



**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS
ARMADAS ESPE**

EXTENSIÓN SANTO DOMINGO

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA
AGRICULTURA



TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Autor: Luis Sebastian Aldas Garcia

Docente: Ing. Lenin Patricio Jiménez MSc.



**Estudio arquitectónico
del sistema radical de la
balsa (*Ochroma
pyramidale*) en
plantaciones forestales
tropicales.**



JUSTIFICACIÓN

En la producción de plántulas de balsa, no se conoce con claridad qué fuente de fertilización favorece un mejor equilibrio entre el crecimiento de la raíz y la parte aérea. Aunque algunos tratamientos pueden aumentar la biomasa, esto no siempre garantiza una planta con buena calidad estructural y adecuado desarrollo radicular.



PROBLEMÁTICA

Evaluar diferentes fuentes de fertilización permitirá identificar el tratamiento que mejore la biomasa, la arquitectura de las raíces y la calidad de las plántulas. Esta información ayudará a optimizar el manejo de fertilización y favorecer un mejor establecimiento de las plantas en campo.

INTRODUCCIÓN

La balsa es una de las especies forestales de mayor relevancia económica para Ecuador.

En 2020 las exportaciones de balsa representaron USD 570 millones, equivalentes al 66,66% del sector forestal

En 2022 el país exportó USD 77,57 millones, con el 89% destinado a China

La industria eólica consume cerca del 70% del volumen mundial de balsa, lo que explica la magnitud de esta demanda. Sin embargo, existe un escaso conocimiento sobre el sistema radicular de la especie durante el establecimiento de la plantación, ya que los estudios previos solo documentan plantas de 18 meses o más, sin cubrir los primeros meses post-trasplante, período crítico donde se define la arquitectura radicular.



HIPÓTESIS

NULA

La hipótesis nula plantea que no existe diferencia significativa entre los tratamientos de fertilización nitrogenada, fosfórica y balanceada sobre la arquitectura radicular de *Ochroma pyramidale* durante el establecimiento.



ALTERNATIVO

La hipótesis alternativa sostiene que al menos uno de los tratamientos de fertilización genera una diferencia significativa sobre dicha arquitectura radicular durante esta misma etapa.



OBJETIVOS



Evaluar la arquitectura radicular de *Ochroma pyramidale* en respuesta a la fertilización nitrogenada, fosfórica y balanceada en plantaciones de establecimiento.

1

Comparar la biomasa, longitud y área superficial de las raíces entre los tratamientos de fertilización evaluados.

2

Determinar el efecto de los tratamientos de fertilización sobre los índices morfofuncionales (SRL, SRA, razón raíz:parte aérea) de *Ochroma pyramidale*.

3

Evaluar el efecto de los tratamientos de fertilización sobre las variables dasométricas (altura total, diámetro basal) y el Índice de Calidad de Dickson (IQD) de las plántulas de *Ochroma pyramidale*.



MATERIALES Y MÉTODOS

MAT. CAMPO

- Tubos y combo para muestreo de suelo
- Palilla
- Tamiz de malla fina (lavado de raíces en campo)
- Tanque de agua
- Fundas Ziploc (almacenamiento de raíces gruesas)
- Fundas plásticas para muestras de suelo



MAT. LAB.

- Estufa de secado
- Balanza analítica (precisión $\geq 0,01$ g)
- Guantes térmicos
- Vasos de precipitación



MAT. OFICINA

- Computador con software IJ_Rhizo(escaneo y análisis de arquitectura radicular)
- Escáner de alta resolución (2000 dpi, para imágenes de raíces)



INSUMOS

- Urea (46-0-0)
- 10-30-10
- 12 - 11 - 18



DISEÑO EXPERIMENTAL

Tratamientos evaluados



Estructura del diseño

Diseño completamente al azar (DCA) bifactorial: tipo de fertilización y momento del muestreo. Se evaluaron 4 tratamientos con 2 repeticiones cada uno, generando 8 unidades experimentales por toma de datos y 16 en total a lo largo del ensayo.

Tratamientos

T0 = Testigo sin fertilización / T1 = 10-30-10 (fuente fosfórica) / T2 = Urea 46-0-0 (fuente nitrogenada) / T3 = 12-11-18 (fuente balanceada con S + Mg)



ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Fuente de variación	Modelo matemático	Grados de libertad
Tratamientos (T)	$t - 1$	$4 - 1 = 3$
Época de muestreo (M)	$m - 1$	$7 - 4 = 3$
Interacción T x M	$(t - 1)(m - 1)$	$3 \times 1 = 3$
Error	$t \times m \times (r - 1)$	$4 \times 2 \times 1 = 8$
TOTAL	$(r \times t \times m) - 1$	$16 - 1 = 15$



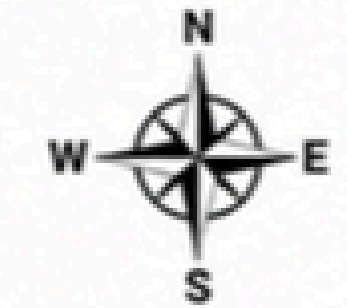
Modelo estadístico

Diseño completamente al azar (DCA) bifactorial. Factores: tratamiento (T0, T1, T2, T3) y época de muestreo (Toma 1 y Toma 2). La interacción $T \times M$ indica si el efecto diferencial entre tratamientos varía entre épocas.

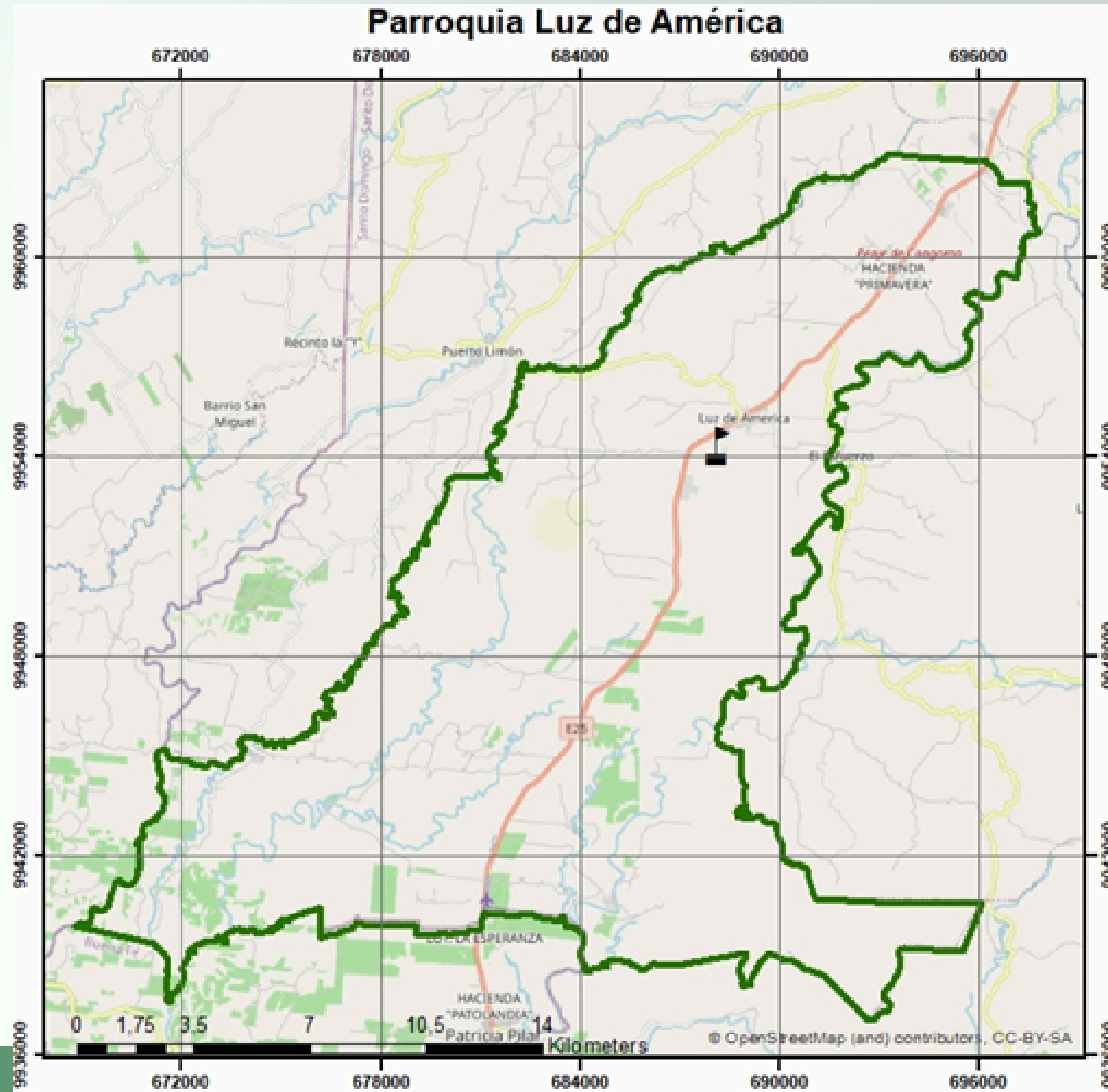
Análisis complementario

Se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) para determinar diferencias significativas entre tratamientos y épocas de muestreo, complementado con la prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$) para identificar los grupos estadísticamente diferentes

ESPE
ESCUOLA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA



UBICACIÓN GEOGRÁFICA



Zona de vida: Bosque Húmedo tropical (bh – T) (Cañadas-López et al., 2019).

Altitud: 272 m.s.n.m (Google Earth, 2026)

Precipitación (msnm): 2785 mm/año (INAMHI, 2024).

Suelos: Franco – Franco arcilloso (Cañadas-López et al., 2019).



