UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIVERSIDAD NACIONAL
DE JAÉN

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y AMBIENTAL

EFECTO DE TRES ENMIENDAS ORGÁNICAS EN EL DESARROLLO DE *Corymbia torelliana* (F. Muell) K.D HILL & L.A.S. Johnson EN SUELOS DEGRADADOS POR INCENDIOS FORESTALES EN LAS NARANJAS, JAÉN, PERÚ.

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL Y AMBIENTAL

Autor (es): Bach. Guzman Chumacero Yessica Yesenia.

Bach. Heredia Castro Marco Antonio.

Asesor (es): M. Sc. Gino Fernando Mondragón Aguirre

Dr. Luis Arturo Gil Ramírez

Línea de investigación: Conservación, manejo y aprovechamiento de los recursos naturales.

JAÉN – PERÚ

2026

Guzman Chumacero Yessica Y. Y Heredia Castro Ma...

EFECTO DE TRES ENMIENDAS ORGÁNICAS EN EL DESARROLLO DE Corymbia torelliana (F. Muell) K.D HILL & L....

Quick Submit

Quick Submit

Universidad Nacional de Jaen

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::1:3669948365

Fecha de entrega
5 oct 2026, 8:35 a.m. GMT-5

Fecha de descarga
5 oct 2026, 8:40 a.m. GMT-5

Nombre del archivo
RME_FINAL_DE_TESIS-_16-09_-_Yessica_Yesenia_Guzman_Chumacero.pdf

Tamaño del archivo
4.9 MB

109 páginas

27.815 palabras

139.002 caracteres

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
Dra. María Marlení Torres Cruz
Responsable de la Unidad de Investigación
de la Facultad de Ingeniería

2% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

Fuentes principales

1% Fuentes de Internet
0% Publicaciones
1% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.° de alerta de integridad para revisión

Texto oculto
129 caracteres sospechosos en N.° de páginas
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
Dra. María Marleni Torres Cruz
Responsable de la Unidad de Investigación
de la Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
Ley de creación N°29304
Universidad Nacional Licenciada con Resolución del Consejo Directivo N° 002-2018-SUNEDU/CD

ACTA DE SUSTENTACION

En la ciudad de Jaén, el día 07 de setiembre del año 2026, siendo las 10:00 horas, se reunieron los integrantes del jurado:

Presidente: Mg. Candy Lisbeth Ocaña Zúñiga
Secretario: Dr. James Tirado Lara
Vocal: Mg. Carmen Irene Santoyo Burgos , para evaluar la Sustentación del Informe Final:

( ) Trabajo de investigación
(X) Tesis
( ) Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado: **"EFECTO DE TRES ENMIENDAS ORGÁNICAS EN EL DESARROLLO DE *Corymbia torelliana* (F. Muell) K.D HILL & L.A.S. Johnson EN SUELOS DEGRADADOS POR INCENDIOS FORESTALES EN LAS NARANJAS, JAÉN – PERÚ".** Presentado por los egresados Yessica Yesenia Guzman Chumacero y Heredia Castro Marco Antonio, de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental.

Después de la sustentación y defensa, el jurado acuerda:

(X) Aprobar ( ) Desaprobar (X) Unanimidad ( ) Mayoría

Con la siguiente mención.

a)	Excelente	18, 19, 20	( )
b)	Muy bueno	16, 17	( )
c)	Bueno	14, 15	(X)
d)	Regular	13	( )
e)	Desaprobar	12 o menos	( )

Siendo las 11:20 horas del mismo día, el jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente

Mg. Candy Lisbeth Ocaña Zúñiga
Presidente

Dr. James Tirado Lara
Secretario

Mg. Carmen Irene Santoyo Burgos
Vocal

“Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia”

ANEXO N°06:

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD Y DE NO PLAGIO

DE LA TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (PREGRADO)

Yo, Yessica Yesenia Guzman Chumacero, Bachiller de la carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental de la Facultad de Ingeniería Forestal y Ambiental de la Universidad Nacional de Jaén, identificado (a) con DNI 75381406.

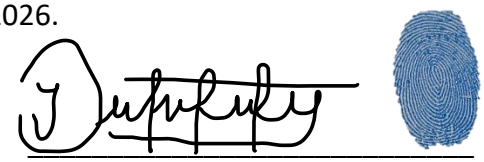
Declaro bajo juramento que:

1. Soy Autor del trabajo titulado:

   “**EFECTO DE TRES ENMIENDAS ORGÁNICAS EN EL DESARROLLO DE *Corymbia torelliana* (F. Muell) K.D. HILL & L.A.S. Johnson EN SUELOS DEGRADADOS POR INCENDIOS FORESTALES EN NARANJAS, JAÉN, PERÚ**”.
   Asesorado por el M. Sc. Gino Fernando Mondragón Aguirre y el Dr. Luis Arturo Gil Ramírez.
   El mismo que presento bajo la modalidad de tesis para optar; el Título Profesional de Ingeniero Forestal y Ambiental.
2. El texto de mi trabajo final respeta y no vulnera los derechos de terceros, incluidos los derechos de propiedad intelectual. En el sentido, el texto de mi trabajo final no ha sido plagiado total ni parcialmente, para la cual he respetado las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas.
3. El texto del trabajo final que presento no ha sido publicado ni presentado antes en cualquier medio electrónico o físico.
4. La investigación, los resultados, datos, conclusiones y demás información presentada que atribuyo a mi autoría son veraces.
5. Declaro que mi trabajo final cumple con todas las normas de la Universidad Nacional de Jaén.
6. Soy consciente de que el hecho de no respetar los derechos de autor y hacer plagio, es objeto de sanciones universitarias y/o legales.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Nacional de Jaén y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Jaén, 27 de octubre de 2026.



Yessica Yesenia Guzman Chumacero

“Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia”

ANEXO N°06:

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD Y DE NO PLAGIO

DE LA TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (PREGRADO)

Yo, Marco Antonio Heredia Castro, Bachiller de la carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental de la Facultad de Ingeniería Forestal y Ambiental de la Universidad Nacional de Jaén, identificado (a) con DNI 74020180.

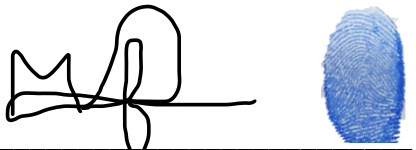
Declaro bajo juramento que:

1. Soy Autor del trabajo titulado:

   “**EFECTO DE TRES ENMIENDAS ORGÁNICAS EN EL DESARROLLO DE *Corymbia torelliana* (F. Muell) K.D. HILL & L.A.S. Johnson EN SUELOS DEGRADADOS POR INCENDIOS FORESTALES EN NARANJAS, JAÉN, PERÚ**”.
   Asesorado por el M. Sc. Gino Fernando Mondragón Aguirre y el Dr. Luis Arturo Gil Ramírez.
   El mismo que presento bajo la modalidad de tesis para optar; el Título Profesional de Ingeniero Forestal y Ambiental
2. El texto de mi trabajo final respeta y no vulnera los derechos de terceros, incluidos los derechos de propiedad intelectual. En el sentido, el texto de mi trabajo final no ha sido plagiado total ni parcialmente, para la cual he respetado las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas.
3. El texto del trabajo final que presento no ha sido publicado ni presentado antes en cualquier medio electrónico o físico.
4. La investigación, los resultados, datos, conclusiones y demás información presentada que atribuyo a mi autoría son veraces.
5. Declaro que mi trabajo final cumple con todas las normas de la Universidad Nacional de Jaén.
6. Soy consciente de que el hecho de no respetar los derechos de autor y hacer plagio, es objeto de sanciones universitarias y/o legales.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Nacional de Jaén y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Jaén, 27 de octubre de 2026.



Marco Antonio Heredia Castro

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS vi

ÍNDICE DE FIGURAS v

RESUMEN vii

ABSTRACT viii

I. INTRODUCCIÓN 9

II. MATERIALES Y MÉTODOS 11

2.1. Localización del estudio 11

2.2. Materiales y equipos Materiales 13

2.3. Población, muestra y muestreo 15

2.4. Diseño experimental 16

2.4.1. Preparación y desbroce del área 16

2.4.2. Ahoyadura y plantación 17

2.4.3. Establecimiento de tratamientos experimentales 18

2.4.4. Aplicación de enmiendas orgánicas 18

2.4.5. Limpieza y deshierbe 18

2.4.6. Control de plagas y enfermedades 18

2.4.7. Recolección de datos en campo 19

2.5. Caracterización del suelo degradado y las enmiendas orgánicas 19

2.5.1. Caracterización de suelo 19

2.5.2. Caracterización de las enmiendas orgánicas 21

2.6. Comparación del efecto de las enmiendas orgánicas en el suelo degradado 21

2.7. Identificación de la enmienda orgánica que genera mayor desarrollo 22

2.7.1. Diámetro del tallo 22

2.7.2. Altura 23
2.7.3. Número de Hojas 23
2.8. Análisis estadístico 24
III. RESULTADOS 25
3.1. Caracterización del suelo degradado y enmiendas 25
3.2. Comparación del efecto de las enmiendas orgánicas en el suelo degradado 32
3.2. Identificación de la enmienda orgánica que genera mayor desarrollo 36
IV. DISCUSIÓN 40
4.1. Propiedades químicas del suelo afectado por el incendio 40
4.2. Caracterización química de las enmiendas orgánicas 44
4.3. Efecto de las enmiendas orgánicas sobre la fertilidad del suelo degradado 45
4.4. Diámetro 48
4.5. Altura 49
4.6. Número de hojas 50
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 52
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 54
VII. AGRADECIMIENTOS 69
VIII. DEDICATORIA 70
IX. ANEXOS 71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. *Materiales, herramientas y equipos utilizados en la ejecución de la tesis* 13
Tabla 2. *Métodos e instrumentos para la determinación de propiedades fisicoquímicas del suelo* 20
Tabla 3. *Supuestos estadísticos de normalidad y homogeneidad de variables fisicoquímicas y macronutrientes* *32*
Tabla 4. *Resultado de los supuestos estadísticos de normalidad y homogeneidad de micronutrientes* 33
Tabla 5. *Análisis de varianza del modelo lineal mixto para las variables diámetro, altura y número de hojas de Corymbia torelliana* 36
Tabla 6. *Caracterización fisicoquímica del suelo no afectado y afectado por el incendio* 84
Tabla 7. *Concentración de micronutrientes en el suelo no afectado y afectado por el incendio.* 85
Tabla 8. *Concentración de metales pesados en el suelo afectado y no afectado por incendio forestal* 85
Tabla 9. *Caracterización fisicoquímica y macronutrientes de las enmiendas orgánicas evaluadas* 85
Tabla 10. *Caracterización de micronutrientes de las enmiendas orgánicas* 86
Tabla 11. *Caracterización de metales en las enmiendas orgánicas* 86
Tabla 12. *Estadísticos descriptivos de las variables químicas del suelo según tratamiento* 87
Tabla 13. *Estadísticos descriptivos de los micronutrientes y metales del suelo según tratamiento* 88
Tabla 14. *Análisis estadísticos (Kruskal-Wallis y Test de Dunn)* 89
Tabla 15. *Análisis estadísticos (ANOVA y TUKEY) para micronutrientes* 89
Tabla 16. *Análisis estadísticos (Kruskal-Wallis) para micronutrientes (Zn) y metales* 90
Tabla 17. *Diámetro de Corymbia torelliana durante las trece evaluaciones bajo diferentes tratamientos con enmiendas orgánicas* 90
Tabla 18. *Altura de Corymbia torelliana durante las trece evaluaciones bajo diferentes tratamientos con enmiendas orgánicas* 91
Tabla 19. *Número de hojas de Corymbia torelliana durante las trece evaluaciones bajo diferentes tratamientos con enmiendas orgánicas* 91
Tabla 20. *Monitoreo quincenal de diámetro, altura y número de hojas del Bloque N°1* 92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. *Mapa de ubicación del fundo Don Bosque en el Centro Poblado San Miguel de las Naranja, Jaén.* 12
Figura 2. *Esquema del Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA)* 16
Figura 3. *Preparación del área para la ahoyadura y distribución de los hoyos de plantación de Corymbia torelliana.* 17
Figura 4. *Medición del diámetro del tallo de un plantón de Corymbia torelliana* 22
Figura 5. *Distancia considerada para la altura de un plantón de Corymbia torelliana* 23
Figura 6. *Conteo del número de hojas* 23
Figura 7. *Valores de pH y Conductividad eléctrica (µS/cm)* 25
Figura 8. *Valores de Carbonato de calcio equivalente (CaCO3) y Materia orgánica* 26
Figura 9. *Valores de Fósforo y Potasio* 27
Figura 10. *Valores de Nitrógeno* 27
Figura 11. *Micronutrientes disponibles* 28
Figura 12. *Metales* 29
Figura 13. *Caracterización fisicoquímica de las enmiendas orgánicas evaluadas* 30
Figura 14. *Caracterización de micronutrientes de las enmiendas orgánicas evaluadas* 31
Figura 15. *Propiedades químicas del suelo según la enmienda orgánica aplicada.* 34
Figura 16. *Contenido de micronutrientes del suelo bajo diferentes enmiendas orgánicas.* 35
Figura 17. *Crecimiento diamétrico de Corymbia torelliana bajo enmiendas orgánicas durante trece evaluaciones* 37
Figura 18. *Crecimiento de Corymbia torelliana bajo enmiendas orgánicas durante trece evaluaciones* 38
Figura 19. *Número de hojas de Corymbia torelliana bajo enmiendas orgánicas durante trece evaluaciones* 39
Figura 20. *Plantas de Corymbia torelliana y suelo afectado por incendio forestal en San Miguel de las Naranjas* 671
Figura 21. *Evidencia del impacto del incendio forestal en la vegetación arbórea y en individuos del género Corymbia en el sector Las Naranjas* 71
Figura 22. *Actividades realizadas durante el establecimiento y manejo del área experimental.* 72

Figura 23. *Proceso de muestreo de suelos* 73
Figura 24. *Informe de resultados de micronutrientes del INIA* 71
Figura 25. *Informe de resultados de micronutrientes del INIA* 72
Figura 26. *Informe de resultados del compost* 73
Figura 27. *Informe de resultados del biol* 74
Figura 28. *Informe de resultados del humus* 75
Figura 29. *Informe de resultados del suelo no afectado* 76
Figura 30. *Informe de resultados del suelo afectado* 77
Figura 31. *Script de RStudio para los supuestos estadísticos de la altura* 78
Figura 32. *Resultado de las pruebas de supuestos estadísticos en el entorno de RStudio* 79
Figura 33. *Script de Rstudio para supuestos estadísticos del diámetro* 80
Figura 34. *Resultados de RStudio diámetro* 81
Figura 35. *Script de RStudio de supuestos para el número de hojas* 82
Figura 36. *Script de RStudio para resultados del número de hojas* 83

RESUMEN

Los incendios forestales degradan las propiedades del suelo y limitan el establecimiento de especies forestales, por lo que las enmiendas orgánicas constituyen una alternativa para su recuperación. La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de tres enmiendas orgánicas (compost, humus y biol) en el crecimiento de *Corymbia torelliana* en suelos degradados por incendios forestales. Se empleó un diseño de bloques completamente al azar con cuatro tratamientos: testigo, compost (1 kg por planta), humus (0,5 kg por planta) y biol al 50 % (600 mL por planta), distribuidos en cuatro bloques y 16 unidades experimentales. El diámetro basal, la altura total y el número de hojas de los plantones se evaluaron cada 15 días durante seis meses. Los resultados evidenciaron diferencias significativas entre tratamientos en las propiedades fisicoquímicas del suelo ($p < 0.05$). Además, el tratamiento, el tiempo y su interacción influyeron significativamente en el crecimiento de *Corymbia torelliana* ($p < 0.001$). El biol registró los mayores valores de diámetro basal, altura total y número de hojas, mientras que el testigo presentó el menor desempeño. Se concluye que las enmiendas orgánicas mejoraron las propiedades fisicoquímicas del suelo y favorecieron el crecimiento inicial de la especie; el biol presentó los mayores valores bajo las condiciones del estudio.

Palabras clave: biofertilizante, compost, humus, plantones, propiedad del suelo.

ABSTRACT

Forest fires degrade soil properties and limit the establishment of forest species; therefore, organic amendments constitute an alternative for soil recovery. This research aimed to evaluate the effect of three organic amendments (compost, humus, and biol) on the growth of *Corymbia torelliana* in soils degraded by forest fires. A completely randomized block design was used with four treatments: control, composts (1 kg per plant), humus (0.5 kg per plant), and 50% biol (600 mL per plant), distributed among four blocks and 16 experimental units. Basal diameter, total height, and number of leaves of the seedlings were evaluated every 15 days for six months. The results showed significant differences among treatments in the physicochemical properties of the soil ($p < 0.05$). Furthermore, treatment, time, and their interaction significantly influenced the growth of *Corymbia torelliana* ($p < 0.001$). The biol treatment recorded the highest values for basal diameter, total height, and number of leaves, whereas the control treatment showed the lowest performance. It is concluded that organic amendments improved soil physicochemical properties and promoted the initial growth of the species; biol presented the highest values under the conditions of the study

Keywords: biofertilizers, composts, humus, sets, soil properties.

I. INTRODUCCIÓN

Los suelos constituyen un recurso fundamental para el desarrollo de los ecosistemas terrestres, ya que cumplen funciones importantes como el soporte de la vegetación, el almacenamiento de nutrientes y la regulación de los ciclos biogeoquímicos (Camargo et al., 2022). Entre las principales amenazas para este recurso, los incendios forestales resaltan como una de las principales causas de deterioro del suelo a nivel mundial, afectando millones de hectáreas cada año y generando impactos negativos en la biodiversidad, la estructura del suelo y su fertilidad (Palomeque et al., 2020).

Los incendios provocan alteraciones significativas en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, entre las que destacan la pérdida de materia orgánica, la disminución de nutrientes esenciales, los cambios en el pH y la reducción de la actividad microbiana, lo cual limita la capacidad de regeneración natural de la vegetación (Perea & García, 2024). Estas condiciones dificultan el establecimiento y crecimiento de las especies forestales, especialmente durante sus etapas tempranas de desarrollo, por lo que resulta necesario aplicar alternativas de manejo que contribuyan a recuperar los nutrientes perdidos y mejorar la fertilidad del suelo (Agbeshie et al., 2022).

En este contexto, las enmiendas orgánicas son una alternativa sostenible para mejorar la disponibilidad de nutrientes del suelo y favorecer el crecimiento vegetal, debido a su capacidad para mejorar la estructura del suelo, incrementar la retención de humedad y aportar nutrientes esenciales; por ello han sido ampliamente utilizadas en prácticas agrícolas tradicionales (Panday et al., 2024). Entre las principales enmiendas predominan el compost, el humus y el biol, los cuales contribuyen al aumento de la materia orgánica (Bernal et al., 2017) y estimulan la actividad biológica del suelo (Murillo et al., 2020).

Diversos estudios han demostrado los beneficios de las enmiendas orgánicas en especies forestales y agrícolas; por ejemplo, en Nigeria, la aplicación de abonos orgánicos favoreció el desarrollo de plantas de *Corymbia torelliana* (Kuje et al., 2023) y *Tamarindus indica* (Adelani, 2022). De manera similar, en México, el compost incrementó la altura y la robustez de plántulas de *Erythrina coralloides* (palo colorado) (Vega et al., 2025). Asimismo, en Chile, el compost promovió una mayor acumulación de carbono y nitrógeno, además de una menor pérdida de CO_2 en suelos quemados (Marín & Rojas, 2022).

Asimismo, el humus generó diferencias significativas en el diámetro del tallo, número de hojas y la altura de *Theobroma cacao* en Ecuador (Vargas et al., 2024). De igual manera, el biol potenciado con cenizas, considerado un biofertilizante orgánico-mineral aplicado en condiciones post-incendio en *Eucalyptus globulus*, elevó la humedad, el pH, la materia orgánica (MO), el carbono (C), el nitrógeno (N) y el fósforo (P) en suelos de Portugal (Machado et al., 2022). Del mismo modo, en Costa Rica, este tipo de biofertilizante incrementó el contenido de fósforo (P), azufre (S) y zinc (Zn) en el suelo (Monge et al., 2022). Asimismo, en el Perú, el biol elaborado con excretas de cuy promovió un mayor crecimiento de *Guazuma crinita*, reflejado en la altura total, el diámetro del tallo, el número de hojas y ramas (Miranda, 2018).

A pesar de los avances en el estudio de las enmiendas orgánicas para la restauración de suelos degradados por incendios forestales (Machado et al., 2022) y en la evaluación de fertilizantes orgánicos sobre el crecimiento de plántulas *de Corymbia torelliana* (Kuje et al., 2023), persisten vacíos de conocimiento sobre los efectos de enmiendas en el crecimiento de esta especie cuando se establece en suelos degradados por incendios (García et al., 2026). En este contexto, una parcela de dos hectáreas de *Corymbia torelliana*, ubicada en el Fundo Don Bosque, sector Las Naranjas, distrito de Jaén, Cajamarca, fue afectada por incendios en 2024. Aunque esta especie destaca por su rápido crecimiento (Rodríguez et al., 2020), aún existen pocos estudios sobre su comportamiento en suelos degradados por incendios (Wang & Fu, 2020). Por ello, es necesario desarrollar investigaciones orientadas a evaluar el efecto del compost, humus y biol sobre el crecimiento de *C. torelliana* bajo las condiciones del suelo degradados por incendios forestales en la provincia de Jaén, con el propósito de generar evidencia sobre el uso de enmiendas orgánicas para favorecer el crecimiento de esta especie (Barnard et al., 2025).

El presente estudio tuvo como objetivo general evaluar el efecto de tres enmiendas orgánicas en el desarrollo de *Corymbia torelliana* en suelos degradados por incendios forestales en Las Naranjas, Jaén – Perú, y como objetivos específicos se buscó caracterizar el suelo degradado y las enmiendas orgánicas utilizadas (compost, humus y biol), comparar su efecto en las condiciones del suelo y, finalmente, identificar cuál de ellas promueve un mayor crecimiento en diámetro basal, altura total y número de hojas en los plantones de *Corymbia torelliana*

II. MATERIALES Y MÉTODOS

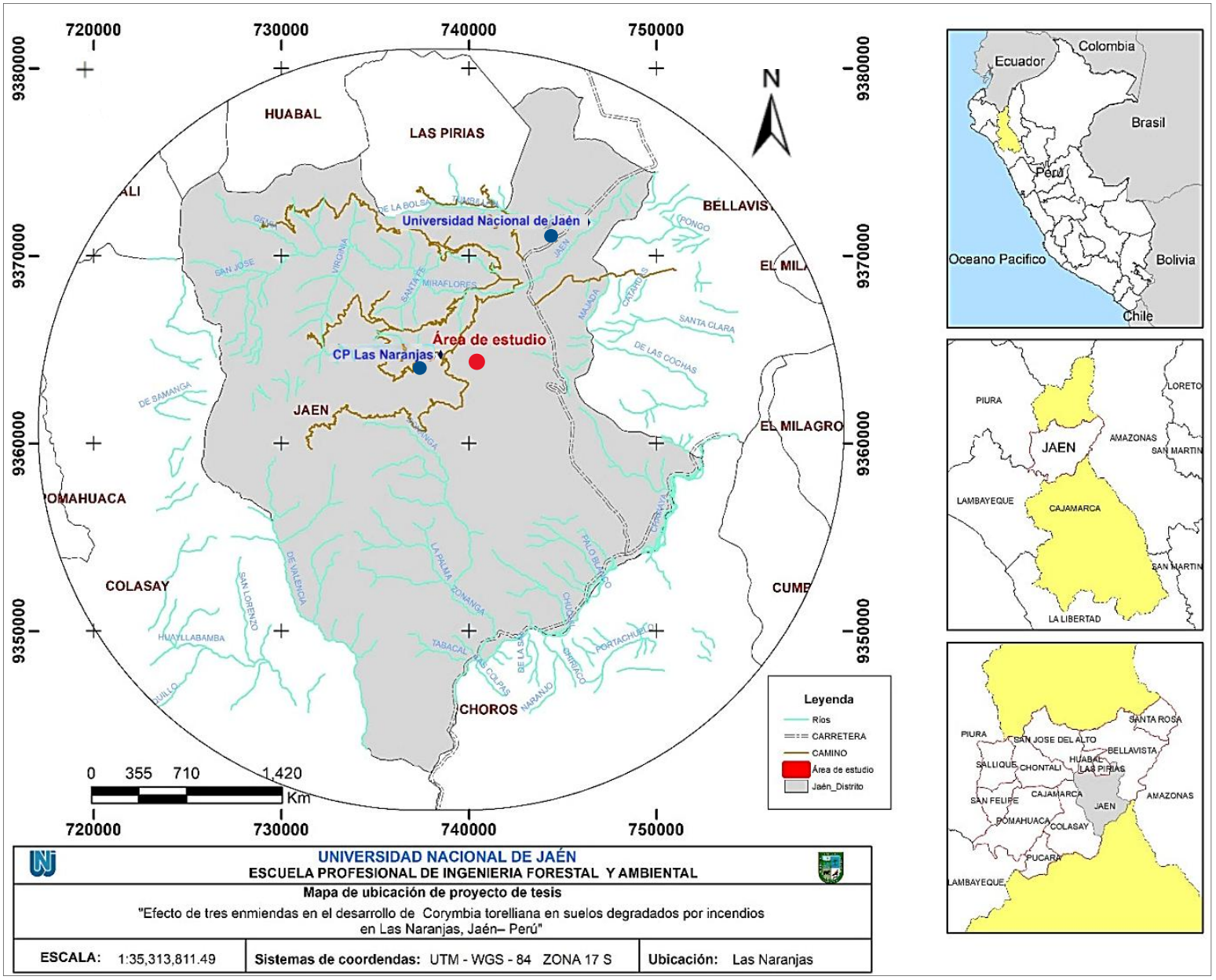
2.1. Localización del estudio

El estudio se llevó a cabo en el predio “Fundo Don Bosque”, situado en el Centro Poblado Urbano San Miguel de Las Naranjas, al suroeste de la ciudad de Jaén, en la región Cajamarca, a una distancia aproximada de 10.4 km (Figura 1). La zona presenta temperaturas que oscilan entre 20.1 °C y 34.9 °C (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI], 2025), y una altitud media de 1428.35 m snm. Sus coordenadas UTM corresponden a 740462 O y 936454 S, en la Zona 17 Sur (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2019).

En setiembre de 2024, se registró un incendio forestal en esta área, que afectó una extensión aproximada de 2 ha de terreno (Figura 20a). Para la caracterización de la severidad del suceso, se evaluó el grado de afectación en la copa y la presencia de evidencias de combustión, tales como material vegetal carbonizado y acumulación de cenizas sobre la superficie del suelo (Figura 20b). En el área de estudio se observó un consumo casi total de las copas de *Corymbia torelliana*, acompañada de daños visibles en ramas y follaje. Dado que el daño de la copa fue superior al 90 %, y se observaron evidencias de combustión sobre el suelo, el área se clasificó de manera referencial, como de severidad extrema (Cubas et al., 2026).

Figura 1

Mapa de ubicación del fundo Don Bosque en el Centro Poblado San Miguel de las Naranja, Jaén.



Fuente: Se utilizaron archivos *shapefile* de la base de datos del Instituto Geográfico Nacional (límites departamentales, provinciales y distritales), la Autoridad Nacional del Agua (ríos), el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (red vial nacional).

2.2. Materiales y equipos

Materiales

Tabla 1

Materiales, herramientas y equipos utilizados en la ejecución de la tesis

Materiales	Cantidad	Utilidad
Lapiceros PILOT 0.5 mm negro	2	Se empleó para el registro de datos.
Cuaderno ARTESCO 21 × 29,7 cm	1	Fue utilizado para guardar datos en campo.
Regla de acero de 50 cm Imperial	2	Se empleó para medir la altura de los plantones.
Papel bond A4 29 × 27,9 cm	3 cientos	Se utilizó para imprimir formatos de campo.
Plumón indeleble FABER CASTELL negro	2	Se utilizó para pintar el diámetro de los plantones a los 5 cm del suelo.
Témpera ARTESCO roja 20 ml	2	Se utilizó para pintar el diámetro de los plantones a los 5 cm del suelo.
Rafia verde 200 m	1 rollo (100 m)	Se utilizó para delimitar cada subparcela de estudio.
Cinta métrica de 5 m × 25 mm Ferreglobal	7	Se utilizó para medir el distanciamiento entre plantones.
Estacas de madera natural	25	Se utilizaron como base para amarrar la rafia y delimitar el área de estudio.
Guantes de poliéster con jebe	2 pares	Se utilizaron para la eliminación manual de malezas en los plantones establecidos, protegiendo las manos.
Guantes de látex	2 pares	Se utilizaron durante la aplicación del biol.
Poncho con capucha plástico	2	Se utilizó para protegerse durante las actividades de campo.
Bolsas herméticas BELL'S mediana 17.8 × 20.5 cm	25	Se utilizó para trasladar las muestras de enmiendas y suelo al laboratorio.
Bolsas plásticas 20 × 30 cm	200	Se utilizó para trasladar el humus y compost.

Herramientas		
Motosierra eléctrica GK1740 1850W espada 16" Black & Decker	1	Se utilizó para cortar troncos de los árboles quemados.
Pala recta T-2000 Orange	1	Se utilizó para escarbar la tierra y limpiar el área seleccionada de siembra.
Cinta métrica de 50 m × 25 mm Kamasa	1	Se utilizó para delimitar el área de estudio donde se sembraron los plantones.
Cinta métrica cuerpo flexible vinilo costura 1 m	1	Se empleó para la medición de la altura de los plantones.
Barreta 1 - 1.52 m acero Vector	7	Se utilizó para realizar hoyos para la siembra de los plantones.
Machete 22 pulgadas 56 cm Truper	2	Se utilizó para cortar ramas y realizar control de maleza.
Carretilla 5.5 Ft^3 súper reforzada Truper 100416	1	Se utilizó para transportar el compost y humus a la zona de plantación.
Baldes plásticos de 50 L	2	Se utilizaron para transportar y almacenar biol en la parcela de estudio.
Tijera para poda 8" con cuerpo de aluminio Truper	2	Se utilizó para cortar las hojas amarillentas de los plantones.
Jarra medidora de 1 L	2	Se utilizó para aplicar las dosis exactas de biol.
Calibrador digital electrónico Vernier 6 pulgadas, 150 mm	2	Se utilizó para medir el diámetro de los plantones.
Equipos		
Laptop Lenovo IdeaPad Slim 3i Gen 8 (15.6" Intel Core i7)	1	Se utilizó para la redacción, procesamiento y análisis de datos.
Memoria USB	1	Se utilizó para guardar la información.
Cámara (celular)	1	Se empleó para tomar fotografías como evidencia de la investigación.
Balanza analítica A&D (FX-2000i)	1	Se utilizó para pesar las dosis de biol y compost, así como las muestras de suelo.

Insumos		
Plantones de *Corymbia torelliana*	280	Se utilizaron como material vegetal para la instalación del ensayo experimental en la zona de estudio.
Compost	100 kg	Se utilizó como enmienda orgánica en el ensayo experimental.
Humus	60 kg	Se utilizó como enmienda orgánica en el ensayo experimental.
Biol	173 L	Se utilizó como enmienda orgánica en el ensayo experimental.

2.3. Población, muestra y muestreo

Población

La población estuvo conformada por dos hectáreas de terreno afectado por incendios, correspondiente a una plantación de *Corymbia torelliana,* situada en el Centro Poblado Urbano San Miguel de Las Naranjas, en Jaén, Cajamarca.

Muestra

La investigación se desarrolló en una superficie de muestreo de 2000 m² (0,2 ha), determinada mediante la intensidad de muestreo propuesta por Malleux (1982), considerando un 10 % recomendado para áreas menores a 5 hectáreas (Strîmbu, 2014), con el fin de obtener datos representativos.

Muestreo

El sitio de estudio se seleccionó empleando un muestreo no probabilístico por conveniencia, ya que se eligió la parcela que era más accesible de trabajar para el equipo de investigación (Gonzáles, 2021). Esta parcela fue seleccionada considerando los siguientes criterios:

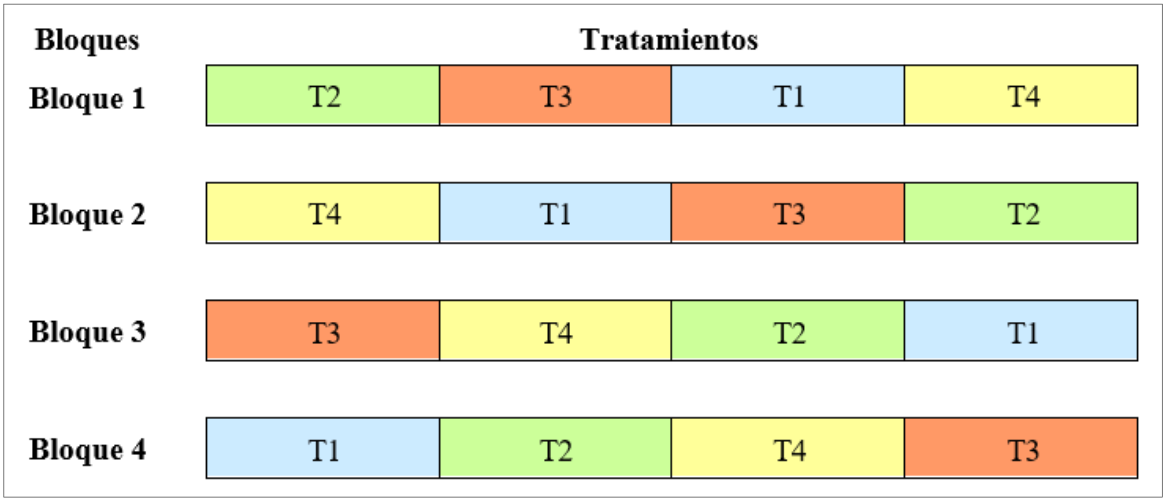
- Aspectos topográficos del área: Se seleccionó una zona con pendientes del 5 al 20%, compuesta por una plantación de *Corymbia torelliana* quemada, con el fin de minimizar la influencia del flujo subterráneo (Machado et al., 2022).
- Disponibilidad de acceso al agua.
- Facilidad de acceso a las parcelas para realizar las actividades de investigación.

2.4. Diseño experimental

Para este estudio se utilizó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), el cual contó con 4 bloques y 4 tratamientos organizados al azar en cada bloque (Sosa et al., 2021). Cada tratamiento se repitió 4 veces, lo que dio un total de 16 unidades experimentales, como se muestra en la Figura 2.

Figura 2

Esquema del Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA)



Nota: T1 = solo agua (control); T2 = 0,5 kg de humus; T3 =1 kg de compost; T4 = biol al 50% (600 mL)

Procedimiento para instalación del ensayo:

2.4.1. Preparación y desbroce del área

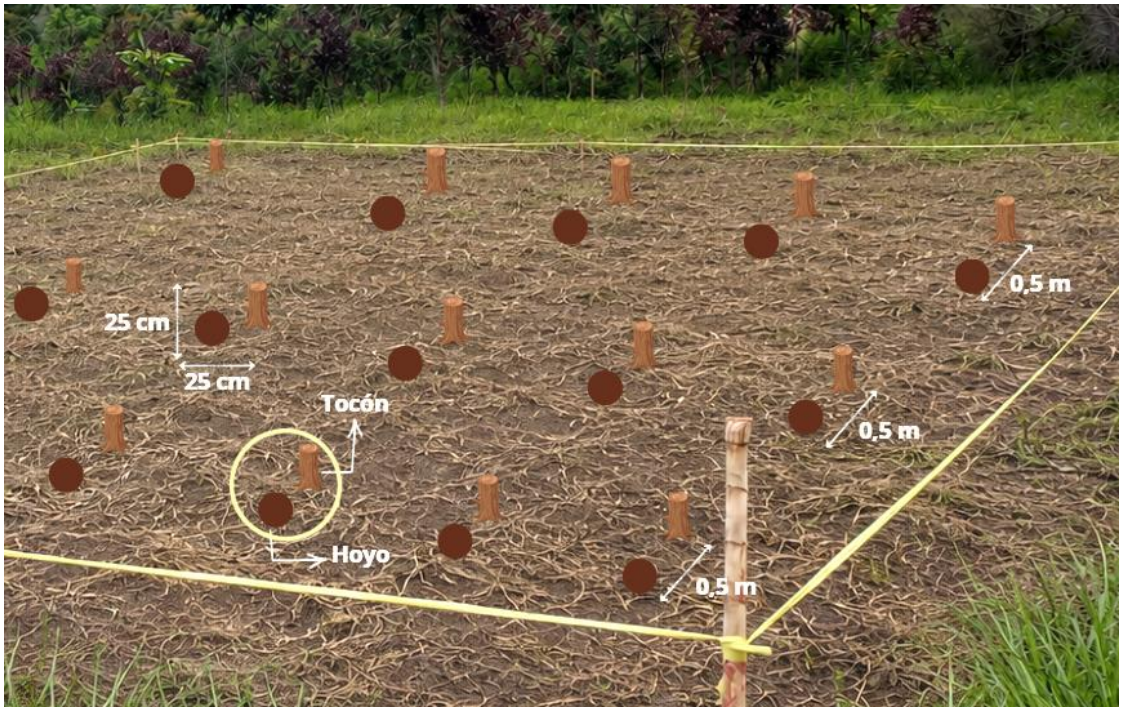
La limpieza y preparación del área de estudio consistió en el retiro manual de la vegetación herbácea y gramínea presente en la parcela mediante el uso de un machete metálico de 40 cm de hoja. Esta actividad se realizó considerando la necesidad de eliminar la competencia vegetal alrededor de los puntos destinados al establecimiento de las plantas, tal como se recomienda en las prácticas de preparación del terreno para plantaciones forestales (Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre [SERFOR], 2021). Posteriormente, se efectuó la remoción y corte de los individuos muertos de *Corymbia torelliana* afectados por el incendio forestal, utilizando una motosierra eléctrica marca Black & Decker, modelo GK1740, con una potencia de 1850 W y espada de 16 pulgadas, con la finalidad de facilitar el despeje del terreno y acondicionar el área para el establecimiento del ensayo.

