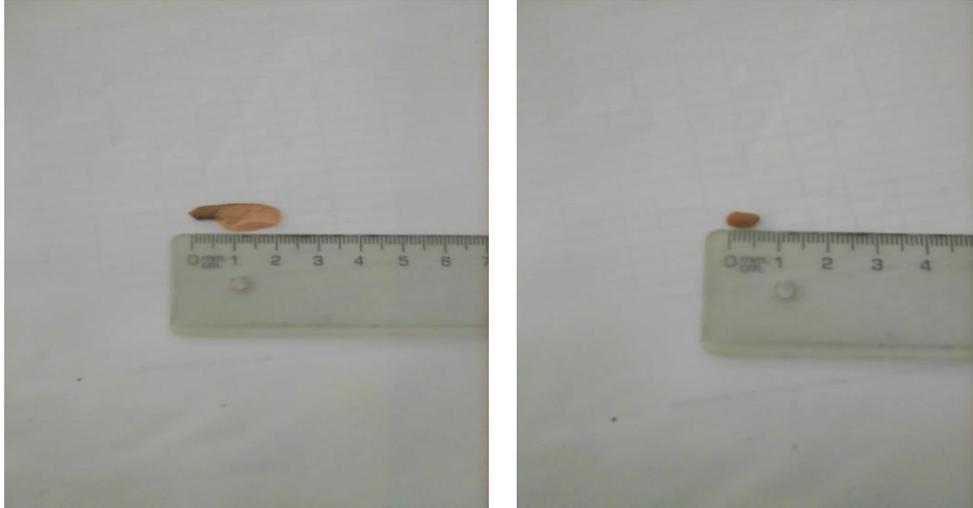
3) Instalación y preparación de las camas (cajas de madera) para el tratamiento del ARD.



4) Efecto de los EMA sobre la calidad del ARD.



5) Registro del peso de las semillas de *Cedrela odorata* L. y *Prosopis pallida* Kunth.



6) Medición de la longitud de las semillas de las dos especies forestales.



7) Preparación de los EMA para su aplicación al ARD.



8) Registro de la variación del pH en los tres tratamientos ensayados.



9) Peso y mezcla de fertilizantes utilizados para la preparación de las soluciones nutritivas.



10) Soluciones nutritivas.



11) Germinación de semillas de *Cedrela odorata* L. y *Prosopis pallida* Kunth. Semillas de cedro (A). Semillas de algarrobo (B).



12) Trasplante de las plántulas de *Cedrela odorata* L. y *Prosopis pallida* Kunth.



13) Medición del diámetro de tallo en las dos especies forestales. Plantones de cedro (A). Plantones de algarrobo (B).



- 14) Efecto de los EMA más la adición de soluciones nutritivas sobre la altura, diámetro de tallo y número de hojas de *Cedrela odorata* L. A (Solución nutritiva), B (ARD tratada con 0,75% EMA más SN), C (ARD tratada con 0,25% EMA más SN), D (ARD sin la aplicación de EMA más SN).



- 15) Efecto de los EMA más la adición de soluciones nutritivas sobre la altura, diámetro de tallo y número de hojas de *Prosopis pallida* Kunth. A (Solución nutritiva), B (ARD tratada con 0,75 % EMA más SN), C (ARD tratada con 0,25 % EMA más SN), D (ARD sin la aplicación de EMA más SN).



- 16)** Efecto del ARD tratada con EMA, más la adición de soluciones nutritivas sobre la longitud de raíces de *Cedrela odorata* L. y *Prosopis pallida* Kunth. A (Solución nutritiva), B (ARD tratada con 0,75% EMA más SN), C (ARD tratada con 0,25% EMA más SN), D (ARD sin la aplicación de EMA más SN).