FERTILIZACIÓN: DOSIS Y FORMA DE APLICACIÓN



Aplicación

La fertilización se realizó en un único momento: durante el establecimiento de la plantación, aplicando el fertilizante directamente en el hoyo antes del trasplante de cada plántula. El tratamiento T0 no recibió ninguna aplicación, manteniéndose como referencia sin intervención nutricional durante todo el período experimental.

Dosis

50 g por planta para los tratamientos T1 (10-30-10), T2 (urea 46-0-0) y T3 (12 - 11 - 18).





El muestreo radicular se estructuró en tres momentos denominados Toma de datos 0, Toma de datos 1 y Toma de datos 2, cada una con carácter destructivo, extrayendo las plantas completas junto con su sistema radicular para su posterior procesamiento en laboratorio

PROTOCOLO DE MUESTREO

PROPÓSITO



Toma de datos 0

Realizada el día del establecimiento de la plantación. Se evaluaron tres plantas representativas de forma descriptiva para caracterizar el estado inicial de la arquitectura radicular antes de la aplicación de los tratamientos.

Toma de datos 1

Realizada 30 días después del trasplante. Se extrajeron de forma destructiva dos plantas por tratamiento, para un total de 8 plantas en esta toma.

Toma de datos 2

Realizada 30 días después de la Toma 1, completando 60 días desde el establecimiento. Se extrajeron otras dos plantas por tratamiento, sumando un total de 16 unidades experimentales a lo largo de todo el ensayo



EXTRACCIÓN Y PROCESAMIENTO



Delimitación del área de excavación

El área de excavación se delimitó individualmente para cada planta, ampliando el radio de cateo 1,5 veces el radio de copa, hasta una profundidad referencial de 45 cm.

Procesamiento digital

Las raíces se escanearon a 2000 dpi en formato TIFF y se procesaron con el software IJ_Rhizo mediante segmentación por umbral, clasificando automáticamente el sistema radicular por clase de diámetro.

CLASIFICACIÓN FUNCIONAL DE RAÍCES

Para el análisis digital se adoptó una clasificación tripartita del sistema radicular según el diámetro, procesada automáticamente mediante el software IJ_Rhizo. Esta clasificación refina el criterio binario tradicional de raíces finas y gruesas, permitiendo distinguir con mayor precisión la fracción responsable de la absorción activa de las fracciones de transporte y soporte.

Raíces absorbentes ($\leq 0,5$ mm)

Responsables de la mayor parte de la absorción activa de agua y nutrientes. Son las más sensibles a cambios en la disponibilidad de fósforo y las de mayor interés funcional en este estudio.

Raíces de transporte (0,5– 2,0 mm)

Conducen los solutos absorbidos desde las raíces finas hacia los órganos aéreos de la planta. Presentan mayor grado de lignificación que las raíces absorbentes.

Raíces estructurales ($> 2,0$ mm)

Cumplen funciones de soporte mecánico, almacenamiento de reservas y conducción a larga distancia. Son las de mayor diámetro y menor participación en la absorción directa de nutrientes.



VARIABLES EDÁFICAS



pH

Determinado en relación suelo:agua 1:2, mediante peachímetro calibrado. Permite conocer la disponibilidad inicial de nutrientes en el suelo del sitio experimental.

Conductividad eléctrica (CE)

Medida sobre el mismo filtrado utilizado para el pH, mediante conductímetro calibrado. Indica el nivel de sales solubles presentes en el suelo al momento del establecimiento.

Materia orgánica (MO)

Determinada como caracterización de la fertilidad inicial del suelo, aportando contexto para la interpretación de la respuesta radicular a los tratamientos



Densidad aparente

Determinada mediante cilindro y secado en estufa a 105°C durante 48 horas. Caracteriza la compactación inicial del suelo y su efecto sobre el volumen explorable por las raíces.

VARIABLES DASOMÉTRICAS Y MORTALIDAD



ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

Mortalidad

Evaluada cada 15 días durante el período crítico de establecimiento post-trasplante.



Las variables dasométricas y la mortalidad se evaluaron con una frecuencia semanal durante todo el período de establecimiento, permitiendo identificar con precisión el momento de mayor respuesta diferencial entre tratamientos y asociarla causalmente con la fertilización aplicada.



Diámetro basal (DBC)

Medido con pie de rey 5 cm por encima de la base del tallo



Altura total

Medida con cinta métrica desde la base del tallo hasta el ápice de la planta, registrada cada 15 días durante el período experimental.



Sobre el material radicular procesado en laboratorio se evaluaron variables morfológicas mediante análisis de imagen digital con IJ_Rhizo, complementadas con la determinación de biomasa seca. Todas las variables morfológicas se desagregaron por clase de diámetro: raíces absorbentes ($\leq 0,5$ mm), de transporte (0,5–2,0 mm) y estructurales ($> 2,0$ mm).

Longitud total de raíz

Cuantificada en centímetros por clase de diámetro. Indicador directo de la inversión de carbono en exploración del suelo y de la capacidad de absorción de agua y nutrientes.

VARIABLES RADICULARES EVALUADAS

Índices morfofuncionales

SRL (cm g^{-1}): longitud de exploración por unidad de carbono invertido.

SRA ($\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$): superficie de absorción por unidad de biomasa seca.

Razón raíz:parte aérea R:V (g g^{-1}): indicador de la estrategia de partición de carbono entre órganos.

Área superficial radicular

Expresada en cm^2 , total y por clase de diámetro. Determina la superficie de contacto disponible entre la raíz y la solución del suelo.

Índice de Dickson

Calculado a partir de la relación H/D (altura/diámetro) y BSv/BSr (biomasa aérea/biomasa radicular). Integra robustez y equilibrio en la partición de biomasa, funcionando como un indicador global de la calidad estructural de la plántula.





ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



RESULTADOS: VARIABLES EDÁFICAS

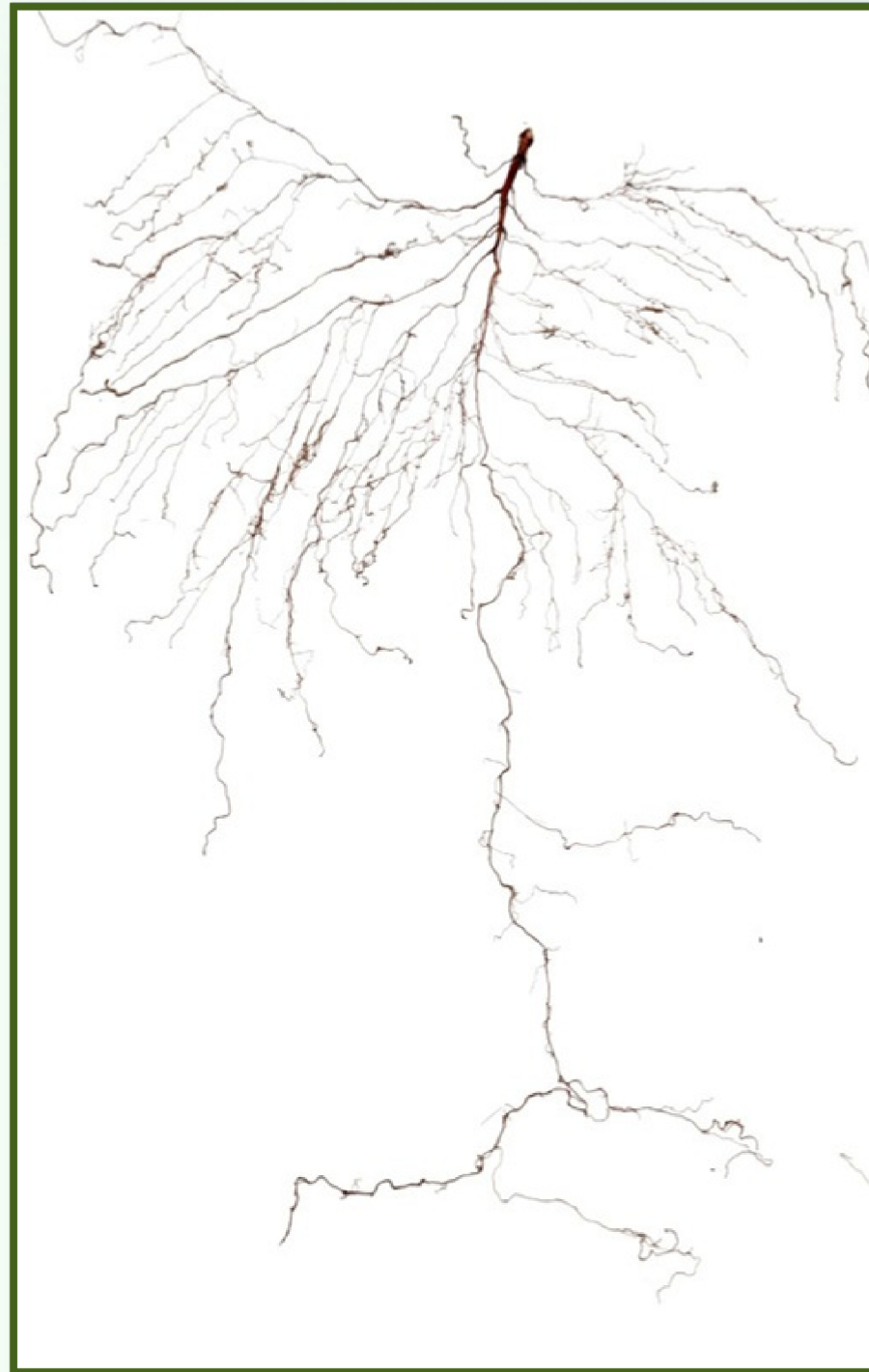
Parámetros dentro del rango adecuado para el crecimiento de *Ochroma pyramidale* (balsa)