2.4.2. Ahoyadura y plantación

La ahoyadura y plantación se realizaron de forma secuencial para garantizar el adecuado establecimiento de los plantones. Inicialmente, se marcaron los puntos de siembra de acuerdo con la distribución original de la plantación en tresbolillo (3 × 3 m), ubicando cada punto aproximadamente a 0,5 m pendiente abajo de los tocones de los árboles quemados de *C. torelliana* (Figura 3). Posteriormente, se efectuó la apertura manual de los hoyos con palanas y barretas, con dimensiones de 25 × 25 × 25 cm; la profundidad empleada fue de 25 cm, conforme a la recomendación para los hoyos de plantación (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 1981). Finalmente, se retiró cuidadosamente la bolsa plástica de los plantones, se colocaron en posición vertical en el centro del hoyo y este se rellenó con suelo superficial, para luego compactarlo ligeramente y eliminar los espacios de aire.

Figura 3

Preparación del área para la ahoyadura y distribución de los hoyos de plantación de Corymbia torelliana.



2.4.3. Establecimiento de tratamientos experimentales

En el establecimiento del ensayo, cada subparcela recibió el tratamiento correspondiente durante la plantación. En las subparcelas con compost, se incorporó 1 kg (Puerta et al., 2024), de este material mezclado con el suelo original en la parte inferior del hoyo de plantación; posteriormente, se colocó la plántula y se completó el llenado del hoyo. Un procedimiento similar se aplicó en las subparcelas con humus, utilizando una dosis de 0,5 kg por planta (Álvarez et al., 2022).

En el caso del biol, los plantones fueron establecidos directamente en los hoyos de plantación y posteriormente se aplicó el abono líquido en una dosis de 600 mL por individuo, preparado en dilución 1:1 (300 ml de biol y 300 ml de agua) (Mena et al. 2024), mediante aspersión alrededor de la base de cada planta (Monge et al., 2022). Las subparcelas testigo no recibieron ningún tipo de fertilización orgánica.

2.4.4. Aplicación de enmiendas orgánicas

El compost y humus se aplicaron al inicio y a los 90 días después de la siembra, distribuyéndolos de forma superficial alrededor de la base de cada planta (Vázquez & Loli, 2018). Por otro lado, el biol se aplicó cada 15 días durante 6 meses (Monge et al., 2022).

2.4.5. Limpieza y deshierbe

El control de la maleza se llevó a cabo mediante cortes mecánicos usando machete y desbrozadora; además, alrededor de las plantas, la limpieza se hizo de forma manual y en algunos casos con el apoyo de una palana; estas actividades se realizaron con una frecuencia quincenal durante los dos primeros meses y mensual en los meses siguientes (Estrada et al., 2021).

2.4.6. Control de plagas y enfermedades

Se realizaron monitoreos cada 15 días para observar la presencia de plagas o enfermedades, las cuales fueron controladas mediante la aplicación del insecticida comercial Tifón (Estrada et al., 2021).

2.4.7. Recolección de datos en campo

Los datos de las variables silvícolas tales como la altura total, diámetro a cuello de raíz y número de hojas, se midieron cada 15 días (Kuje et al., 2023). La información de cada subparcela fue registrada en fichas de campo durante un periodo de seis meses (Anexo 10).

2.5. Caracterización del suelo degradado y las enmiendas orgánicas

Al inicio del ensayo se realizó un muestreo del suelo post-incendio, aproximadamente siete meses después del evento. Asimismo, se efectuó la caracterización de las enmiendas orgánicas utilizadas en el estudio. Tanto las muestras de suelo como las de las enmiendas fueron enviadas al laboratorio Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliares del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), para su respectivo análisis físicoquímico y la determinación de micronutrientes y metales pesados.

2.5.1. Caracterización de suelo

Debido a que el área de estudio comprendió una extensión de 0,2 ha, se estableció la metodología para recolectar una muestra por cada subparcela, totalizando 16 submuestras; este procedimiento se realizó siguiendo criterios de representatividad espacial mediante la obtención de submuestras para la conformación de muestras compuestas (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2014). El muestreo se efectuó a una profundidad de 20 cm (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], 2002) y las submuestras se homogeneizaron para conformar una muestra compuesta de 1 kg. Posteriormente, el material fue procesado en el Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliares del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), Sede Centro Experimental Yanayacu, provincia de Jaén, acreditado por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) bajo los requisitos de la norma NTP-ISO/IEC 17025:2017. En dicho laboratorio se determinaron los parámetros de pH, conductividad eléctrica, acidez intercambiable, aluminio intercambiable, carbonato de calcio equivalente, materia orgánica, nitrógeno, fósforo disponible y potasio disponible (Tabla 2), con el objetivo de caracterizar y comparar las propiedades químicas del suelo afectado y no afectado por el incendio forestal (Machado et al., 2022).

Tabla 2

Métodos e instrumentos para la determinación de propiedades fisicoquímicas del suelo

Parámetro	Método de análisis	Equipo/Instrumento	Marca	Modelo
pH	Método EPA 9045 D	Potenciómetro	METTLER TOLEDO	Seven2Go S2
Conductividad eléctrica	ISO 11265	Conductímetro	METTLER TOLEDO	Seven2Go S3
Materia orgánica	Walkley y Black (NOM-021-RECNAT-2000)	Bureta digital	BOECO	DCB 5000
Nitrógeno	Cálculo a partir de materia orgánica (Walkley y Black)	Bureta digital	BOECO	DCB 5000
Fósforo disponible	Método de Olsen (NOM-021-RECNAT-2000)	Espectrofotómetro UV-Vis	Thermo Fisher Scientific	GENESYS 150
Potasio disponible	Espectrofotometría de Absorción Atómica de Llama (EPA 3050B/7000B)	Espectrofotómetro de absorción atómica	Perkin Elmer	Analyst 400
Acidez intercambiable	KCl (NOM-021-RECNAT-2000, AS-33)	Bureta digital	BOECO	DCB 5000
Aluminio intercambiable	KCl (NOM-021-RECNAT-2000, AS-33)	Bureta digital	BOECO	DCB 5000
Carbonato de calcio equivalente	Neutralización ácida (NOM-021-RECNAT-2000, AS-29)	Bureta digital	BOECO	DCB 5000

Nota. La denominación de los parámetros y los métodos de análisis corresponden a la información reportada por el Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliares del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA).

Asimismo, las concentraciones de micronutrientes disponibles (hierro, cobre, zinc y manganeso) y de metales pesados (plomo, cadmio y níquel) fueron determinadas en el Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliares (LABSAF) de la Estación Experimental Agraria Vista Florida del INIA, ubicada en el distrito de Picsi, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque, mediante la metodología establecida en la norma NOM-021-RECNAT-2000 (AS-14), utilizando un espectrómetro de emisión atómica por plasma de microondas (MP-AES 4210, Agilent).

2.5.2. Caracterización de las enmiendas orgánicas

Las muestras de compost, humus y biol utilizadas como tratamientos experimentales fueron recolectadas antes de su aplicación en campo. Para cada enmienda se obtuvo una muestra representativa; en el caso del compost y el humus se recolectó 1 kg, mientras que para el biol se recolectaron 500 mL. Posteriormente, las muestras fueron acondicionadas y enviadas al Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliares del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), Sede Centro Experimental Yanayacu, provincia de Jaén, para su caracterización fisicoquímica. En dicho laboratorio se determinaron los parámetros de pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, nitrógeno, fósforo disponible y potasio disponible, empleando la misma metodología analítica descrita en el apartado 2.5.1.

Asimismo, las concentraciones de los micronutrientes disponibles (hierro, cobre, zinc y manganeso) fueron determinadas en el Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliares (LABSAF) de la Estación Experimental Agraria Vista Florida del INIA, empleando la misma metodología analítica descrita en el apartado 2.5.1.

2.6. Comparación del efecto de las enmiendas orgánicas en el suelo degradado

Con la finalidad de evaluar el efecto de las enmiendas orgánicas en la recuperación del suelo degradado por el incendio forestal, se realizó un muestreo sistemático y dirigido al finalizar el período experimental. En cada subparcela correspondiente a los tratamientos (humus, compost, biol y testigo), se retiró la capa superficial de hojarasca y residuos orgánicos no descompuestos. Posteriormente, se recolectaron muestras de suelo con ayuda de una barreta recta en la zona de influencia radicular de los plantones, a una profundidad de 0 a 25 cm. Se obtuvo una muestra independiente por cada subparcela, alcanzando un total de 16 muestras de 1kg, las cuales fueron trasladadas al Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliares (LABSAF) Yanayacu en Jaén para su análisis. En dicho laboratorio se determinaron los parámetros de pH, conductividad eléctrica, carbonato de calcio equivalente, materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio disponible, cuyos resultados fueron utilizados para evaluar el efecto de los tratamientos sobre las propiedades químicas del suelo (Marín & Rojas, 2022). Así como los contenidos de hierro, cobre, zinc, manganeso, plomo, cadmio y níquel.

2.7. Identificación de la enmienda orgánica que genera mayor desarrollo

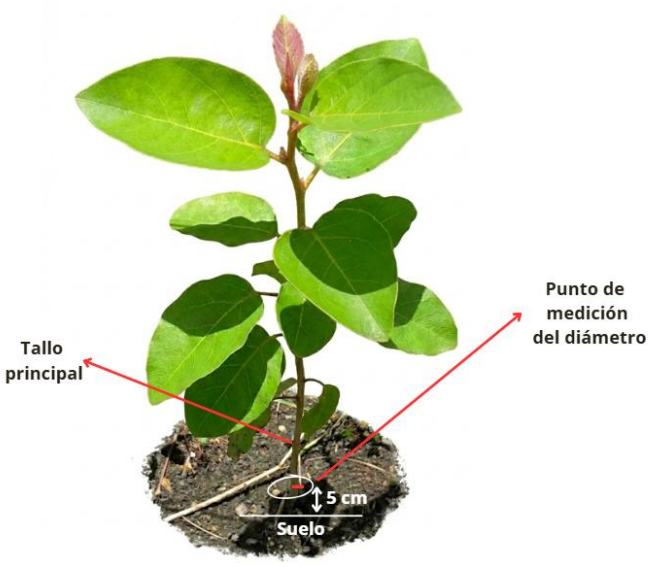
Las variables de altura, diámetro del tallo y número de hojas en los plantones de *Corymbia torelliana* se evaluaron con una frecuencia quincenal durante un período continuo de seis meses, logrando un registro total de trece mediciones por cada individuo en campo. La altura se determinó desde la base del cuello de la planta hasta el ápice terminal mediante el uso de una cinta métrica flexible de vinilo para costura con una longitud de 1 m, mientras que el diámetro del cuello se midió a través de un calibrador vernier digital electrónico de 6 pulgadas de capacidad. Por su parte, el conteo del número de hojas incluyó únicamente aquellas estructuras fotosintéticamente activas y completamente expandidas; todas estas evaluaciones periódicas permitieron registrar de manera precisa la evolución cronológica del crecimiento vegetal bajo la influencia de cada tratamiento evaluado.

2.7.1. Diámetro del tallo

Para la medición del diámetro de las plantas se utilizó un vernier calibrado (Hamad & Shahin, 2022). En la primera medición, se determinó una altura de 5 cm desde la superficie del suelo utilizando una regla graduada; posteriormente, dicho punto fue marcado con plumón indeleble y pintura acrílica, con la finalidad de mantener uniformidad en las mediciones sucesivas. A partir de esta marca de referencia, el diámetro fue medido periódicamente cada 15 días durante todo el periodo de evaluación. El procedimiento empleado para la medición del diámetro se muestra en la Figura 4.

Figura 4

Medición del diámetro del tallo de un plantón de Corymbia torelliana

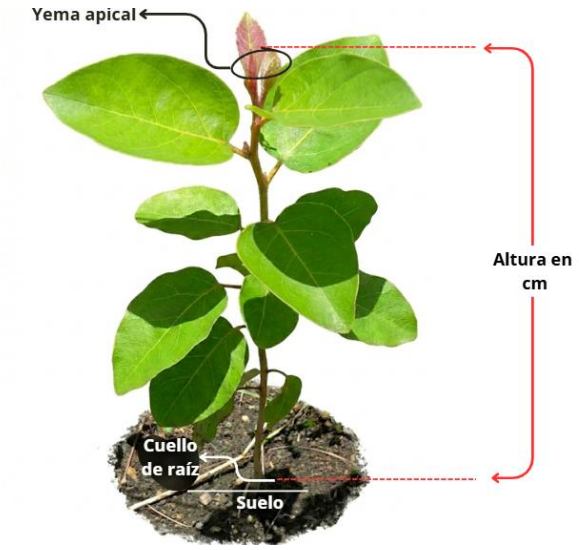


2.7.2. Altura

La altura total de las plantas de *C. torelliana* se medió una vez plantadas en campo definitivo, cada 15 días, utilizando una cinta métrica en centímetros (Figura 5), y se medió desde el cuello de raíz hasta la punta de la yema apical (Kuje et al., 2023).

Figura 5

Distancia considerada para la altura de un plantón de Corymbia torelliana

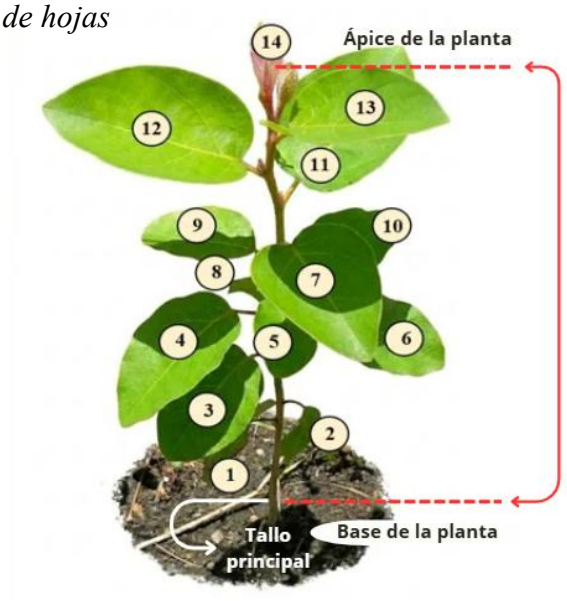


2.7.3. Número de Hojas

Se contó el número de hojas emergentes del tallo principal de la por planta *de C. torelliana* manualmente (Aguirre, 2022). Las evaluaciones se realizaron cada 15 días, considerando todas las hojas presentes desde la base hasta el ápice de la planta (Figura 6).

Figura *6*

Conteo del número de hojas



2.8. Análisis estadístico

Para las propiedades químicas del suelo, se evaluaron inicialmente los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas mediante las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene, respectivamente. Cuando no se cumplieron estos supuestos, se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para determinar diferencias significativas entre tratamientos, seguida por la prueba de Dunn para las comparaciones múltiples entre tratamientos (Ramos et al., 2024), y cuando sí cumplió con los supuestos estadísticos se empleó el análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza del 95 %, y se aplicó la prueba de Tukey ($p < 0.05$) tratamiento presentó los valores más altos y cuál los más bajos (Marín & Rojas, 2022). Esta fase analítica se ejecutó exclusivamente en el software Jamovi versión 2.6.44.

Para las variables biométricas de *Corymbia torelliana* (altura, diámetro basal y número de hojas), se verificó el supuesto de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk (Freitas et al., 2023). Posteriormente, los datos longitudinales fueron analizados mediante Modelos Lineales Mixtos (MLM), considerando los tratamientos como efectos fijos y los bloques y árboles evaluados como efectos aleatorios, con la finalidad de considerar la dependencia entre mediciones repetidas en el tiempo (Madden & Ojiambo, 2024). Cuando se detectaron efectos significativos, las comparaciones múltiples de medias se realizaron mediante la prueba de Tukey (Macholdt et al., 2023) y los intervalos de confianza se ajustaron mediante el método de Sidak, con un nivel de significancia de $p < 0,05$; ambos procedimientos se realizaron mediante el paquete *emmeans* (Lenth, 2024). El modelamiento estadístico se desarrolló íntegramente en el entorno RStudio versión 2026.01.2.

III. RESULTADOS

3.1. Caracterización del suelo degradado y enmiendas

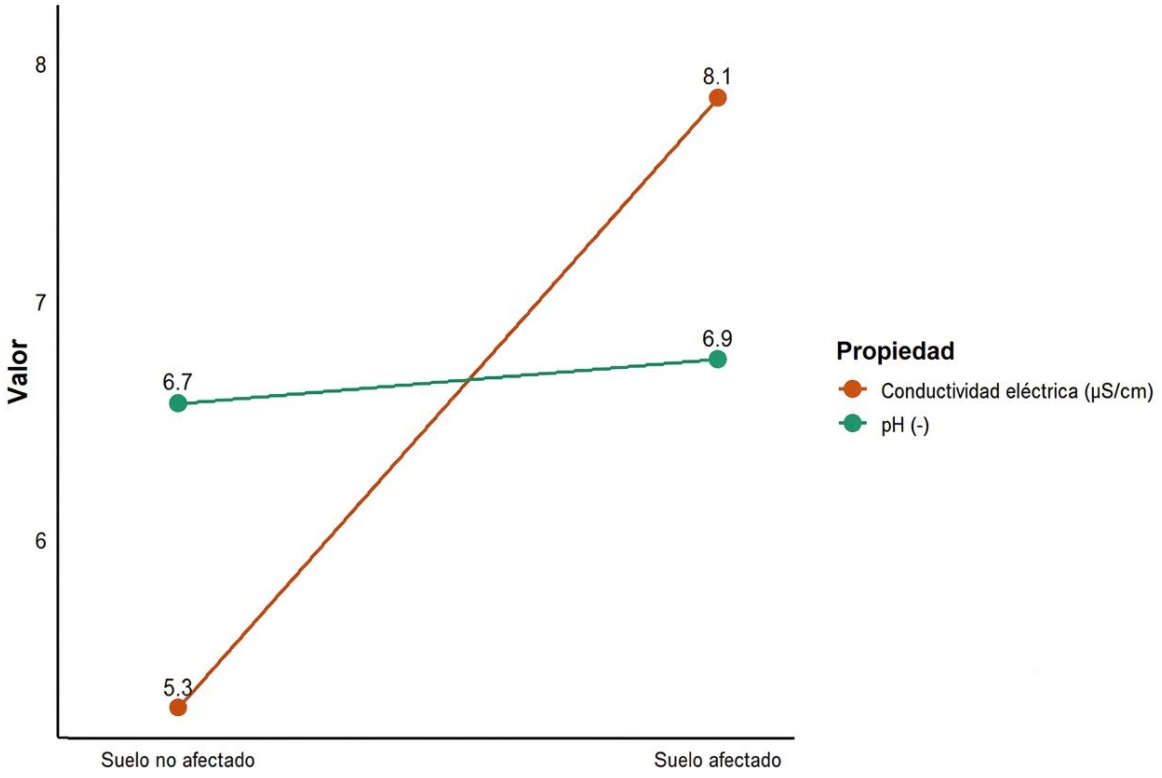
3.1.1. Suelo degradado

pH y conductividad eléctrica (CE)

La Figura 7 muestra los valores de pH y conductividad eléctrica del suelo no afectado y afectado por incendio forestal. El pH incrementó 0,2 unidades en el suelo afectado respecto al suelo no afectado, pasando de 6,7 a 6,9. Asimismo, la conductividad eléctrica aumentó 2,8 µS/cm, registrando valores de 5,3 µS/cm en el suelo no afectado y 8,1 µS/cm en el afectado.

Figura 7

Valores de pH y Conductividad eléctrica (µS/cm)

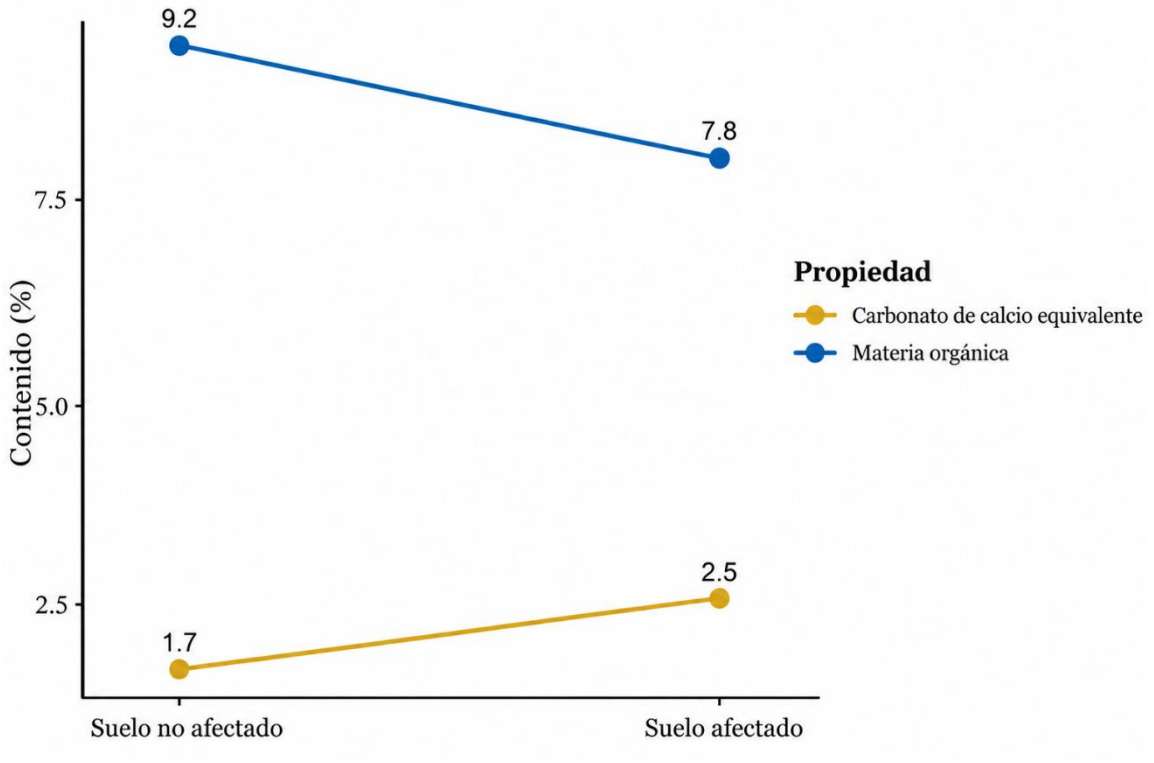


Carbonato de calcio equivalente ($CaCO_3$) y materia orgánica (MO)

La Figura 8 presenta los valores de carbonato de calcio equivalente y materia orgánica. El contenido de carbonato de calcio equivalente aumentó en 0,8 %, pasando de 1,7 % en el suelo no afectado a 2,5 % en el suelo afectado. En contraste, la materia orgánica disminuyó en 1,4 %, al pasar de 9,2 % a 7,8 %.

Figura 8

Valores de Carbonato de calcio equivalente (CaCO3) y Materia orgánica

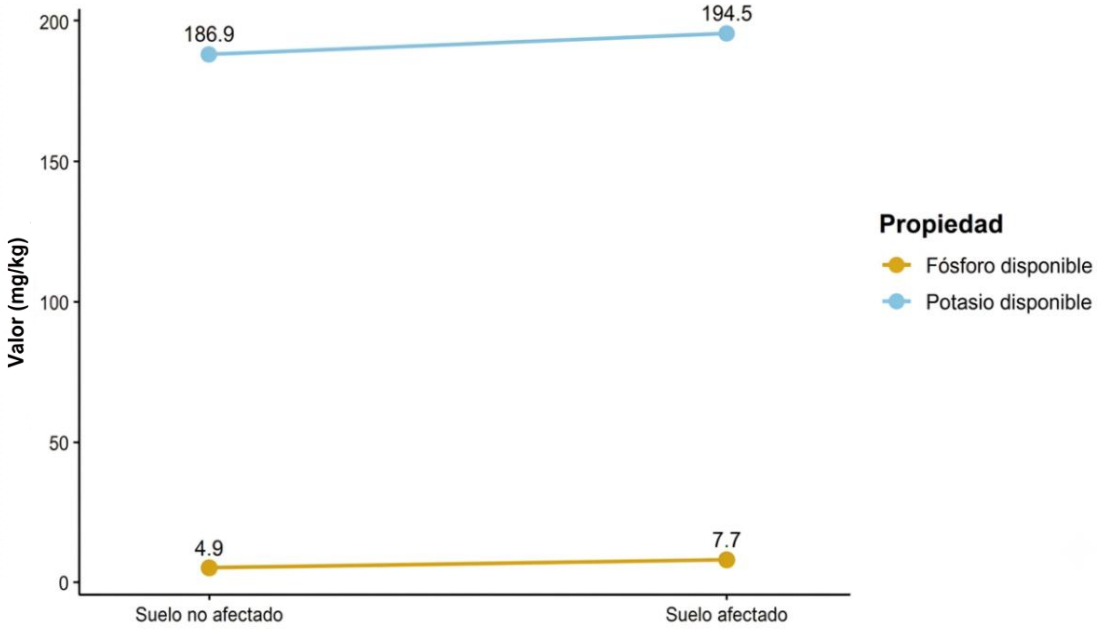


Fósforo (P) y potasio (K)

La Figura 9 presenta los valores de fósforo y potasio del suelo no afectado y del suelo afectado por el incendio forestal. El fósforo aumentó en 2,8 mg/kg, pasando de 4,9 mg/kg en el suelo no afectado a 7,7 mg/kg en el suelo afectado. Asimismo, el contenido de potasio presentó un incremento de 7,6 mg/kg, al pasar de 186,9 mg/kg a 194,5 mg/kg.

Figura 9

Valores de Fósforo y Potasio

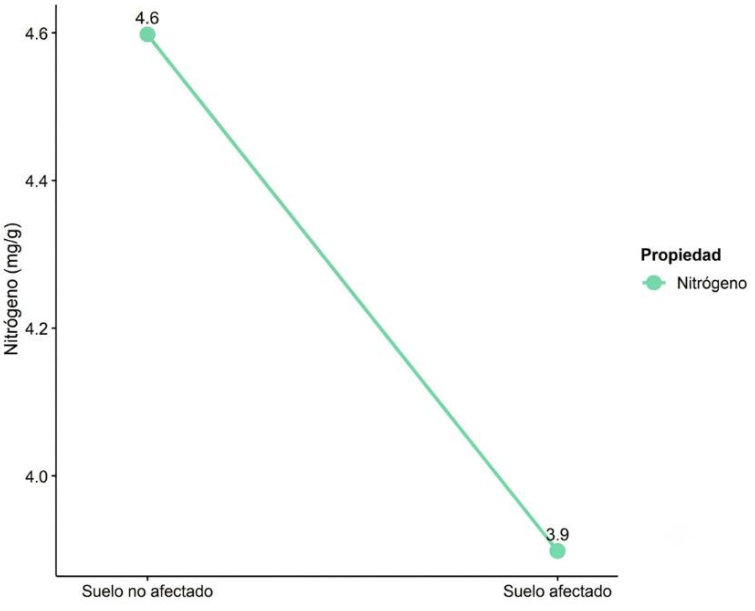


Nitrógeno (N)

La Figura 10 muestra los valores de nitrógeno total del suelo. El contenido de nitrógeno disminuyó 0,7 mg/g, al pasar de 4,6 mg/g en el suelo no afectado a 3,9 mg/g en el suelo afectado.

Figura 10

Valores de Nitrógeno



Acidez intercambiable ($Al^{3+} + H^{+}$) y aluminio intercambiable (Al^{3+})

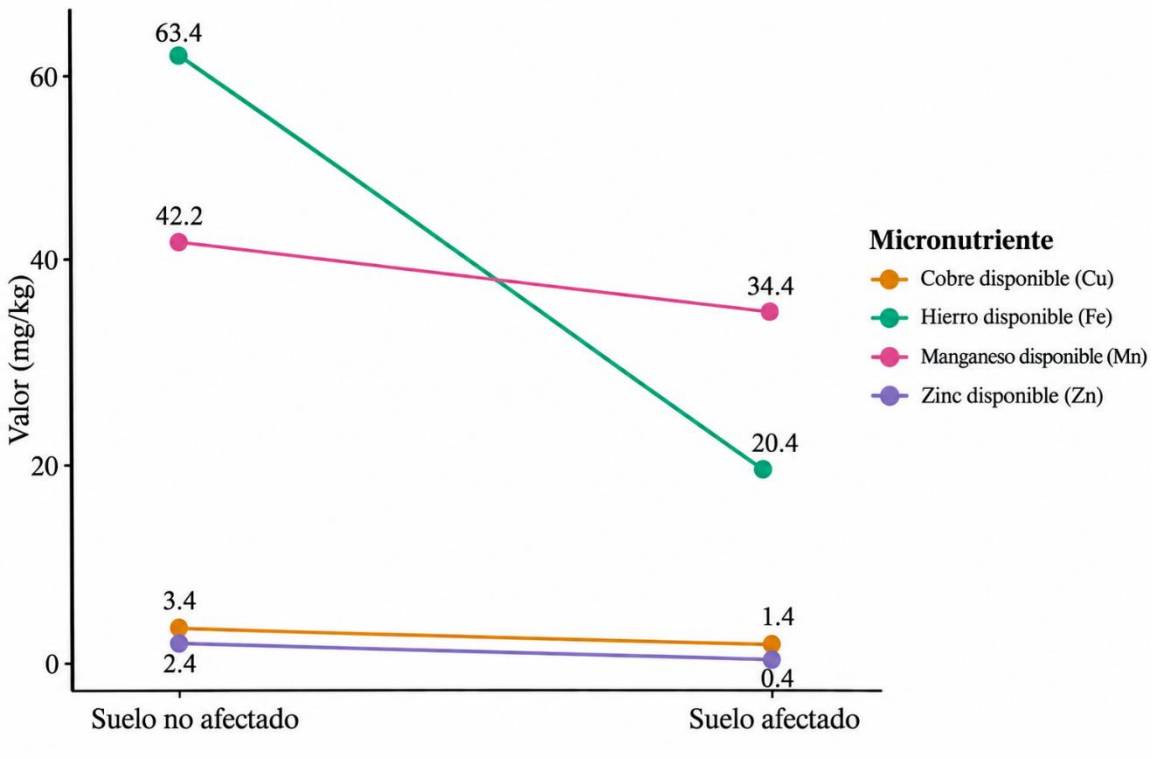
La acidez intercambiable y el aluminio intercambiable presentaron valores similares entre el suelo no afectado y afectado por incendio forestal. Los valores se mantuvieron por debajo de 0,6 cmol(+)/kg y 0,2 cmol(+)/kg, respectivamente.

Micronutrientes disponibles (Cu, Fe, Mn, Zn)

La Figura 11 presenta las concentraciones de hierro, cobre, zinc y manganeso disponibles en el suelo no afectado y el suelo afectado por el incendio forestal. Se observó una disminución en la concentración de todos los micronutrientes evaluados después del incendio. El hierro presentó la mayor reducción, pasando de 63,40 mg/kg a 20,40 mg/kg (43,00 mg/kg menos). Asimismo, el cobre disminuyó de 3,40 mg/kg a 1,40 mg/kg, mientras que el zinc pasó de 2,40 mg/kg a 0,40 mg/kg, registrando en ambos casos una reducción de 2,00 mg/kg. Por su parte, el manganeso disminuyó de 42,20 mg/kg a 34,40 mg/kg, equivalente a una reducción de 7,80 mg/kg.

Figura 11

Micronutrientes disponibles

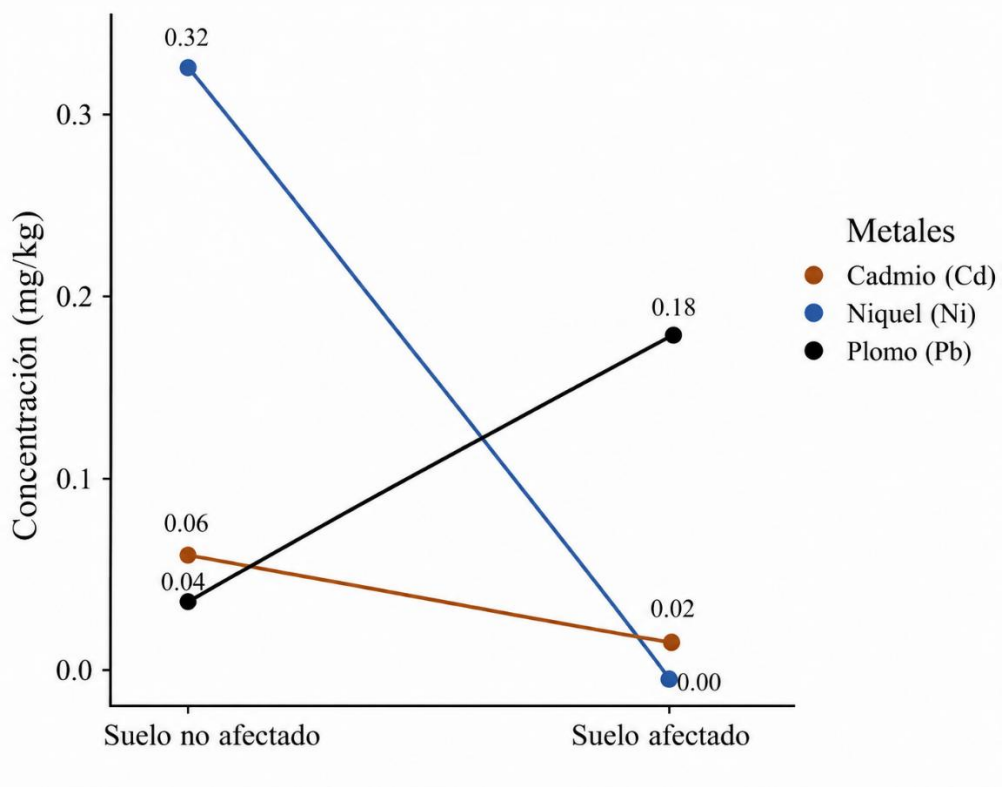


Metales (Cd, Ni, Pb)

La Figura 12 presenta las concentraciones de plomo, cadmio y níquel en el suelo no afectado y el suelo afectado por el incendio forestal. El contenido de plomo aumentó de 0,04 mg/kg en el suelo no afectado a 0,18 mg/kg en el suelo afectado, registrando un incremento de 0,14 mg/kg. En contraste, el cadmio disminuyó de 0,06 mg/kg a 0,02 mg/kg, lo que representa una reducción de 0,04 mg/kg. Asimismo, el níquel presentó una disminución de 0,32 mg/kg, pasando de 0,32 mg/kg en el suelo no afectado a 0,00 mg/kg en el suelo afectado.

Figura 12

Metales

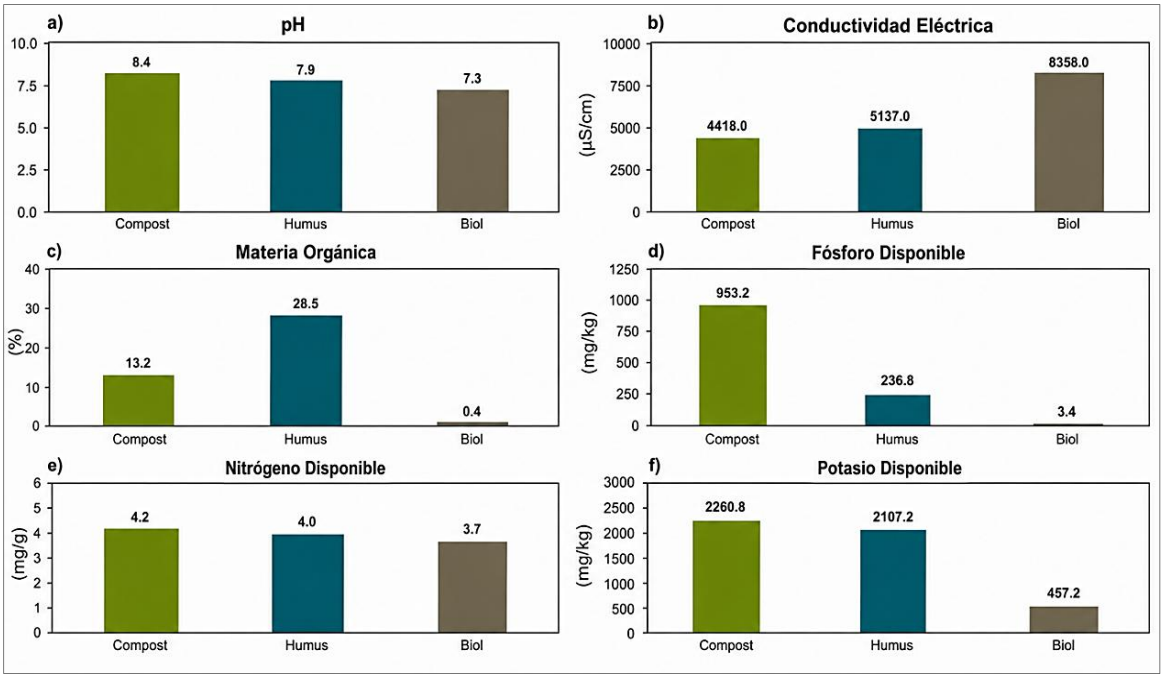


3.1.2. Caracterización de las enmiendas orgánicas

La Figura 13 presenta la caracterización fisicoquímica de las enmiendas orgánicas evaluadas. En la Figura 13a, el compost presentó el mayor valor de pH (8,4), seguido del humus (7,9) y el biol (7,3). Respecto a la conductividad eléctrica (Figura 13b), el biol registró la mayor concentración de sales solubles (8358 µS/cm), seguido del humus (5137 µS/cm) y el compost (4418 µS/cm). En cuanto a la materia orgánica (Figura 13c), el humus presentó el mayor contenido (28,5 %), superando al compost (13,2 %) y al biol (0,4 %). Para el fósforo disponible (Figura 13d), el compost mostró la mayor concentración (953,2 mg/kg), seguido del humus (236,8 mg/kg), mientras que el biol presentó el menor contenido (3,4 mg/kg). En relación con el nitrógeno (Figura 13e), el compost registró el mayor valor (4,2 mg/g), seguido del humus (4,0 mg/g) y el biol (3,7 mg/g). Finalmente, para el potasio disponible (Figura 13f), el compost presentó la mayor concentración (2260,8 mg/kg), seguido del humus (2107,2 mg/kg), mientras que el biol mostró el menor contenido (457,2 mg/kg).