Parámetro	Valor	Unidad	¿Adecuado?
pH	6.7	—	✓
Densidad aparente (Da)	0.86	g/cm ³	✓
Densidad real (Dr)	2.65	g/cm ³	✓
Porosidad total	67.5	%	✓
Materia orgánica (MO)	3.6	%	✓
Conductividad eléctrica (CE)	0.16	dS/m	✓



RESULTADOS: TOMA DE DATOS 0

R01



R02



R03



RESULTADOS: TOMA DE DATOS 0

Caracterización morfológica y radicular inicial de las plántulas (Toma de Datos 0)

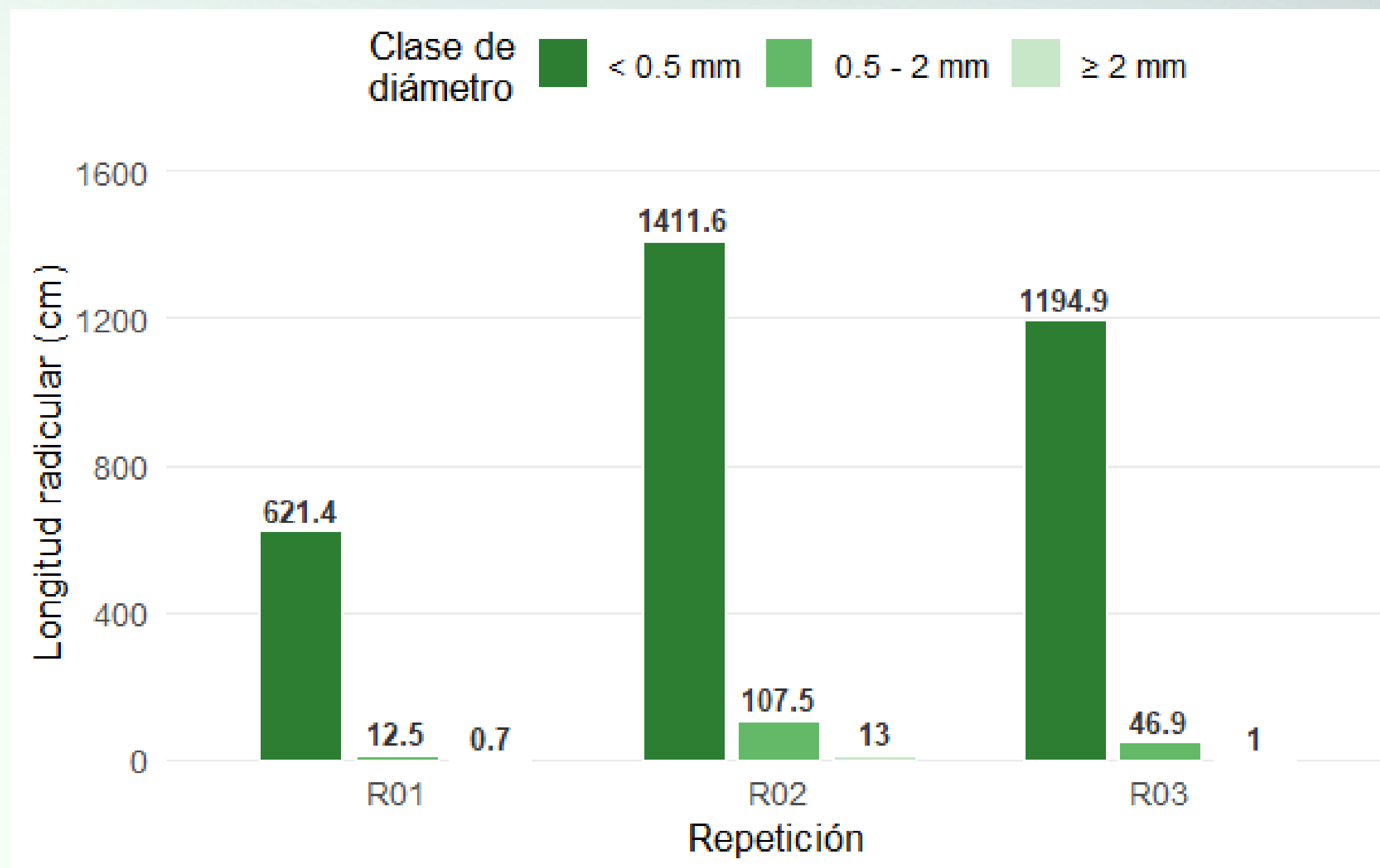
Variable	Promedio	Unidad
Altura total	4.8	cm
Diámetro basal (DBC)	0.2	cm
Biomasa fresca (parte aérea / raíz / total)	2.14 / 1.88 / 4.12	g
Biomasa seca (parte aérea / raíz / total)	0.24 / 0.1 / 0.41	g
Longitud radicular total	1136.5	cm
Área superficial radicular	804.02	cm ²
Volumen radicular total	103.5	cm ³
SRL (long. radicular específica)	11655.5	cm g ⁻¹
SRA (área radicular específica)	8188	cm ² g ⁻¹
Razón raíz:parte aérea (R:A)	0.41	g g ⁻¹

La Toma de Datos 0 establece la línea base de las plántulas antes de la aplicación de los tratamientos. Con 4.8 cm de altura y 0.2 cm de diámetro basal, se confirma un estadio muy temprano de desarrollo. La razón R:A de 0.41 muestra un leve predominio aéreo, típico de esta fase (Mašková y Herben, 2018). Pese a la escasa biomasa radicular (0.1 g secos), esta genera una longitud considerable (1136.5 cm) y valores altos de SRL (11 655.5 cm g⁻¹) y SRA (8188 cm² g⁻¹), evidenciando raíces finas y eficientes en la exploración del sustrato (Fitter, 1994).



RESULTADOS: TOMA DE DATOS 0

Longitud radicular por clase de diámetro y repetición – Toma de Datos 0



RESULTADOS: TOMA DE DATOS 1

Biomasa fresca y seca (vástago / raíz / total) y razón raíz:parte aérea por tratamiento — Toma de Datos 1

Planta	Biomasa seca (g)			Biomasa fresca (g)			R:A (seca)
	Vástago	Raíz	Total	Vástago	Raíz	Total	
T0	5.86	2.05	7.91	69.67	16.62	86.29	0.35
T1	11.05	5.47	16.52	96.21	42.38	138.58	0.49
T2	13.94	2.05	15.99	132.75	17.57	150.32	0.15
T3	15.74	2.85	18.59	110.77	24.35	135.12	0.18

En biomasa seca total, T3 fue el tratamiento con mejor desempeño (18.59 g), seguido de T1 (16.52 g) y T2 (15.99 g), mientras que T0 registró el valor más bajo (7.91 g),

En la razón R:A, T1 presentó el valor más alto (0.49) y T2 el más bajo (0.15), reflejando mayor inversión relativa en tejido radicular bajo el tratamiento fosfórico frente a una redirección de carbono hacia el crecimiento aéreo bajo el nitrogenado (Bloom et al., 1985).



RESULTADOS: TOMA DE DATOS 1

Promedios por tratamientos de las variables morfofuncionales del sistema radicular (Toma de Datos 1)

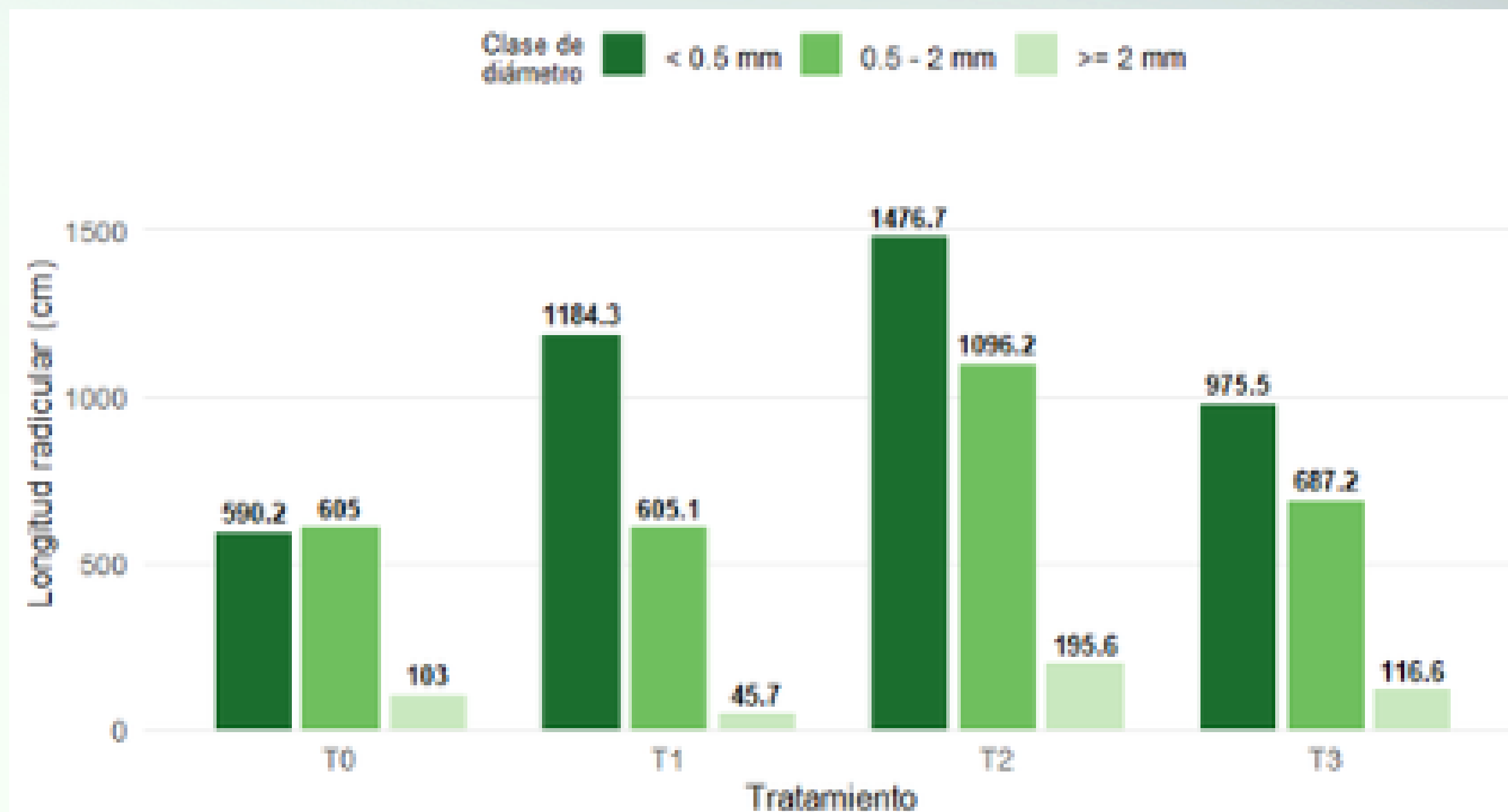
Planta	Long. total (cm)	% <0.5 mm	% 0.5–2 mm	% ≥2 mm	N° puntas	SRL (cm g ⁻¹)	SRA (cm ² g ⁻¹)	R:A (g g ⁻¹)
T0	1299.3	45.40%	46.70%	7.90%	1452	633.8	165.39	0.35
T1	1834.88	64.60%	31.30%	4.10%	2356	335.44	65.95	0.49
T2	2768.47	53.30%	39.60%	7.10%	2576	1350.47	310.04	0.15
T3	1779.33	54.80%	38.60%	6.6%	1,582	624.32	146.55	0.18
Promedio	1920.5	—	—	—	1992	736.01	171.98	0.27