Figura 13

Caracterización fisicoquímica de las enmiendas orgánicas evaluadas

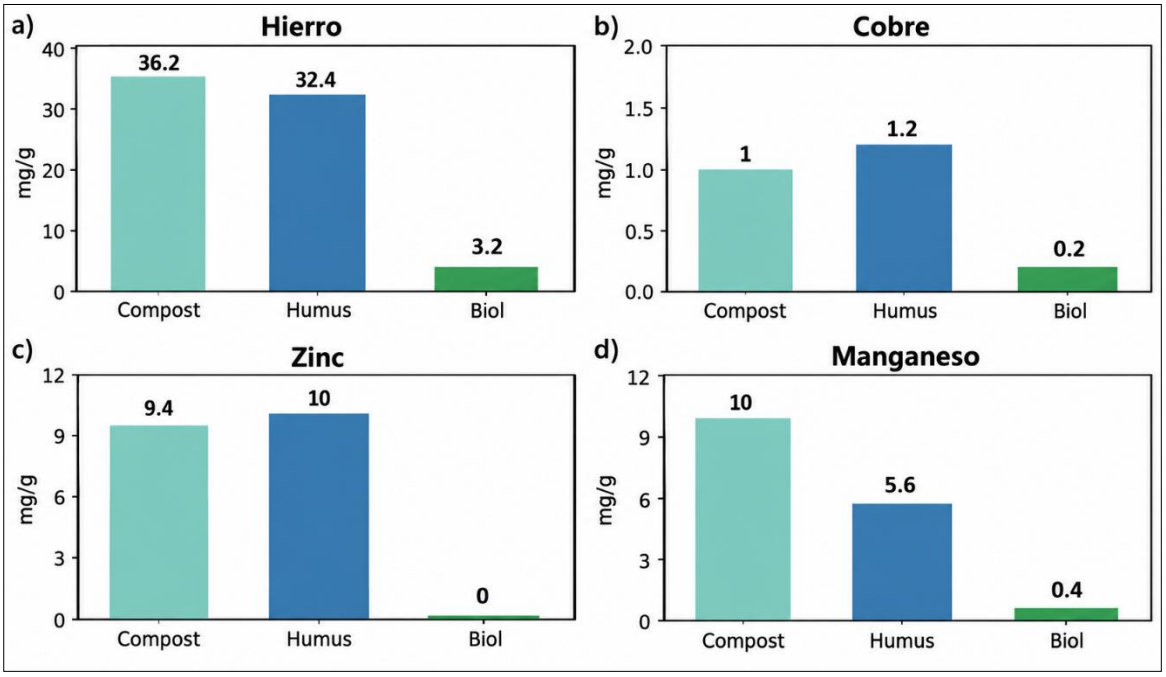


Micronutrientes (Fe, Cu, Zn, Mn) de las enmiendas orgánicas

La Figura 14 presenta la caracterización de los micronutrientes de las enmiendas orgánicas evaluadas. En la Figura 14a, el compost presentó la mayor concentración de hierro disponible (36,2 mg/kg), seguido del humus (32,4 mg/kg), mientras que el biol registró el menor contenido (3,2 mg/kg). En la Figura 14b, el humus mostró la mayor concentración de cobre disponible (1,2 mg/kg), seguido del compost (1,0 mg/kg) y el biol (0,2 mg/kg). En la Figura 14c, el humus alcanzó la mayor concentración de zinc disponible (10,0 mg/kg), seguido del compost (9,4 mg/kg), mientras que en el biol no se detectó este micronutriente. Finalmente, en la Figura 14d, el compost presentó la mayor concentración de manganeso disponible (10,0 mg/kg), seguido del humus (5,6 mg/kg) y el biol (0,4 mg/kg).

Figura 14

Caracterización de micronutrientes de las enmiendas orgánicas evaluadas



3.2. Comparación del efecto de las enmiendas orgánicas en el suelo degradado

La evaluación de supuestos estadísticos (Tabla 3) mediante la prueba de Shapiro–Wilk evidenció que ninguna de las variables cumplió con el supuesto de normalidad ($p < 0,05$).

Asimismo, la prueba de Levene mostró heterogeneidad de varianzas en la mayoría de variables evaluadas. Debido al incumplimiento de los supuestos requeridos para el análisis paramétrico, se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal–Wallis para comparar el efecto de los tratamientos.

Tabla 3

Supuestos estadísticos de normalidad y homogeneidad de variables fisicoquímicas y macronutrientes

Variable	Normalidad (Shapiro-Wilk)		Homogeneidad (Levene)	
	W	p-valor	F	p-valor
pH	0.787	0.002*	3.00	0.073
Conductividad eléctrica	0.684	0.001*	7.15	0.005*
Carbonato de Calcio Equivalente	0.755	0.001*	3.72	0.042*
Materia Orgánica	0.635	0.001*	8.90	0.003*
Nitrógeno disponible	0.608	0.001*	8.34	0.003*
Potasio disponible	0.608	0.001*	8.56	0.003*
Fósforo disponible	0.594	0.010*	8.70	0.002 *

***Nota**:* *: Indica incumplimiento del supuesto evaluado.

Para los micronutrientes evaluados (Tabla 4), la prueba de Shapiro–Wilk indicó que el hierro (Fe), cobre (Cu) y manganeso (Mn) cumplieron el supuesto de normalidad ($p > 0.05$), mientras que el zinc (Zn) no presentó una distribución normal ($p < 0.05$). Por su parte, la prueba de Levene evidenció homogeneidad de varianzas para todos los micronutrientes evaluados ($p > 0.05$). Debido al incumplimiento del supuesto de normalidad en al menos una de las variables, las comparaciones entre tratamientos se realizaron mediante la prueba no paramétrica de Kruskal–Wallis.

Tabla 4

Resultado de los supuestos estadísticos de normalidad y homogeneidad de micronutrientes

Variable	Shapiro-Wilk		Levene	
	W	p-valor	F	p-valor
Fe	0.94	0.353	0.0938	0.962
Cu	0.933	0.277	0.0962	0.961
Mn	0.945	0.416	0.1195	0.947
Zn	0.82	0.005*	6.77×10^{-32}	1

Nota: * indica incumplimiento del supuesto evaluado ($p < 0.05$).

Propiedades químicas

La Figura 15 presenta la variación de las propiedades químicas del suelo en respuesta a la aplicación de las diferentes enmiendas orgánicas. En términos generales, el tratamiento con biol registró los mayores valores promedio para la mayoría de las variables evaluadas, mientras que el compost presentó los menores valores en CCE, nitrógeno, potasio y fósforo, y el humus mostró valores intermedios.

El pH del suelo (Figura 15a) se mantuvo cercano a la neutralidad en todos los tratamientos, con valores comprendidos entre 6.90 y 7.35, destacando el tratamiento con biol con el promedio más alto (7.35), mientras que el testigo, el compost y el humus presentaron valores similares (6.90, 6.90 y 7.00, respectivamente). Por su parte, la conductividad eléctrica (Figura 15b) mostró diferencias más marcadas entre tratamientos, registrándose el mayor valor en el biol (8.10 µS/cm), seguido del humus (6.10 µS/cm), el compost (5.15 µS/cm) y el testigo (3.50 µS/cm).

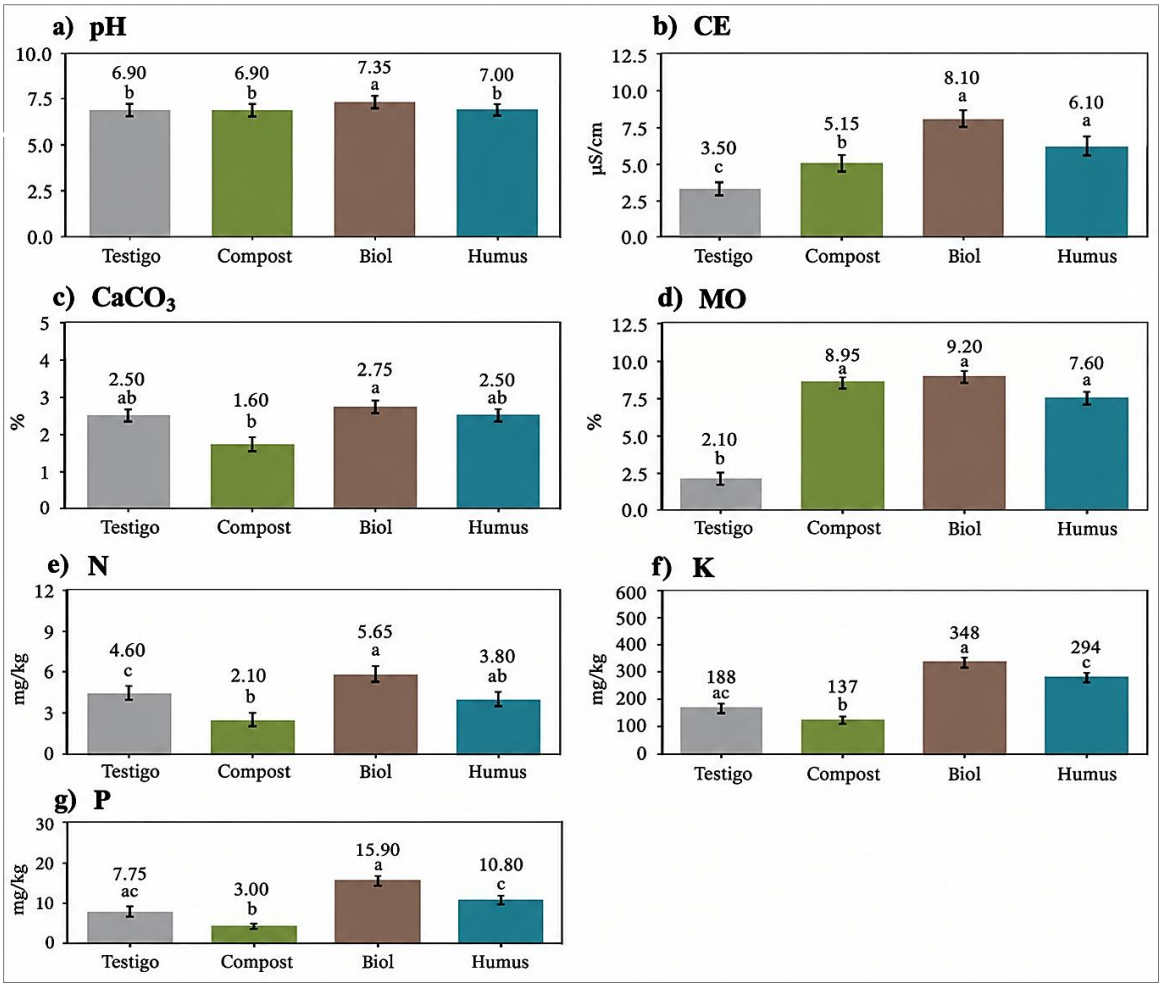
En el carbonato de calcio equivalente (Figura 15c), el biol alcanzó el valor promedio más alto (2.75 %), mientras que el compost presentó el menor contenido (1.60 %); el testigo y el humus registraron valores intermedios de 2.50 %. De manera similar, la materia orgánica (Figura 15d) presentó los valores más elevados en el biol (9.20 %) y el compost (8.95 %), en tanto que el humus alcanzó 7.60 % y el testigo 2.10 %.

Respecto al contenido de nitrógeno (Figura 15e), el tratamiento con biol registró el mayor

promedio (5.65 mg/g), seguido del testigo (4.60 mg/g), el humus (3.80 mg/g) y el compost (2.10 mg/g). En el caso del potasio disponible (Figura 15f), el biol presentó el mayor contenido (348 mg/kg), seguido por el humus (294 mg/kg), el testigo (188 mg/kg) y el compost (137 mg/kg). Finalmente, el fósforo disponible (Figura 15g) también alcanzó su mayor valor en el biol (15.90 mg/kg), seguido por el humus (10.80 mg/kg), el testigo (7.75 mg/kg) y el compost (3.00 mg/kg). Las letras diferentes sobre las barras indican diferencias significativas entre tratamientos de acuerdo con la prueba post hoc de Dunn ($p < 0.05$).

Figura 15

Propiedades químicas del suelo según la enmienda orgánica aplicada



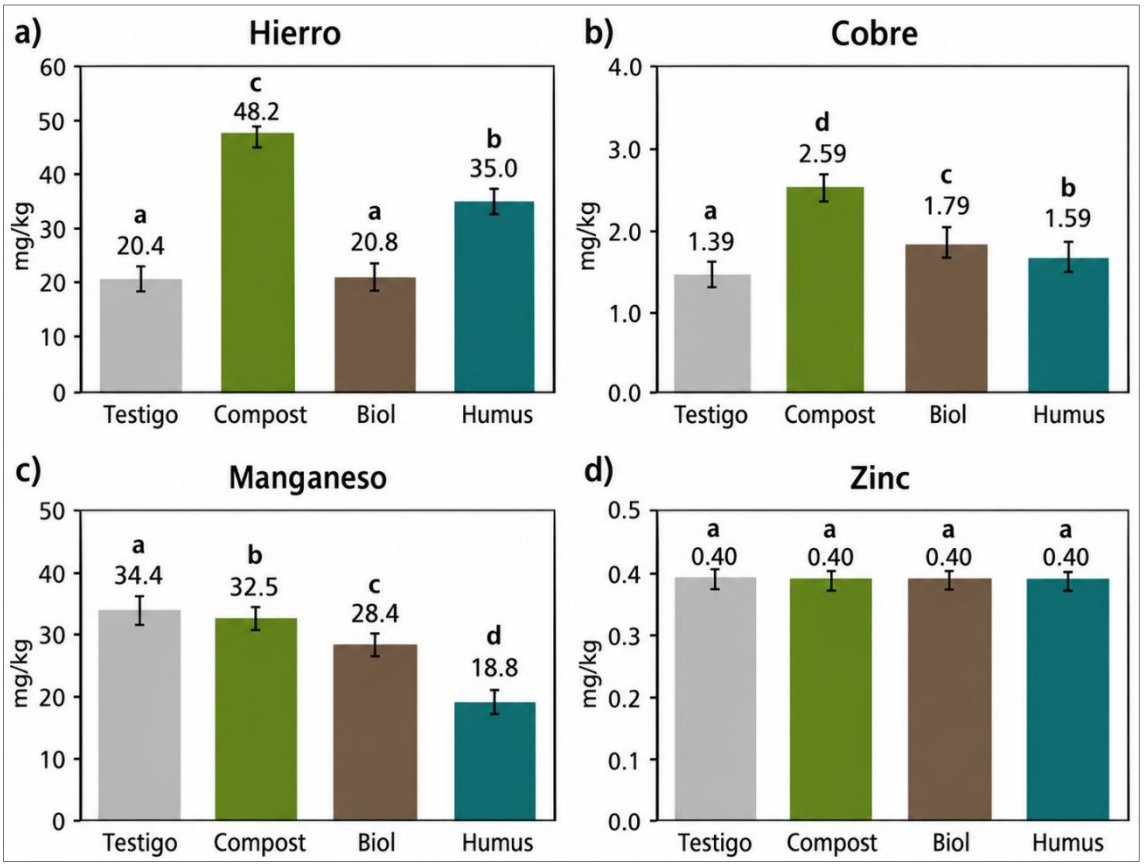
Micronutrientes

La Figura 16 presenta el contenido de hierro (Fe), cobre (Cu), zinc (Zn) y manganeso (Mn) en el suelo bajo los tratamientos testigo, compost, biol y humus. Se observaron diferencias significativas entre tratamientos para las concentraciones de Fe, Cu y Mn ($p < 0.05$), mientras que el Zn no presentó diferencias significativas ($p > 0.05$).

El contenido de Fe (Figura 16a) fue mayor en el compost (48.20 mg/kg), seguido por el humus (35.00 mg/kg), mientras que el biol (20.80 mg/kg) y el testigo (20.40 mg/kg) registraron los menores valores. De manera similar, el Cu (Figura 16b) alcanzó su mayor concentración en el compost (2.59 mg/kg), seguido por el biol (1.79 mg/kg), el humus (1.59 mg/kg) y el testigo (1.39 mg/kg). En el caso del Zn (Figura 16c), todos los tratamientos presentaron una concentración promedio de 0.40 mg/kg, sin diferencias significativas entre ellos ($p > 0.05$). Por su parte, el Mn (Figura 16d) presentó el mayor contenido en el testigo (34.40 mg/kg), seguido por el compost (33.50 mg/kg), el biol (28.40 mg/kg) y el humus (18.80 mg/kg), siendo este último el tratamiento con el menor valor ($p < 0.05$).

Figura 16

Contenido de micronutrientes del suelo bajo diferentes enmiendas orgánicas



3.3. Identificación de la enmienda orgánica que genera mayor desarrollo

La Tabla 5 presenta el análisis de varianza del modelo lineal mixto para las variables diámetro, altura y número de hojas de *Corymbia torelliana*. Los supuestos del modelo evidenciaron desviaciones significativas respecto a la normalidad y varianzas no constantes en las tres variables ($p < 0,001$). Asimismo, se observaron efectos altamente significativos del tratamiento, la evaluación y la interacción tratamiento × evaluación para diámetro (F = 556,94; 34344,00 y 819,35), altura (F = 18,81; 3180,92 y 37,98) y número de hojas (F = 51,76; 2093,26 y 63,85), respectivamente ($p < 0,001$).

Tabla 5

Análisis de varianza del modelo lineal mixto para las variables diámetro, altura y número de hojas de Corymbia torelliana

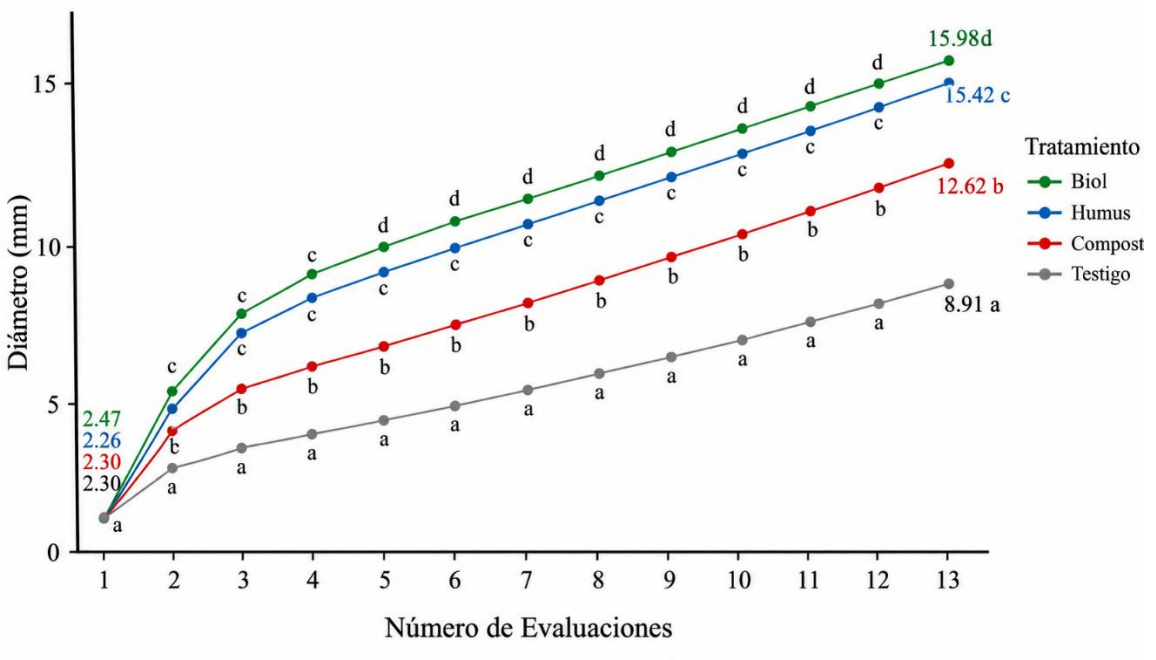
Variable	Efecto	gl	F	p
Diámetro	Tratamiento	3	556.94	< 0.001
	Evaluación	12	34344	< 0.001
	Tratamiento ×Evaluación	36	819.35	< 0.001
Altura	Tratamiento	3	18.81	< 0.001
	Evaluación	12	3180.92	< 0.001
	Tratamiento ×Evaluación	36	37.98	< 0.001
Número de hojas	Tratamiento	3	51.76	< 0.001
	Evaluación	12	2093.26	< 0.001
	Tratamiento ×Evaluación	36	63.85	< 0.001

3.3.1. Diámetro

La Figura 17 muestra el crecimiento diamétrico de *Corymbia torelliana* durante 13 evaluaciones realizadas cada 15 días bajo la aplicación de biol, compost, humus y un tratamiento testigo. En la evaluación inicial no se observaron diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0.05$), registrándose valores entre 2.26 y 2.30 mm. A partir de la segunda evaluación se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$), las cuales se mantuvieron hasta la evaluación final. Biol presentó el mayor diámetro (15.98 mm), seguido de humus (15.42 mm) y compost (12.62 mm). El testigo registró el menor diámetro (8.91 mm). En la evaluación final, el tratamiento con biol registró el mayor diámetro final (15,98 mm), mientras que humus presentó un diámetro significativamente mayor que compost y el testigo.

Figura 17

Crecimiento diamétrico de Corymbia torelliana bajo enmiendas orgánicas durante trece evaluaciones



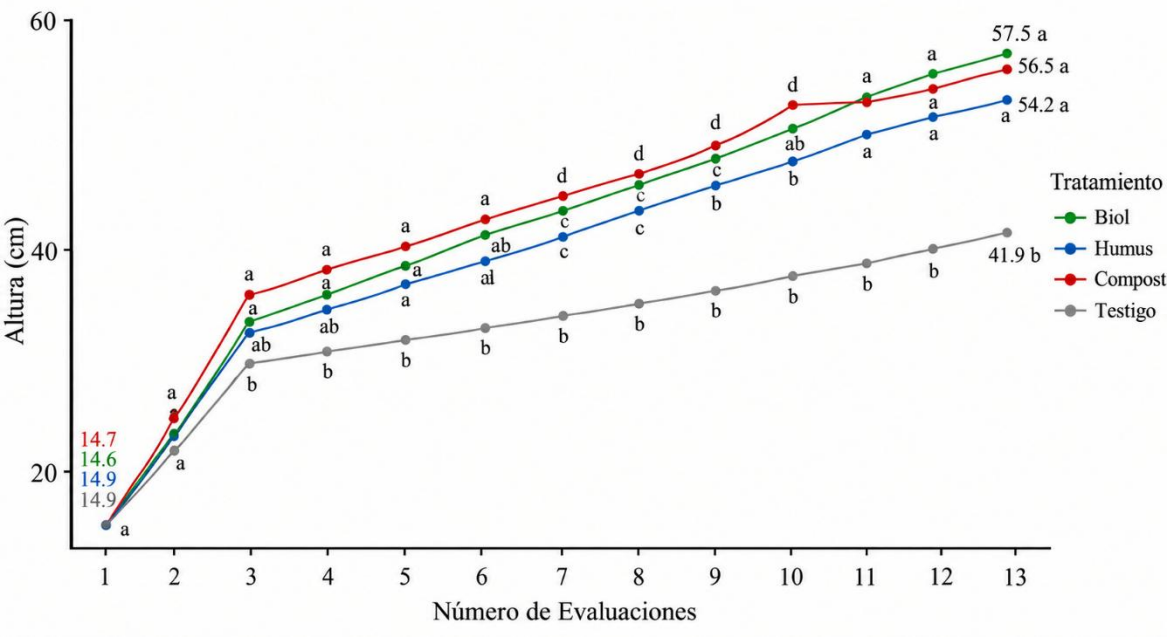
Nota. Los puntos representan las medias marginales estimadas del diámetro de *Corymbia torelliana* en cada evaluación. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos dentro de cada evaluación según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$)

3.3.2. Altura

La Figura 18 muestra el crecimiento en altura de *Corymbia torelliana* durante 13 evaluaciones realizadas cada 15 días bajo la aplicación de biol, compost, humus y un tratamiento testigo. En las dos primeras evaluaciones no se observaron diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0.05$). A partir de la tercera evaluación se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$), las cuales se mantuvieron hasta la evaluación final. Biol presentó la mayor altura (57.48 cm), seguido de compost (56.48 cm) y humus (54.20 cm), sin diferencias significativas entre ellos al compartir el mismo grupo estadístico ("a"). El testigo registró la menor altura (41.92 cm) y presentó diferencias significativas con respecto a los demás tratamientos al ubicarse en un grupo estadístico diferente ("b").

Figura 18

Crecimiento de Corymbia torelliana bajo enmiendas orgánicas durante trece evaluaciones



Nota: Los puntos representan las medias marginales estimadas de la altura de *Corymbia torelliana* en cada evaluación. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos dentro de cada evaluación según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).

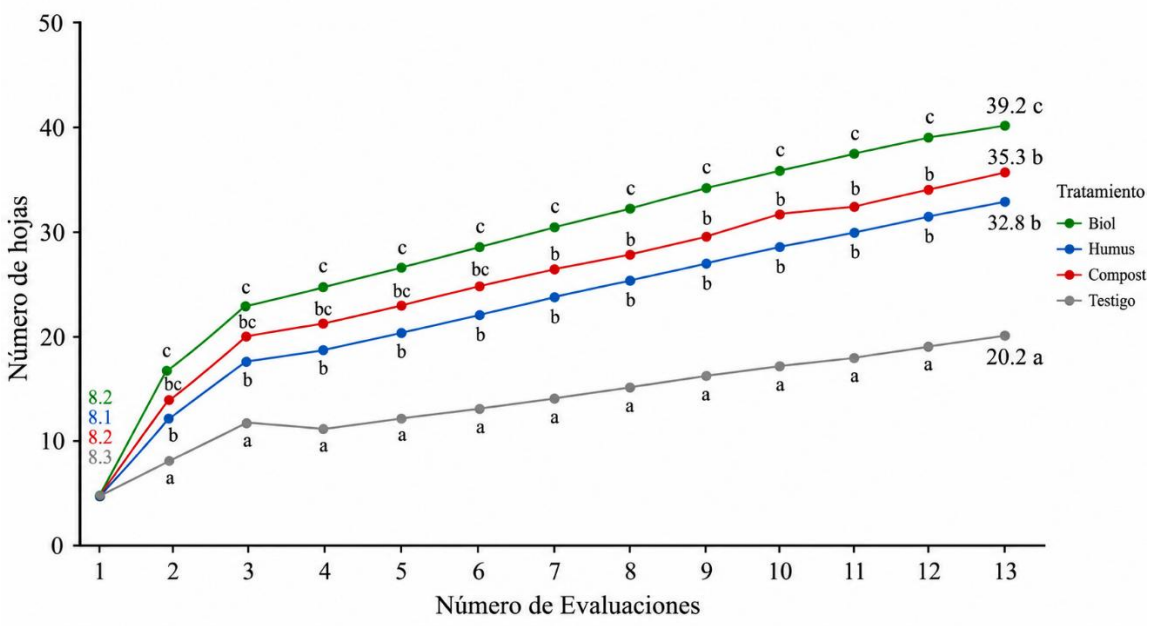
3.3.3. Número de hojas

La Figura 19 muestra la variación del número de hojas de *Corymbia torelliana* durante las 13 evaluaciones realizadas cada 15 días bajo la aplicación de biol, compost, humus y un tratamiento Testigo. En todos los tratamientos se observó un incremento progresivo del número de hojas a lo largo del periodo de evaluación; sin embargo, la magnitud de este incremento fue diferente entre tratamientos.

El tratamiento con biol registró los mayores valores de número de hojas durante la mayor parte del periodo de evaluación, alcanzando un promedio final de 39,25 hojas. El compost presentó un promedio final de 35,29 hojas, seguido por el humus con 32,79 hojas. Por su parte, el tratamiento Testigo registró los menores valores durante todo el periodo experimental, con un promedio final de 20,23 hojas. Las diferencias entre tratamientos se hicieron evidentes a partir de las evaluaciones intermedias y se mantuvieron hasta la evaluación final.

Figura 19

Número de hojas de Corymbia torelliana bajo enmiendas orgánicas durante trece evaluaciones



Nota: Los puntos representan las medias marginales estimadas del número de hojas de *Corymbia torelliana* en cada evaluación. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos dentro de cada evaluación según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).

IV. DISCUSIÓN

Como punto de partida metodológico, es clave destacar que el incendio forestal en la zona de estudio funcionó como una perturbación inicial que alteró por completo las condiciones de suelo (Certini, 2005). Sin embargo, debido a que el presente estudio evaluó las propiedades del suelo y el desarrollo de *Corymbia torelliana* más de un año después de la quema, las respuestas observadas no corresponden a la fase de impacto inmediato ni al periodo inicial de liberación de nutrientes asociado a las cenizas (Santana et al., 2012), sino a una etapa posterior de estabilización del suelo después del incendio (Dorta et al., 2015). En este contexto, debido a que todas las unidades experimentales compartieron una historia de afectación por el fuego y fueron sometidas al mismo diseño experimental, las diferencias registradas durante el periodo de evaluación, tanto en las propiedades químicas del suelo como en las variables de crecimiento vegetal, se interpretan principalmente en función de la aplicación de las enmiendas orgánicas y de su capacidad para modificar la disponibilidad de nutrientes y favorecer el desarrollo de las plantas. Por ello, la interpretación de los resultados se centra en las diferencias observadas entre los tratamientos con enmiendas y el tratamiento testigo, considerando las características y aportes de cada enmienda.

4.1. Propiedades químicas del suelo afectado por el incendio

pH y Conductividad Eléctrica (CE)

El pH del suelo afectado por el incendio aumentó de 6,7 a 6,9, mientras que la conductividad eléctrica (CE) se incrementó de 5,3 a 8,1 µS/cm (Figura 7), evidenciando una modificación química superficial asociada al disturbio ocasionado por el fuego. Estos resultados coinciden con lo reportado por Mogollón et al. (2017) y Xifré et al. (2021), quienes señalaron que los incendios forestales pueden producir cambios temporales en el pH y la CE debido a la incorporación de cenizas y la liberación de elementos minerales.

El aumento del pH puede relacionarse con la incorporación de cenizas provenientes de la combustión de la biomasa vegetal, las cuales contienen cationes básicos como calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}), potasio (K^{+}) y sodio (Na^{+}), capaces de neutralizar parcialmente la acidez del suelo y modificar temporalmente su reacción química (Agbeshie et al., 2022). Asimismo, el incremento de la CE estaría asociado a una mayor presencia de sales solubles e iones en la solución del suelo, derivados de la liberación de componentes minerales presentes en las

cenizas, favoreciendo temporalmente una mayor concentración de electrolitos (Martín-Lorenzo et al., 2021).

La mayor variación porcentual de la CE respecto al pH responde a que este parámetro depende directamente de la concentración de sales e iones disueltos, mientras que el pH refleja principalmente el equilibrio ácido-base del suelo (Agbeshie et al., 2022). Sin embargo, estos cambios no representan una mejora permanente de las condiciones edáficas, debido a que la disponibilidad y permanencia de los elementos liberados pueden verse modificadas por procesos de lixiviación, erosión y redistribución durante la recuperación del ecosistema.

En este sentido, las precipitaciones posteriores al incendio pueden favorecer la pérdida de sales solubles y cationes acumulados superficialmente, ocasionando una disminución progresiva de estas variaciones conforme avanza la recuperación del suelo (Paul et al., 2022). En conjunto, los resultados evidencian que el incendio generó una alteración temporal de las propiedades químicas superficiales del suelo asociada a la incorporación de cenizas y cambios en la composición iónica de la solución edáfica.

Materia orgánica (MO) y nitrógeno (N)

La materia orgánica disminuyó de 9,2 % a 7,8 % (Figura 8), mientras que el nitrógeno total se redujo de 4,6 a 3,9 mg/g (Figura 10), evidenciando cambios asociados al disturbio ocasionado por el incendio. Estos resultados coinciden con lo reportado por Cano et al. (2026), quienes registraron reducciones de materia orgánica en suelos afectados por incendios forestales, y con Camargo (2022), quien observó disminuciones simultáneas de materia orgánica y nitrógeno debido a la relación existente entre ambos componentes del suelo. La disminución de estos parámetros puede atribuirse al consumo de la materia orgánica superficial durante la combustión, principalmente de las fracciones más susceptibles a la degradación térmica (Cano et al., 2026). Asimismo, la reducción del nitrógeno estaría relacionada con la pérdida de compuestos nitrogenados asociados a la materia orgánica, los cuales pueden volatilizarse durante el proceso de quema y modificar temporalmente la disponibilidad de este nutriente en el suelo (Camargo, 2022). En conjunto, los resultados evidencian que el incendio produjo una reducción temporal de la materia orgánica y el nitrógeno en la capa superficial del suelo, modificando la disponibilidad de estos nutrientes durante las etapas iniciales posteriores al disturbio.

Fósforo (P) y potasio (K)

El fósforo disponible aumentó de 4,9 a 7,7 mg/kg, mientras que el potasio se incrementó de 186,9 a 194,5 mg/kg tras el incendio (Figura 9). Estos resultados coinciden con lo reportado por Bridges et al. (2019), quienes registraron aumentos de nutrientes asociados a la mineralización de la materia orgánica y al aporte de cenizas después del fuego. Asimismo, Souza et al. (2024) y Agbeshie et al. (2022) señalan que la respuesta del fósforo y del potasio puede variar en función de la severidad del incendio, la cantidad de biomasa consumida y las características fisicoquímicas del suelo.

El incremento del fósforo disponible puede atribuirse a la combustión de la materia orgánica y a la liberación del fósforo contenido en los residuos vegetales y la biomasa superficial. Las altas temperaturas favorecen la mineralización del fósforo orgánico y su transformación hacia formas inorgánicas, principalmente ortofosfatos ($H_2PO_4^-$ y HPO_4^{2-}), que pueden incorporarse temporalmente al suelo mediante las cenizas (Souza et al., 2024). Por su parte, el potasio presentó un incremento más moderado debido a que este elemento se encuentra principalmente en forma iónica (K^+) en los tejidos vegetales y se libera rápidamente durante la combustión, acumulándose temporalmente en las cenizas y la solución del suelo (Agbeshie et al., 2022).

El incremento del fósforo fue considerablemente mayor que el del potasio, con aumentos aproximados de 57,1 % y 4,1 %, respectivamente. Este comportamiento sugiere que la mineralización de la materia orgánica y la incorporación de cenizas favorecieron una mayor liberación temporal de fósforo en comparación con el potasio. En contraste, el menor incremento del potasio podría relacionarse con su elevada solubilidad y movilidad, características que facilitan su redistribución y posible pérdida por lixiviación después del incendio (Cheng et al., 2025). Los resultados evidencian un incremento temporal del fósforo y potasio en la capa superficial del suelo posterior al incendio, asociado principalmente a la incorporación de cenizas y a la liberación de nutrientes durante la combustión de la biomasa.

Fe, Cu, Zn y Mn

Los micronutrientes disponibles tras del incendio presentaron reducciones de Fe, Cu, Zn y Mn respecto al suelo no afectado (Figura 11). Estos resultados coinciden con lo señalado por Souza et al. (2024), quienes indicaron que el fuego modifica la dinámica de los nutrientes mediante cambios en las propiedades químicas del suelo, y con Román et al. (2024), quienes reportaron que los incendios alteran las condiciones edáficas y la disponibilidad de nutrientes durante el periodo posterior al disturbio.

La disminución observada puede relacionarse con el incremento del pH registrado después del incendio. La incorporación de cenizas con cationes básicos puede reducir la acidez del suelo y modificar la solubilidad de algunos micronutrientes metálicos (Souza et al., 2024). Bajo estas condiciones, el Fe y el Mn pueden presentar menor solubilidad por procesos de oxidación y formación de compuestos menos disponibles, mientras que el Cu y el Zn pueden incrementar su retención en las superficies minerales del suelo, reduciendo su concentración en la solución edáfica (Lopez et al., 2024).

Asimismo, la disminución de la materia orgánica pudo contribuir a la reducción de estos micronutrientes, debido a que esta constituye una fuente importante de Fe, Cu, Zn y Mn y participa en su retención mediante la formación de complejos orgánicos. La combustión de las fracciones orgánicas más susceptibles reduce la capacidad del suelo para mantener estos elementos en formas disponibles, especialmente en el caso del Cu y Zn, cuya dinámica está relacionada con la presencia de compuestos orgánicos (Lopez et al., 2024).

La respuesta de los micronutrientes presentó diferencias entre elementos. El Fe y el Mn fueron más sensibles a las modificaciones del pH y a los procesos de oxidación asociados al calentamiento del suelo, mientras que el Cu y el Zn estuvieron más relacionados con la reducción de la materia orgánica y los procesos de adsorción superficial (McClure et al., 2025). Estos resultados evidencian que el incendio modificó las condiciones químicas superficiales del suelo y redujo temporalmente la disponibilidad de micronutrientes como Fe, Cu, Zn y Mn, asociados principalmente a los cambios de pH y a la disminución de la materia orgánica.

Metales pesados (Pb, Cd y Ni)

El plomo (Pb) aumentó de 0,04 a 0,18 mg/kg, mientras que el cadmio (Cd) y el níquel (Ni) disminuyeron después del incendio (Figura 12). Estos resultados coinciden con lo reportado por Campos et al. (2016) y Raudonytė et al. (2022), quienes señalaron que los incendios pueden generar respuestas diferenciadas en los metales potencialmente tóxicos debido a sus características geoquímicas y comportamiento de movilidad en el suelo. El incremento del Pb podría relacionarse con su baja movilidad y su capacidad de asociarse con las cenizas y las partículas coloidales del suelo, favoreciendo su retención temporal en la capa superficial después del incendio (Fernández, 2022). En cambio, la disminución del Cd y del Ni podría estar relacionada con su mayor movilidad relativa, lo que favorece procesos de redistribución, lixiviación o transporte superficial después del disturbio, especialmente bajo condiciones de precipitación posteriores al incendio (Raudonytė et al., 2022)

Las variaciones observadas también pueden estar influenciadas por los cambios en el pH y la materia orgánica del suelo ocasionados por el incendio, debido a que estos factores regulan la movilidad, retención y disponibilidad de los elementos químicos en el medio edáfico (Agbeshie et al., 2022). Asimismo, la severidad del incendio y las condiciones ambientales posteriores pueden determinar la magnitud de estas modificaciones durante la recuperación del ecosistema (González et al., 2024). Los resultados muestran que el incendio modificó temporalmente la distribución de los metales evaluados, promoviendo la retención superficial de Pb y la reducción de las concentraciones de Cd y Ni en la capa analizada.

4.2. Caracterización química de las enmiendas orgánicas

Las enmiendas orgánicas evaluadas presentaron diferencias marcadas en su composición química (Figura 13). El compost registró las mayores concentraciones de fósforo disponible (953,2 mg/kg) y potasio (2260,8 mg/kg), mientras que el humus destacó por su mayor contenido de materia orgánica (28,5 %). En contraste, el biol presentó los menores valores de materia orgánica (0,4 %) y fósforo (3,4 mg/kg), aunque registró la mayor conductividad eléctrica (8358 µS/cm), lo que sugiere una elevada concentración de sales solubles asociada a su naturaleza líquida fermentativa. El nitrógeno mostró valores relativamente

homogéneos entre las enmiendas (3,7–4,2 mg/g) y el pH se mantuvo ligeramente alcalino en todos los tratamientos. Estos resultados coinciden con lo reportado por Gil et al. (2023), Jakubus (2020) y Gong et al. (2020), quienes señalaron que la composición de los biofertilizantes y abonos orgánicos depende del tipo de materia prima y del proceso de elaboración. En este sentido, los resultados evidencian una diferenciación funcional entre las enmiendas evaluadas, donde el compost constituye una importante fuente de macronutrientes, el humus aporta materia orgánica estabilizada y el biol se caracteriza por presentar una elevada concentración de sales solubles en forma líquida.

Respecto a los micronutrientes (Figura 14), el compost presentó los mayores contenidos de hierro (36,20 mg/kg) y manganeso (10,00 mg/kg), mientras que el humus registró las mayores concentraciones de cobre (1,20 mg/kg) y zinc (10,00 mg/kg). Estas variaciones reflejan la heterogeneidad inherente a los materiales orgánicos, determinada por su origen, composición y grado de estabilización, tal como lo describen Jakubus (2020) y Guo et al. (2020). En conjunto, los resultados indican que las enmiendas evaluadas presentan una composición química adecuada para su uso agrícola y forestal, al aportar nutrientes esenciales y presentar características complementarias que respaldan su empleo en programas de recuperación de suelos degradados por incendios forestales (Gil et al., 2023).

4.3. Efecto de las enmiendas orgánicas sobre las propiedades del suelo degradado

Las propiedades químicas del suelo presentaron diferencias significativas entre tratamientos según la prueba de Kruskal-Wallis ($p < 0.05$) (Tabla 3). Entre las enmiendas evaluadas, el biol presentó el mayor efecto sobre la fertilidad química del suelo, al registrar los valores más altos de pH (7.33 ± 0.17), materia orgánica (9.18 ± 0.13 %), nitrógeno (4.90 ± 1.60 mg/g), fósforo disponible (12.9 ± 6.20 mg/kg) y potasio disponible (309 ± 82.1 mg/kg), en comparación con el compost y el humus. Por su parte, el compost presentó los menores contenidos de macronutrientes entre las enmiendas evaluadas (Figura 15). Este comportamiento indica que el biol fue la enmienda que produjo la respuesta más favorable sobre las propiedades químicas evaluadas, mientras que el compost y el humus mostraron un efecto comparativamente menor. Estos resultados son consistentes con lo reportado por Gómez et al. (2025) y Oviedo et al. (2023), quienes señalaron que el biol constituye una fuente de nutrientes esenciales y una alternativa eficaz para complementar los requerimientos nutricionales de los cultivos debido a su aporte de nitrógeno, fósforo y

potasio.

El mayor efecto observado con el biol puede estar relacionado con las características de esta enmienda y con su contenido de nutrientes, debido a que el proceso de fermentación permite obtener productos que contienen nitrógeno, fósforo y potasio (Azaña et al., 2021). Los nutrientes liberados por las cenizas después del incendio pueden experimentar cambios en su disponibilidad con el transcurso del tiempo. Por ello, los valores determinados al finalizar el periodo de evaluación corresponden a una condición posterior a los efectos iniciales de la quema (Dorta et al., 2015). En este contexto, las diferencias observadas entre tratamientos para nitrógeno, fósforo y potasio pueden relacionarse con la incorporación y transformación de los nutrientes aportados por las enmiendas. Durante el proceso de fermentación, los compuestos orgánicos son transformados y se generan formas minerales de nutrientes que pueden incorporarse a la solución del suelo (Gong et al., 2020). Este proceso puede favorecer la disponibilidad de nutrientes para las plantas y contribuir a su nutrición (Gil et al., 2023). En este sentido, los mayores valores de nitrógeno, fósforo disponible y potasio registrados en el suelo tratado con biol, respecto al compost y humus, pueden asociarse con el aporte de nutrientes de esta enmienda.

Asimismo, el biol presentó el mayor contenido de materia orgánica entre los tratamientos, lo que puede favorecer procesos relacionados con la actividad microbiana y la transformación de nutrientes en el suelo. La incorporación de compuestos orgánicos fácilmente disponibles puede estimular la actividad de los microorganismos y favorecer la mineralización de la materia orgánica, contribuyendo a la liberación progresiva de nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio (Zhao et al., 2023). Por ello, la mayor concentración de estos nutrientes observada en el tratamiento con biol podría estar asociada tanto al aporte directo de nutrientes de la enmienda como a una mayor disponibilidad de compuestos orgánicos susceptibles de transformación en el suelo.

El incremento del pH observado en el tratamiento con biol también evidencia un efecto favorable de esta enmienda sobre las condiciones químicas del suelo. Este comportamiento podría atribuirse a la incorporación de compuestos orgánicos y cationes básicos generados durante la fermentación (Gong et al., 2020), los cuales pueden contribuir a disminuir la acidez del suelo y favorecer condiciones adecuadas para la disponibilidad de nutrientes (Wang y Kuzyakov, 2024). De esta manera, el biol mostró un efecto favorable de manera conjunta sobre las principales propiedades químicas evaluadas, a diferencia del compost y

el humus, cuyos valores fueron inferiores en varias de las variables analizadas.

En conjunto, los resultados permiten establecer que el biol fue la enmienda que presentó el mayor efecto sobre la fertilidad química del suelo, debido a que alcanzó los valores más altos de pH, materia orgánica, nitrógeno, fósforo disponible y potasio disponible. El humus mostró un efecto intermedio, mientras que el compost presentó la menor respuesta entre las tres enmiendas, particularmente en los contenidos de macronutrientes. Por tanto, bajo las condiciones evaluadas, el biol representa la alternativa con mayor potencial para mejorar las condiciones químicas del suelo degradado, al favorecer simultáneamente la disponibilidad de nutrientes y el contenido de materia orgánica (Oviedo et al., 2023).

Micronutrientes

El análisis de Kruskal-Wallis (Tabla 4) evidenció diferencias significativas entre tratamientos para Fe ($\chi^2 = 13.7$; gl = 3; p = 0.003), Cu ($\chi^2 = 14.1$; gl = 3; p = 0.003) y Mn ($\chi^2 = 14.0$; gl = 3; p = 0.003), mientras que el Zn no presentó diferencias significativas ($\chi^2 = 0$; gl = 3; p = 1.00). El compost registró los mayores contenidos de Fe (48.20 ± 0.33 mg/kg) y Cu (2.59 ± 0.04 mg/kg), mientras que el Mn disminuyó progresivamente desde el tratamiento testigo hasta el humus (Figura 16). Estos resultados son consistentes con lo reportado por Jakubus (2020) y Guo et al. (2020), quienes señalaron que la dinámica de los micronutrientes en suelos tratados con enmiendas orgánicas está influenciada por la composición de los materiales aplicados y por el grado de transformación de la materia orgánica.

El mayor contenido de Fe y Cu en el tratamiento con compost podría atribuirse a las características químicas de esta enmienda y a las transformaciones que ocurren durante el proceso de compostaje, las cuales pueden influir en la concentración de micronutrientes presentes en el material final (Bailón & Florida, 2021). Durante el compostaje, la pérdida de carbono en forma de CO_2 reduce la masa total del material y puede generar un efecto de concentración de elementos minerales, favoreciendo una mayor concentración de algunos micronutrientes en el material final (Guo et al., 2020). En este contexto, la alteración de las propiedades del suelo ocasionada por el incendio pudo modificar inicialmente la distribución y disponibilidad de estos elementos, mientras que la incorporación de compost habría contribuido posteriormente a su redistribución en el suelo (Dorta et al., 2015). Asimismo, los compuestos húmicos formados durante el proceso de maduración pueden

interactuar con Fe y Cu, modificando su comportamiento y disponibilidad en el suelo (Jakubus, 2020).

Por el contrario, la disminución progresiva del Mn podría explicarse por cambios en las condiciones de oxidación y por la formación de compuestos menos solubles en presencia de valores de pH cercanos a la neutralidad o ligeramente alcalinos, reduciendo su concentración en la solución del suelo (Alloway, 2012). En el caso del Zn, la ausencia de diferencias significativas entre tratamientos sugiere un comportamiento menos sensible a las variaciones en la composición química de los materiales aplicados (Guo et al., 2020).

Finalmente, las enmiendas orgánicas modificaron la dinámica de los micronutrientes, favoreciendo una mayor concentración de Fe y Cu en el tratamiento con compost, mientras que el Zn presentó concentraciones estables y el Mn mostró una tendencia decreciente asociada a cambios en las condiciones químicas del suelo.

4.4. Diámetro

El desarrollo diamétrico de *Corymbia torelliana* presentó diferencias entre tratamientos, evidenciándose mayores valores con la aplicación de biol (15.98 mm) y humus (15.42 mm), en comparación con el compost (12.62 mm) y el tratamiento testigo (8.92 mm) (Figura 17), lo que evidencia una respuesta favorable de las plantas a la aplicación de las enmiendas orgánicas (Ranasinghe et al., 2021).

Estos resultados coinciden con lo reportado por Ferreira et al. (2025), quienes observaron incrementos en el diámetro del tallo en especies del género *Corymbia* mediante la aplicación de enmiendas orgánicas, asociado a una mayor disponibilidad de nutrientes asimilables en el suelo. De manera complementaria, la ausencia de fertilización orgánica puede limitar el crecimiento diamétrico debido a la baja disponibilidad de elementos esenciales para el desarrollo vegetal (Rotowa et al, 2020).

El mayor diámetro registrado en los tratamientos con biol y humus podría explicarse por la mayor disponibilidad de nitrógeno, fósforo y potasio, nutrientes relacionados con el crecimiento vegetal (Gong et al., 2020). El nitrógeno participa en la síntesis de proteínas y en la actividad fotosintética, lo que favorece la producción de fotoasimilados; mientras que el fósforo interviene en la transferencia de energía mediante ATP, proceso fundamental para la división celular y el crecimiento de los tejidos vegetales (Gil et al., 2023). Asimismo,

el potasio participa en la regulación de la turgencia celular y en el transporte de carbohidratos hacia los tejidos en crecimiento, lo que contribuye al desarrollo estructural de la planta (Gong et al., 2020). Considerando que la evaluación se realizó más de un año después del incendio, los resultados de crecimiento diamétrico se obtuvieron en una etapa posterior a los cambios iniciales producidos por el fuego, en la cual la dinámica de los nutrientes del suelo pudo variar con el transcurso del tiempo (Dorta et al., 2015). En este contexto, el aporte de nutrientes mediante las enmiendas podría haber favorecido la producción de biomasa y el desarrollo de los tejidos del tallo, con una respuesta más marcada en los tratamientos con biol y humus, que alcanzaron los mayores valores de diámetro al finalizar la evaluación.

Además, la incorporación de materia orgánica puede mejorar las propiedades físicas y biológicas del suelo, lo que favorece la actividad microbiana y contribuye a mantener condiciones adecuadas para el desarrollo de las raíces (Gil et al., 2023). Este efecto complementario de las enmiendas podría haber contribuido al establecimiento y desarrollo diamétrico de *Corymbia torelliana* durante el periodo de evaluación. En conjunto, los resultados muestran una respuesta diferenciada entre las enmiendas, con mayores valores de diámetro en los tratamientos con biol y humus.

4.5. Altura

En las evaluaciones de altura de *Corymbia torelliana,* realizadas durante trece mediciones consecutivas, se observó una tendencia progresiva de crecimiento en todos los tratamientos (Figura 18), comportamiento similar al reportado por Miranda (2018). A partir de la tercera evaluación se evidenciaron diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.05$), donde el compost presentó la mayor altura promedio (36.96 cm), seguido del biol (35.05 cm) y del humus (34.51 cm), mientras que el tratamiento testigo registró el menor valor (32.27 cm). Esta respuesta inicial del compost podría estar relacionada con una mayor disponibilidad temprana de nutrientes durante la descomposición de la materia orgánica, favoreciendo el incremento de la altura en las primeras etapas de evaluación (Guo et al., 2020). Sin embargo, esta tendencia cambió durante el periodo de seguimiento, con un mayor incremento de altura en el tratamiento con biol, posiblemente asociado con la disponibilidad de nutrientes derivados de esta enmienda (Gil et al., 2023). En la evaluación

final, el biol alcanzó la mayor altura promedio (57.48 cm), seguido del compost (56.48 cm) y del humus (54.20 cm), mientras que el testigo presentó el menor valor (41.92 cm), evidenciando una respuesta favorable de las enmiendas orgánicas sobre el crecimiento en altura de la especie (Miranda, 2018).

El incremento en altura registrado en los tratamientos con biol, compost y humus podría explicarse por una mayor disponibilidad de nitrógeno, fósforo y potasio, nutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo vegetal (Gong et al., 2020). El nitrógeno favorece la síntesis de proteínas y la actividad fotosintética, mientras que el fósforo participa en la transferencia de energía y el potasio interviene en la regulación de la turgencia celular y el transporte de carbohidratos hacia los tejidos en desarrollo (Zhao et al., 2023). Asimismo, la afectación previa del suelo por el incendio pudo modificar temporalmente la disponibilidad de nutrientes y, con ello, influir en la respuesta inicial del crecimiento en altura; posteriormente, la aplicación de las enmiendas orgánicas pudo favorecer la recuperación de las condiciones edáficas necesarias para el desarrollo de las plantas (Certini, 2005; Dorta et al., 2015). En conjunto, los resultados evidencian una respuesta favorable de *Corymbia torelliana* frente a la aplicación de las enmiendas orgánicas, destacando el compost por presentar una respuesta inicial más rápida y el biol por alcanzar la mayor altura al finalizar el periodo de evaluación.

4.6. Número de hojas

El número de hojas de *Corymbia torelliana,* evaluado durante trece mediciones consecutivas (Figura 19), no presentó diferencias significativas entre tratamientos en la primera evaluación ($p > 0.05$). Sin embargo, a partir de la segunda evaluación se evidenciaron diferencias significativas ($p < 0.05$), donde el biol registró el mayor número promedio de hojas (18.65), seguido del compost (16.29) y humus (14.65), mientras que el tratamiento testigo presentó el menor valor (11.29). Esta tendencia se mantuvo durante las evaluaciones posteriores, con incrementos progresivos en los tratamientos con enmiendas orgánicas respecto al control (Hussain et al., 2021). En la evaluación final, el biol alcanzó 39.25 hojas, seguido del compost (35.29) y humus (32.79), mientras que el testigo presentó 20.23 hojas, evidenciando una respuesta favorable de las enmiendas orgánicas sobre la formación foliar de la especie. Estos resultados coinciden con Miranda (2018), quien

reportó que la aplicación de bioles favorece el desarrollo vegetativo y la formación de hojas en especies forestales debido al suministro de nutrientes disponibles para las plantas. Asimismo, las enmiendas orgánicas pueden favorecer la producción foliar al mejorar la disponibilidad de nutrientes esenciales, principalmente nitrógeno, relacionado con la formación de nuevos tejidos vegetales (Yisau et al., 2020).

El mayor número de hojas registrado en los tratamientos con biol, compost y humus podría relacionarse con el aporte de nutrientes esenciales para el desarrollo vegetal, particularmente nitrógeno, fósforo y potasio (Hussain et al., 2021). El nitrógeno participa en la formación de clorofila y compuestos proteicos necesarios para el desarrollo de nuevos tejidos; el fósforo interviene en los procesos de transferencia de energía necesarios para el crecimiento celular, y el potasio participa en la regulación del balance hídrico y la actividad estomática de las plantas, procesos relacionados con el funcionamiento fisiológico y el desarrollo vegetal (Tesfaye et al., 2022). Si bien el incendio forestal constituyó una perturbación inicial del área de estudio, los plantones evaluados fueron establecidos posteriormente y recibieron las enmiendas orgánicas desde el inicio del experimento; por ello, la respuesta en la formación foliar se interpreta principalmente en función de la aplicación y frecuencia de las enmiendas. Asimismo, la incorporación de materia orgánica puede favorecer la actividad microbiana y la disponibilidad de nutrientes en el suelo, contribuyendo al desarrollo vegetativo de las plantas (Fayaz et al., 2020). En este sentido, el biol presentó la mayor respuesta en la producción foliar, lo que podría estar relacionado con su aplicación periódica, mientras que el compost y el humus también favorecieron la formación de hojas en comparación con el tratamiento testigo.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

La caracterización del suelo afectado por el incendio forestal evidenció alteraciones en sus propiedades químicas, principalmente por la disminución del contenido de materia orgánica (9,2 % a 7,8 %) y nitrógeno total (4,6 a 3,9 mg/g), lo que refleja una reducción de la calidad química del suelo posterior al incendio.

Las enmiendas orgánicas modificaron favorablemente las propiedades químicas del suelo degradado, destacando el biol por presentar mayores incrementos en materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio disponible durante el periodo de evaluación, evidenciando su potencial como alternativa para la recuperación de la fertilidad del suelo afectado por incendios forestales.

La aplicación de enmiendas orgánicas favoreció el crecimiento de *Corymbia torelliana*, incrementando significativamente la altura, diámetro y número de hojas respecto al tratamiento testigo. El biol presentó la mayor respuesta al finalizar el periodo de evaluación, con una altura promedio de 57,48 cm, diámetro de 15,98 mm y 39,25 hojas por planta, seguido del compost y humus, demostrando su efecto favorable en la restauración de suelos degradados.

5.2. Recomendaciones

- A futuros investigadores, evaluar el efecto de las enmiendas orgánicas en diferentes áreas afectadas por incendios forestales, considerando variaciones climáticas, edáficas y topográficas, con la finalidad de validar y ampliar los resultados obtenidos en la presente investigación.
- A la Universidad Nacional de Jaén y otras instituciones de investigación, realizar estudios complementarios que evalúen la respuesta de las enmiendas orgánicas bajo diferentes condiciones de aplicación, tomando como referencia las dosis y frecuencias que mostraron resultados favorables en el presente estudio, con el propósito de optimizar su uso en la recuperación de suelos degradados por incendios forestales.

- A las municipalidades, comunidades campesinas e instituciones vinculadas a programas de restauración forestal, promover el uso de biol, compost y humus como alternativas sostenibles para la recuperación de áreas degradadas por incendios forestales, considerando las condiciones particulares y requerimientos de cada sitio de intervención.
- A las instituciones de investigación forestal y programas de restauración, evaluar el efecto del biol en diferentes especies forestales nativas y exóticas de la región, con el fin de ampliar el conocimiento sobre su aplicación en procesos de rehabilitación de ecosistemas afectados por incendios forestales.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adelani, D. (2022). *Influence of organic fertilizers on the early growth of Tamarindus indica* L. *Journal of the Cameroon Academy of Sciences, 18*(1), 295–306. https://doi.org/10.4314/jcas.v18i1.2

Agbeshie, A., Abugre, S, Atta, T., & Awuah, R. (2022). A review of the effects of forest fire on soil properties. Journal of Forestry Research, 33(5), 1419–1441. https://doi.org/10.1007/s11676-022-01475-4

Agegnehu, G., Srivastava, A., & Bird, M. (2017). The role of biochar and biochar-compost in improving soil quality and crop performance: A review. Applied Soil Ecology, 119. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.06.008

Aguirre, S., Piraneque, N., & Barrios, N. (2018). Análisis del efecto del sustrato sobre la calidad de plántulas en cinco especies forestales adaptadas a Santa Marta, Colombia. Revista Espacios,39(47). https://www.revistaespacios.com/a18v39n47/18394733.html

Alloway, B. (2012). *Heavy metals in soils: Trace metals and metalloids in soils and their bioavailability* (3rd ed.). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4470-7

Álvarez, L., Vargas, J., & García, L. (2018). Abono orgánico: aprovechamiento de los residuos orgánicos agroindustriales. Spei Domus, 14(28-29), 1-10. https://doi.org/10.16925/2382-4247.2018.01.04

Alvarez, C., Ferro, A., Echegaray, N., Huaraca, R., Flores, N., & Barreto, J. (2022). Fertilización con humus de lombriz (Eisenia foetida) en el crecimiento vegetativo del cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*). *Revista de Investigación en Ciencia y Tecnología.* https://doi.org/10.57166/riqchary/v4.n1.2022.87

Azaña, T., Sánchez, A., & Villanueva, J. (2021). Efecto de la adición de roca fosfórica y alfalfa en el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio de tres muestras de biol. *REBIOL, 41*(2). https://doi.org/10.17268/rebiol.2021.41.02.04

Bailón, M., & Florida, N. (2021). Caracterización y calidad de los compost producidos y comercializados en Rupa Rupa-Huánuco. *Enfoque UTE, 12*(1), 1–11.

https://doi.org/10.29019/enfoqueute.644

Barnard, D., Mahood, A., Macdonald, J., Amundson, K., Fegel, T., Gleason, S., Guimond, M., Kaiser, S., Sparks, K., Wilkins, M., & Rhoades, C. (2025). Indirect effects of soil amendments on plant traits and the microbiome in post-wildfire forest recovery. Forest Ecology and Management, 594, 122953. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2025.12295

Barrantes, M., Arias, C., Cruz, R., Ramos, L., Murillo, R., & Vargas, P. (2018). Relación de la clorofila y el nitrógeno foliar de Gmelina arborea Roxb. en vivero y en campo. Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 9(46), 209–239. https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i46.124

Barrios, S. (2016). Caracterización fenológica en etapa de vivero de moringa (Moringa oleífera Lam), trupillo (Prosopis juliflora), neem (Azadirachta indica), gualanday (Jacaranda caucana Pittier) y Ceiba bonga (Ceiba pentandra) [Tesis de pregrado, Universidad Abierta y a Distancia de Colombia]. http://repository.unad.edu.co/handle/10596/17437

Bernal, M., Sommer, S., Chadwick, D., Qing, C., Li, G., & Michel, F. (2017). Current approaches and future trends in compost quality criteria for agronomic, environmental, and human health benefits. En D. L. Sparks (Ed.), Advances in Agronomy (Vol. 144, pp. 143–233). Academic Press. https://doi.org/10.1016/bs.agron.2017.03.002

Bernaola, R., Clemente, G., & Vilcapoma, M. (2022). Indicadores morfológicos de la calidad de cinco especies forestales producidas en vivero. Agroindustrial Science. https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2022.02.07

Butler, O., Elser, J., Lewis, T., Mackey, B., & Chen, C. (2018). The phosphorus-rich signature of fire in the soil–plant system: A global meta-analysis. *Ecology Letters.* https://doi.org/10.1111/ele.12896

Butnor, J., Johnsen, K., Maier, C., & Nelson, C. (2020). Intra-annual variation in soil C, N and nutrients pools after prescribed fire in a Mississippi longleaf pine (*Pinus palustris* Mill.) plantation. *Forests, 11*(2), 181. https://doi.org/10.3390/f11020181

Bridges, J., Petropoulos, G., & Clerici, N. (2019). Immediate Changes in Organic Matter and

Plant Available Nutrients of Haplic Luvisol Soils Following Different Experimental Burning Intensities in Damak Forest, Hungary. Forests, 10(5), 453. https://doi.org/10.3390/f10050453

Camargo, C., Pacheco, C., & López, R. (2022). Importancia de la ciencia del suelo: interdisciplinaridad, aplicaciones múltiples y necesidad de la seguridad del suelo para contribuir al desarrollo sostenible. Revista de la Academia de Ciencias Geográficas. https://sogeocol.edu.co/wp-content/uploads/2023/11/Boletin-141-art-1.pdf

Campos, I., Abrantes, N., Keizer, J., & Vale, C. (2016). Major and trace elements in soils and ashes of eucalypt and pine forest plantations in Portugal following a wildfire. Science of The Total Environment, 551-552, 694-704. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.02.041

Cano, T., Bulege, W., & Chunga, A. (2026). Impacto de los incendios forestales en las propiedades edáficas del suelo en el Valle del Mantaro, Perú: Un análisis comparativo post-incendio. *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres REDER, 10*(1), 121–130. https://doi.org/10.55467/reder.v10i1.211

Carmen, U. (2025). Efecto de la biofertilización en el crecimiento de plantones de Theobroma cacao L., en Pasco-Perú [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Tumbes]. https://repositorio.untumbes.edu.pe/handle/UNTUMBES/65771.

Certini, G. (2005). Effects of fire on properties of forest soils: A review. *Oecologia.* https://doi.org/10.1007/s00442-004-1788-8

Chamba, J. (2025). Rendimiento y productividad en el proceso de aserrío de madera aserrada de Ceiba pentandra L. en la maderera El Parral, Provincia de Jaén [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Jaén]. https://repositorio.unj.edu.pe/handle/20.500.14689/852

Cheng, X., Zhang, Y., Li, Z., Wang, S., & Chen, H. (2025). Global patterns of post-fire changes in soil physicochemical properties: A meta-analysis. Catena, 248, 108557. https://doi.org/10.1016/j.catena.2025.108557

Cubas, J., Ocaña, C., Gonzáles, H., Santos, A., Ruiz, M., Barboza, E., & Vergara, A. (2026). Severity and recovery of post-fire vegetation cover using satellite images and burned area indices in Cajamarca (Peru). Fire Ecology, 22, 12.

https://doi.org/10.1186/s42408-025-00442-8

Dorta, I., Navarro, F., Arbelo, C., Rodríguez, A., & Notario del Pino, J. (2015). The temporal distribution of water-soluble nutrients from high mountain soils following a wildfire within legume scrubland of Tenerife, Canary Islands, Spain. *Catena, 135*, 393–400. https://doi.org/10.1016/j.catena.2014.09.016

Dueñas, J., & Intriago, F. (2022). Contenido de metales pesados (Cu, Pb, Ni, Cd) en abonos orgánicos y las materias primas para su elaboración. La Técnica, (1), 45–56. https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8393250.pdf

Estrada, D, Marroquín, R, Sagüil, J, Valiente de León, F, Casasola, A, Suchini, J, Estrada, K, Ralda, F., Hurtarte, J, Luege, A., Luttman, G., Bickford, A., & Martínez, R. (2021). Guía de cultivo de eucalipto.https://www.export.com.gt/documentos/guiadecultivos/guia-de-cultivo-deeucalipto.pdf

Ferreira, P., Cruz, V., Frias, Y., & Lopes, P. (2025). Vermicompost: a pathway to transform organic waste into substrate for seedling production. Discover Agriculture, 3(1). https://doi.org/10.1007/s44279-025-00326-0

Flores, E., Miranda, M., & Villasís, M. (2017). El protocolo de investigación VI: Cómo elegir la prueba estadística adecuada. Estadística inferencial. Revista Alergia México, 64(3). https://doi.org/10.29262/ram.v64i3.304

Freitas, A., Zagatto, L., Rocha, G., Muchalak, F., Silva, S., Muniz, A., Hanada, R., & Tsai, S. (2023). Amazonian dark earths enhance the establishment of tree species in forest ecological restoration. Frontiers in Soil Science, 3, 1161627. https://doi.org/10.3389/fsoil.2023.1161627

García, S., & González, S. (2008). Short- and medium-term effects of fire and fire-fighting chemicals on soil micronutrient availability. *Science of the Total Environment, 407*(1). https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.08.021

García, M., Girona, A., Keizer, J., García, M., Oliveira, B., & Mataix, J. (2024). Post-fire management and biocrust developmentinteract in mid-term soil recovery after a wildfire. Forest Ecology and Management, 572, 1–12. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2024.122293

García, M., Sulbaran, Y., Marín, C., Maldonado, J., García, F., & Rojas, C. (2026). Organic

amendments as a tool to restore soil microbial diversity after wildfires in native Mediterranean forests. Journal of Environmental Management, 397, 128261. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.128261

García, S., Luna, S., Vega, S., Geada, G., & García, Y. (2024). Evaluación de atributos e índices de calidad en plantas de vivero para la reforestación en Pinar del Río, Cuba: Revisión sistemática. La Técnica: Revista de las Agrociencias, 14(1), 37-44. https://doi.org/10.33936/latecnica.v14i1.6377

Gil, L., Leiva, F., Lezama , M., Bardales, C., & León, C. (2023). Biofertilizante "biol": caracterización física, química y microbiológica. *Revista Alfa.* https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v7i20.219

Gimenez, C., Bruno, C., López, J., & Martinez, A. (2023). Minimum sample size for anatomical traits of Corymbia torelliana (F. Muell.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson. IX Reunión GeMFo, Sáenz Peña, Chaco, Argentina, 20-22 septiembre 2022. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.11071.28321

Gomes, F. , Silva, D, Ragagnin, A., Souza, P., & Cruz, S. (2020). Leaf area estimation of Anacardium humile. Revista Brasileira de Fruticultura, 42(5), e628. https://doi.org/10.1590/0100-29452020628

Gómez, L., Abril, J., & Cañas, J. (2025). Efecto de la aplicación de biol como fertilizante orgánico en Megathyrsus maximus, bajo condiciones del Caribe seco colombiano. Revista de Investigación Agraria y Ambiental, 16(1), 229–246. https://doi.org/10.22490/21456453.7676

Gonçalves, J. F. C., Santos Júnior, U. M. dos, & Silva, E. A. da. (2008). *Evaluation of a portable chlorophyll meter to estimate chlorophyll concentrations in leaves of tropical wood species from Amazonian forest*. https://doi.org/10.1590/S2236-89062008000200002

Gong, J., Qin, L., Liu, F., Liu, D., Ma,W., Zhang, T., Liu, X., & Luo, F. (2020). *Effects of organic manure on soil nutrient content: A review*. Chinese Journal of Applied Ecology, 31(4), 1403–1416. https://doi.org/10.13287/j.1001-9332.202004.025

Gonzalez, M., Agüero, M, & Castán, E. (2020). Enmienda con compost y fertilización de suelos afectados por incendios: Respuesta de dos especies nativas de la Patagonia bajo

condiciones de invernadero. Ecología Austral, 30(3). https://doi.org/10.25260/EA.20.30.3.0.948

González, O. (2021). Aproximación a los distintos tipos de muestreo no probabilístico que existen. Revista Cubana de Medicina General Integral. 37.22 https://www.researchgate.net/publication/366367215_Aproximacion_a_los_distintos_tipos_de_muestreo_no_probabilistico_que_existen

Guallpa, L., Noboa, M., & Carpio, R. (2019). Establecimiento y manejo de un vivero forestal. Casa Editora del Polo. https://doi.org/10.23857/978-9942-816-96-2

Guerrero, F. (2022). Evaluación de tres fuentes de fertilización en la producción de plantones de Eucalyptus saligna Smith, en la etapa de vivero, Jaén – Cajamarca [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Jaén, Carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental]. Repositorio institucional UNJ. https://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/517

Hamad, S., & Shahin, A. (2022). Growth performance of Eucalyptus microtheca seedlings in response to different levels of organic and inorganic fertilizer. Qalaai Zanist Scientific Journal, 7(2). https://doi.org/10.25212/lfu.qzj.7.2.44

Hefner, M., Amery, F., Denaeghel, H., Loades, K., & Kristensen, H. (2024). *Composts of diverse green wastes improve the soil biological quality, but do not alleviate drought impact on lettuce (Lactuca sativa L.) growth*. Soil Use and Management, 40(1), e13016. https://doi.org/10.1111/sum.13016

Instituto Nacional de Calidad. (2023, 17 de enero). *INACAL acredita a red de laboratorios del INIA en suelos, agua y foliares*. Plataforma Digital Única del Estado Peruano. https://www.gob.pe/institucion/inacal/colecciones/5695-laboratorios-de-ensayo-alcances-por-empresa

Instituto Nacional de Estadística e Informática (2019). Ubigeo de Perú (INEI). GeoDir. https://account.geodir.co/recursos/ubigeo-inei-peru.html

Jalixto, M., Acero, D., & Morales, J. (2020). *Evaluación de fitotoxicidad y caracterización de un fertilizante líquido elaborado mediante fermentación láctica usando subproductos de trucha (Oncorhynchus mykiss).* Ecología Aplicada, 19(2), 121–131.

https://doi.org/10.21704/rea.v19i2.1563

Jansen, M., Romero, F., & Junior, M. (2024). *Características germinativas de semillas de Ceiba pentandra de diferentes procedencias amazónicas.* Revista Delos, 17(60). https://doi.org/10.55905/rdelosv17.n60-005

Jaulis, C., Juscamaita, J., Martínez, A., Buendía, M., Adama, E., & Fuentes, E. (2024). *Abono líquido orgánico acelerado elaborado a partir de efluentes de la industria de palma aceitera*. Manglar, 21(2), 253-258. https://doi.org/10.57188/manglar.2024.027

Jesus, F., Hernández, R., Rodríguez, D., & Mohedano, L. (2021). *Calidad de planta de Quercus rugosa Née en vivero.* Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 12(67), 147-167. https://doi.org/10.29298/rmcf.v12i67.967

Kaplan, G., Avdan, U., Avdan, Z., & Cerdà, A. (2022). T*he Impact of Biomass Burning On Soil Chemical and Physical Properties.* Toxics, 10(1), 31. https://doi.org/10.3390/toxics10010031

Kuje, E., Agera, S., Japheth, H., Soba, T., & Ndagi, H. (2023). Influence of organic fertilizers on the growth performance of Eucalyptus torilliana seedlings in Nasarawa State, Nigeria. *E-Proceedings of the Faculty of Agriculture International Conference.* https://journals.unizik.edu.ng/faic/article/view/1917

Lanuza, O., Peguero, G., Vilchez, S., & Casanoves, F. (2021). Efecto del riego y la fertilización sobre la calidad de plántulas forestales para restauración del bosque tropical seco. Revista Forestal Mesoamericana Kurú, 18(43), 18–28. https://doi.org/10.18845/rfmk.v19i43.5805

Lefebvre, D., Román, F., Soete, J., Cabanillas, F., Corvera, R., Ascorra, C., Fernandez, L., & Silman, M. (2019). Biochar effects on two tropical tree species and its potential as a tool for reforestation. *Forests, 10*(8), 678. https://doi.org/10.3390/f10080678

Lenth, R. (2024). *emmeans: Estimated Marginal Means, aka Least-Squares* Means (R package). https://CRAN.R-project.org/package=emmeans

López, C. (2021). *Efecto de bioles en el crecimiento de plantones de cacao (Theobroma cacao L.) en vivero* [Tesis de pregrado, Universidad Agraria de la Selva].

https://hdl.handle.net/20.500.14292/1929

Lozano, D., & Yaguana, C. (2021). *Funcionalidad ecológica en plantaciones de eucalipto, en el Bosque Nacional Ipanema: cuál es la importancia de las plantaciones forestales en la restauración de áreas degradadas?.* Bosques Latitud 23 Cero, 11(2), 10–31. https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/1094

M. (2021). *Effects of Fire on the Organic and Chemical Properties of Soil in a Pinus halepensis Mill. Forest in Rocallaura, NE Spain*. Sustainability, 13(9), 5178. https://doi.org/10.3390/su13095178

Machado, A., Serpa, D., Santos, A., Gomes, A., Keizer, J., & Oliveira, B. (2022). *Effects of different amendments on the quality of burnt Eucalyptus forest soils – A strategy for ecosystem rehabilitation*. Journal of Environmental Management, 320, 115766. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115766

Macholdt, J., Hadasch, S., Macdonald, A., Perryman, S., Piepho, H., Scott, T., Styczen, M., & Storkey, J. (2023). Long-term trends in yield variance of temperate managed grassland. Agronomy for Sustainable Development, 43(37). https://doi.org/10.1007/s13593-023-00885-w

Madden, L., & Ojiambo, P. (2024). *The value of generalized linear mixed models for data analysis in the plant sciences.* Frontiers in Horticulture, 3. https://doi.org/10.3389/fhort.2024.1423462

Malleux , J. (1982). *Inventarios forestales en bosques tropicales.* Universidad Nacional Agraria La Molina.