T2 (nitrógeno) presentó el sistema radicular más extenso y eficiente (2768.47 cm; SRL 1350.47 cm g⁻¹), coherente con el estímulo temprano sobre el crecimiento radicular que la urea ejerce en esta especie (Wen et al., 2025). T1 (fósforo) concentró más raíces finas (64.6%) pero menor eficiencia por gramo (SRL 335.44), con el R:A más alto (0.49). T0 (testigo) registró el menor desarrollo radicular, y T3 (balanceado) mostró valores intermedios con el R:A más bajo (0.18), reflejando mayor inversión en la parte aérea.



RESULTADOS: TOMA DE DATOS 1

Longitud radicular por clase de diámetro y repetición – Toma de Datos 1



RESULTADOS: TOMA DE DATOS 2

Planta	Biomasa seca (g)			Biomasa fresca (g)			R:A (seca)
	Vástago	Raíz	Total	Vástago	Raíz	Total	
T0	43.73	5.44	49.16	187.38	56.95	244.33	0.12
T1	55.34	8.8	64.14	277.6	86.97	364.57	0.16
T2	60.8	6.43	67.23	290.41	56.97	347.37	0.11
T3	64.51	10.52	75.03	294.24	100.65	394.89	0.16

En biomasa seca total, T3 (balanceado) mostró el mejor desempeño (75.03 g), seguido de T2 (67.23 g) y T1 (64.14 g), mientras que T0 (testigo) registró el valor más bajo (49.16 g), confirmando que la fertilización siguió favoreciendo la acumulación de biomasa a los 60 días. En la razón R:A, T1 y T3 presentaron los valores más altos (0.16), y T2 el más bajo (0.11), reflejando una menor inversión relativa en tejido radicular bajo el tratamiento nitrogenado en esta etapa (Bloom et al., 1985).



RESULTADOS: TOMA DE DATOS 2

Promedios por tratamientos de las variables morfofuncionales del sistema radicular (Toma de Datos 2)

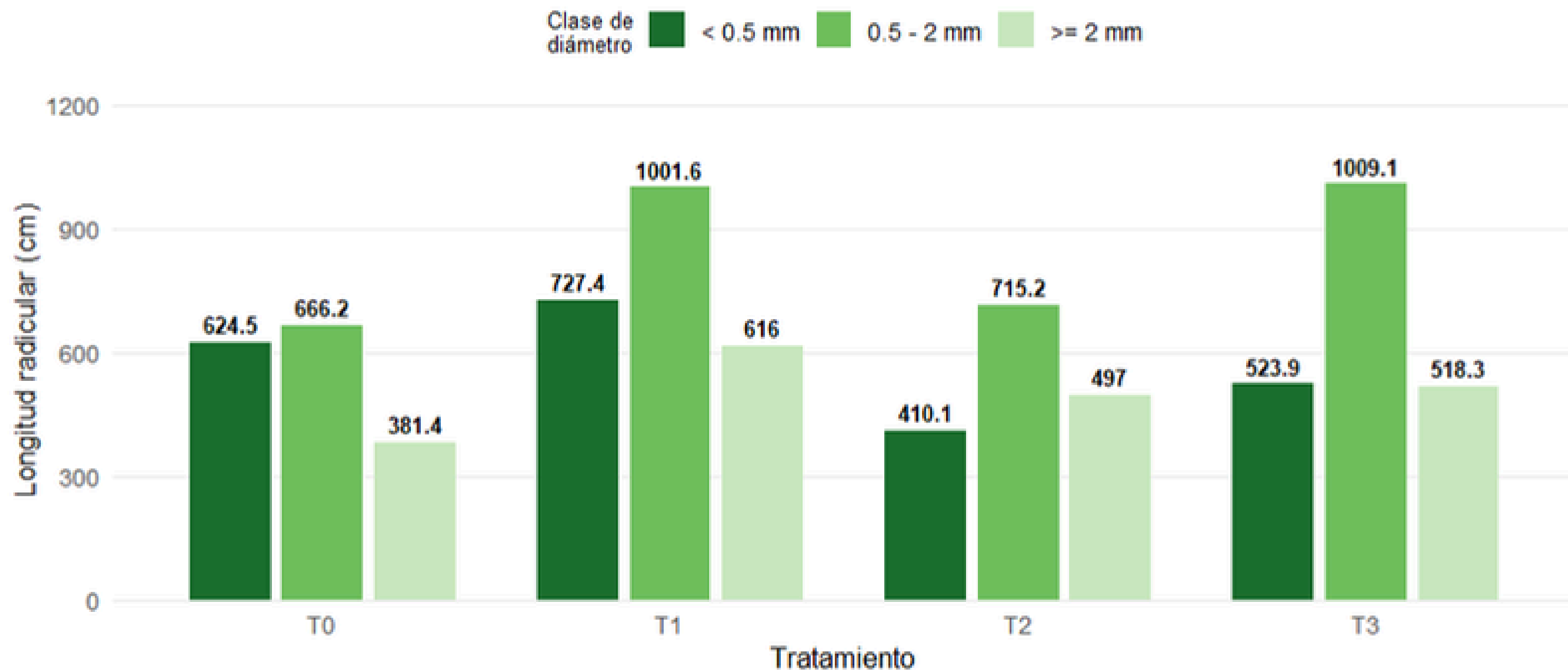
Planta	Long. total (cm)	% <0.5 mm	% 0.5–2 mm	% ≥2 mm	Nº puntas	SRL (cm g ⁻¹)	SRA (cm ² g ⁻¹)	R:A (g g ⁻¹)
T0	1672.1	37.40%	39.90%	22.80%	1665	307.37	129.68	0.12
T1	2344.89	31.00%	42.70%	26.30%	2189	266.47	141.64	0.16
T2	1622.37	25.30%	44.10%	30.60%	1086	252.31	137.08	0.11
T3	2051.26	25.50%	49.20%	25.3%	1,780	194.99	100.68	0.16
Promedio	192,266	—	—	—	1680	255.29	127.27	0.14

En la Toma de Datos 2 se invirtió el patrón observado en la Toma 1: T1 (fósforo) pasó a liderar en longitud (2344.89 cm), área superficial y Nº de puntas (2189), mientras que T2 (nitrógeno) registró los valores más bajos en longitud y T0 en área. Esto confirma que el estímulo del nitrógeno es temprano y transitorio, mientras que el efecto del fósforo se consolida con el tiempo (Jing et al., 2010). T1 mantuvo también los valores más altos de SRL y SRA, mientras que T3 mostró los índices más bajos, sugiriendo mayor proporción de tejido estructural.