Marín, C., & Rojas, C. (2022). *Seasonal responses of C and N related soil conditions in a fire affected Mediterranean Chilean forest following organic amendments and plant establishment.* Agro Sur, 50, 31-45. https://doi.org/10.4206/agrosur.2022.v50n1-04

Mena, H., Reyes, V., Toloza, I., & Canul, J. (2024). Uso de biofertilizantes en la producción de chile habanero (Capsicum chinense Jacq.) en condiciones protegidas. *P'unguari Juáta Revista Multidisciplinaria de Ciencias*.

Meyer, J., Köster, M., Abdulai, I., Rötter, R., Hagemann, N. y Schmidt, H. (2022). *Impact of Different Methods of Root-Zone Application of Biochar-Based Fertilizers on Young*

Cocoa Plants: Insights from a Pot-Trial. Horticulturae, 8(4), 2-14. https://doi.org/10.3390/horticulturae8040328

Meza, W., Salinas, D., Recalde, S., Barreto, S., & López, C. (2023). *Efecto de la aplicación de enmiendas orgánicas sobre el desarrollo del cultivo de lechuga (Lactuca sativa L.).* Revista Científica Multidisciplinaria, 7(6), 1098-1106. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i6.8744

Ministerio del Ambiente (Minam). (2024). *Minam identifica regiones con riesgo para incendios forestales.* Gobierno del Perú. https://www.gob.pe/institucion/minam/noticias/1004699-minamidentifica-regiones

Ministerio del Ambiente. (2014). *Guía para el muestreo de suelos*. Ministerio del Ambiente. chromeextension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/GUIA-PARA-EL-MUESTREO-DE-SUELOS-final.pdf?utm_source

Miranda, E. (2018). *Efecto De Tres Tipos De Abono Orgánico Líquido (Biol), En La Etapa De Desarrollo En Vivero De Bolaina Blanca (Guazuma crinita C. Martius EN PUCALLPA PERÚ.* https://doi.org/10.26495/rtzh1810.327529

Mishra, P., Singh, U., Pandey, C., Mishra, P., y Pandey, G. (2021). *Application of Student's t-test, Analysis of Variance, and Wilcoxon Mann-Whitney test in infectious disease research*. *Biomedical Biotechnology Research Journal*, 5(4), 357-362. https://doi.org/10.4103/bbrj.bbrj_121_21

Monge, J., Loría, M., y Oreamuno, P. (2022). *Efecto de un biol sobre las características del suelo y la producción de 24 brotes en pitahaya (Hylocereus sp.).* Cuadernos de Investigación UNED , 14 (1), e3836. https://dx.doi.org/10.22458/urj.v14i1.3836

Muñoz, F., Sáenz, J., Coria, V., García, J., Hernández, J., & Manzanill, G. (2015). *Calidad de planta en el vivero forestal La Dieta, Municipio Zitácuaro, Michoacán.* Revista mexicana de ciencias forestales, 6(27),72-89). https://doi.org/10.29298/rmcf.v6i27.282

Murillo, S, Mendoza, A. ., & Fadul, C (2020). *La importancia de las enmiendas orgánicas en la conservación del suelo y la producción agrícola.* Revista Colombiana De

Investigaciones Agroindustriales , 7(1), 58–68
https://doi.org/10.23850/24220582.2503

Noa, S. (2021). *Deforestación en la región amazónica del Perú: situación y perspectivas.* M + A, Revista electrónica de medioambiente, 22(2), 20-39.
https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8488495

Oliva, M., Vacalla, F., Pérez, D., & Tucto, A. (2014). *Manual: vivero forestal para producción de plantones de especies forestales nativas: experiencia en Molinopampa, Amazonas–Perú*. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. http://www.iiap.org.pe/upload/publicacion/publ1419.pdf

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (1981). *El eucalipto en la repoblación forestal*. FAO.
https://www.fao.org/4/AC459S/AC459S00.htm#pre

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2016). *Los árboles fuera del bosque: Plantaciones forestales* (FAO Forestry Paper No. 459S). FAO.
https://www.fao.org/4/ac459s/ac459s.pdf

Palomeque, E., Corral, J., Monreal, S., Ramírez, R., Flores, M., López, R., González, J., & Salaya, A. (2020). *Incendios forestales*. Reforesta MX.
https://www.researchgate.net/publication/340903643_INCENDIOS_FORESTALES

Panday, D., Bhusal, N., Das, S., & Ghalehgolabbehbahani, A. (2024). *Rooted in nature: The rise, challenges, and potential of organic farming and fertilizers in agroecosystems.* Sustainability, 16(4), 1530.
https://doi.org/10.3390/su16041530

Perea, M., & García, W. (2024). *Propuesta para la prevención, mitigación y control de incendios forestales*. Revista Social Fronteriza, 4(1), e41183.
https://doi.org/10.59814/resofro.2024.4(1)183

Pereira, D., Afonso, A., y Medeiros, F. (2020). *Overview of Friedman's test and post-hoc analysis. Communications in Statistics - Simulation and Computation*, 49(11).
https://doi.org/10.1080/03610918.2018.1530781

Presidencia del Consejo de Ministros, Secretaría de Gobierno y Transformación Digital.

(2024). *Geo Perú: Plataforma nacional de datos georreferenciados* (visor.geoperu.gob.pe). Geo Perú. https://visor.geoperu.gob.pe/

Puerta, R., Vargas, Y., Palomino, F., & Reátegui, F. (2024). Efecto de abonos orgánicos en el crecimiento inicial de plantaciones de bolaina Guazuma crinita en Tulumayo. *RevIA*. https://doi.org/10.69507/revia.4.14.17.305

Quevedo, A. (2006). *Influencia Del Humus De Lombricultura En El Crecimiento Inicial De Cedro Colorado En Plantacion A Campo Abierto Y Comportamiento Al Ataque De Hypshiphylla Sp.* Folia Amazónica, 5, 49. Https://Doi.Org/10.24841/Fa.V5i1-2.22025

Quishpe, J., & Agreda, J. (2024). Alteración de la calidad del suelo por incendios forestales, en función del cambio climático en la provincia de Pichincha, Ecuador. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación, 7*(14). https://journalingeniar.org/index.php/ingeniar/article/view/425/535

Ramos, M., Tigua, M., Baque, J., Manrique, T., & Castro, A. (2024). *Efectos del fuego sobre características físicas, químicas y nutricionales del suelo en tierras de vocación forestal*. *Madera y Bosques, 30*(1), e3012509. https://doi.org/10.21829/myb.2024.3012509

Ramos, A, & Lombardi, I. (2020). *Calidad de plantas en un vivero de tecnología intermedia en Huánuco: Estudio de cado con "Eucalipto urograndis". Revista Forestal del Perú,* https://doi.org/10.21704/rfp.v35i2.1581

Ranasinghe, R., Ratnayake, R., & Kannangara, B. (2021). *Effects of foliar and soil-applied liquid organic fertilizers on the growth of Basella alba L. and Centella asiatica L.* Journal of Agricultural Sciences – Sri Lanka, 26(2), 156–167. https://doi.org/10.4038/jasgl.v26i2.6492

Reyes, J., Rodríguez, J., Pimienta de la Torre, D., Fuentes, M., Aguirre, J. & Merino, A. (2022). *Diagnóstico de la calidad de planta en el vivero forestal.* El Campanario, Tuxtla Chico, Chiapas. E-CUCBA, 17(9), 29–37. https://doi.org/10.32870/ecucba.vi17.207

Rivera, S., Higgins, S., & Silva, J. (2013). *Cambios en las propiedades del suelo, posteriores a un incendio en el Parque Nacional Natural de Los Nevados, Colombia.* Acta

Agronómica,62(1),3847.
https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169925874010

Rodríguez, D., Prior, L., & Bowman, D. (2020). *Variation in Eucalyptus delegatensis post-fire recovery strategies: The Tasmanian subspecies is a resprouter whereas the mainland Australian subspecies is an obligate seeder.* Forest Ecology and Management, 464, https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118098

Roman, M., Zubieta, R., Canchi, Y., Martínez, A., Paucar, Y., Alvarez, S., Loayza, J., & Ayala, F. (2024). *Seasonal Effects of Wildfires on the Physical and Chemical Properties of Soil in Andean Grassland Ecosystems in Cusco, Peru: Pending Challenges*. Fire, 7(7). https://doi.org/10.3390/fire7070259

Rueda, A., Benavides, J., Saenz, J., Muñoz, H., Prieto, J., & Orozco, G. (2014). *Calidad de planta producida en los viveros forestales de Nayarit.* Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 5(22), 58 73.
https://doi.org/10.29298/rmcf.v5i22.350

Ruiz, E. (2018). *Efecto de tres tipos de abono orgánico líquido (biol) en la etapa de desarrollo en vivero de bolaina blanca (Guazuma crinita)*. TZHOECOEN, 10(3), 371–382. https://doi.org/10.26495/rtzh1810.327529

Salcedo, S., Canihua, J., Quispe, M., & Cosme de la Cruz, R. (2022). *Influencia de las enmiendas orgánicas en el suelo y el comportamiento agronómico de Chenopodium quinoa Willd. en el Altiplano peruano.* Agroindustrial Science, 12(1), 39-46. https://hdl.handle.net/20.500.12955/1678

Sánchez, Y., Raqui, C., Huaroc, E., & Huaroc, N. (2024). *Importancia de conocer la normalidad de los datos utilizados en los trabajos de investigación por tesistas.* Revista Tecnológica Educativa Docentes 2.0, 17(2), 404–413.
https://doi.org/10.37843/rted.v17i2.554

Sánchez, T., Ramírez, D., & García, L. (2026). *El compostaje en agroecología: Efectos sobre la estructura del suelo, la disponibilidad de nutrientes y los microorganismos beneficiosos.* Scientia Agropecuaria, 17(1), 211–225.
https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2026.015

Santana, V., Baeza, M., Valdecantos, A., & Tárrega, R. (2012). Fire severity effects on ash chemical composition and water-extractable elements. *Geoderma, 191*, 105–114.

https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2012.02.005

Santos, M., & Martínez, J. (2023). *Efecto de enmiendas orgánicas en la recuperación de un suelo degradado por un incendio forestal*. Revista de Ciencias Agrarias y Ambientales, 18(2), 115-128. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90478825002

Scheper, A., Verweij, P., & Van, M. (2021). *Post fire forest restoration in the humid tropics: A synthesis of available strategies and knowledge gaps for effective restoration.* Science of the Total Environment, 771, 144647. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144647

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2002). Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. *Diario Oficial de la Federación*. https://www.dof.gob.mx/index.php?day=31&edicion=MAT&month=12&year=2002

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre [SERFOR]. (2021). *Manual de manejo forestal comunitario en plantaciones*. Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. https://repositorio.serfor.gob.pe/handle/SERFOR/915

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI]. (2025). *Estaciones meteorológicas e hidrológicas – Cajamarca*. SENAMHI. https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=cajamarca&p=estaciones

Shingala, M., & Rajyaguru, A. (2015). Comparison of post hoc tests for unequal variance. *International Journal of New Technologies in Science and Engineering, 2*(5), 22–33. https://www.ijntse.com/upload/1447070311130.pdf

Šidák, Z. (1967). Rectangular confidence regions for the means of multivariate normal distributions. *Journal of the American Statistical Association, 62*(318), 626–633.

Sosa, L., Moreno, B., Herrera, R., Panettieri, M., Madejón, E., & Benítez, E. (2021). Organic amendments and sampling date influences on soil bacterial community composition and their predictive functional profiles in an olive grove ecosystem. *Agriculture,* https://doi.org/10.3390/agriculture11111178

Souza, P., Prats, S., Merino, A., Guiomar, N., Guijarro, M., & Madrigal, J. (2024). Fire

enhances changes in phosphorus (P) dynamics determining potential post-fire soil recovery in Mediterranean woodlands. *Scientific Reports, 14*(1), 21718. https://doi.org/10.1038/s41598-024-72361-8

Strîmbu, B. (2014). Comparing the efficiency of intensity-based forest inventories with sampling-error-based forest inventories. *Forestry,* 87(2), 249–255. https://doi.org/10.1093/forestry/cpt061

Vargas, P., Tenesaca, W., Centanaro, P., & Peña, C. (2024). *Efecto de tres sustratos y dos fórmulas de fertilizantes en el crecimiento de plántulas de cacao (Theobroma cacao L.), Naranjal, provincia del Guayas*. SATHIRI, 19(2), 164–177. https://doi.org/10.32645/13906925.1287

Vázquez, J., & Loli, O. (2018). Compost y vermicompost como enmiendas en la recuperación de un suelo degradado por el manejo de Gypsophila paniculata *Scientia Agropecuaria*, https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.01.05

Vega, R., Ruelas, R., Sañudo, R., & Félix, J. (2025). Compostaje de residuos sólidos orgánicos y su efecto en especies forestales de importancia económica en el norte de Sinaloa. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 16*(89), 107–130. https://doi.org/10.29298/rmcf.v16i89.1452

Verdejo, P. (2023). Evaluación de diferentes mezclas de sustratos en la producción de plantas de Ceiba pentandra (L.) Gaertn. en contenedor [Tesis de pregrado, Universidad AutónomaAgrariaAntonioNarro]. https://repositorio.uaaan.mx/xmlui/handle/123456789/49050

Verma, S., Pradhan, S., Singh, A., & Kushuwaha, M. (2024). Effect of organic manure on different soil properties: A review. International Journal of Plant & Soil Science, https://doi.org/10.9734/ijpss/2024/v36i54515

Verma, S., Singh, S., & Singh, J. (2019). Post-fire soil nutrient dynamics in a tropical dry deciduous forest of Western Ghats, India. *Forest Ecosystems,* https://doi.org/10.1186/s40663-019-0168-0

Wang, C., & Kuzyakov, Y. (2024). Soil organic matter priming: The pH effects. *Global Change Biology* https://doi.org/10.1111/gcb.17349

Wang, L., & Fu, Q. (2020). Soil quality assessment of vegetation restoration after a large forest

fire in Daxing'anling, northeast China. *Canadian Journal of Soil Science.* https://doi.org/10.1139/cjss-2019-0013

Wang, Y., Jin, G., Shi, B., & Liu, Z. (2019). Empirical models for measuring leaf area and leaf mass across growing periods in broadleaf species. *Ecological Indicators,* 102, 289–301. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.02.041

Weinstein, M., Baram, S., Yermiyahu, U., Tsehansky, L., Sperling, O. y Graber, E. R. (2025). Evaluation of Optical Chlorophyll Meters as Proxy for Nitrogen inTheobroma cacao L. *Revista de la Sociedad Estadounidense de Ciencias Hortícolas,* 150(4), 177–181. https://doi.org/10.21273/JASHS05483-25

Xifré, M., Prat, N., Francos, M., Úbeda, X., & Castellnou, M. (2021). Effects of fire on the organic and chemical properties of soil in a *Pinus halepensis* Mill. forest in Rocallaura, NE Spain. *Sustainability, 13*(9), 5178. https://doi.org/10.3390/su13095178

Zucchetti, R. (2023). Fuentes y niveles de biol en el crecimiento de plantones de Persea americana (palto) en vivero [Tesis de pregrado, Universidad Agraria de la Selva]. https://hdl.handle.net/20. 500.14292/2674

Zuluaga, M. (2020). *Restauración ecológica a suelos impactados por incendios forestales*. Especialización en Planeación Ambiental y Manejo de Recursos Naturales, Universidad Militar Nueva Granada. https://hdl.handle.net/10654/36087

VII. AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecemos a Dios, por brindarnos salud, fortaleza, sabiduría y perseverancia para culminar satisfactoriamente esta importante etapa de nuestra formación profesional. Su guía y bendiciones fueron fundamentales para superar los desafíos presentados durante el desarrollo de esta investigación.

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a nuestras familias, por su amor, comprensión, confianza y apoyo incondicional a lo largo de este camino. Su constante motivación y sacrificio fueron el impulso necesario para alcanzar esta meta.

A nuestros asesores, M. Sc. Gino Fernando Mondragón Aguirre y Dr. Luis Arturo Gil Ramírez, por su orientación, paciencia, disposición y valiosos conocimientos brindados durante el desarrollo de la investigación. Sus aportes académicos fueron fundamentales para la culminación de este trabajo.

Agradecemos al Laboratorio de Silvicultura de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental de la Universidad Nacional de Jaén, por facilitarnos equipos, herramientas e instalaciones para la ejecución de las diferentes actividades de investigación.

Asimismo, expresamos nuestro reconocimiento a las oficinas de Responsabilidad Social Universitaria (RSU) de la Universidad Nacional de Jaén, al Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) y al Fundo Don Bosque, por las facilidades brindadas y el apoyo recibido durante la ejecución del estudio.

Finalmente, agradecemos a la Universidad Nacional de Jaén, a la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental, a nuestros docentes, compañeros y a todas las personas que de una u otra manera contribuyeron al desarrollo y culminación exitosa de esta investigación.

VIII. DEDICATORIA

A Dios, por brindarme fortaleza, sabiduría y guía durante cada etapa de este camino, permitiéndome culminar con éxito esta importante meta.

A mis padres, Rosa Chumacero Córdova y Samuel Guzmán Abad, por su amor incondicional, paciencia, consejos y apoyo constante, así como por inculcarme valores y principios que han orientado mi vida y formación profesional.

A mis hermanos, especialmente a Denis Guzmán y Eydin Guzmán, por su apoyo económico y aliento permanente.

A Rosa Córdova Sosa y Marly Castro Córdova, por su apoyo desinteresado, confianza y constante respaldo durante este proceso. Su generosidad, cariño y ayuda fueron fundamentales para alcanzar esta meta.

Con cariño, dedico este trabajo a cada uno de ustedes.

Yessica Yesenia Guzman Chumacero

A Dios, por guiar mis pasos y darme la fortaleza necesaria para culminar esta importante etapa de mi vida.

A mis padres, Cleiman Heredia Heredia y Marly Verónica Castro Córdova, por su amor, sacrificio, apoyo incondicional y por los valores que me han inculcado a lo largo de mi vida.

A mis abuelos, Rosa Elena Córdova Sosa y Juan del Carmen Castro Ruiz, por su cariño, consejos y confianza, que han sido una fuente constante de motivación.

A mi tía, Deysi Juliana Castro Córdova, y a su familia; así como a mi tío, Juan del Carmen Castro Córdova, y a su familia, por su apoyo, afecto y respaldo durante este camino.

De manera especial, a mi enamorada, Yessica Yesenia Guzman Chumacero, por su paciencia, comprensión y constante motivación para seguir adelante y alcanzar esta meta.

Con profundo cariño y gratitud, dedico este trabajo a cada uno de ustedes.

Marco Antonio Heredia Castro

IX. ANEXOS

ANEXO 1. ZONA AFECTADA POR EL INCENDIO

Figura 20

Plantas de Corymbia torelliana y suelo afectado por incendio forestal en San Miguel de las Naranjas.

a)



b)



Nota. Imagen del estado de la parcela después del incendio. a) Imagen del vuelo de la plantación afectada por el incendio forestal del área de estudio. b) Imagen del suelo degradado por el incendio.

Figura 21

Evidencia del impacto del incendio forestal en la vegetación arbórea y en individuos del género Corymbia en el sector Las Naranjas

a)



b)

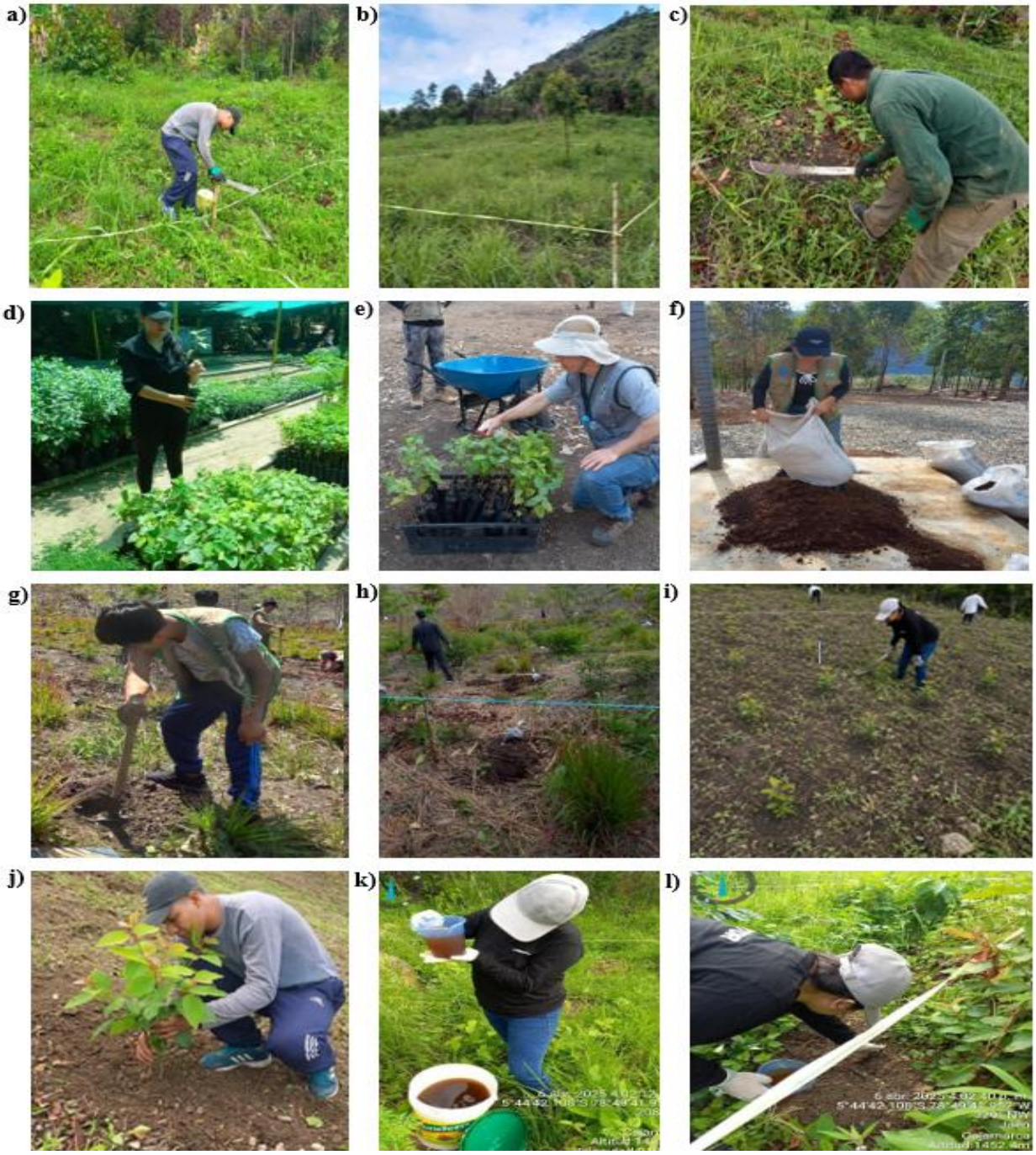


Nota. a) Regeneración del suelo por hiervas de rápido crecimiento. b) Vista del área forestal afectada por el incendio.

ANEXO 2. INSTALACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Figura 22

Actividades realizadas durante el establecimiento y manejo del área experimental.



Nota: a) Limpieza y delimitación del área experimental; b) delimitación de las unidades experimentales; c) deshierbe del área; d) selección de plantones; e) preparación y selección de plantones para el establecimiento; f) preparación de humus; g) apertura de hoyos para la plantación; h) distribución y marcado de los puntos de plantación; i) limpieza y mantenimiento del área experimental; j) Evaluación de *Corymbia torelliana*; k) preparación de biol para su aplicación; l) aplicación de biol a los plantones.

ANEXO 3. MUESTREO DE SUELOS

Figura 23

Proceso de muestreo de suelos

a)



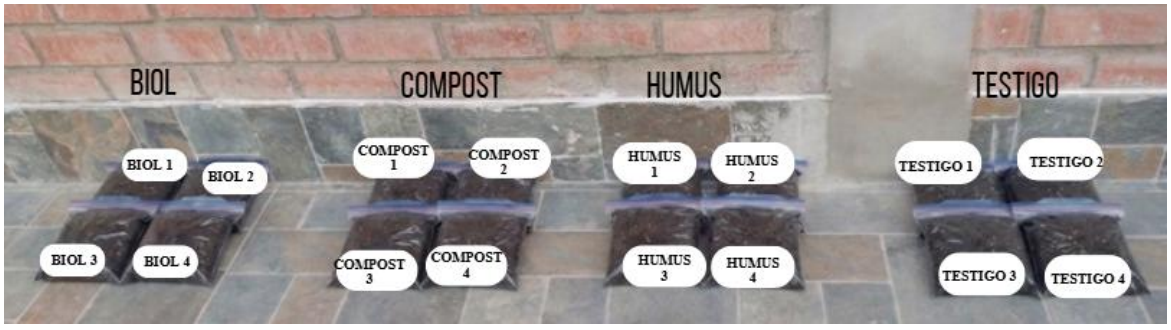
b)



c)



d)



Nota: a) Muestreo de suelo en campo; b) preparación y rotulado de las muestras de suelo; c) muestras de suelo no afectado, suelo afectado, humus y compost; d) Organización y rotulado de las muestras de las enmiendas orgánicas y tratamiento testigo.

ANEXO 4. ANÁLISIS DE MICRONUTRIENTES DEL BIOL, COMPOST, Y HUMUS

Figura 24

Informe de resultados de micronutrientes del INIA

Instituto Nacional de Innovación Agraria

INFORME DE ENSAYO

LABSAF VISTA FLORIDA

N° 060002-26NA / AB / VF

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente	: Yessica Yesenia Guzman Chumacero
Propietario / Productor	: Yessica Yesenia Guzman Chumacero
Dirección del cliente	: Calle Luis Castillo Caballero 105
Solicitado por	: Yessica Yesenia Guzman Chumacero
Muestreado por	: El cliente
Referencia del muestreo	: Reservado por el cliente
Procedencia de muestra(s) (***)	: Jaen - Jaen - Cajamarca
Fecha(s) de muestreo (***)	: 2026-04-15
Fecha de recepción de muestra(s)	: 2026-05-19
Lugar de ensayo	: LABSAF VISTA FLORIDA
Fecha(s) de análisis	: Del 2026-05-28 al 2026-05-29
Cotización del servicio	: 0095-26-VF

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM			1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio			AB0003-VF-26	AB0004-VF-26	AB0005-VF-26	-	-	-
Matriz Analizada			Abonos	Abonos	Abonos	-	-	-
Fecha de Muestreo (***)			2026-04-15	2026-04-15	2026-04-15	-	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)			11:05	11:37	10:23	-	-	-
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)			Compost	Humus	Biol	-	-	-
Ensayo	**Unidad**	**LC**	**Resultados**					
Micronutrientes disponible (Fe, Cu, Zn, Mn)	-	-	-	-	-	-	-	-
Hierro disponible (Fe)	mg/kg	-	36,20	32,40	3,20	-	-	-
Cobre disponible (Cu)	mg/kg	-	1,00	1,20	0,20	-	-	-
Zinc disponible (Zn)	mg/Kg	-	9,40	10,00	0,00	-	-	-
Manganeso disponible (Mn)	mg/kg	-	10,00	5,60	0,40	-	-	-
Metales contaminantes (Pb, Cd, Ni)	-	-	-	-	-	-	-	-
Plomo (Pb)	mg/kg	-	0,98	0,98	0,38	-	-	-
Cadmio (Cd)	mg/kg	-	0,00	0,00	0,00	-	-	-
Niquel (Ni)	mg/kg	-	0,06	0,06	0,06	-	-	-

ANEXO 5. ANÁLISIS DE MICRONUTRIENTES DE SUELOS

Figura 25

Informe de resultados de micronutrientes del INIA

Instituto Nacional de Innovación Agraria

INFORME DE ENSAYO
LABSAF VISTA FLORIDA
N° 061703-26NA / SU / VF

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente	: Yessica Yesenia Guzman Chumacero
Propietario / Productor	: Yessica Yesenia Guzman Chumacero
Dirección del cliente	: Calle Luis Castillo Caballero 105
Solicitado por	: Yessica Yesenia Guzman Chumacero
Muestreado por	: El cliente
Referencia del muestreo	: Reservado por el cliente
Procedencia de muestra(s) (***)	: Jaen - Jaen - Cajamarca
Fecha(s) de muestreo (***)	: 2026-05-14
Fecha de recepción de muestra(s)	: 2026-05-19
Lugar de ensayo	: LABSAF VISTA FLORIDA
Fecha(s) de análisis	: Del 2026-05-28 al 2026-05-29
Cotización del servicio	: 0094-26-VF

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM			1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio			SU2418-VF-26	SU2419-VF-26	SU2420-VF-26	SU2421-VF-26	SU2422-VF-26	-
Matriz Analizada			Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	-
Fecha de Muestreo (***)			2026-05-14	2026-05-14	2026-05-14	2026-05-14	2026-05-14	-
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)			11:36	9:15	9:35	10:20	11:09	-
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)			00	T1 (Suelo)	T2 (Suelo)	T3 (Suelo)	T4 (Suelo)	-
Ensayo	**Unidad**	**LC**	**Resultados**					
Micronutrientes disponible (Fe, Cu, Zn, Mn)	-	-	-	-	-	-	-	-
Hierro disponible (Fe)	mg/kg	-	63,40	20,40	35,00	48,20	20,80	-
Cobre disponible (Cu)	mg/kg	-	3,40	1,40	1,60	2,60	1,80	-
Zinc disponible (Zn)	mg/Kg	-	2,40	0,40	0,40	0,40	0,40	-
Manganeso disponible (Mn)	mg/kg	-	42,20	34,40	18,80	33,40	28,40	-
Metales contaminantes (Pb, Cd, Ni)	-	-	-	-	-	-	-	-
Plomo (Pb)	mg/kg	-	0,04	0,18	0,20	0,12	0,14	-
Cadmio (Cd)	mg/kg	-	0,06	0,02	0,02	0,04	0,04	-
Niquel (Ni)	mg/kg	-	0,32	0,00	0,04	0,10	0,02	-

ANEXO 6. ANÁLISIS DE FISICOQUÍMICO DE ENMIENDAS

Figura 26

Informe de resultados del compost

Instituto Nacional de Innovación Agraria

INFORME DE ENSAYO

LABSAF YANAYACU

N° 030002-26NA / AB / YAN

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente	: CE-YANAYACU
Propietario / Productor	: Marco Antonio Heredia Castro
Dirección del cliente	: Carretera Jaén-San Ingacio km 23,7
Solicitado por	: CE - Yanayacu (Perú 2M)
Muestreado por	: Marco Antonio Heredia Castro
Referencia del muestreo	: Reservado por el Cliente
Procedencia de muestra(s) (***)	: Parcela: INIA Sector: Yanuyacu Distrito/Provincia: Jaén/ Jaén Coordenadas UTM Zona
Fecha(s) de muestreo (***)	: 2026-02-14
Fecha de recepción de muestra(s)	: 2026-02-16
Lugar de ensayo	: LABSAF YANAYACU
Fecha(s) de análisis	: Del 2026-02-23 al 2026-02-27
Cotización del servicio	: 047-26-YAN

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM			1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio			AB-0002-YAN-26	-	-	-	-	-
Matriz Analizada			Abonos	-	-	-	-	-
Fecha de Muestreo (***)			2026-02-14	-	-	-	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)			11:30	-	-	-	-	-
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)			Compost	-	-	-	-	-
Ensayo	**Unidad**	**LC**	**Resultados**					
pH	unid. pH	0,1	8,4	-	-	-	-	-
Conductividad Electrica	mS/m	1,0	441.8	-	-	-	-	-
Materia Organica	%	0,4	13,2	-	-	-	-	-
Fósforo Disponible (Olsen)	mg/kg	1,5	953,2	-	-	-	-	-
Nitrógeno-materia orgánica	mg/g	-	4,2	-	-	-	-	-
Potasio (K)	mg/kg	-	2260,8	-	-	-	-	-

Figura 27

Informe de resultados del biol

Instituto Nacional de Innovación Agraria

INFORME DE ENSAYO

LABSAF YANAYACU
N° 030001-26NA / AB / YAN

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente	: CE-YANAYACU
Propietario / Productor	: Marco Antonio Heredia Castro
Dirección del cliente	: Carretera Jaén-San Ingacio km 23,7
Solicitado por	: CE - Yanayacu (Perú 2M)
Muestreado por	: Marco Antonio Heredia Castro
Referencia del muestreo	: Reservado por el Cliente
Procedencia de muestra(s) (***)	: Parcela: INIA Sector: Yanuyacu Distrito/Provincia: Jaén/ Jaén Coordenadas UTM Zona
Fecha(s) de muestreo (***)	: 2026-02-15
Fecha de recepción de muestra(s)	: 2026-02-16
Lugar de ensayo	: LABSAF YANAYACU
Fecha(s) de análisis	: Del 2026-02-23 al 2026-02-27
Cotización del servicio	: 048-26-YAN

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM			1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio			FO0001-YAN-26	-	-	-	-	-
Matriz Analizada			Abonos	-	-	-	-	-
Fecha de Muestreo (***)			2026-02-15	-	-	-	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)			12:00	-	-	-	-	-
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)			Biol	-	-	-	-	-
Ensayo	**Unidad**	**LC**	**Resultados**					
pH	unid. pH	0,1	7,3	-	-	-	-	-
Conductividad Electrica	uS/cm	0,1	8358,0	-	-	-	-	-
Materia Organica	%	0,4	0,4	-	-	-	-	-
Fósforo Disponible (Olsen)	mg/kg	1,5	3,4	-	-	-	-	-
Nitrógeno-materia orgánica	mg/g	-	3,7	-	-	-	-	-
Potasio (K)	mg/kg	-	457,2	-	-	-	-	-

Figura 28

Informe de resultados del humus

Instituto Nacional de Innovación Agraria

INFORME DE ENSAYO

LABSAF YANAYACU
N° 030001-26NA / AB / YAN

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente	: CE-YANAYACU
Propietario / Productor	: Marco Antonio Heredia Castro
Dirección del cliente	: Carretera Jaén-San Ingacio km 23,7
Solicitado por	: CE - Yanayacu (Perú 2M)
Muestreado por	: Marco Antonio Heredia Castro
Referencia del muestreo	: Reservado por el Cliente
Procedencia de muestra(s) (***)	: Parcela: INIA Sector: Yanuyacu Distrito/Provincia: Jaén/ Jaén Coordenadas UTM Zona
Fecha(s) de muestreo (***)	: 2026-02-13
Fecha de recepción de muestra(s)	: 2026-02-16
Lugar de ensayo	: LABSAF YANAYACU
Fecha(s) de análisis	: Del 2026-02-23 al 2026-02-27
Cotización del servicio	: 047-26-YAN

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM			1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio			AB-0001-YAN-26	-	-	-	-	-
Matriz Analizada			Abonos	-	-	-	-	-
Fecha de Muestreo (***)			2026-02-13	-	-	-	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)			11:00	-	-	-	-	-
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)			Humus	-	-	-	-	-
Ensayo	**Unidad**	**LC**	**Resultados**					
pH	unid. pH	0,1	7,9	-	-	-	-	-
Conductividad Electrica	mS/m	1,0	513.7	-	-	-	-	-
Materia Organica	%	0,4	28,5	-	-	-	-	-
Fósforo Disponible (Olsen)	mg/kg	1,5	236,8	-	-	-	-	-
Nitrógeno-materia orgánica	mg/g	-	4,0	-	-	-	-	-
Potasio (K)	mg/kg	-	2107,2	-	-	-	-	-

ANEXO 7. ANÁLISIS DE FISICOQUÍMICO DE SUELOS

Figura 29

Informe de resultados del suelo no afectado

Instituto Nacional de Innovación Agraria

INFORME DE ENSAYO

LABSAF YANAYACU
N° 020990-26NA / SU / YAN

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente	: CE-YANAYACU
Propietario / Productor	: Marco Antonio Heredia Castro
Dirección del cliente	: Carretera Jaén-San Ingacio km 23,7
Solicitado por	: CE - Yanayacu (Perú 2M)
Muestreado por	: Marco Antonio Heredia Castro
Referencia del muestreo	: Reservado por el Cliente
Procedencia de muestra(s) (***)	: Parcela: Fundo "Don Bosque Sector: CP San Miguel de las Naranjas Distrito/Provincia: Jaén/
Fecha(s) de muestreo (***)	: 2026-02-10
Fecha de recepción de muestra(s)	: 2026-02-16
Lugar de ensayo	: LABSAF YANAYACU
Fecha(s) de análisis	: Del 2026-02-18 al 2026-02-20
Cotización del servicio	: 046-26-YAN