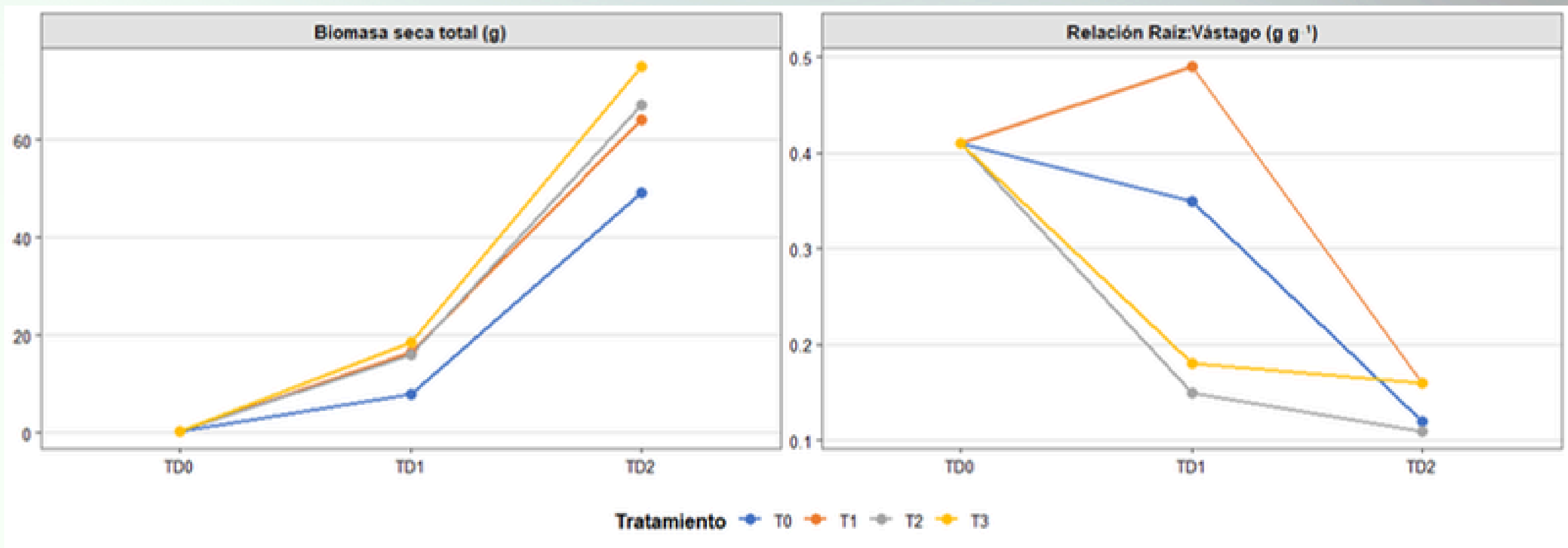


RESULTADOS: TOMA DE DATOS 2

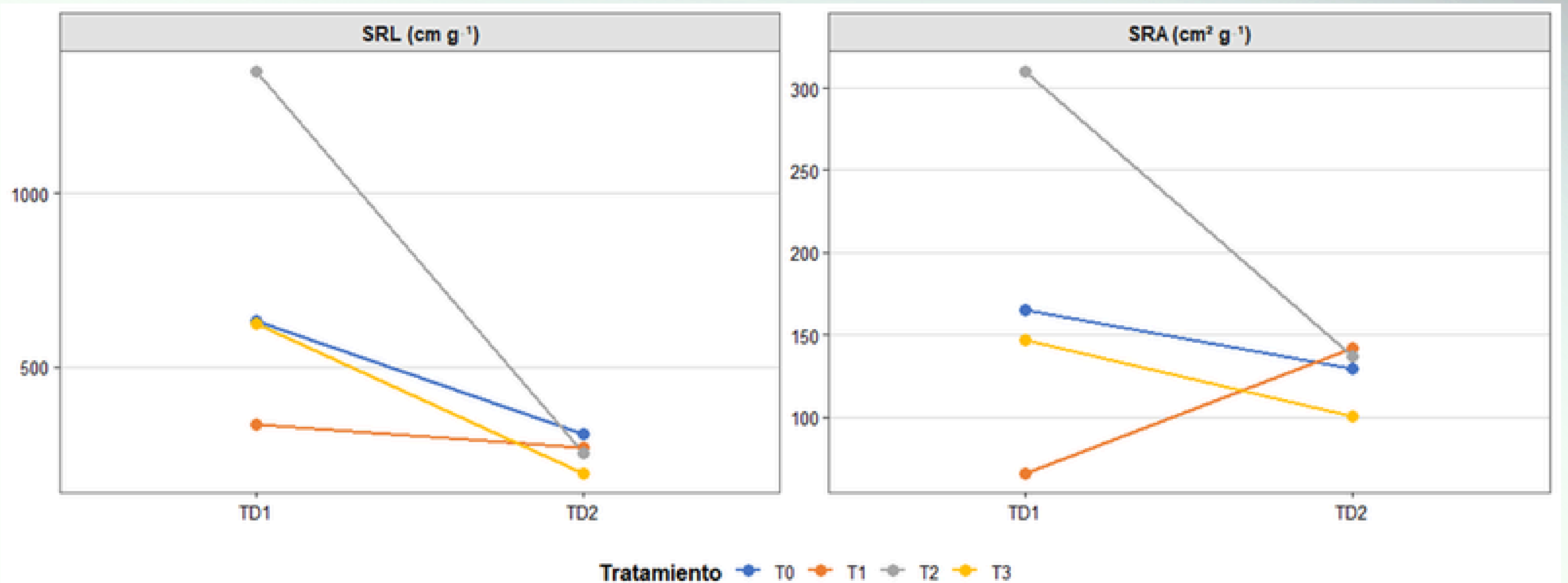
Longitud radicular por clase de diámetro y repetición – Toma de Datos 2



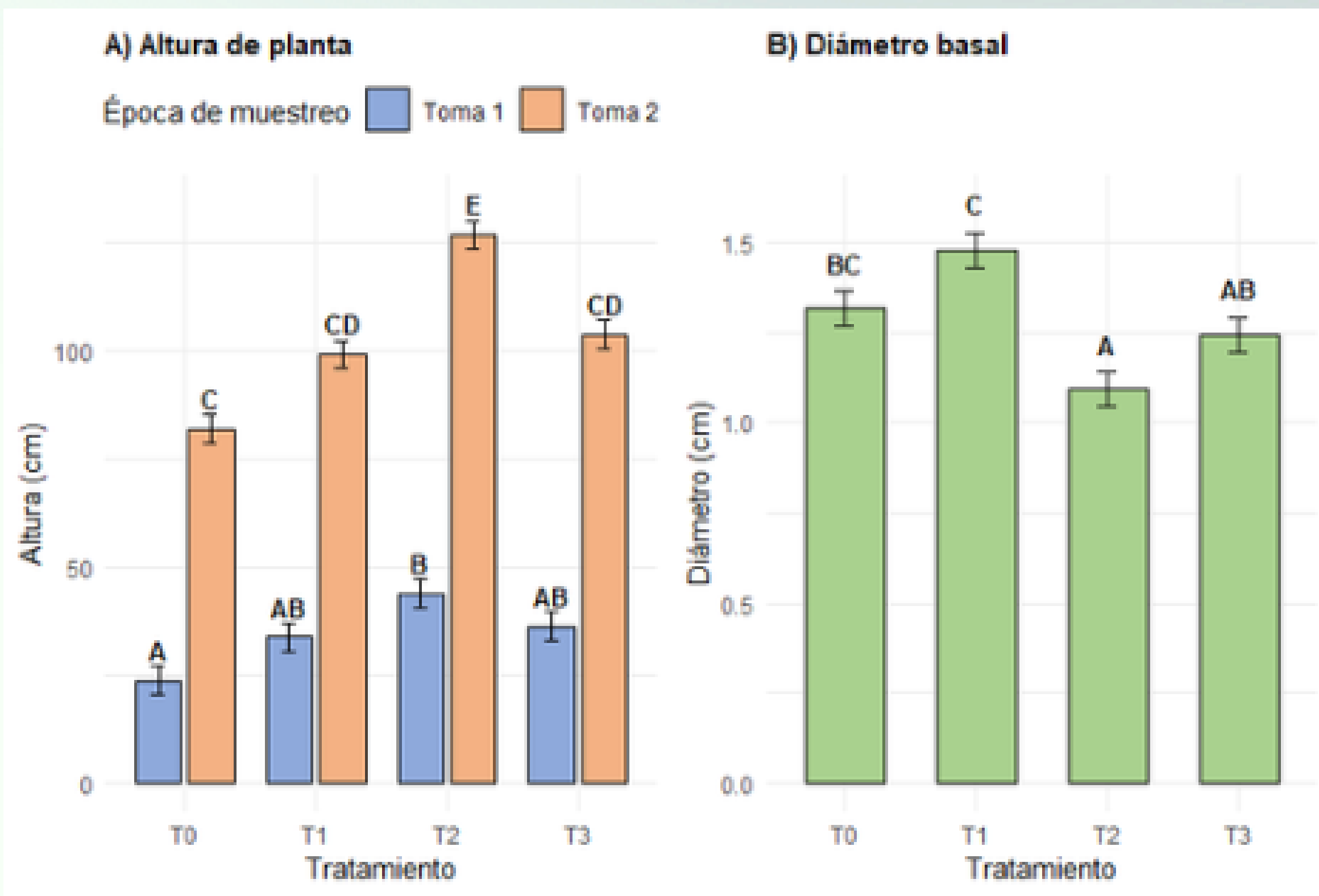
RESULTADOS: TOMA DE DATOS 2



RESULTADOS: TOMA DE DATOS 2



RESULTADOS: TOMA DE DATOS 2



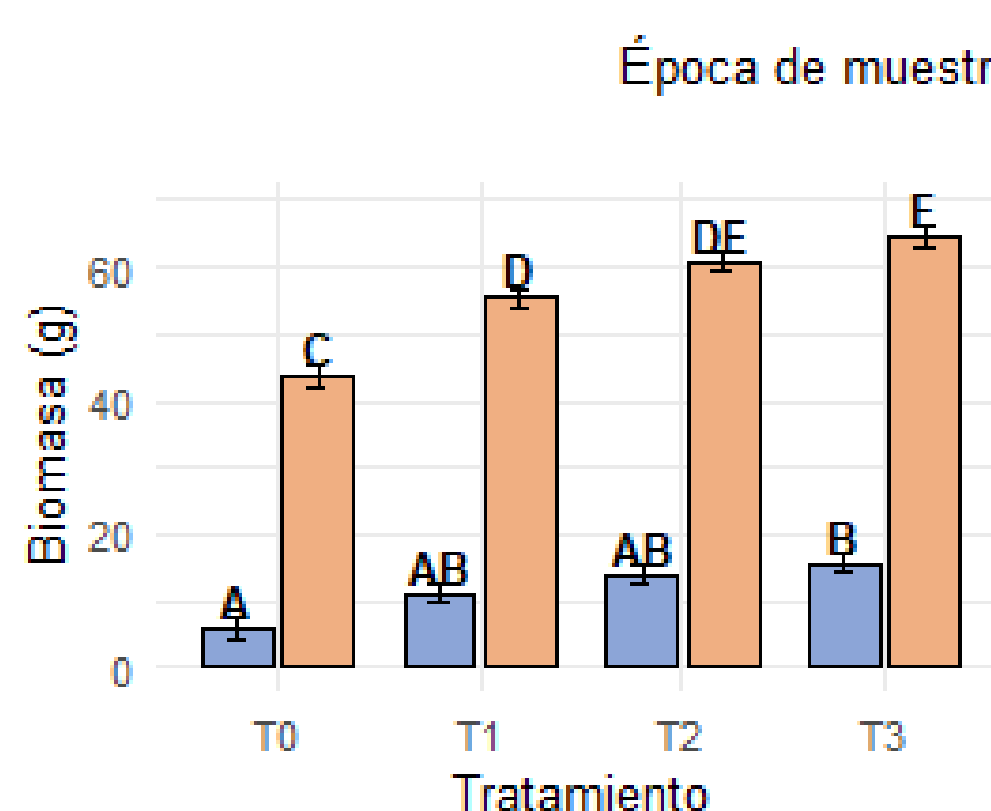
La altura mostró interacción significativa entre tratamiento y época ($F=5,11$; $p=0,029$): T2 (urea) generó la mayor altura desde la primera toma, ventaja que se acentuó en la segunda (126,75 cm) muy por encima del resto. El diámetro basal difirió solo entre tratamientos ($F=11,25$; $p=0,003$), sin interacción con la época: T1 (fósforo) registró el mayor diámetro (1,48 cm) y T2 el menor (1,09 cm), sugiriendo que su crecimiento apical se dio en detrimento del grosor del tallo (Wen et al., 2025)