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM			1	2	3	4	5	6
			SU0949-YAN-26	-	-	-	-	-
Matriz Analizada			Suelo	-	-	-	-	-
Fecha de Muestreo (***)			2026-02-10	-	-	-	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)			17:10	-	-	-	-	-
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)			Suelo no Afectado	-	-	-	-	-
Ensayo	**Unidad**	**LC**	**Resultados**					
Acidez Intercambiable	cmol (+)/Kg	0,6	<0,6	-	-	-	-	-
Aluminio Intercambiable	cmol (+)/Kg	0,2	<0,2	-	-	-	-	-
Carbonato De Calcio Equivalente	%	0,2	1,7	-	-	-	-	-
Materia Organica	%	0,4	9,2	-	-	-	-	-
Nitrógeno-materia orgánica	mg/g	-	4,6	-	-	-	-	-
Potasio Disponible	mg/kg	-	186,9	-	-	-	-	-
Fósforo Disponible (Olsen)	mg/kg	1,5	4,9	-	-	-	-	-

Figura 30

Informe de resultados del suelo afectado

Instituto Nacional de Innovación Agraria

INFORME DE ENSAYO

LABSAF YANAYACU
N° 020986-26NA / SU / YAN

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente	: CE-YANAYACU
Propietario / Productor	: Marco Antonio Heredia Castro
Dirección del cliente	: Carretera Jaén-San Ingacio km 23,7
Solicitado por	: CE - Yanayacu (Perú 2M)
Muestreado por	: Marco Antonio Heredia Castro
Referencia del muestreo	: Reservado por el Cliente
Procedencia de muestra(s) (***)	: Parcela: Fundo "Don Bosque Sector: CP San Miguel de las Naranjas Distrito/Provincia: Jaén/
Fecha(s) de muestreo (***)	: 2026-02-10
Fecha de recepción de muestra(s)	: 2026-02-16
Lugar de ensayo	: LABSAF YANAYACU
Fecha(s) de análisis	: Del 2026-02-18 al 2026-02-20
Cotización del servicio	: 046-26-YAN

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

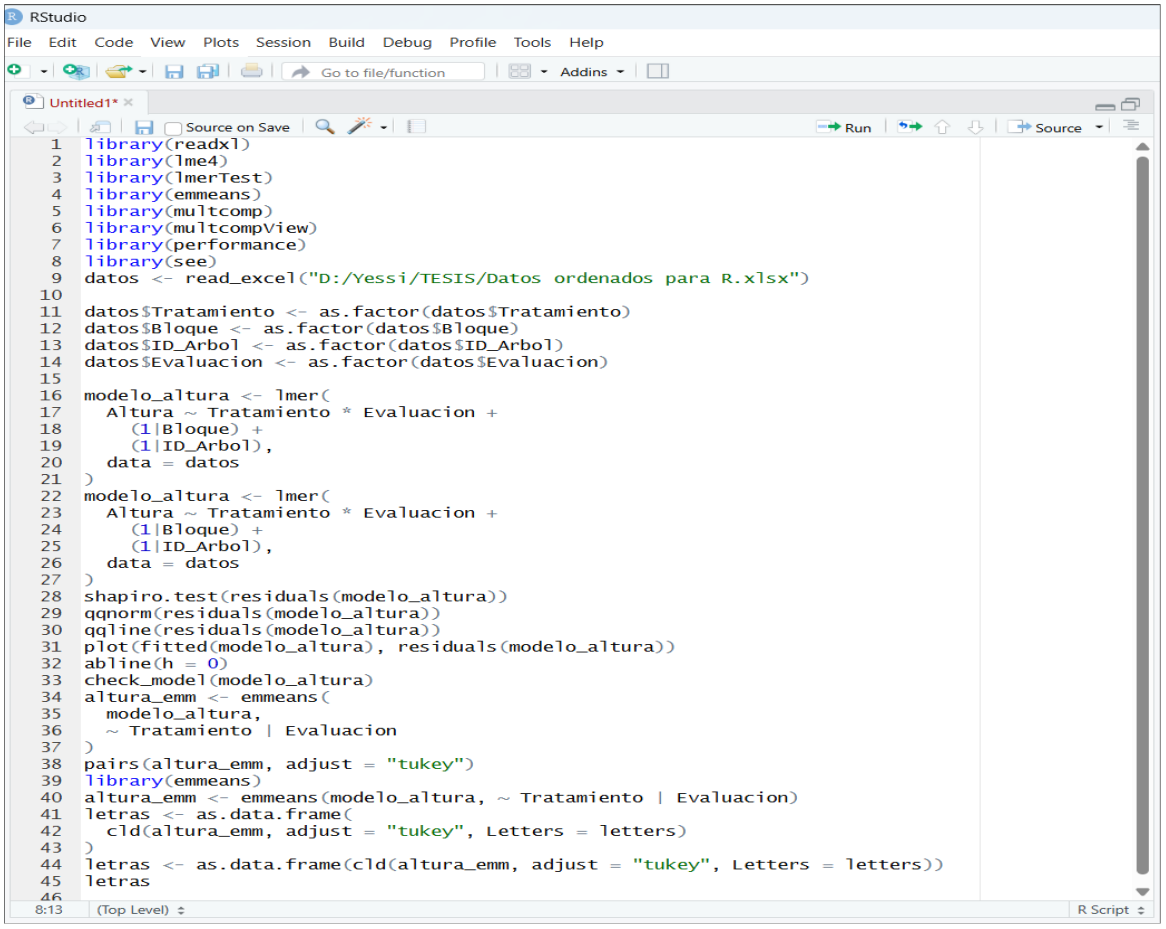
ITEM			1	2	3	4	5	6
			SU0945-YAN-26	-	-	-	-	-
Matriz Analizada			Suelo	-	-	-	-	-
Fecha de Muestreo (***)			2026-02-10	-	-	-	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)			15:00	-	-	-	-	-
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)			Suelo Afectado	-	-	-	-	-
Ensayo	Unidad	LC	Resultados					
Acidez Intercambiable	cmol (+)/Kg	0,6	<0,6	-	-	-	-	-
Aluminio Intercambiable	cmol (+)/Kg	0,2	<0,2	-	-	-	-	-
Carbonato De Calcio Equivalente	%	0,2	2,5	-	-	-	-	-
Materia Organica	%	0,4	7,8	-	-	-	-	-
Nitrógeno-materia orgánica	mg/g	-	3,9	-	-	-	-	-
Potasio Disponible	mg/kg	-	194,5	-	-	-	-	-
Fósforo Disponible (Olsen)	mg/kg	1,5	7,7	-	-	-	-	-

ANEXO 8. EVALUACIÓN DE LOS SUPUESTOS ESTADÍSTICOS

En la evaluación de los supuestos estadísticos, se consideró como variable independiente a tratamiento y como variables dependientes de diámetro, altura y número de hojas. Los códigos empleados en RStudio son los siguientes:

Figura 31

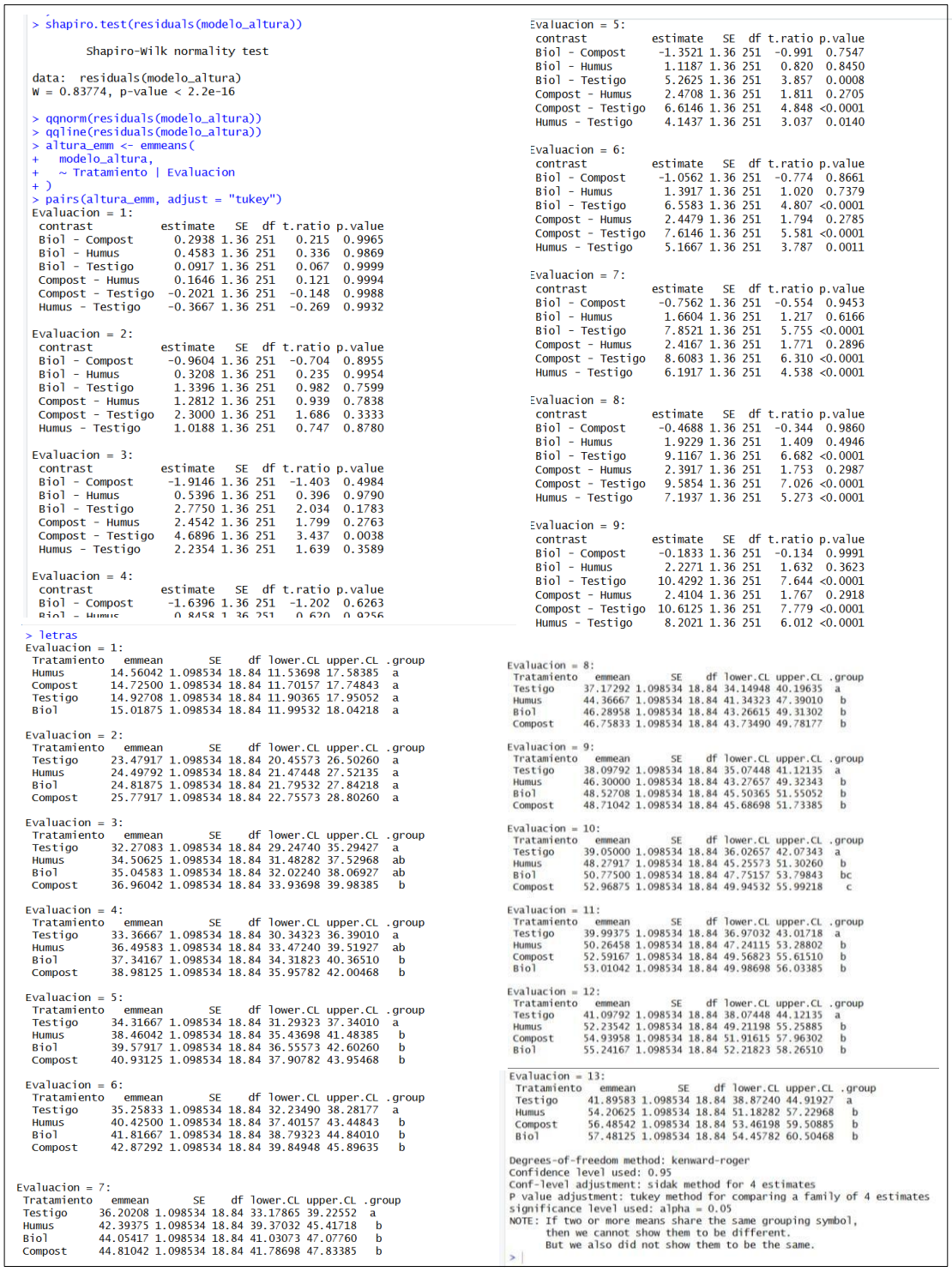
Script de RStudio para los supuestos estadísticos de la altura



***Nota**:* La figura muestra el script que permitió evaluar los supuestos estadísticos

Figura 32

Resultado de las pruebas de supuestos estadísticos en el entorno de RStudio



```
> shapiro.test(residuals(modelo_altura))

        Shapiro-Wilk normality test

data:  residuals(modelo_altura)
W = 0.83774, p-value < 2.2e-16

> qqnorm(residuals(modelo_altura))
> qqline(residuals(modelo_altura))
> altura_emm <- emmeans(
+   modelo_altura,
+   ~ Tratamiento | Evaluacion
+ )
> pairs(altura_emm, adjust = "tukey")
Evaluacion = 1:
 contrast          estimate   SE  df t.ratio p.value
 Biol - Compost      0.2938 1.36 251   0.215  0.9965
 Biol - Humus        0.4583 1.36 251   0.336  0.9869
 Biol - Testigo      0.0917 1.36 251   0.067  0.9999
 Compost - Humus     0.1646 1.36 251   0.121  0.9994
 Compost - Testigo  -0.2021 1.36 251  -0.148  0.9988
 Humus - Testigo    -0.3667 1.36 251  -0.269  0.9932

Evaluacion = 2:
 contrast          estimate   SE  df t.ratio p.value
 Biol - Compost     -0.9604 1.36 251  -0.704  0.8955
 Biol - Humus        0.3208 1.36 251   0.235  0.9954
 Biol - Testigo      1.3396 1.36 251   0.982  0.7599
 Compost - Humus     1.2812 1.36 251   0.939  0.7838
 Compost - Testigo   2.3000 1.36 251   1.686  0.3333
 Humus - Testigo     1.0188 1.36 251   0.747  0.8780

Evaluacion = 3:
 contrast          estimate   SE  df t.ratio p.value
 Biol - Compost     -1.9146 1.36 251  -1.403  0.4984
 Biol - Humus        0.5396 1.36 251   0.396  0.9790
 Biol - Testigo      2.7750 1.36 251   2.034  0.1783
 Compost - Humus     2.4542 1.36 251   1.799  0.2763
 Compost - Testigo   4.6896 1.36 251   3.437  0.0038
 Humus - Testigo     2.2354 1.36 251   1.639  0.3589

Evaluacion = 4:
 contrast          estimate   SE  df t.ratio p.value
 Biol - Compost     -1.6396 1.36 251  -1.202  0.6263
 Biol - Humus        0.8458 1.36 251   0.620  0.9256

Evaluacion = 5:
 contrast          estimate   SE  df t.ratio p.value
 Biol - Compost     -1.3521 1.36 251  -0.991  0.7547
 Biol - Humus        1.1187 1.36 251   0.820  0.8450
 Biol - Testigo      5.2625 1.36 251   3.857  0.0008
 Compost - Humus     2.4708 1.36 251   1.811  0.2705
 Compost - Testigo   6.6146 1.36 251   4.848 <0.0001
 Humus - Testigo     4.1437 1.36 251   3.037  0.0140

Evaluacion = 6:
 contrast          estimate   SE  df t.ratio p.value
 Biol - Compost     -1.0562 1.36 251  -0.774  0.8661
 Biol - Humus        1.3917 1.36 251   1.020  0.7379
 Biol - Testigo      6.5583 1.36 251   4.807 <0.0001
 Compost - Humus     2.4479 1.36 251   1.794  0.2785
 Compost - Testigo   7.6146 1.36 251   5.581 <0.0001
 Humus - Testigo     5.1667 1.36 251   3.787  0.0011

Evaluacion = 7:
 contrast          estimate   SE  df t.ratio p.value
 Biol - Compost     -0.7562 1.36 251  -0.554  0.9453
 Biol - Humus        1.6604 1.36 251   1.217  0.6166
 Biol - Testigo      7.8521 1.36 251   5.755 <0.0001
 Compost - Humus     2.4167 1.36 251   1.771  0.2896
 Compost - Testigo   8.6083 1.36 251   6.310 <0.0001
 Humus - Testigo     6.1917 1.36 251   4.538 <0.0001

Evaluacion = 8:
 contrast          estimate   SE  df t.ratio p.value
 Biol - Compost     -0.4688 1.36 251  -0.344  0.9860
 Biol - Humus        1.9229 1.36 251   1.409  0.4946
 Biol - Testigo      9.1167 1.36 251   6.682 <0.0001
 Compost - Humus     2.3917 1.36 251   1.753  0.2987
 Compost - Testigo   9.5854 1.36 251   7.026 <0.0001
 Humus - Testigo     7.1937 1.36 251   5.273 <0.0001

Evaluacion = 9:
 contrast          estimate   SE  df t.ratio p.value
 Biol - Compost     -0.1833 1.36 251  -0.134  0.9991
 Biol - Humus        2.2271 1.36 251   1.632  0.3623
 Biol - Testigo     10.4292 1.36 251   7.644 <0.0001
 Compost - Humus     2.4104 1.36 251   1.767  0.2918
 Compost - Testigo  10.6125 1.36 251   7.779 <0.0001
 Humus - Testigo     8.2021 1.36 251   6.012 <0.0001

> letras
Evaluacion = 1:
 Tratamiento   emmean       SE    df lower.CL upper.CL .group
 Humus       14.56042 1.098534 18.84 11.53698 17.58385  a
 Compost     14.72500 1.098534 18.84 11.70157 17.74843  a
 Testigo     14.92708 1.098534 18.84 11.90365 17.95052  a
 Biol        15.01875 1.098534 18.84 11.99532 18.04218  a

Evaluacion = 2:
 Tratamiento   emmean       SE    df lower.CL upper.CL .group
 Testigo     23.47917 1.098534 18.84 20.45573 26.50260  a
 Humus       24.49792 1.098534 18.84 21.47448 27.52135  a
 Biol        24.81875 1.098534 18.84 21.79532 27.84218  a
 Compost     25.77917 1.098534 18.84 22.75573 28.80260  a

Evaluacion = 3:
 Tratamiento   emmean       SE    df lower.CL upper.CL .group
 Testigo     32.27083 1.098534 18.84 29.24740 35.29427  a
 Humus       34.50625 1.098534 18.84 31.48282 37.52968  ab
 Biol        35.04583 1.098534 18.84 32.02240 38.06927  ab
 Compost     36.96042 1.098534 18.84 33.93698 39.98385   b

Evaluacion = 4:
 Tratamiento   emmean       SE    df lower.CL upper.CL .group
 Testigo     33.36667 1.098534 18.84 30.34323 36.39010  a
 Humus       36.49583 1.098534 18.84 33.47240 39.51927  ab
 Biol        37.34167 1.098534 18.84 34.31823 40.36510   b
 Compost     38.98125 1.098534 18.84 35.95782 42.00468   b

Evaluacion = 5:
 Tratamiento   emmean       SE    df lower.CL upper.CL .group
 Testigo     34.31667 1.098534 18.84 31.29323 37.34010  a
 Humus       38.46042 1.098534 18.84 35.43698 41.48385   b
 Biol        39.57917 1.098534 18.84 36.55573 42.60260   b
 Compost     40.93125 1.098534 18.84 37.90782 43.95468   b

Evaluacion = 6:
 Tratamiento   emmean       SE    df lower.CL upper.CL .group
 Testigo     35.25833 1.098534 18.84 32.23490 38.28177  a
 Humus       40.42500 1.098534 18.84 37.40157 43.44843   b
 Biol        41.81667 1.098534 18.84 38.79323 44.84010   b
 Compost     42.87292 1.098534 18.84 39.84948 45.89635   b

Evaluacion = 7:
 Tratamiento   emmean       SE    df lower.CL upper.CL .group
 Testigo     36.20208 1.098534 18.84 33.17865 39.22552  a
 Humus       42.39375 1.098534 18.84 39.37032 45.41718   b
 Biol        44.05417 1.098534 18.84 41.03073 47.07760   b
 Compost     44.81042 1.098534 18.84 41.78698 47.83385   b

Evaluacion = 8:
 Tratamiento   emmean       SE    df lower.CL upper.CL .group
 Testigo     37.17292 1.098534 18.84 34.14948 40.19635  a
 Humus       44.36667 1.098534 18.84 41.34323 47.39010   b
 Biol        46.28958 1.098534 18.84 43.26615 49.31302   b
 Compost     46.75833 1.098534 18.84 43.73490 49.78177   b

Evaluacion = 9:
 Tratamiento   emmean       SE    df lower.CL upper.CL .group
 Testigo     38.09792 1.098534 18.84 35.07448 41.12135  a
 Humus       46.30000 1.098534 18.84 43.27657 49.32343   b
 Biol        48.52708 1.098534 18.84 45.50365 51.55052   b
 Compost     48.71042 1.098534 18.84 45.68698 51.73385   b

Evaluacion = 10:
 Tratamiento   emmean       SE    df lower.CL upper.CL .group
 Testigo     39.05000 1.098534 18.84 36.02657 42.07343  a
 Humus       48.27917 1.098534 18.84 45.25573 51.30260   b
 Biol        50.77500 1.098534 18.84 47.75157 53.79843   bc
 Compost     52.96875 1.098534 18.84 49.94532 55.99218    c

Evaluacion = 11:
 Tratamiento   emmean       SE    df lower.CL upper.CL .group
 Testigo     39.99375 1.098534 18.84 36.97032 43.01718  a
 Humus       50.26458 1.098534 18.84 47.24115 53.28802   b
 Compost     52.59167 1.098534 18.84 49.56823 55.61510   b
 Biol        53.01042 1.098534 18.84 49.98698 56.03385   b

Evaluacion = 12:
 Tratamiento   emmean       SE    df lower.CL upper.CL .group
 Testigo     41.09792 1.098534 18.84 38.07448 44.12135  a
 Humus       52.23542 1.098534 18.84 49.21198 55.25885   b
 Compost     54.93958 1.098534 18.84 51.91615 57.96302   b
 Biol        55.24167 1.098534 18.84 52.21823 58.26510   b

Evaluacion = 13:
 Tratamiento   emmean       SE    df lower.CL upper.CL .group
 Testigo     41.89583 1.098534 18.84 38.87240 44.91927  a
 Humus       54.20625 1.098534 18.84 51.18282 57.22968   b
 Compost     56.48542 1.098534 18.84 53.46198 59.50885   b
 Biol        57.48125 1.098534 18.84 54.45782 60.50468   b

Degrees-of-freedom method: kenward-roger
Confidence level used: 0.95
Conf-level adjustment: sidak method for 4 estimates
P value adjustment: tukey method for comparing a family of 4 estimates
significance level used: alpha = 0.05
NOTE: If two or more means share the same grouping symbol,
      then we cannot show them to be different.
      But we also did not show them to be the same.
>
```

Figura 33

Script de RStudio para supuestos estadísticos del diámetro

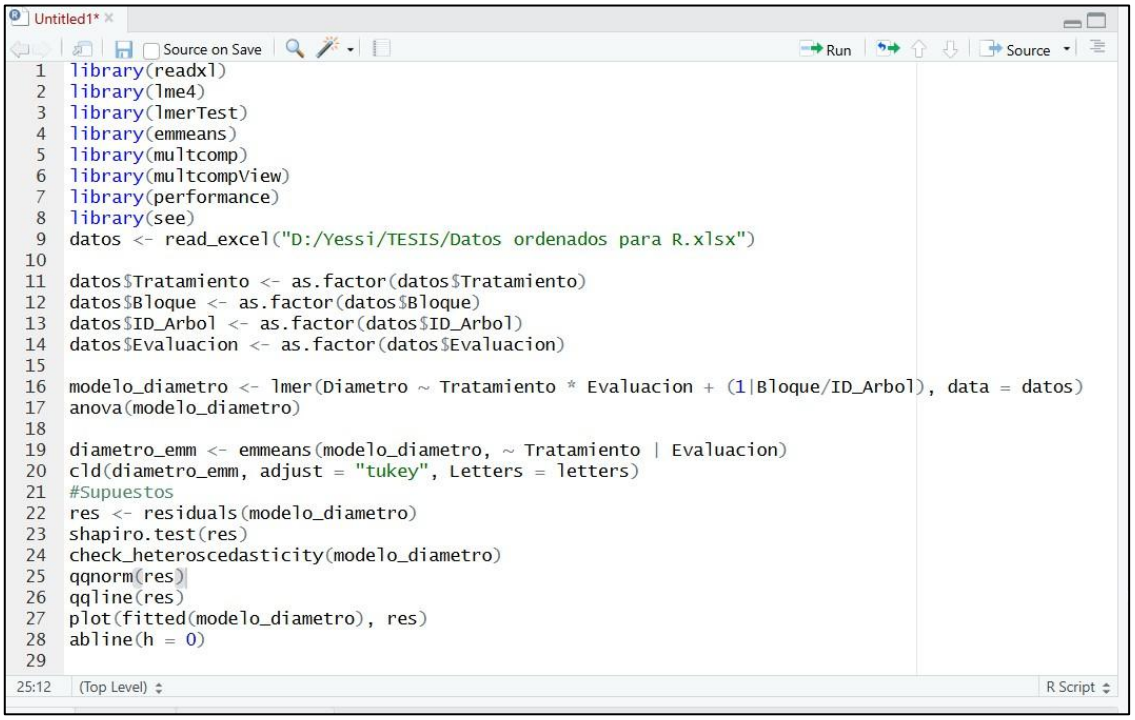
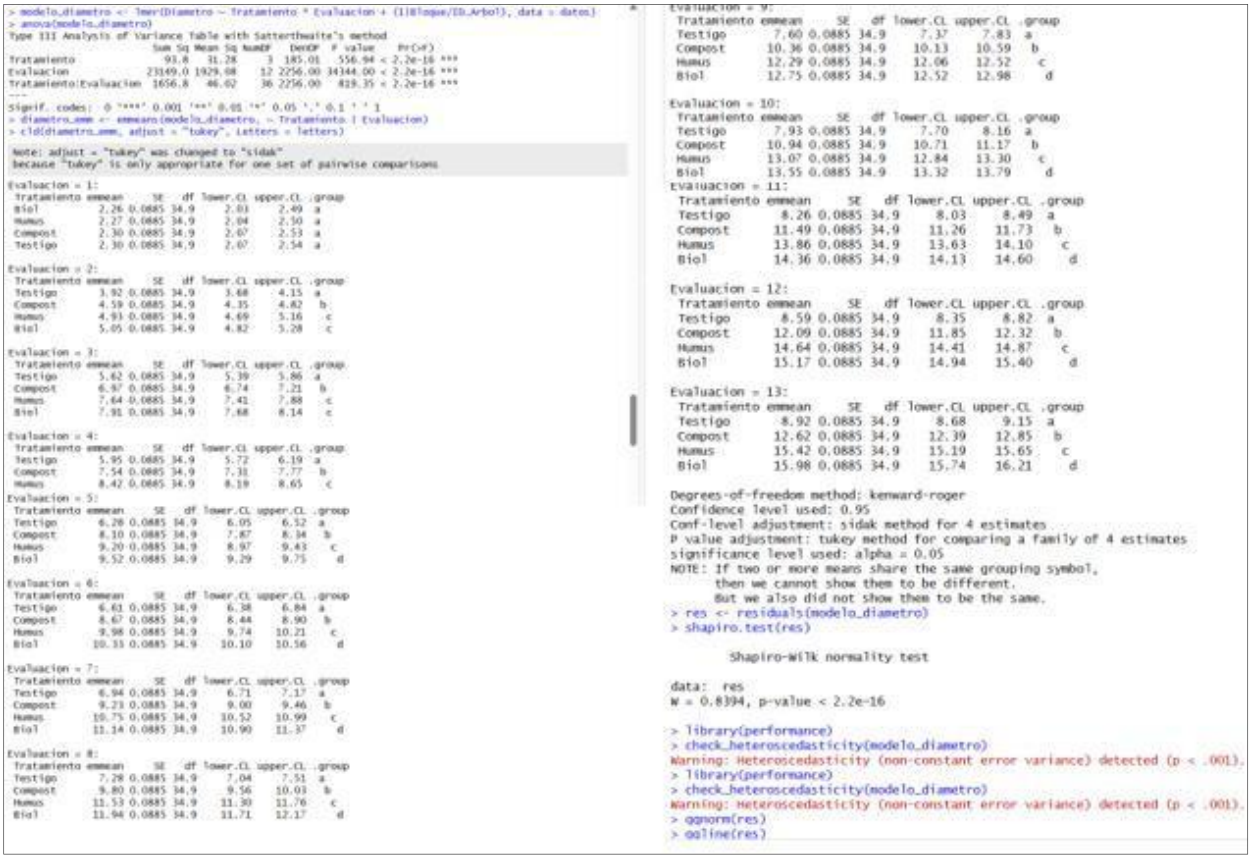


Figura 34

Resultados de R diámetro



```
> modelo_diametro <- lmer(Diametro ~ Tratamiento * Evaluacion + (1|Bloque/ID_Arbol), data = datos)
> anova(modelo_diametro)
Type III Analysis of Variance Table with Satterthwaite's method
                     Sum Sq Mean Sq NumDF   DenDF  F value    Pr(>F)
Tratamiento           93.8   31.28     3  185.01   556.94 < 2.2e-16 ***
Evaluacion         23149.0 1929.08    12 2256.00 34344.00 < 2.2e-16 ***
Tratamiento:Evaluacion  1656.8   46.02    36 2256.00   819.35 < 2.2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> diametro_emm <- emmeans(modelo_diametro, ~ Tratamiento | Evaluacion)
> cld(diametro_emm, adjust = "tukey", Letters = letters)

 Note: adjust = "tukey" was changed to "sidak"
 because "tukey" is only appropriate for one set of pairwise comparisons

Evaluacion = 1:
 Tratamiento emmean    SE   df lower.CL upper.CL .group
 Biol        2.26 0.0885 34.9     2.03     2.49  a
 Humus       2.27 0.0885 34.9     2.04     2.50  a
 Compost     2.30 0.0885 34.9     2.07     2.53  a
 Testigo     2.30 0.0885 34.9     2.07     2.54  a

Evaluacion = 2:
 Tratamiento emmean    SE   df lower.CL upper.CL .group
 Testigo     3.92 0.0885 34.9     3.68     4.15  a
 Compost     4.59 0.0885 34.9     4.35     4.82  b
 Humus       4.93 0.0885 34.9     4.69     5.16  c
 Biol        5.05 0.0885 34.9     4.82     5.28  c

Evaluacion = 3:
 Tratamiento emmean    SE   df lower.CL upper.CL .group
 Testigo     5.62 0.0885 34.9     5.39     5.86  a
 Compost     6.97 0.0885 34.9     6.74     7.21  b
 Humus       7.64 0.0885 34.9     7.41     7.88  c
 Biol        7.91 0.0885 34.9     7.68     8.14  c

Evaluacion = 4:
 Tratamiento emmean    SE   df lower.CL upper.CL .group
 Testigo     5.95 0.0885 34.9     5.72     6.19  a
 Compost     7.54 0.0885 34.9     7.31     7.77  b
 Humus       8.42 0.0885 34.9     8.19     8.65  c
Evaluacion = 5:
 Tratamiento emmean    SE   df lower.CL upper.CL .group
 Testigo     6.28 0.0885 34.9     6.05     6.52  a
 Compost     8.10 0.0885 34.9     7.87     8.34  b
 Humus       9.20 0.0885 34.9     8.97     9.43  c
 Biol        9.52 0.0885 34.9     9.29     9.75  d

Evaluacion = 6:
 Tratamiento emmean    SE   df lower.CL upper.CL .group
 Testigo     6.61 0.0885 34.9     6.38     6.84  a
 Compost     8.67 0.0885 34.9     8.44     8.90  b
 Humus       9.98 0.0885 34.9     9.74    10.21  c
 Biol       10.33 0.0885 34.9    10.10    10.56  d

Evaluacion = 7:
 Tratamiento emmean    SE   df lower.CL upper.CL .group
 Testigo     6.94 0.0885 34.9     6.71     7.17  a
 Compost     9.23 0.0885 34.9     9.00     9.46  b
 Humus      10.75 0.0885 34.9    10.52    10.99  c
 Biol       11.14 0.0885 34.9    10.90    11.37  d

Evaluacion = 8:
 Tratamiento emmean    SE   df lower.CL upper.CL .group
 Testigo     7.28 0.0885 34.9     7.04     7.51  a
 Compost     9.80 0.0885 34.9     9.56    10.03  b
 Humus      11.53 0.0885 34.9    11.30    11.76  c
 Biol       11.94 0.0885 34.9    11.71    12.17  d

Evaluacion = 9:
 Tratamiento emmean    SE   df lower.CL upper.CL .group
 Testigo     7.60 0.0885 34.9     7.37     7.83  a
 Compost    10.36 0.0885 34.9    10.13    10.59  b
 Humus      12.29 0.0885 34.9    12.06    12.52  c
 Biol       12.75 0.0885 34.9    12.52    12.98  d

Evaluacion = 10:
 Tratamiento emmean    SE   df lower.CL upper.CL .group
 Testigo     7.93 0.0885 34.9     7.70     8.16  a
 Compost    10.94 0.0885 34.9    10.71    11.17  b
 Humus      13.07 0.0885 34.9    12.84    13.30  c
 Biol       13.55 0.0885 34.9    13.32    13.79  d
Evaluacion = 11:
 Tratamiento emmean    SE   df lower.CL upper.CL .group
 Testigo     8.26 0.0885 34.9     8.03     8.49  a
 Compost    11.49 0.0885 34.9    11.26    11.73  b
 Humus      13.86 0.0885 34.9    13.63    14.10  c
 Biol       14.36 0.0885 34.9    14.13    14.60  d

Evaluacion = 12:
 Tratamiento emmean    SE   df lower.CL upper.CL .group
 Testigo     8.59 0.0885 34.9     8.35     8.82  a
 Compost    12.09 0.0885 34.9    11.85    12.32  b
 Humus      14.64 0.0885 34.9    14.41    14.87  c
 Biol       15.17 0.0885 34.9    14.94    15.40  d

Evaluacion = 13:
 Tratamiento emmean    SE   df lower.CL upper.CL .group
 Testigo     8.92 0.0885 34.9     8.68     9.15  a
 Compost    12.62 0.0885 34.9    12.39    12.85  b
 Humus      15.42 0.0885 34.9    15.19    15.65  c
 Biol       15.98 0.0885 34.9    15.74    16.21  d

Degrees-of-freedom method: kenward-roger
Confidence level used: 0.95
Conf-level adjustment: sidak method for 4 estimates
P value adjustment: tukey method for comparing a family of 4 estimates
significance level used: alpha = 0.05
NOTE: If two or more means share the same grouping symbol,
      then we cannot show them to be different.
      But we also did not show them to be the same.
> res <- residuals(modelo_diametro)
> shapiro.test(res)

        Shapiro-Wilk normality test

data:  res
W = 0.8394, p-value < 2.2e-16

> library(performance)
> check_heteroscedasticity(modelo_diametro)
Warning: Heteroscedasticity (non-constant error variance) detected (p < .001).
> library(performance)
> check_heteroscedasticity(modelo_diametro)
Warning: Heteroscedasticity (non-constant error variance) detected (p < .001).
> qqnorm(res)
> qqline(res)
```

Figura 35

Script de RStudio de supuestos para el número de hojas

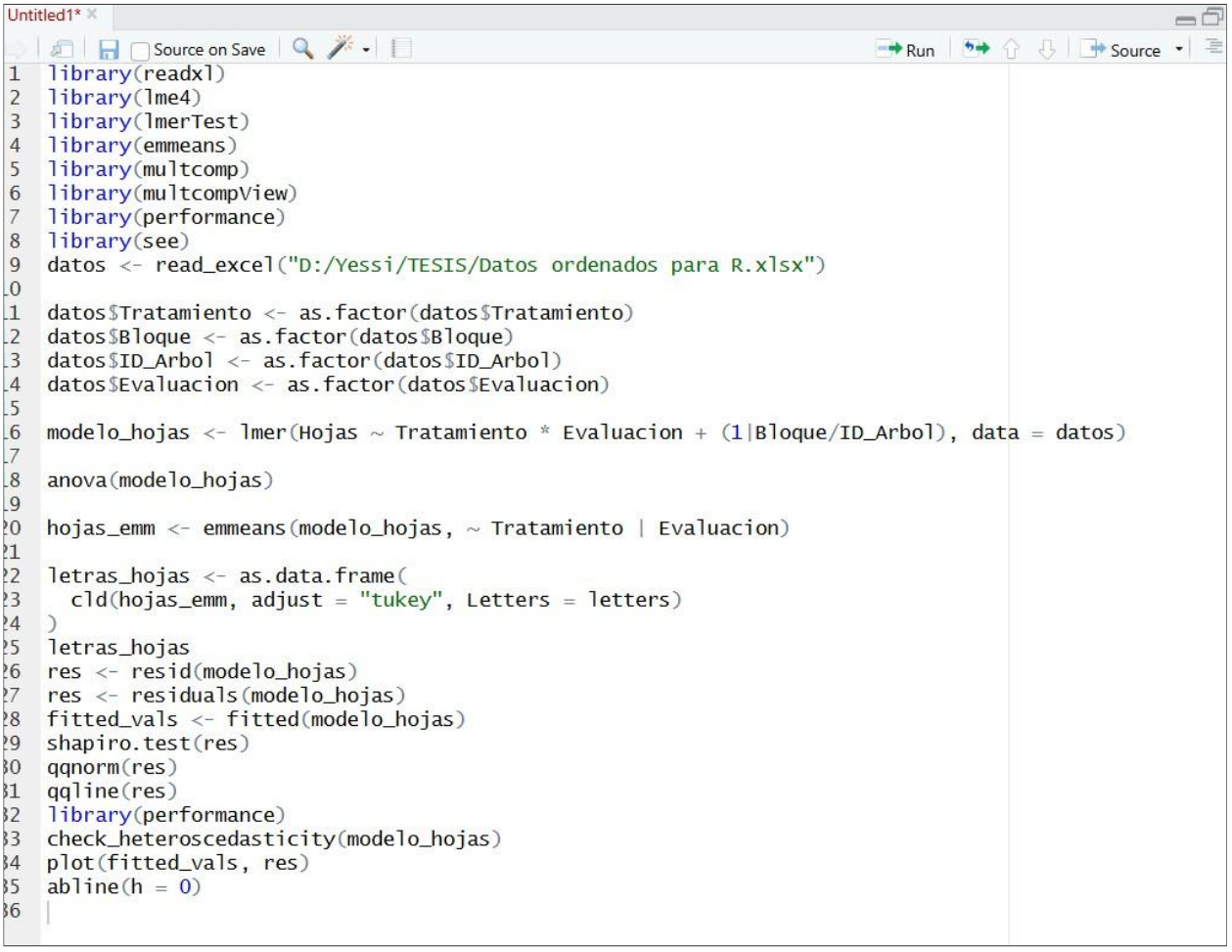
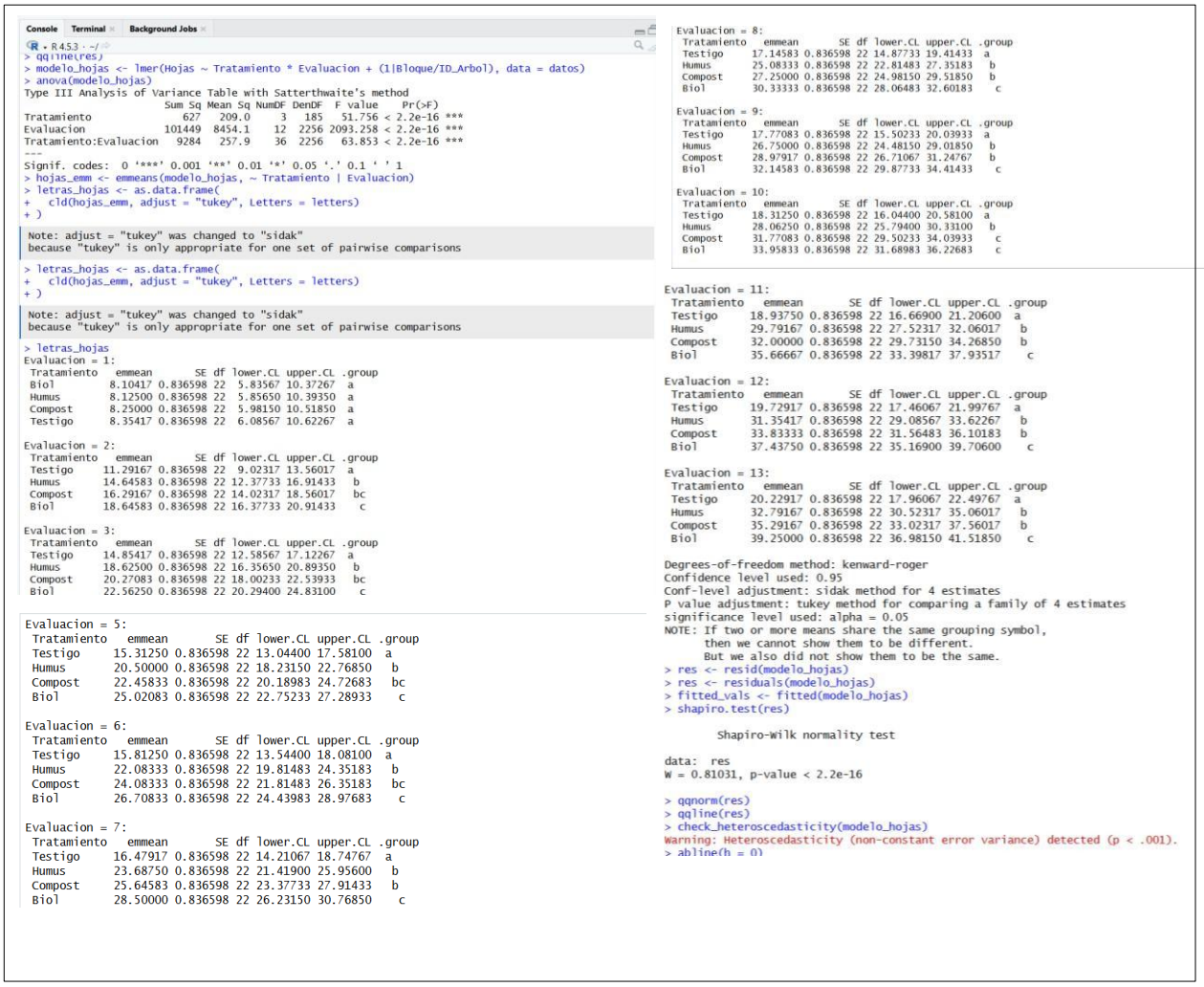


Figura 36

Script de RSttudio para resultados del número de hojas



```
Console  Terminal  Background Jobs
R 4.5.3 · ~/
> qqline(res)
> modelo_hojas <- lmer(Hojas ~ Tratamiento * Evaluacion + (1|Bloque/ID_Arbol), data = datos)
> anova(modelo_hojas)
Type III Analysis of Variance Table with Satterthwaite's method
                     Sum Sq Mean Sq NumDF DenDF  F value    Pr(>F)
Tratamiento             627   209.0     3   185   51.756 < 2.2e-16 ***
Evaluacion           101449  8454.1    12  2256 2093.258 < 2.2e-16 ***
Tratamiento:Evaluacion  9284   257.9    36  2256   63.853 < 2.2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> hojas_emm <- emmeans(modelo_hojas, ~ Tratamiento | Evaluacion)
> letras_hojas <- as.data.frame(
+   cld(hojas_emm, adjust = "tukey", Letters = letters)
+ )
Note: adjust = "tukey" was changed to "sidak"
because "tukey" is only appropriate for one set of pairwise comparisons
> letras_hojas <- as.data.frame(
+   cld(hojas_emm, adjust = "tukey", Letters = letters)
+ )
Note: adjust = "tukey" was changed to "sidak"
because "tukey" is only appropriate for one set of pairwise comparisons
> letras_hojas
Evaluacion = 1:
 Tratamiento   emmean       SE df lower.CL upper.CL .group
 Biol        8.10417 0.836598 22  5.83567 10.37267  a
 Humus       8.12500 0.836598 22  5.85650 10.39350  a
 Compost     8.25000 0.836598 22  5.98150 10.51850  a
 Testigo     8.35417 0.836598 22  6.08567 10.62267  a

Evaluacion = 2:
 Tratamiento   emmean       SE df lower.CL upper.CL .group
 Testigo    11.29167 0.836598 22  9.02317 13.56017  a
 Humus      14.64583 0.836598 22 12.37733 16.91433   b
 Compost    16.29167 0.836598 22 14.02317 18.56017   bc
 Biol       18.64583 0.836598 22 16.37733 20.91433    c

Evaluacion = 3:
 Tratamiento   emmean       SE df lower.CL upper.CL .group
 Testigo    14.85417 0.836598 22 12.58567 17.12267  a
 Humus      18.62500 0.836598 22 16.35650 20.89350   b
 Compost    20.27083 0.836598 22 18.00233 22.53933   bc
 Biol       22.56250 0.836598 22 20.29400 24.83100    c

Evaluacion = 5:
 Tratamiento   emmean       SE df lower.CL upper.CL .group
 Testigo    15.31250 0.836598 22 13.04400 17.58100  a
 Humus      20.50000 0.836598 22 18.23150 22.76850   b
 Compost    22.45833 0.836598 22 20.18983 24.72683   bc
 Biol       25.02083 0.836598 22 22.75233 27.28933    c

Evaluacion = 6:
 Tratamiento   emmean       SE df lower.CL upper.CL .group
 Testigo    15.81250 0.836598 22 13.54400 18.08100  a
 Humus      22.08333 0.836598 22 19.81483 24.35183   b
 Compost    24.08333 0.836598 22 21.81483 26.35183   bc
 Biol       26.70833 0.836598 22 24.43983 28.97683    c

Evaluacion = 7:
 Tratamiento   emmean       SE df lower.CL upper.CL .group
 Testigo    16.47917 0.836598 22 14.21067 18.74767  a
 Humus      23.68750 0.836598 22 21.41900 25.95600   b
 Compost    25.64583 0.836598 22 23.37733 27.91433   b
 Biol       28.50000 0.836598 22 26.23150 30.76850    c

Evaluacion = 8:
 Tratamiento   emmean       SE df lower.CL upper.CL .group
 Testigo    17.14583 0.836598 22 14.87733 19.41433  a
 Humus      25.08333 0.836598 22 22.81483 27.35183   b
 Compost    27.25000 0.836598 22 24.98150 29.51850   b
 Biol       30.33333 0.836598 22 28.06483 32.60183    c

Evaluacion = 9:
 Tratamiento   emmean       SE df lower.CL upper.CL .group
 Testigo    17.77083 0.836598 22 15.50233 20.03933  a
 Humus      26.75000 0.836598 22 24.48150 29.01850   b
 Compost    28.97917 0.836598 22 26.71067 31.24767   b
 Biol       32.14583 0.836598 22 29.87733 34.41433    c

Evaluacion = 10:
 Tratamiento   emmean       SE df lower.CL upper.CL .group
 Testigo    18.31250 0.836598 22 16.04400 20.58100  a
 Humus      28.06250 0.836598 22 25.79400 30.33100   b
 Compost    31.77083 0.836598 22 29.50233 34.03933    c
 Biol       33.95833 0.836598 22 31.68983 36.22683    c

Evaluacion = 11:
 Tratamiento   emmean       SE df lower.CL upper.CL .group
 Testigo    18.93750 0.836598 22 16.66900 21.20600  a
 Humus      29.79167 0.836598 22 27.52317 32.06017   b
 Compost    32.00000 0.836598 22 29.73150 34.26850   b
 Biol       35.66667 0.836598 22 33.39817 37.93517    c

Evaluacion = 12:
 Tratamiento   emmean       SE df lower.CL upper.CL .group
 Testigo    19.72917 0.836598 22 17.46067 21.99767  a
 Humus      31.35417 0.836598 22 29.08567 33.62267   b
 Compost    33.83333 0.836598 22 31.56483 36.10183   b
 Biol       37.43750 0.836598 22 35.16900 39.70600    c

Evaluacion = 13:
 Tratamiento   emmean       SE df lower.CL upper.CL .group
 Testigo    20.22917 0.836598 22 17.96067 22.49767  a
 Humus      32.79167 0.836598 22 30.52317 35.06017   b
 Compost    35.29167 0.836598 22 33.02317 37.56017   b
 Biol       39.25000 0.836598 22 36.98150 41.51850    c

Degrees-of-freedom method: kenward-roger
Confidence level used: 0.95
Conf-level adjustment: sidak method for 4 estimates
P value adjustment: tukey method for comparing a family of 4 estimates
significance level used: alpha = 0.05
NOTE: If two or more means share the same grouping symbol,
      then we cannot show them to be different.
      But we also did not show them to be the same.
> res <- resid(modelo_hojas)
> res <- residuals(modelo_hojas)
> fitted_vals <- fitted(modelo_hojas)
> shapiro.test(res)

        Shapiro-Wilk normality test

data:  res
W = 0.81031, p-value < 2.2e-16

> qqnorm(res)
> qqline(res)
> check_heteroscedasticity(modelo_hojas)
Warning: Heteroscedasticity (non-constant error variance) detected (p < .001).
> abline(h = 0)
```

ANEXO 9. TABLAS ESTADÍSTICAS DE DIÁMETRO, ALTURA Y NÚMERO DE HOJAS

Tabla 6

Caracterización fisicoquímica del suelo no afectado y afectado por el incendio

Parámetro	Unidad	Suelo no afectado	Suelo afectado	Método utilizado
pH	-	6,7	6,9	Método EPA 9045 D
Conductividad eléctrica	µS/cm	5,3	8,1	ISO 11265
Acidez intercambiable	cmol (+)/Kg	<0,6	<0,6	Método de cloruro de potasio (AS-33)
Aluminio intercambiable	cmol (+)/Kg	<0,2	<0,2	Método de cloruro de potasio (AS-33)
Carbonato de calcio equivalente	%	1,7	2,5	Método de neutralización ácida (AS-29)
Materia orgánica	%	9,2	7,8	Método de Walkley y Black
Fósforo disponible	mg/kg	4,9	7,7	Método de Olsen (AS-10)
Nitrógeno	mg/g	4,6	3,9	Cálculo a partir de Materia Orgánica (Walkley y Black)
Potasio disponible	mg/kg	186,9	194,5	Espectrofotometría de Absorción Atómica de Llama (EPA 3050B/7000B)

Tabla 7

Concentración de micronutrientes en el suelo no afectado y afectado por el incendio

Parámetro	Unidad	Suelo no afectado	Suelo afectado	Método utilizado
Hierro disponible (Fe)	mg/kg	63,40	20,40	NOM-021-RECNAT-2000, AS-
Cobre disponible (Cu)	mg/kg	3,40	1,40	
Zinc disponible (Zn)	mg/kg	2,40	0,40	
Manganeso disponible (Mn)	mg/kg	42,20	34,40	

Tabla 8

Concentración de metales pesados en el suelo afectado y no afectado por incendio forestal

Metales contaminantes	Unidad	Suelo no afectado	Suelo afectado	Método utilizado
Plomo (Pb)	mg/kg	0,04	0,18	NOM-021 RECNAT-2000, AS-14
Cadmio (Cd)	mg/kg	0,06	0,02	
Níquel (Ni)	mg/kg	0,32	0,00	

Tabla 9

Caracterización fisicoquímica y macronutrientes de las enmiendas orgánicas evaluadas

Enmienda	*pH*	Conductividad eléctrica (µS/cm)	Materia orgánica (%)	Fósforo disponible (mg/kg)	Nitrógeno (mg/g)	Potasio disponible (mg/kg)
Humus	7,9	5137,0	28,5	236,8	4,0	2107,2
Compost	8,4	4418,0	13,2	953,2	4,2	2260,8
Biol	7,3	8358,0	0,4	3,4	3,7	457,2

Tabla 10

Caracterización de micronutrientes de las enmiendas orgánicas

Parámetro	Unidad	Compost	Humus	Biol
Hierro disponible (Fe)	mg/kg	36.20	32.40	3.20
Cobre disponible (Cu)	mg/kg	1.00	1.20	0.20
Zinc disponible (Zn)	mg/kg	9.40	10.00	0.00
Manganeso disponible (Mn)	mg/kg	10.00	5.60	0.40

Tabla 11

Caracterización de metales en las enmiendas orgánicas

Parámetro	Unidad	Compost	Humus	Biol
Plomo (Pb)	mg/kg	0.98	0.98	0.38
Cadmio (Cd)	mg/kg	ND	ND	ND
Níquel (Ni)	mg/kg	<0.06	<0.06	<0.06

Nota. ND: no detectado por debajo del límite del método.

Tabla 12

Estadísticos descriptivos de las variables químicas del suelo según tratamiento

Variable	n	Tratamiento	Mediana	RIC	Mínimo	Máximo	Media ± DE
pH	4	Testigo	6.9	0.1	6.9	7	6.93 ± 0.05
		Compost	6.9	0.1	6.9	7	6.93 ± 0.05
		Biol	7.35	0.25	7.1	7.5	7.33 ± 0.17
		Humus	7	0.1	7	7.1	7.03 ± 0.05
Conductividad	4	Testigo	3.5	0.1	3.5	3.6	3.52 ± 0.05
eléctrica (CE)		Compost	5.15	1.65	3.7	5.3	4.83 ± 0.75
		Biol	8.1	0.2	8	8.2	8.10 ± 0.08
		Humus	6.1	0.1	6.1	6.2	6.13 ± 0.05
Carbonato	4	Testigo	2.5	0.1	2.5	2.6	2.52 ± 0.05
de calcio		Compost	1.6	0.1	1.6	1.7	1.63 ± 0.05
Equivalente		Biol	2.75	0.45	2.3	2.9	2.67 ± 0.26
(CCE)		Humus	2.5	0.1	2.5	2.6	2.52 ± 0.05
Nitrógeno (N)	4	Testigo	4.6	0.1	4.6	4.7	4.63 ± 0.05
		Compost	2.1	0.1	2.1	2.2	2.13 ± 0.05
		Biol	5.65	3.3	2.5	5.8	4.90 ± 1.60
		Humus	3.8	0.1	3.8	3.9	3.82 ± 0.05
Materia	**4**	Testigo	4.2	0.1	4.2	4.3	4.22 ± 0.05
orgánica (MO)		Compost	8.95	1.1	5	9.1	8.00 ± 2.00
		Biol	9.2	0.2	9	9.3	9.18 ± 0.13
		Humus	7.6	0.1	7.5	7.7	7.60 ± 0.08
Potasio	4	Testigo	188	1	187	188	188 ± 0.54
disponible (K)		Compost	137	1	136	138	137 ± 0.85
		Biol	348	92	186	355	309 ± 82.1
		Humus	294	2	292	300	295 ± 3.51
Fósforo	4	Testigo	7.75	0.1	7.7	7.8	7.75 ± 0.06
disponible (P)		Compost	3	0.1	3	3.1	3.02 ± 0.05
		Biol	15.9	7.9	3.6	16.2	12.9 ± 6.20
		Humus	10.8	0.2	10.6	11	10.8 ± 0.17

Nota: *n = tamaño de muestra; RIC = rango intercuartílico; DE = desviación estándar*

Tabla 13

Estadísticos descriptivos de los micronutrientes y metales del suelo según tratamiento

Variable	n	Tratamiento	Mediana	RIC	Mínimo	Máximo	Media ± DE
Hierro (Fe) mg/kg	4	Testigo	20.4	0.23	20.1	20.7	20.40 ± 0.25
		Compost	48.2	0.28	47.8	48.6	48.20 ± 0.33
		Biol	20.8	0.23	20.5	21.1	20.80 ± 0.25
		Humus	35	0.23	34.7	35.3	35.00 ± 0.25
Cobre (Cu) mg/kg	4	Testigo	1.39	0.03	1.35	1.42	1.39 ± 0.03
		Compost	2.59	0.04	2.55	2.65	2.59 ± 0.04
		Biol	1.79	0.03	1.75	1.84	1.79 ± 0.04
		Humus	1.59	0.04	1.55	1.64	1.59 ± 0.04
Zinc (Zn) mg/kg	4	Testigo	0.4	0.01	0.39	0.41	0.40 ± 0.01
		Compost	0.4	0.01	0.39	0.41	0.40 ± 0.01
		Biol	0.4	0.01	0.39	0.41	0.40 ± 0.01
		Humus	0.4	0.01	0.39	0.41	0.40 ± 0.01
Manganeso (Mn) mg/kg	4	Testigo	34.4	0.3	33.9	34.8	34.40 ± 0.37
		Compost	33.5	0.3	33	33.9	33.50 ± 0.37
		Biol	28.4	0.3	28	28.9	28.40 ± 0.37
		Humus	18.8	0.23	18.5	19.1	18.83 ± 0.25
Plomo (Pb) mg/kg	4	Testigo	0.18	0.01	0.17	0.19	0.18 ± 0.01
		Compost	0.12	0.02	0.11	0.13	0.12 ± 0.01
		Biol	0.14	0.02	0.13	0.15	0.14 ± 0.01
		Humus	0.2	0.01	0.19	0.21	0.20 ± 0.01
Cadmio (Cd) mg/kg	4	Testigo	0.02	0.01	0.01	0.03	0.02 ± 0.01
		Compost	0.04	0.01	0.03	0.05	0.04 ± 0.01
		Biol	0.04	0.01	0.03	0.05	0.04 ± 0.01
		Humus	0.022	0.01	0.02	0.03	0.02 ± 0.01

Nota: *n = tamaño de muestra; RIC = rango intercuartílico; DE = desviación estándar.*

Tabla 14

Análisis estadísticos (Kruskal-Wallis y Test de Dunn)

Variables	Testigo	Compost	Biol	Humus	χ^2	gl	p-valor
pH	6.9 ± 0.1 b	6.9 ± 0.1 b	7.35 ± 0.2 a	7 ± 0.1 b	12.1	3	0.007*
Conductividad eléctrica	3.5 ± 0.1 c	5.1 ± 1.65 b	8.1 ± 0.2 b	6.1 ± 0.1 a	14.3	3	0.003*
Carbonato de Calcio Equivalente	2.5 ± 0.1 ab	1.6 ± 0.1 b	2.75 ± 0.45 a	2.5 ± 0.1 ab	10.1	3	0.018*
Materia Orgánica	2.1 ± 0.1 b	8.95 ± 1.1 a	9.2 ± 0.1 a	7.6 ± 0.1 a	12.6	3	0.006 *
Nitrógeno	4.6 ± 0.1 c	2.1 ± 0.1 b	5.65 ± 3.3 a	3.8 ± 0.1 ab	11.1	3	0.011*
Potasio Disponible	188 ± 1 ac	137 ± 1 b	348 ± 92 a	294 ± 2 c	11	3	0.012*
Fósforo Disponible	7.75 ± 0.1 ac	3 ± 0.1 b	15.9 ± 7.9 a	10.8 ± 0.2 c	11	3	0.012*

Nota: *:significativo ($p < 0.05$)

Tabla 15

Análisis estadísticos (ANOVA y TUKEY) para micronutrientes

Elemento	**ANOVA de Welch**			**Media por tratamiento y Tukey**			
	F	**gl**	**p**	**Testigo**	**Compost**	**Biol**	**Humus**
Cu	633	3, 6.62	<0.001	1.39[a]	2.59[b]	1.79[c]	1.59[d]
Fe	6907	3, 6.63	<0.001	20.38[a]	48.17[c]	20.77[a]	35.02[b]
Mn	1958	3, 6.55	<0.001	34.40[a]	33.45[b]	28.40[c]	18.82[d]

Tabla 16

Análisis estadísticos (Kruskal-Wallis) para micronutrientes (Zn) y metales

Variable	Testigo	Compost	Biol	Humus	χ^2	gl	p-valor
Zn	0.40 ± 0.01	0.40 ± 0.01	0.40 ± 0.01	0.40 ± 0.01	0	3	1
Pb	0.18 ± 0.01	0.12 ± 0.01	0.14 ± 0.01	0.20 ± 0.01	13.9	3	0.003*
Cd	0.02 ± 0.01	0.04 ± 0.01	0.04 ± 0.01	0.022 ± 0.01	10.6	3	0.014*
Ni	0.0025 ± 0.005	0.10 ± 0.01	0.02 ± 0.01	0.04 ± 0.01	14	3	0.003*

Nota: *: significativo ($p < 0.05$)

Tabla 17

Diámetro de Corymbia torelliana durante las trece evaluaciones bajo diferentes tratamientos con enmiendas orgánicas

NE	Testigo	Compost	Biol	Humus
1	2.30 (2.07–2.54)a	2.30 (2.07–2.53) a	2.26 (2.03–2.49) a	2.27 (2.04–2.50) a
2	3.92 (3.68–4.15)a	4.59 (4.35–4.82) b	5.05 (4.82–5.28) c	4.93 (4.69–5.16) c
3	5.62 (5.39–5.86)a	6.97 (6.74–7.21) b	7.91 (7.68–8.14) c	7.64 (7.41–7.88) c
4	5.95 (5.72–6.19)a	7.54 (7.31–7.77) b	8.72 (8.48–8.95) c	8.42 (8.19–8.65) ab
5	6.28 (6.05–6.52)a	8.10 (7.87–8.34) b	9.52 (9.29–9.75) d	9.20 (8.97–9.43) c
6	6.61 (6.38–6.84)a	8.67 (8.44–8.90) b	10.33 (10.10–10.56)d	9.98 (9.74–10.21) c
7	6.94 (6.71–7.17)a	9.23 (9.00–9.46) b	11.14 (10.90–11.37)	10.75 (10.52–10.99)
8	7.28 (7.04–7.51)a	9.80 (9.56–10.03) b	11.94 (11.71–12.17)d	11.53 (11.30–11.76)c
9	7.60 (7.37–7.83)a	10.36 (10.13–10.59)b	12.75 (12.52–12.98)d	12.29 (12.06–12.52)c
10	7.93 (7.70–8.16)a	10.94 (10.71–11.17)b	13.55 (13.32–13.79)d	13.07 (12.84–13.30)c
11	8.26 (8.03–8.49)a	11.49 (11.26–11.73)b	14.36 (14.13–14.60)d	13.86 (13.63–14.10)c
12	8.59 (8.35–8.82)a	12.09 (11.85–12.32)b	15.17 (14.94–15.40)d	14.64 (14.41–14.87)c
13	8.92 (8.68–9.15)a	12.62 (12.39–12.85)b	15.98 (15.74–16.21)d	15.42 (15.19–15.65)c

Nota. Medias marginales estimadas con intervalos de confianza al 95%. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos según el ajuste de comparaciones múltiples de Sidak ($p < 0.05$). Tratamientos que comparten al menos una letra no presentan diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 18

Altura de Corymbia torelliana durante las trece evaluaciones bajo diferentes tratamientos con enmiendas orgánicas

Evaluación	Testigo	Compost	Biol	Humus
1	14.93 (12.6–17.2) a	14.73 (12.4–17.03) a	15.02 (12.7–17.3)a	14.56 (12.2–16.8)a
2	23.54 (21.2–25.8) a	25.78 (23.4–28.08) a	24.82 (22.5–27.1)a	24.50 (22.20–26.8)a
3	32.27 (29.9–34.) b	36.96 (34.6–39.26) a	35.05 (32.75–37.35)ab	34.51 (32.21–36.81)ab
4	33.37 (31.07–35.7) b	38.98 (36.68–41.3) a	37.35 (35.05–39.65)a	36.50 (34.20–38.80)ab
5	34.34 (32.04–36.6) b	40.95 (38.65–43.3) a	39.60 (37.30–41.90)a	38.48 (36.18–40.78)a
6	35.35 (33.05–37.7) b	42.96 (40.66–45.26) a	41.90 (39.60–44.20)a	40.51 (38.21–42.81)a
7	36.24 (33.9–38.54) b	44.85 (42.55–47.15) a	44.09 (41.79–46.39)	42.43 (40.13–44.73)
8	37.18 (34.9–39.48) b	46.77 (44.47–49.07) a	46.30 (44.00–48.60)a	44.38 (42.08–46.68)a
9	38.11 (35.8–40.41) b	48.72 (46.42–51.02) a	48.54 (46.24–50.84)a	46.31 (44.01–48.61)a
10	39.05 (36.8–41.35) c	52.97 (50.67–55.27) a	50.78 (48.48–53.08) ab	48.28 (45.98–50.58) b
11	40.01 (37.7–42.31) b	52.61 (50.31–54.91) a	53.03 (50.73–55.33)a	50.28 (47.98–52.58)a
12	41.08 (38.9–43.38) b	54.90 (52.60–57.20) a	55.20 (52.90–57.50)a	52.19 (49.89–54.49)a
13	41.92 (39.62–44.2) b	56.48 (54.18–58.78) a	57.48 (55.18–59.78)a	54.20 (51.90–56.50)a

Nota. Medias marginales estimadas con intervalos de confianza al 95%. Las letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos según ajuste de Sidak ($p < 0.05$).

Tabla 19

Número de hojas de Corymbia torelliana durante las trece evaluaciones bajo diferentes tratamientos con enmiendas orgánicas

Evaluación	Testigo	Compost	Biol	Humus
1	8.35 (6.09–10.62) a	8.25 (5.98–10.52) a	8.10 (5.84–10.37) a	8.13 (5.86–10.39) a
2	11.29 (9.02–13.56)a	16.29 (14.02–18.6)bc	18.65 (16.38–20.91) c	14.65 (12.4–16.91) b
3	14.85 (12.–17.12) a	20.27 (18–22.5)bc	22.56 (20.3–24.83) c	18.63 (16.4–20.89) b
4	14.31 (12.04–16.6) a	20.81 (18.5–23.1) bc	23.23 (20.96–25.5) c	19.02 (16.75–21.3) b
5	15.31 (13.04–17.6) a	22.46 (20.2–24.7) bc	25.02 (22.75–27.3) c	20.50 (18.2–22.77) b
6	15.81 (13.54–18.1) a	24.08 (21.8–26.4) bc	26.71 (24.44–28.9) c	22.08 (19.8–24.35) b
7	16.48 (14.21–18.8) a	25.65 (23.38–27.9) b	28.50 (26.23–30.8) c	23.69 (21.4–25.96) b
8	17.15 (14.88–19.4) a	27.25 (24.98–29.5) b	30.33 (28.06–32.6) c	25.08 (22.8–27.35) b
9	17.77 (15.5–20.04) a	28.98 (26.7–31.25) b	32.15 (29.88–34.4) c	26.75 (24.48–29) b
10	18.31 (16.04–20.6) a	31.77 (29.5–34.04) c	33.96 (31.69–36.2) c	28.06 (25.79–30.3) b
11	18.94 (16.67–21.2) a	32.00 (29.73–34.3) b	35.67 (33.4–37.94) c	29.79 (27.52–32.1) b
12	19.73 (17.46–22) a	33.83 (31.56–36.1) b	37.44 (35.17–39.7) c	31.35 (29.09–33.6) b
13	20.23 (17.96–22.5) a	35.29 (33–37.56) b	39.25 (36.98–41.5) c	32.79 (30.52–35.1) b

Nota. Medias marginales estimadas con intervalos de confianza al 95%. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos según ajuste de comparaciones múltiples de Sidak ($p < 0.05$). Tratamientos que comparten al menos una letra no presentan diferencias estadísticamente significativas.

ANEXO 10. *BASE DE DATOS*

Tabla 20

Monitoreo quincenal de diámetro, altura y número de hojas del Bloque N°1

Bloque	Tratamiento	ID_Arbol	Evaluación	Altura	Hojas	Diámetro
BI	Humus	B1-H1-A1	1	14.80	8.00	2.70
BI	Humus	B1-H1-A1	2	19.10	13.00	4.62
BI	Humus	B1-H1-A1	3	24.00	17.00	7.05
BI	Humus	B1-H1-A1	4	25.20	16.00	7.77
BI	Humus	B1-H1-A1	5	26.50	17.00	8.49
BI	Humus	B1-H1-A1	6	27.90	19.00	9.21
BI	Humus	B1-H1-A1	7	29.20	20.00	9.92
BI	Humus	B1-H1-A1	8	30.60	22.00	10.64
BI	Humus	B1-H1-A1	9	31.90	23.00	11.36
BI	Humus	B1-H1-A1	10	33.30	23.00	12.08
BI	Humus	B1-H1-A1	11	34.70	25.00	12.79
BI	Humus	B1-H1-A1	12	36.00	26.00	13.51
BI	Humus	B1-H1-A1	13	37.40	28.00	14.23
BI	Humus	B1-H1-A2	1	13.90	9.00	1.93
BI	Humus	B1-H1-A2	2	27.20	15.00	5.04
BI	Humus	B1-H1-A2	3	39.00	19.00	7.86
BI	Humus	B1-H1-A2	4	42.00	18.00	8.66
BI	Humus	B1-H1-A2	5	44.20	20.00	9.46
BI	Humus	B1-H1-A2	6	46.50	21.00	10.26
BI	Humus	B1-H1-A2	7	48.80	23.00	11.06
BI	Humus	B1-H1-A2	8	51.00	24.00	11.86
BI	Humus	B1-H1-A2	9	53.30	26.00	12.66
BI	Humus	B1-H1-A2	10	55.60	28.00	13.45
BI	Humus	B1-H1-A2	11	57.80	29.00	14.25
BI	Humus	B1-H1-A2	12	60.10	31.00	15.05
BI	Humus	B1-H1-A2	13	62.30	32.00	15.85
BI	Humus	B1-H1-A3	1	13.40	7.00	2.38
BI	Humus	B1-H1-A3	2	24.60	12.00	4.93
BI	Humus	B1-H1-A3	3	35.50	16.00	7.61
BI	Humus	B1-H1-A3	4	37.00	16.00	8.39
BI	Humus	B1-H1-A3	5	39.00	17.00	9.16
BI	Humus	B1-H1-A3	6	41.00	19.00	9.93
BI	Humus	B1-H1-A3	7	43.00	19.00	10.71
BI	Humus	B1-H1-A3	8	45.00	20.00	11.48
BI	Humus	B1-H1-A3	9	46.90	22.00	12.26
BI	Humus	B1-H1-A3	10	48.90	23.00	13.03
BI	Humus	B1-H1-A3	11	50.90	24.00	13.80

BI	Humus	B1-H1-A3	12	52.90	26.00	14.58
BI	Humus	B1-H1-A3	13	54.90	27.00	15.35
BI	Humus	B1-H1-A4	1	15.40	8.00	2.06
BI	Humus	B1-H1-A4	2	24.60	14.00	4.85
BI	Humus	B1-H1-A4	3	36.00	18.00	7.53
BI	Humus	B1-H1-A4	4	37.10	20.00	8.30
BI	Humus	B1-H1-A4	5	39.10	22.00	9.07
BI	Humus	B1-H1-A4	6	41.10	23.00	9.83
BI	Humus	B1-H1-A4	7	43.10	25.00	10.60
BI	Humus	B1-H1-A4	8	45.20	26.00	11.37
BI	Humus	B1-H1-A4	9	47.20	28.00	12.13
BI	Humus	B1-H1-A4	10	49.20	29.00	12.90
BI	Humus	B1-H1-A4	11	51.20	31.00	13.66
BI	Humus	B1-H1-A4	12	53.20	32.00	14.43
BI	Humus	B1-H1-A4	13	55.20	34.00	15.20
BI	Humus	B1-H1-A5	1	16.00	7.00	2.61
BI	Humus	B1-H1-A5	2	24.50	13.00	4.91
BI	Humus	B1-H1-A5	3	35.50	17.00	7.60
BI	Humus	B1-H1-A5	4	36.80	18.00	8.37
BI	Humus	B1-H1-A5	5	38.70	19.00	9.15
BI	Humus	B1-H1-A5	6	40.70	22.00	9.92
BI	Humus	B1-H1-A5	7	42.70	23.00	10.69
BI	Humus	B1-H1-A5	8	44.70	25.00	11.47
BI	Humus	B1-H1-A5	9	46.70	26.00	12.24
BI	Humus	B1-H1-A5	10	48.70	27.00	13.01
BI	Humus	B1-H1-A5	11	50.60	29.00	13.78
BI	Humus	B1-H1-A5	12	52.60	30.00	14.56
BI	Humus	B1-H1-A5	13	54.60	32.00	15.33
BI	Humus	B1-H1-A6	1	15.60	9.00	2.50
BI	Humus	B1-H1-A6	2	27.50	19.00	5.22
BI	Humus	B1-H1-A6	3	39.00	23.00	8.21
BI	Humus	B1-H1-A6	4	42.40	24.00	9.05
BI	Humus	B1-H1-A6	5	44.70	26.00	9.88
BI	Humus	B1-H1-A6	6	46.90	28.00	10.72
BI	Humus	B1-H1-A6	7	49.20	30.00	11.55
BI	Humus	B1-H1-A6	8	51.50	32.00	12.39
BI	Humus	B1-H1-A6	9	53.80	35.00	13.22
BI	Humus	B1-H1-A6	10	56.10	37.00	14.06
BI	Humus	B1-H1-A6	11	58.40	39.00	14.89
BI	Humus	B1-H1-A6	12	60.60	41.00	15.73
BI	Humus	B1-H1-A6	13	62.90	43.00	16.56
BI	Humus	B1-H1-A7	1	14.60	8.00	2.38
BI	Humus	B1-H1-A7	2	29.30	19.00	5.33
BI	Humus	B1-H1-A7	3	42.50	23.00	8.41

BI	Humus	B1-H1-A7	4	46.10	22.00	9.26
BI	Humus	B1-H1-A7	5	48.60	24.00	10.12
BI	Humus	B1-H1-A7	6	51.10	26.00	10.97
BI	Humus	B1-H1-A7	7	53.60	28.00	11.83
BI	Humus	B1-H1-A7	8	56.10	30.00	12.68
BI	Humus	B1-H1-A7	9	58.50	32.00	13.54
BI	Humus	B1-H1-A7	10	61.00	34.00	14.39
BI	Humus	B1-H1-A7	11	63.50	36.00	15.24
BI	Humus	B1-H1-A7	12	66.00	38.00	16.10
BI	Humus	B1-H1-A7	13	68.50	39.00	16.95
BI	Humus	B1-H1-A8	1	13.30	9.00	2.29
BI	Humus	B1-H1-A8	2	22.60	15.00	4.89
BI	Humus	B1-H1-A8	3	30.00	19.00	7.56
BI	Humus	B1-H1-A8	4	32.20	19.00	8.33
BI	Humus	B1-H1-A8	5	34.00	21.00	9.10
BI	Humus	B1-H1-A8	6	35.70	22.00	9.87
BI	Humus	B1-H1-A8	7	37.40	23.00	10.63
BI	Humus	B1-H1-A8	8	39.20	24.00	11.40
BI	Humus	B1-H1-A8	9	40.90	26.00	12.17
BI	Humus	B1-H1-A8	10	42.60	28.00	12.94
BI	Humus	B1-H1-A8	11	44.40	29.00	13.71
BI	Humus	B1-H1-A8	12	46.10	31.00	14.48
BI	Humus	B1-H1-A8	13	47.90	32.00	15.25
BI	Humus	B1-H1-A9	1	15.80	6.00	2.47
BI	Humus	B1-H1-A9	2	21.70	12.00	4.78
BI	Humus	B1-H1-A9	3	30.00	16.00	7.34
BI	Humus	B1-H1-A9	4	31.00	17.00	8.09
BI	Humus	B1-H1-A9	5	32.70	18.00	8.83
BI	Humus	B1-H1-A9	6	34.30	20.00	9.58
BI	Humus	B1-H1-A9	7	36.00	21.00	10.33
BI	Humus	B1-H1-A9	8	37.70	22.00	11.07
BI	Humus	B1-H1-A9	9	39.30	24.00	11.82
BI	Humus	B1-H1-A9	10	41.00	25.00	12.57
BI	Humus	B1-H1-A9	11	42.70	26.00	13.31
BI	Humus	B1-H1-A9	12	44.40	28.00	14.06
BI	Humus	B1-H1-A9	13	46.00	29.00	14.81
BI	Humus	B1-H1-A10	1	14.20	8.00	2.31
BI	Humus	B1-H1-A10	2	26.60	15.00	5.12
BI	Humus	B1-H1-A10	3	39.00	19.00	7.99
BI	Humus	B1-H1-A10	4	41.00	18.00	8.80
BI	Humus	B1-H1-A10	5	43.20	20.00	9.61
BI	Humus	B1-H1-A10	6	45.40	21.00	10.43
BI	Humus	B1-H1-A10	7	47.60	23.00	11.24
BI	Humus	B1-H1-A10	8	49.80	24.00	12.05