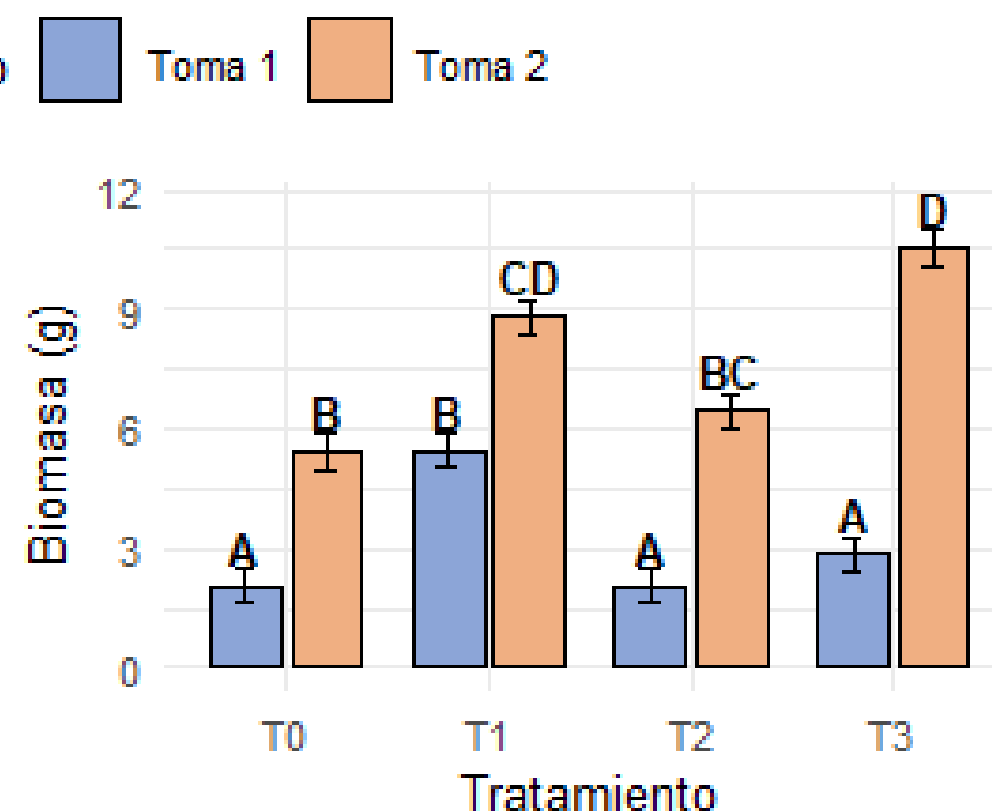
RESULTADOS: TOMA DE DATOS 2



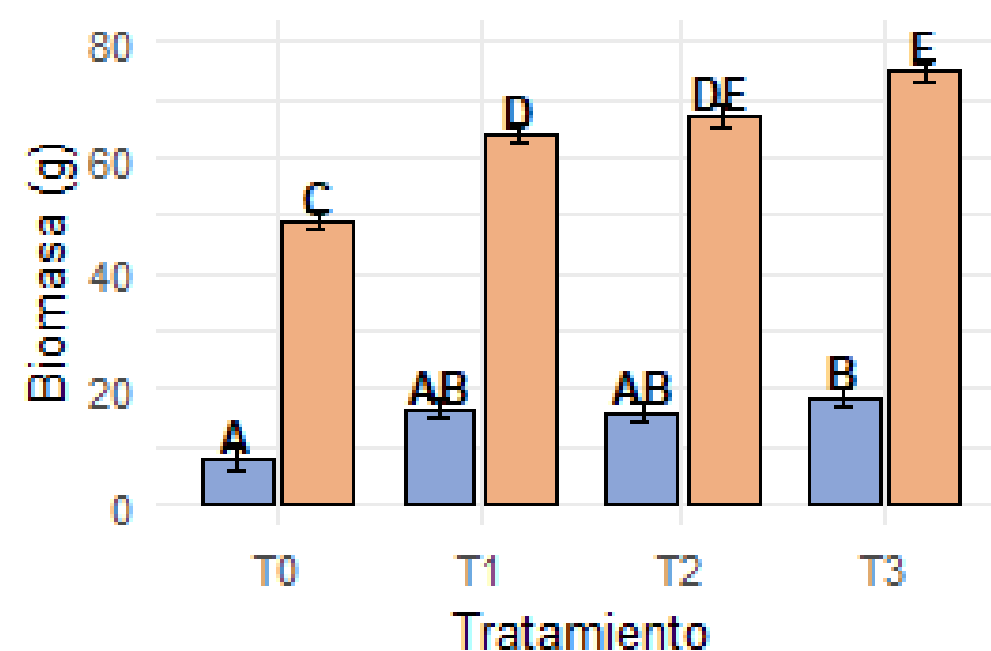
A) Biomasa seca de parte aérea



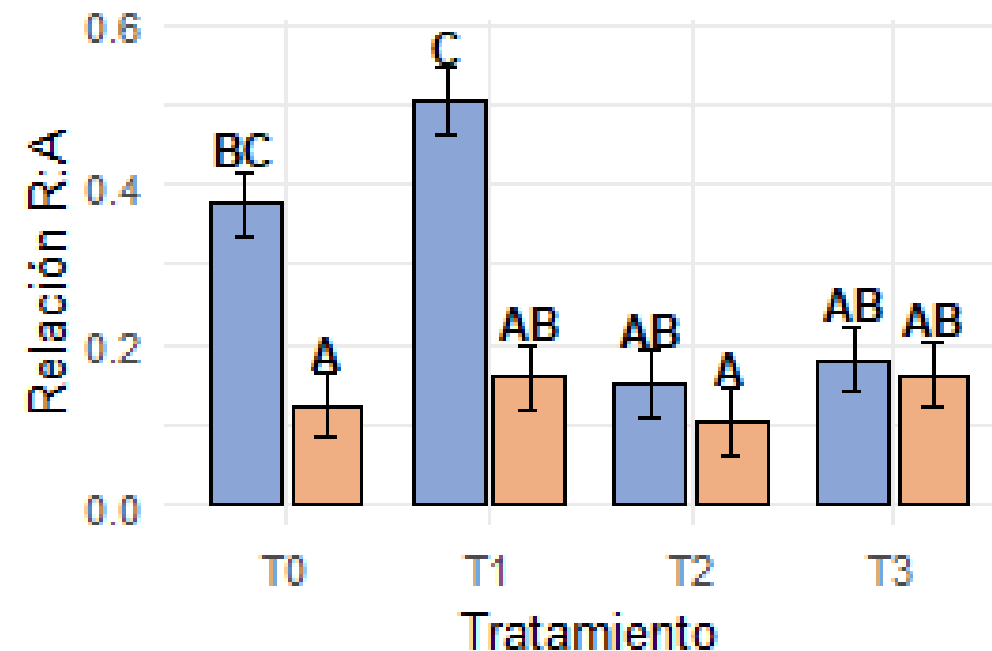
B) Biomasa seca de raíz



C) Biomasa seca total



D) Razón raíz:parte aérea

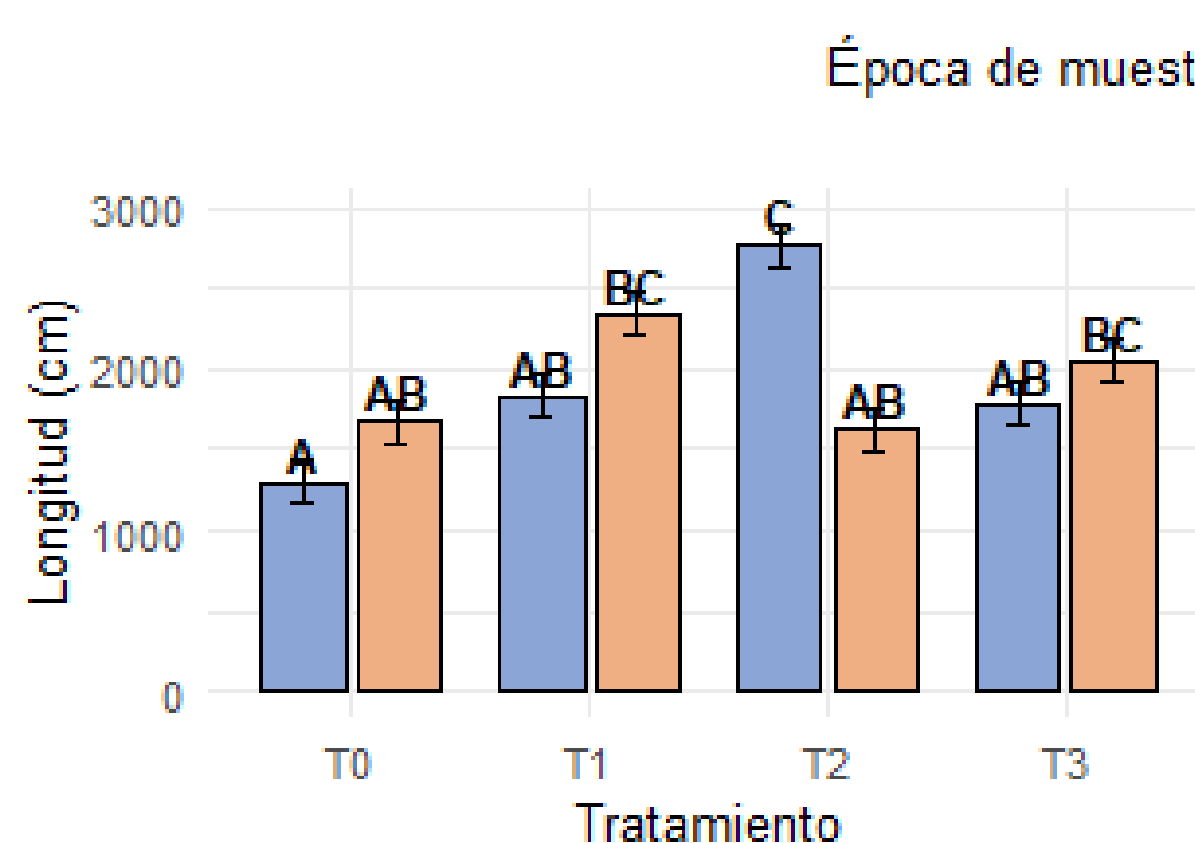


La biomasa seca de parte aérea, raíz y total mostró interacción significativa entre tratamiento y época ($p=0,029$; $p=0,004$; $p=0,011$). En la segunda toma, T3 y T1 alcanzaron los valores más altos (biomasa total: 75,03 g y 64,15 g), mientras T0 se mantuvo más bajo (49,17 g). La razón raíz:parte aérea fue mayor en la primera toma —especialmente en T1 (0,504)— y disminuyó hacia la segunda, evidenciando una inversión progresiva de biomasa hacia la parte aérea conforme avanzó el establecimiento (Mašková y Herben, 2018).