BI	Humus	B1-H1-A10	9	52.00	25.00	12.86
BI	Humus	B1-H1-A10	10	54.30	27.00	13.68
BI	Humus	B1-H1-A10	11	56.50	28.00	14.49
BI	Humus	B1-H1-A10	12	58.70	30.00	15.30
BI	Humus	B1-H1-A10	13	60.90	31.00	16.11
BI	Humus	B1-H1-A11	1	13.40	8.00	2.66
BI	Humus	B1-H1-A11	2	22.60	12.00	4.62
BI	Humus	B1-H1-A11	3	30.50	16.00	7.09
BI	Humus	B1-H1-A11	4	32.40	15.00	7.81
BI	Humus	B1-H1-A11	5	34.10	16.00	8.53
BI	Humus	B1-H1-A11	6	35.90	18.00	9.26
BI	Humus	B1-H1-A11	7	37.60	19.00	9.98
BI	Humus	B1-H1-A11	8	39.40	20.00	10.70
BI	Humus	B1-H1-A11	9	41.10	22.00	11.42
BI	Humus	B1-H1-A11	10	42.90	23.00	12.14
BI	Humus	B1-H1-A11	11	44.60	24.00	12.86
BI	Humus	B1-H1-A11	12	46.40	26.00	13.58
BI	Humus	B1-H1-A11	13	48.10	27.00	14.30
BI	Humus	B1-H1-A12	1	13.90	8.00	2.21
BI	Humus	B1-H1-A12	2	25.40	15.00	5.01
BI	Humus	B1-H1-A12	3	37.00	19.00	7.81
BI	Humus	B1-H1-A12	4	38.60	18.00	8.60
BI	Humus	B1-H1-A12	5	40.70	20.00	9.40
BI	Humus	B1-H1-A12	6	42.70	21.00	10.19
BI	Humus	B1-H1-A12	7	44.80	23.00	10.98
BI	Humus	B1-H1-A12	8	46.90	24.00	11.78
BI	Humus	B1-H1-A12	9	49.00	26.00	12.57
BI	Humus	B1-H1-A12	10	51.10	28.00	13.36
BI	Humus	B1-H1-A12	11	53.20	29.00	14.16
BI	Humus	B1-H1-A12	12	55.20	30.00	14.95
BI	Humus	B1-H1-A12	13	57.30	31.00	15.75
BI	Compost	B1-C2-A13	1	18.00	8.00	2.69
BI	Compost	B1-C2-A13	2	22.80	11.00	4.40
BI	Compost	B1-C2-A13	3	31.00	15.00	6.56
BI	Compost	B1-C2-A13	4	32.60	16.00	7.09
BI	Compost	B1-C2-A13	5	34.30	17.00	7.62
BI	Compost	B1-C2-A13	6	35.90	18.00	8.15
BI	Compost	B1-C2-A13	7	37.50	19.00	8.69
BI	Compost	B1-C2-A13	8	39.10	20.00	9.22
BI	Compost	B1-C2-A13	9	40.80	22.00	9.75
BI	Compost	B1-C2-A13	10	42.40	23.00	10.28
BI	Compost	B1-C2-A13	11	44.00	24.00	10.81
BI	Compost	B1-C2-A13	12	45.70	25.00	11.34
BI	Compost	B1-C2-A13	13	47.30	26.00	11.87

BI	Compost	B1-C2-A14	1	16.30	8.00	2.32
BI	Compost	B1-C2-A14	2	23.30	14.00	4.45
BI	Compost	B1-C2-A14	3	33.00	18.00	6.69
BI	Compost	B1-C2-A14	4	34.00	17.00	7.23
BI	Compost	B1-C2-A14	5	35.70	18.00	7.78
BI	Compost	B1-C2-A14	6	37.40	20.00	8.32
BI	Compost	B1-C2-A14	7	39.10	21.00	8.86
BI	Compost	B1-C2-A14	8	40.80	23.00	9.40
BI	Compost	B1-C2-A14	9	42.50	24.00	9.95
BI	Compost	B1-C2-A14	10	44.20	25.00	10.49
BI	Compost	B1-C2-A14	11	45.90	26.00	11.03
BI	Compost	B1-C2-A14	12	47.60	27.00	11.57
BI	Compost	B1-C2-A14	13	49.30	29.00	12.11
BI	Compost	B1-C2-A15	1	12.70	9.00	2.55
BI	Compost	B1-C2-A15	2	28.60	18.00	4.81
BI	Compost	B1-C2-A15	3	42.00	22.00	7.39
BI	Compost	B1-C2-A15	4	44.70	22.00	7.99
BI	Compost	B1-C2-A15	5	46.90	24.00	8.59
BI	Compost	B1-C2-A15	6	49.20	26.00	9.19
BI	Compost	B1-C2-A15	7	51.40	27.00	9.78
BI	Compost	B1-C2-A15	8	53.60	29.00	10.38
BI	Compost	B1-C2-A15	9	55.80	30.00	10.98
BI	Compost	B1-C2-A15	10	58.10	32.00	11.58
BI	Compost	B1-C2-A15	11	60.30	33.00	12.18
BI	Compost	B1-C2-A15	12	62.50	35.00	12.78
BI	Compost	B1-C2-A15	13	64.80	37.00	13.37
BI	Compost	B1-C2-A16	1	13.80	8.00	2.33
BI	Compost	B1-C2-A16	2	26.70	15.00	4.50
BI	Compost	B1-C2-A16	3	39.00	19.00	6.84
BI	Compost	B1-C2-A16	4	41.00	18.00	7.40
BI	Compost	B1-C2-A16	5	43.00	20.00	7.95
BI	Compost	B1-C2-A16	6	45.10	21.00	8.51
BI	Compost	B1-C2-A16	7	47.10	23.00	9.06
BI	Compost	B1-C2-A16	8	49.20	24.00	9.62
BI	Compost	B1-C2-A16	9	51.20	26.00	10.17
BI	Compost	B1-C2-A16	10	53.20	26.00	10.72
BI	Compost	B1-C2-A16	11	55.30	28.00	11.28
BI	Compost	B1-C2-A16	12	57.30	29.00	11.83
BI	Compost	B1-C2-A16	13	59.40	31.00	12.39
BI	Compost	B1-C2-A17	1	15.30	9.00	2.55
BI	Compost	B1-C2-A17	2	27.80	14.00	4.58
BI	Compost	B1-C2-A17	3	39.50	18.00	6.95
BI	Compost	B1-C2-A17	4	42.80	19.00	7.52
BI	Compost	B1-C2-A17	5	44.90	20.00	8.08

BI	Compost	B1-C2-A17	6	47.00	22.00	8.64
BI	Compost	B1-C2-A17	7	49.20	23.00	9.21
BI	Compost	B1-C2-A17	8	51.30	25.00	9.77
BI	Compost	B1-C2-A17	9	53.40	26.00	10.33
BI	Compost	B1-C2-A17	10	55.60	28.00	10.90
BI	Compost	B1-C2-A17	11	57.70	29.00	11.46
BI	Compost	B1-C2-A17	12	59.80	30.00	12.02
BI	Compost	B1-C2-A17	13	62.00	32.00	12.59
BI	Compost	B1-C2-A18	1	15.10	8.00	2.80
BI	Compost	B1-C2-A18	2	27.30	16.00	4.56
BI	Compost	B1-C2-A18	3	42.00	20.00	6.97
BI	Compost	B1-C2-A18	4	42.70	21.00	7.53
BI	Compost	B1-C2-A18	5	44.90	23.00	8.10
BI	Compost	B1-C2-A18	6	47.00	24.00	8.66
BI	Compost	B1-C2-A18	7	49.10	26.00	9.23
BI	Compost	B1-C2-A18	8	51.30	27.00	9.79
BI	Compost	B1-C2-A18	9	53.40	29.00	10.35
BI	Compost	B1-C2-A18	10	55.50	31.00	10.92
BI	Compost	B1-C2-A18	11	57.70	32.00	11.48
BI	Compost	B1-C2-A18	12	59.80	34.00	12.05
BI	Compost	B1-C2-A18	13	61.90	35.00	12.61
BI	Compost	B1-C2-A19	1	17.80	7.00	2.00
BI	Compost	B1-C2-A19	2	23.60	15.00	4.43
BI	Compost	B1-C2-A19	3	33.00	19.00	6.68
BI	Compost	B1-C2-A19	4	34.50	20.00	7.22
BI	Compost	B1-C2-A19	5	36.30	22.00	7.76
BI	Compost	B1-C2-A19	6	38.00	23.00	8.30
BI	Compost	B1-C2-A19	7	39.70	26.00	8.85
BI	Compost	B1-C2-A19	8	41.40	27.00	9.39
BI	Compost	B1-C2-A19	9	43.20	29.00	9.93
BI	Compost	B1-C2-A19	10	44.90	30.00	10.47
BI	Compost	B1-C2-A19	11	46.60	32.00	11.01
BI	Compost	B1-C2-A19	12	48.30	33.00	11.55
BI	Compost	B1-C2-A19	13	50.10	35.00	12.09
BI	Compost	B1-C2-A20	1	16.60	9.00	2.17
BI	Compost	B1-C2-A20	2	26.70	13.00	4.56
BI	Compost	B1-C2-A20	3	38.00	17.00	6.89
BI	Compost	B1-C2-A20	4	40.60	18.00	7.45
BI	Compost	B1-C2-A20	5	42.60	19.00	8.01
BI	Compost	B1-C2-A20	6	44.70	21.00	8.57
BI	Compost	B1-C2-A20	7	46.70	22.00	9.12
BI	Compost	B1-C2-A20	8	48.70	24.00	9.68
BI	Compost	B1-C2-A20	9	50.80	26.00	10.24
BI	Compost	B1-C2-A20	10	52.80	27.00	10.80

BI	Compost	B1-C2-A20	11	54.80	28.00	11.36
BI	Compost	B1-C2-A20	12	56.80	30.00	11.91
BI	Compost	B1-C2-A20	13	58.90	31.00	12.47
BI	Compost	B1-C2-A21	1	16.20	6.00	2.48
BI	Compost	B1-C2-A21	2	27.20	14.00	4.53
BI	Compost	B1-C2-A21	3	41.00	18.00	6.88
BI	Compost	B1-C2-A21	4	42.30	19.00	7.44
BI	Compost	B1-C2-A21	5	44.40	20.00	8.00
BI	Compost	B1-C2-A21	6	46.50	22.00	8.55
BI	Compost	B1-C2-A21	7	48.60	23.00	9.11
BI	Compost	B1-C2-A21	8	50.80	25.00	9.67
BI	Compost	B1-C2-A21	9	52.90	26.00	10.23
BI	Compost	B1-C2-A21	10	55.00	28.00	10.78
BI	Compost	B1-C2-A21	11	57.10	29.00	11.34
BI	Compost	B1-C2-A21	12	59.20	30.00	11.90
BI	Compost	B1-C2-A21	13	61.30	32.00	12.46
BI	Compost	B1-C2-A22	1	13.90	10.00	2.46
BI	Compost	B1-C2-A22	2	21.60	10.00	4.18
BI	Compost	B1-C2-A22	3	28.00	14.00	6.19
BI	Compost	B1-C2-A22	4	29.90	14.00	6.69
BI	Compost	B1-C2-A22	5	31.40	15.00	7.19
BI	Compost	B1-C2-A22	6	32.90	16.00	7.69
BI	Compost	B1-C2-A22	7	34.40	17.00	8.19
BI	Compost	B1-C2-A22	8	35.90	18.00	8.69
BI	Compost	B1-C2-A22	9	37.40	19.00	9.20
BI	Compost	B1-C2-A22	10	38.90	20.00	9.70
BI	Compost	B1-C2-A22	11	40.40	21.00	10.20
BI	Compost	B1-C2-A22	12	41.90	23.00	10.70
BI	Compost	B1-C2-A22	13	43.40	24.00	11.20
BI	Compost	B1-C2-A23	1	14.70	9.00	2.47
BI	Compost	B1-C2-A23	2	26.00	18.00	4.57
BI	Compost	B1-C2-A23	3	36.00	22.00	6.97
BI	Compost	B1-C2-A23	4	39.00	22.00	7.54
BI	Compost	B1-C2-A23	5	40.90	24.00	8.10
BI	Compost	B1-C2-A23	6	42.80	26.00	8.67
BI	Compost	B1-C2-A23	7	44.80	27.00	9.23
BI	Compost	B1-C2-A23	8	46.70	29.00	9.80
BI	Compost	B1-C2-A23	9	48.70	31.00	10.36
BI	Compost	B1-C2-A23	10	50.60	33.00	10.93
BI	Compost	B1-C2-A23	11	52.60	34.00	11.49
BI	Compost	B1-C2-A23	12	54.50	36.00	12.05
BI	Compost	B1-C2-A23	13	56.40	38.00	12.62
BI	Compost	B1-C2-A24	1	12.00	8.00	2.44
BI	Compost	B1-C2-A24	2	27.20	16.00	4.71

BI	Compost	B1-C2-A24	3	40.00	20.00	7.19
BI	Compost	B1-C2-A24	4	42.00	20.00	7.77
BI	Compost	B1-C2-A24	5	44.10	22.00	8.35
BI	Compost	B1-C2-A24	6	46.20	23.00	8.93
BI	Compost	B1-C2-A24	7	48.30	25.00	9.52
BI	Compost	B1-C2-A24	8	50.40	26.00	10.10
BI	Compost	B1-C2-A24	9	52.50	27.00	10.68
BI	Compost	B1-C2-A24	10	54.60	29.00	11.26
BI	Compost	B1-C2-A24	11	56.70	30.00	11.85
BI	Compost	B1-C2-A24	12	58.80	32.00	12.43
BI	Compost	B1-C2-A24	13	60.90	33.00	13.01
BI	Biol	B1-B3-A25	1	15.60	8.00	2.17
BI	Biol	B1-B3-A25	2	28.10	25.00	5.52
BI	Biol	B1-B3-A25	3	40.50	29.00	8.79
BI	Biol	B1-B3-A25	4	44.00	32.00	9.68
BI	Biol	B1-B3-A25	5	46.60	34.00	10.58
BI	Biol	B1-B3-A25	6	49.30	37.00	11.47
BI	Biol	B1-B3-A25	7	51.90	40.00	12.37
BI	Biol	B1-B3-A25	8	54.60	42.00	13.27
BI	Biol	B1-B3-A25	9	57.20	44.00	14.16
BI	Biol	B1-B3-A25	10	59.80	46.00	15.06
BI	Biol	B1-B3-A25	11	62.50	49.00	15.96
BI	Biol	B1-B3-A25	12	65.10	51.00	16.85
BI	Biol	B1-B3-A25	13	67.70	54.00	17.75
BI	Biol	B1-B3-A26	1	14.20	8.00	2.27
BI	Biol	B1-B3-A26	2	22.10	21.00	4.93
BI	Biol	B1-B3-A26	3	30.00	25.00	7.72
BI	Biol	B1-B3-A26	4	31.70	24.00	8.51
BI	Biol	B1-B3-A26	5	33.60	25.00	9.29
BI	Biol	B1-B3-A26	6	35.50	27.00	10.08
BI	Biol	B1-B3-A26	7	37.40	29.00	10.87
BI	Biol	B1-B3-A26	8	39.30	31.00	11.66
BI	Biol	B1-B3-A26	9	41.20	33.00	12.44
BI	Biol	B1-B3-A26	10	43.10	35.00	13.23
BI	Biol	B1-B3-A26	11	45.00	37.00	14.02
BI	Biol	B1-B3-A26	12	46.90	38.00	14.81
BI	Biol	B1-B3-A26	13	48.80	40.00	15.59
BI	Biol	B1-B3-A27	1	15.10	8.00	2.45
BI	Biol	B1-B3-A27	2	22.00	12.00	4.78
BI	Biol	B1-B3-A27	3	28.00	16.00	7.31
BI	Biol	B1-B3-A27	4	30.80	17.00	8.06
BI	Biol	B1-B3-A27	5	32.60	18.00	8.81
BI	Biol	B1-B3-A27	6	34.50	19.00	9.55
BI	Biol	B1-B3-A27	7	36.30	20.00	10.30

BI	Biol	B1-B3-A27	8	38.20	22.00	11.04
BI	Biol	B1-B3-A27	9	40.00	23.00	11.79
BI	Biol	B1-B3-A27	10	41.90	24.00	12.54
BI	Biol	B1-B3-A27	11	43.70	25.00	13.28
BI	Biol	B1-B3-A27	12	45.60	27.00	14.03
BI	Biol	B1-B3-A27	13	47.40	28.00	14.77
BI	Biol	B1-B3-A28	1	16.80	6.00	1.80
BI	Biol	B1-B3-A28	2	25.00	17.00	5.05
BI	Biol	B1-B3-A28	3	36.00	21.00	7.89
BI	Biol	B1-B3-A28	4	38.00	22.00	8.69
BI	Biol	B1-B3-A28	5	40.20	24.00	9.50
BI	Biol	B1-B3-A28	6	42.50	25.00	10.30
BI	Biol	B1-B3-A28	7	44.80	27.00	11.11
BI	Biol	B1-B3-A28	8	47.10	29.00	11.91
BI	Biol	B1-B3-A28	9	49.30	30.00	12.72
BI	Biol	B1-B3-A28	10	51.60	32.00	13.52
BI	Biol	B1-B3-A28	11	53.90	34.00	14.33
BI	Biol	B1-B3-A28	12	56.20	35.00	15.13
BI	Biol	B1-B3-A28	13	58.40	37.00	15.94
BI	Biol	B1-B3-A29	1	16.50	8.00	2.33
BI	Biol	B1-B3-A29	2	26.10	21.00	5.10
BI	Biol	B1-B3-A29	3	38.00	25.00	8.04
BI	Biol	B1-B3-A29	4	40.20	27.00	8.86
BI	Biol	B1-B3-A29	5	42.60	29.00	9.68
BI	Biol	B1-B3-A29	6	45.00	31.00	10.50
BI	Biol	B1-B3-A29	7	47.40	34.00	11.32
BI	Biol	B1-B3-A29	8	49.80	36.00	12.14
BI	Biol	B1-B3-A29	9	52.20	38.00	12.96
BI	Biol	B1-B3-A29	10	54.60	40.00	13.78
BI	Biol	B1-B3-A29	11	57.00	42.00	14.60
BI	Biol	B1-B3-A29	12	59.40	44.00	15.42
BI	Biol	B1-B3-A29	13	61.80	46.00	16.24
BI	Biol	B1-B3-A30	1	18.00	6.00	2.32
BI	Biol	B1-B3-A30	2	16.60	6.00	4.20
BI	Biol	B1-B3-A30	3	19.00	7.00	6.19
BI	Biol	B1-B3-A30	4	20.00	6.00	6.83
BI	Biol	B1-B3-A30	5	21.20	7.00	7.46
BI	Biol	B1-B3-A30	6	22.40	7.00	8.09
BI	Biol	B1-B3-A30	7	23.60	8.00	8.72
BI	Biol	B1-B3-A30	8	24.80	8.00	9.35
BI	Biol	B1-B3-A30	9	26.00	9.00	9.98
BI	Biol	B1-B3-A30	10	27.20	9.00	10.62
BI	Biol	B1-B3-A30	11	28.40	10.00	11.25
BI	Biol	B1-B3-A30	12	29.60	10.00	11.88

BI	Biol	B1-B3-A30	13	30.80	11.00	12.51
BI	Biol	B1-B3-A31	1	17.10	7.00	2.28
BI	Biol	B1-B3-A31	2	24.50	12.00	4.77
BI	Biol	B1-B3-A31	3	35.00	16.00	7.37
BI	Biol	B1-B3-A31	4	36.90	17.00	8.12
BI	Biol	B1-B3-A31	5	39.10	18.00	8.88
BI	Biol	B1-B3-A31	6	41.30	19.00	9.63
BI	Biol	B1-B3-A31	7	43.50	20.00	10.38
BI	Biol	B1-B3-A31	8	45.70	23.00	11.13
BI	Biol	B1-B3-A31	9	48.00	24.00	11.88
BI	Biol	B1-B3-A31	10	50.20	25.00	12.64
BI	Biol	B1-B3-A31	11	52.40	26.00	13.39
BI	Biol	B1-B3-A31	12	54.60	28.00	14.14
BI	Biol	B1-B3-A31	13	56.80	29.00	14.89
BI	Biol	B1-B3-A32	1	15.70	11.00	2.28
BI	Biol	B1-B3-A32	2	27.10	17.00	5.00
BI	Biol	B1-B3-A32	3	39.00	21.00	7.84
BI	Biol	B1-B3-A32	4	42.00	22.00	8.64
BI	Biol	B1-B3-A32	5	44.50	24.00	9.44
BI	Biol	B1-B3-A32	6	47.10	25.00	10.24
BI	Biol	B1-B3-A32	7	49.60	27.00	11.04
BI	Biol	B1-B3-A32	8	52.10	29.00	11.84
BI	Biol	B1-B3-A32	9	54.60	30.00	12.64
BI	Biol	B1-B3-A32	10	57.10	32.00	13.44
BI	Biol	B1-B3-A32	11	59.70	34.00	14.24
BI	Biol	B1-B3-A32	12	62.20	35.00	15.04
BI	Biol	B1-B3-A32	13	64.70	37.00	15.84
BI	Biol	B1-B3-A33	1	15.80	6.00	2.19
BI	Biol	B1-B3-A33	2	23.00	18.00	4.94
BI	Biol	B1-B3-A33	3	33.00	22.00	7.71
BI	Biol	B1-B3-A33	4	34.00	21.00	8.50
BI	Biol	B1-B3-A33	5	36.10	23.00	9.28
BI	Biol	B1-B3-A33	6	38.10	25.00	10.07
BI	Biol	B1-B3-A33	7	40.10	26.00	10.86
BI	Biol	B1-B3-A33	8	42.20	28.00	11.64
BI	Biol	B1-B3-A33	9	44.20	30.00	12.43
BI	Biol	B1-B3-A33	10	46.30	32.00	13.21
BI	Biol	B1-B3-A33	11	48.30	33.00	14.00
BI	Biol	B1-B3-A33	12	50.30	35.00	14.79
BI	Biol	B1-B3-A33	13	52.40	37.00	15.57
BI	Biol	B1-B3-A34	1	13.20	7.00	2.20
BI	Biol	B1-B3-A34	2	26.80	20.00	5.11
BI	Biol	B1-B3-A34	3	39.50	24.00	8.05
BI	Biol	B1-B3-A34	4	41.60	23.00	8.88

BI	Biol	B1-B3-A34	5	44.10	25.00	9.70
BI	Biol	B1-B3-A34	6	46.60	27.00	10.52
BI	Biol	B1-B3-A34	7	49.10	29.00	11.34
BI	Biol	B1-B3-A34	8	51.60	31.00	12.16
BI	Biol	B1-B3-A34	9	54.10	33.00	12.98
BI	Biol	B1-B3-A34	10	56.60	34.00	13.80
BI	Biol	B1-B3-A34	11	59.10	35.00	14.63
BI	Biol	B1-B3-A34	12	61.60	37.00	15.45
BI	Biol	B1-B3-A34	13	64.10	39.00	16.27
BI	Biol	B1-B3-A35	1	16.30	10.00	1.80
BI	Biol	B1-B3-A35	2	28.80	23.00	5.37
BI	Biol	B1-B3-A35	3	42.00	27.00	8.53
BI	Biol	B1-B3-A35	4	45.50	29.00	9.40
BI	Biol	B1-B3-A35	5	48.20	31.00	10.27
BI	Biol	B1-B3-A35	6	50.90	33.00	11.14
BI	Biol	B1-B3-A35	7	53.70	35.00	12.01
BI	Biol	B1-B3-A35	8	56.40	37.00	12.88
BI	Biol	B1-B3-A35	9	59.10	39.00	13.75
BI	Biol	B1-B3-A35	10	61.80	41.00	14.62
BI	Biol	B1-B3-A35	11	64.60	43.00	15.49
BI	Biol	B1-B3-A35	12	67.30	46.00	16.36
BI	Biol	B1-B3-A35	13	70.00	49.00	17.23
BI	Biol	B1-B3-A36	1	12.80	7.00	2.62
BI	Biol	B1-B3-A36	2	24.10	20.00	5.14
BI	Biol	B1-B3-A36	3	34.00	24.00	8.06
BI	Biol	B1-B3-A36	4	35.90	23.00	8.88
BI	Biol	B1-B3-A36	5	38.10	25.00	9.70
BI	Biol	B1-B3-A36	6	40.20	27.00	10.53
BI	Biol	B1-B3-A36	7	42.40	29.00	11.35
BI	Biol	B1-B3-A36	8	44.50	31.00	12.17
BI	Biol	B1-B3-A36	9	46.70	33.00	12.99
BI	Biol	B1-B3-A36	10	48.80	35.00	13.81
BI	Biol	B1-B3-A36	11	51.00	36.00	14.64
BI	Biol	B1-B3-A36	12	53.10	38.00	15.46
BI	Biol	B1-B3-A36	13	55.30	39.00	16.28
BI	Testigo	B1-T4-A37	1	13.70	8.00	2.42
BI	Testigo	B1-T4-A37	2	28.90	9.00	4.08
BI	Testigo	B1-T4-A37	3	43.00	13.00	5.92
BI	Testigo	B1-T4-A37	4	44.50	12.00	6.27
BI	Testigo	B1-T4-A37	5	45.70	13.00	6.62
BI	Testigo	B1-T4-A37	6	47.00	13.00	6.96
BI	Testigo	B1-T4-A37	7	48.30	13.00	7.31
BI	Testigo	B1-T4-A37	8	49.50	13.00	7.66
BI	Testigo	B1-T4-A37	9	50.80	14.00	8.00

BI	Testigo	B1-T4-A37	10	52.00	14.00	8.35
BI	Testigo	B1-T4-A37	11	53.30	15.00	8.69
BI	Testigo	B1-T4-A37	12	54.60	16.00	9.04
BI	Testigo	B1-T4-A37	13	55.80	16.00	9.39
BI	Testigo	B1-T4-A38	1	14.60	8.00	2.27
BI	Testigo	B1-T4-A38	2	27.50	10.00	3.92
BI	Testigo	B1-T4-A38	3	39.00	14.00	5.67
BI	Testigo	B1-T4-A38	4	41.30	13.00	6.00
BI	Testigo	B1-T4-A38	5	42.40	14.00	6.34
BI	Testigo	B1-T4-A38	6	43.60	14.00	6.67
BI	Testigo	B1-T4-A38	7	44.80	15.00	7.00
BI	Testigo	B1-T4-A38	8	46.00	16.00	7.33
BI	Testigo	B1-T4-A38	9	47.10	16.00	7.66
BI	Testigo	B1-T4-A38	10	48.30	17.00	8.00
BI	Testigo	B1-T4-A38	11	49.50	17.00	8.33
BI	Testigo	B1-T4-A38	12	50.60	18.00	8.66
BI	Testigo	B1-T4-A38	13	51.80	19.00	8.99
BI	Testigo	B1-T4-A39	1	13.70	8.00	2.41
BI	Testigo	B1-T4-A39	2	22.00	9.00	3.73
BI	Testigo	B1-T4-A39	3	29.00	12.00	5.28
BI	Testigo	B1-T4-A39	4	30.10	11.00	5.59
BI	Testigo	B1-T4-A39	5	31.00	12.00	5.90
BI	Testigo	B1-T4-A39	6	31.90	12.00	6.20
BI	Testigo	B1-T4-A39	7	32.70	13.00	6.51
BI	Testigo	B1-T4-A39	8	33.60	13.00	6.82
BI	Testigo	B1-T4-A39	9	34.40	14.00	7.13
BI	Testigo	B1-T4-A39	10	35.30	14.00	7.44
BI	Testigo	B1-T4-A39	11	36.10	14.00	7.75
BI	Testigo	B1-T4-A39	12	37.00	14.00	8.06
BI	Testigo	B1-T4-A39	13	37.80	15.00	8.37
BI	Testigo	B1-T4-A40	1	16.40	7.00	2.67
BI	Testigo	B1-T4-A40	2	24.40	12.00	4.08
BI	Testigo	B1-T4-A40	3	35.00	16.00	5.90
BI	Testigo	B1-T4-A40	4	35.60	16.00	6.25
BI	Testigo	B1-T4-A40	5	36.60	18.00	6.59
BI	Testigo	B1-T4-A40	6	37.60	19.00	6.94
BI	Testigo	B1-T4-A40	7	38.60	19.00	7.28
BI	Testigo	B1-T4-A40	8	39.60	20.00	7.63
BI	Testigo	B1-T4-A40	9	40.60	21.00	7.97
BI	Testigo	B1-T4-A40	10	41.70	21.00	8.32
BI	Testigo	B1-T4-A40	11	42.70	22.00	8.66
BI	Testigo	B1-T4-A40	12	43.70	23.00	9.01
BI	Testigo	B1-T4-A40	13	44.70	23.00	9.35
BI	Testigo	B1-T4-A41	1	14.90	9.00	2.44

BI	Testigo	B1-T4-A41	2	25.00	13.00	4.06
BI	Testigo	B1-T4-A41	3	34.00	17.00	5.89
BI	Testigo	B1-T4-A41	4	36.10	16.00	6.23
BI	Testigo	B1-T4-A41	5	37.20	17.00	6.58
BI	Testigo	B1-T4-A41	6	38.20	18.00	6.92
BI	Testigo	B1-T4-A41	7	39.20	18.00	7.26
BI	Testigo	B1-T4-A41	8	40.20	19.00	7.61
BI	Testigo	B1-T4-A41	9	41.30	20.00	7.95
BI	Testigo	B1-T4-A41	10	42.30	21.00	8.30
BI	Testigo	B1-T4-A41	11	43.30	21.00	8.64
BI	Testigo	B1-T4-A41	12	44.30	22.00	8.99
BI	Testigo	B1-T4-A41	13	45.40	23.00	9.33
BI	Testigo	B1-T4-A42	1	15.00	9.00	2.12
BI	Testigo	B1-T4-A42	2	24.00	12.00	4.03
BI	Testigo	B1-T4-A42	3	33.00	16.00	5.82
BI	Testigo	B1-T4-A42	4	34.40	17.00	6.16
BI	Testigo	B1-T4-A42	5	35.40	18.00	6.50
BI	Testigo	B1-T4-A42	6	36.30	19.00	6.84
BI	Testigo	B1-T4-A42	7	37.30	19.00	7.18
BI	Testigo	B1-T4-A42	8	38.30	20.00	7.52
BI	Testigo	B1-T4-A42	9	39.30	21.00	7.86
BI	Testigo	B1-T4-A42	10	40.20	21.00	8.20
BI	Testigo	B1-T4-A42	11	41.20	22.00	8.54
BI	Testigo	B1-T4-A42	12	42.20	23.00	8.88
BI	Testigo	B1-T4-A42	13	43.20	23.00	9.22
BI	Testigo	B1-T4-A43	1	16.90	9.00	2.49
BI	Testigo	B1-T4-A43	2	25.50	14.00	4.10
BI	Testigo	B1-T4-A43	3	36.00	18.00	5.98
BI	Testigo	B1-T4-A43	4	37.40	18.00	6.33
BI	Testigo	B1-T4-A43	5	38.50	20.00	6.68
BI	Testigo	B1-T4-A43	6	39.50	21.00	7.03
BI	Testigo	B1-T4-A43	7	40.60	22.00	7.38
BI	Testigo	B1-T4-A43	8	41.60	22.00	7.73
BI	Testigo	B1-T4-A43	9	42.70	23.00	8.08
BI	Testigo	B1-T4-A43	10	43.80	24.00	8.43
BI	Testigo	B1-T4-A43	11	44.80	25.00	8.78
BI	Testigo	B1-T4-A43	12	45.90	26.00	9.13
BI	Testigo	B1-T4-A43	13	47.00	26.00	9.48
BI	Testigo	B1-T4-A44	1	14.00	7.00	2.37
BI	Testigo	B1-T4-A44	2	24.70	15.00	4.17
BI	Testigo	B1-T4-A44	3	36.00	19.00	6.10
BI	Testigo	B1-T4-A44	4	36.20	18.00	6.46
BI	Testigo	B1-T4-A44	5	37.30	19.00	6.82
BI	Testigo	B1-T4-A44	6	38.30	20.00	7.17

BI	Testigo	B1-T4-A44	7	39.30	21.00	7.53
BI	Testigo	B1-T4-A44	8	40.30	22.00	7.89
BI	Testigo	B1-T4-A44	9	41.40	22.00	8.24
BI	Testigo	B1-T4-A44	10	42.40	23.00	8.60
BI	Testigo	B1-T4-A44	11	43.40	24.00	8.96
BI	Testigo	B1-T4-A44	12	44.50	25.00	9.31
BI	Testigo	B1-T4-A44	13	45.50	26.00	9.67
BI	Testigo	B1-T4-A45	1	14.60	8.00	2.10
BI	Testigo	B1-T4-A45	2	18.20	13.00	3.77
BI	Testigo	B1-T4-A45	3	22.50	17.00	5.36
BI	Testigo	B1-T4-A45	4	22.80	15.00	5.67
BI	Testigo	B1-T4-A45	5	23.50	16.00	5.98
BI	Testigo	B1-T4-A45	6	24.10	17.00	6.30
BI	Testigo	B1-T4-A45	7	24.70	17.00	6.61
BI	Testigo	B1-T4-A45	8	25.40	18.00	6.92
BI	Testigo	B1-T4-A45	9	26.00	19.00	7.24
BI	Testigo	B1-T4-A45	10	26.70	20.00	7.55
BI	Testigo	B1-T4-A45	11	27.30	20.00	7.86
BI	Testigo	B1-T4-A45	12	28.00	21.00	8.18
BI	Testigo	B1-T4-A45	13	28.60	22.00	8.49
BI	Testigo	B1-T4-A46	1	18.00	11.00	2.29
BI	Testigo	B1-T4-A46	2	18.80	10.00	3.78
BI	Testigo	B1-T4-A46	3	23.00	13.00	5.32
BI	Testigo	B1-T4-A46	4	23.70	13.00	5.63
BI	Testigo	B1-T4-A46	5	24.40	14.00	5.94
BI	Testigo	B1-T4-A46	6	25.10	14.00	6.25
BI	Testigo	B1-T4-A46	7	25.70	15.00	6.56
BI	Testigo	B1-T4-A46	8	26.40	15.00	6.87
BI	Testigo	B1-T4-A46	9	27.10	16.00	7.18
BI	Testigo	B1-T4-A46	10	27.80	16.00	7.49
BI	Testigo	B1-T4-A46	11	28.40	17.00	7.80
BI	Testigo	B1-T4-A46	12	29.10	18.00	8.11
BI	Testigo	B1-T4-A46	13	29.80	18.00	8.42
BI	Testigo	B1-T4-A47	1	16.20	8.00	2.09
BI	Testigo	B1-T4-A47	2	28.10	11.00	4.00
BI	Testigo	B1-T4-A47	3	40.00	14.00	5.80
BI	Testigo	B1-T4-A47	4	42.50	14.00	6.14
BI	Testigo	B1-T4-A47	5	43.70	15.00	6.48
BI	Testigo	B1-T4-A47	6	44.90	15.00	6.82
BI	Testigo	B1-T4-A47	7	46.10	16.00	7.16
BI	Testigo	B1-T4-A47	8	47.30	17.00	7.50
BI	Testigo	B1-T4-A47	9	48.50	17.00	7.84
BI	Testigo	B1-T4-A47	10	49.70	18.00	8.18
BI	Testigo	B1-T4-A47	11	50.90	18.00	8.52

BI	Testigo	B1-T4-A47	12	52.20	19.00	8.86
BI	Testigo	B1-T4-A47	13	53.40	20.00	9.20
BI	Testigo	B1-T4-A48	1	13.00	8.00	1.88
BI	Testigo	B1-T4-A48	2	25.40	9.00	3.86
BI	Testigo	B1-T4-A48	3	36.00	12.00	5.52
BI	Testigo	B1-T4-A48	4	37.30	11.00	5.85
BI	Testigo	B1-T4-A48	5	38.40	12.00	6.17
BI	Testigo	B1-T4-A48	6	39.40	12.00	6.49
BI	Testigo	B1-T4-A48	7	40.50	13.00	6.82
BI	Testigo	B1-T4-A48	8	41.60	13.00	7.14
BI	Testigo	B1-T4-A48	9	42.60	14.00	7.46
BI	Testigo	B1-T4-A48	10	43.70	14.00	7.79
BI	Testigo	B1-T4-A48	11	44.70	15.00	8.11
BI	Testigo	B1-T4-A48	12	45.80	15.00	8.43
BI	Testigo	B1-T4-A48	13	46.90	16.00	8.76

Nota: Datos de campo individuales de la primera evaluación fitométrica en plantas de *Corymbia torelliana*. contiene el bloque, tratamiento, código de árbol, altura (cm), número de hojas y diámetro (mm), correspondientes al inicio del monitoreo quincenal ejecutado durante seis meses de fase experimental.