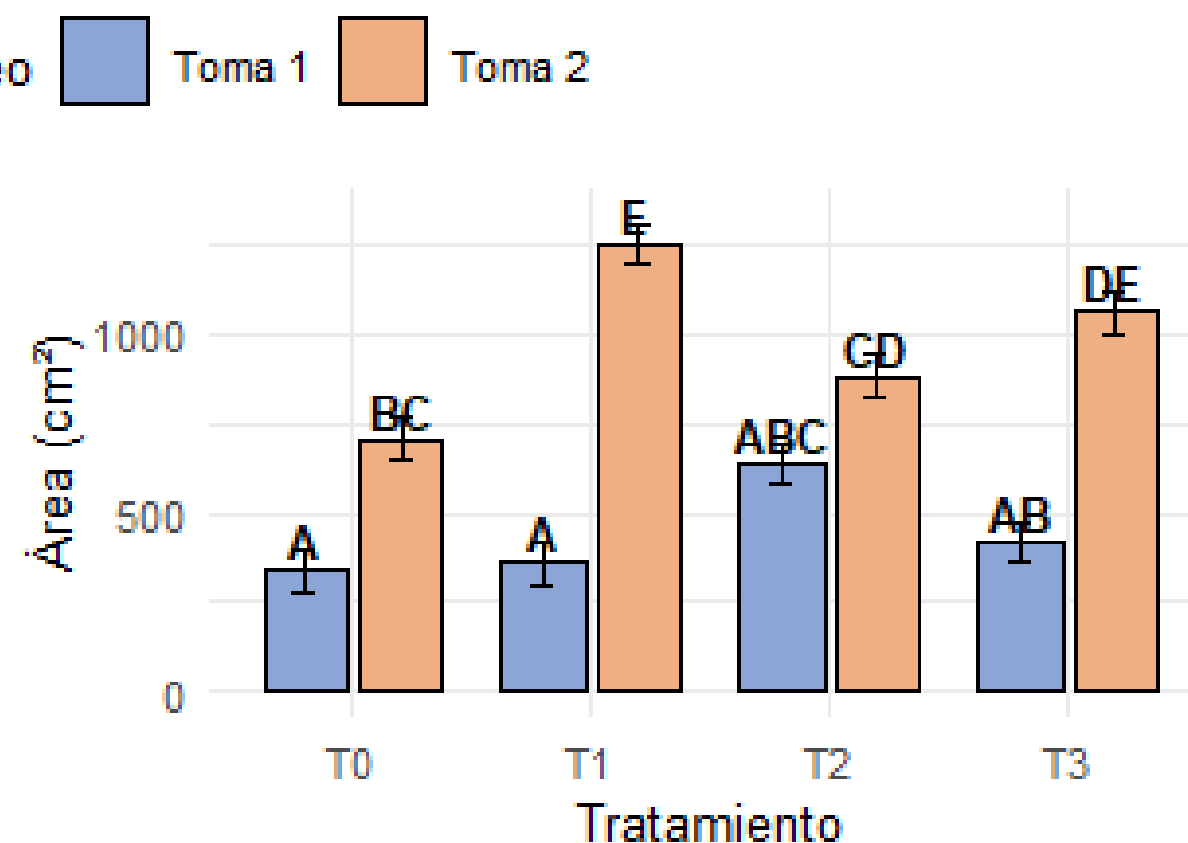
RESULTADOS: TOMA DE DATOS 2



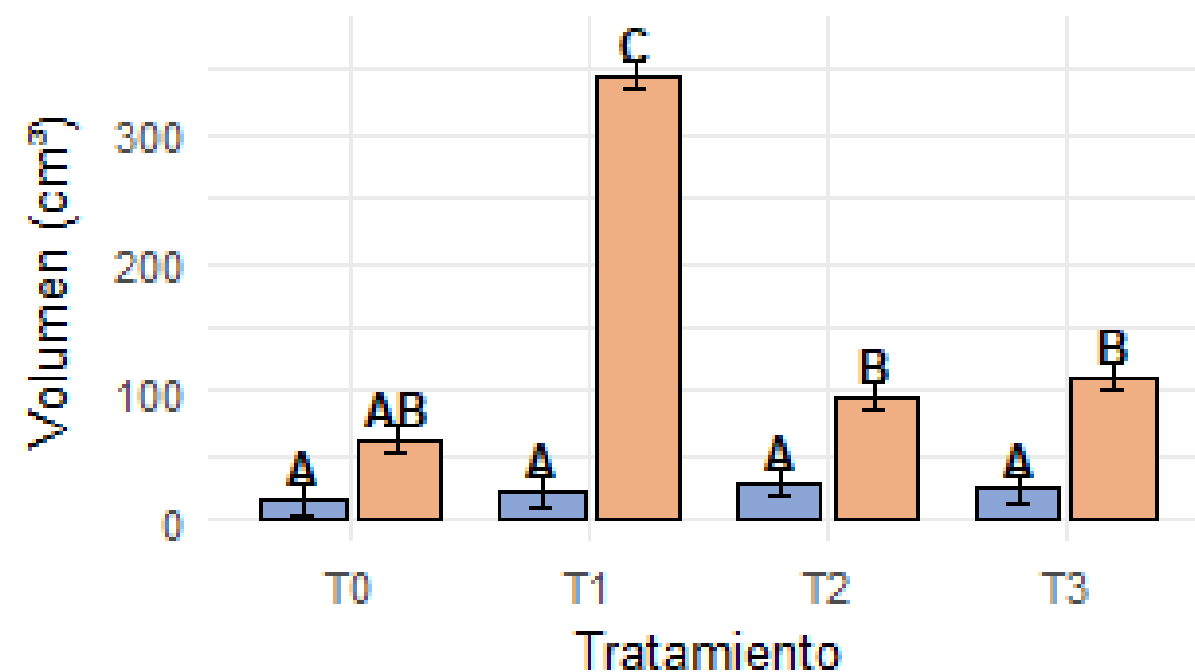
A) Longitud radicular total



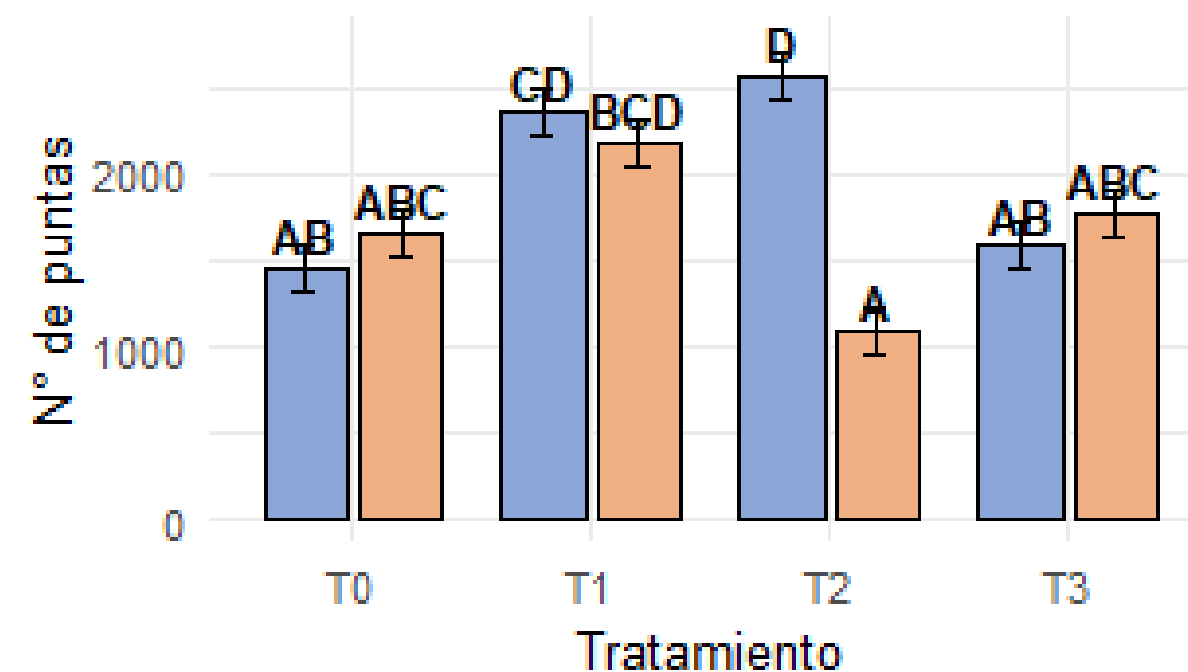
B) Área radicular total



C) Volumen radicular total

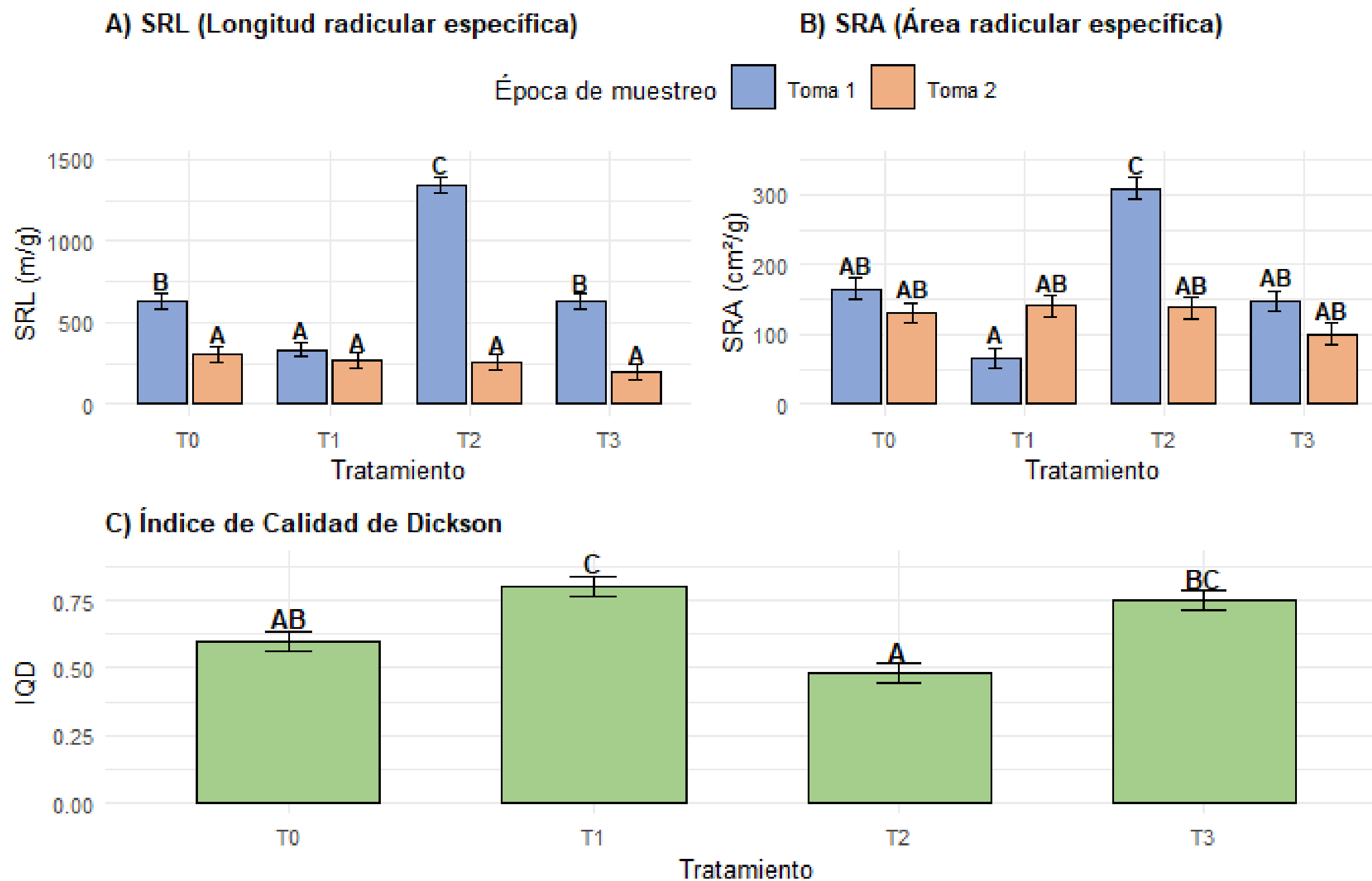


D) Número de puntas radiculares



La morfología radicular mostró interacción significativa en las cuatro variables ($p < 0,01$). En longitud y número de puntas, T2 (nitrógeno) dominó en la primera toma y T1 (fósforo) en la segunda, evidenciando que el efecto del nitrógeno es temprano y transitorio. En área y volumen, T1 mostró el mayor incremento hacia la segunda toma, sugiriendo una transición desde ramificación temprana hacia elongación y engrosamiento radicular (Jing et al., 2010).

RESULTADOS: TOMA DE DATOS 2



SRL y SRA mostraron interacción significativa entre tratamiento y época ($p < 0,001$), con valores marcadamente más altos en T2 (nitrógeno) durante la primera toma, que disminuyeron hacia la segunda en todos los tratamientos, reflejando una transición desde raíces finas y exploratorias hacia raíces más gruesas y estructurales (Fitter, 1994). El IQD difirió solo entre tratamientos ($p < 0,001$), con T1 (fósforo) mostrando el mejor índice de calidad global y T2 el más bajo, pese a haber generado la mayor altura de planta (Dickson et al., 1960).



CONCLUSIONES

- La fertilización, independientemente de la fuente, incrementó la biomasa y el área radicular frente al testigo sin fertilizar. En biomasa seca de raíz, los tratamientos fosfórico (10-30-10) y balanceado (NPK+S+Mg, 12-11-18-3-8) superaron al testigo y al tratamiento nitrogenado.
- El tratamiento nitrogenado (urea) generó los mayores valores de longitud radicular, SRL y SRA a los 30 días, pero estos valores disminuyeron hacia los 60 días, mientras que el tratamiento fosfórico los superó en esta segunda etapa. Esto indica que el efecto del nitrógeno sobre el desarrollo radicular es temprano y transitorio, mientras que el efecto del fósforo se consolida con el tiempo.
- La razón raíz:parte aérea disminuyó en todos los tratamientos entre los 30 y los 60 días, evidenciando una reasignación progresiva de biomasa hacia la parte aérea conforme avanzó el establecimiento.
- El tratamiento nitrogenado produjo la mayor altura de planta, pero el menor diámetro basal y el Índice de Calidad de Dickson más bajo. El tratamiento fosfórico obtuvo el mayor diámetro basal y el mejor IQD, indicando la plántula estructuralmente más robusta y equilibrada.
- Con base en estos resultados, se rechaza la hipótesis nula: al menos uno de los tratamientos de fertilización —el fosfórico— generó diferencias significativas sobre la arquitectura radicular de *Ochroma pyramidale* durante el establecimiento.
- El tratamiento balanceado (manejo actual de la empresa) no fue superior en todos los aspectos frente a las alternativas: el tratamiento fosfórico mostró mejor desempeño en biomasa radicular, diámetro basal e IQD, y representa una alternativa a considerar frente al manejo comercial vigente.



RECOMENDACIONES

- Ampliar el diseño experimental a más repeticiones por tratamiento y época, para incrementar la potencia estadística en la interacción tratamiento $\times$ toma y poder realizar correlaciones de Pearson entre variables radicales, dasométricas y edáficas.
- Extender el período de monitoreo más allá de los 60 días evaluados, para determinar si la reversión temporal del efecto del nitrógeno sobre la ramificación radicular y el IQD se mantiene o se revierte en etapas posteriores del establecimiento.
- Caracterizar las propiedades físicas del suelo (densidad aparente, porosidad, entre otras) al inicio y al final del ensayo, para determinar cómo el desarrollo radicular bajo cada tratamiento modifica la estructura física del suelo en el corto plazo.
- Descartar la ausencia de fertilización como práctica de manejo, ya que el testigo registró consistentemente los valores más bajos de biomasa, longitud y área radicular frente a las tres fuentes evaluadas, confirmando el beneficio de fertilizar durante el establecimiento.



MUCHAS
GRACIAS