



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería Forestal

Cambios morfológicos y formación de anillos de crecimiento por estrés hídrico bajo condiciones controladas en plantas de *Acacia macracantha* Wild. y *Cinchona officinalis* L. en el cantón Loja, Ecuador.

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de Ingeniera Forestal

AUTORA:

Tania Estefanía Verdesoto Tigreros

DIRECTOR:

Ing. Darwin Alexander Pucha Cofrep. *Ph.D.*

Loja- Ecuador

2023

Certificación

Loja, 20 de septiembre de 2022

Ing. Darwin Alexander Pucha Cofrep Ph.D.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

C E R T I F I C O:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Cambios morfológicos y formación de anillos de crecimiento por estrés hídrico bajo condiciones controladas en plantas de *Acacia macracantha* Wild. y *Cinchona officinalis* L. en el cantón Loja., Ecuador.,** previo a la obtención del título de **Ingeniera Forestal**, de la autoría de la estudiante **Tania Estefania Verdesoto Tigreros**, con **cédula de identidad Nro. 0707027520**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.



Ing. Darwin Alexander Pucha Cofrep Ph.D.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo, **Tania Estefanía Verdesoto Tigreros**, declaro ser autora del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Titulación, en el Repositorio Digital Institucional - Biblioteca Virtual.

Firma: 

Cédula de identidad: 0707027520

Fecha: Loja 29 de agosto del 2023

Correo electrónico: tania.verdesoto@unl.edu.ec

Teléfono: +51 987552641

Carta de autorización por parte de la autora, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Titulación.

Yo, **Tania Estefanía Verdesoto Tigreros**, declaro se autora, del Trabajo de Titulación denominado: **Cambios morfológicos y formación de anillos de crecimiento por estrés hídrico bajo condiciones controladas en plantas de *Acacia macracantha* Wild. y *Cinchona officinalis* L. en el cantón Loja, Ecuador.**, como requisito para optar el título de **Ingeniera Forestal**, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los veintinueve días del mes de agosto de dos mil veintitrés.

Firma:



Autora: Tania Estefanía Verdesoto Tigreros

Cédula: 0707027520

Dirección: Argelia, Avenida Pio Jaramillo y Reinaldo Espinoza

Correo electrónico: tania.verdesoto@unl.edu.ec

Teléfono: +51 987552641

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Trabajo de Titulación: Ing. Darwin Alexander Pucha Cofrep Ph.D.

Dedicatoria

El presente trabajo de investigación se lo dedico a Dios quien me ha permitido tener perseverancia y paciencia para la realización del mismo, a mi tía Elsi Verdesoto y Washington Torrez por ser como unos padres y haberme brindado su cariño, comprensión y apoyo, a mis hermanos Luis y Daniel, y a mis primos Darío y Lucía por ser mis compañeros de vida y motivarme a seguir adelante.

Este trabajo también se lo dedico a mi esposo Eber y a mi hijo Mathías quienes son mi motivo para seguir adelante.

Tania Estefanía Verdesoto Tigreros

Agradecimiento

Agradezco a Dios por brindarme la fuerza y sabiduría para seguir adelante en mi proceso de formación y haberme permitido cumplir con mi desarrollo profesional.

Expreso mi agradecimiento a mis padres, mis hermanos, tíos y primos por haberme brindado su apoyo incondicional, agradezco a Eber por guiarme y motivarme a seguir adelante y por haberme brindado su amor y apoyo incondicional.

A mis compañeros, en especial a Evelyn, Rosibel y Alex por compartir conmigo bonitas experiencias, sacarme sonrisas y haber cuidado de mí durante los años de carrera.

A mis docentes, especialmente al Ing. Víctor Hugo Eras por motivarme a ser una buena persona en cada una de sus clases, a la Ing. Johana Muñoz y al Ing. Zhofre Aguirre por ser unos excelentes docentes.

A mi director de tesis Ing. Darwin Pucha por darme la oportunidad de realizar el presente trabajo y guiarme en cada una de las fases del proceso de investigación y por la confianza que tuvo en mí para realizar el presente trabajo.

A mi asesor Ing. Andrés Armijos Montaña por brindarme su ayuda y llenarme de conocimientos en la última etapa del trabajo de titulación.

Tania Estefanía Verdesoto Tigreros

Índice de contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de tablas	x
Índice de figuras	xi
Índice de anexos	xiii
1. Título	1
2. Resumen	2
2.1. Abstract	3
3. Introducción	4
4. Marco teórico	7
4.1. Estrés hídrico	7
4.1.1. Respuestas generales al estrés hídrico	7
4.1.2. Estrategias frente al estrés hídrico	7
4.2. Morfología de los árboles	8
4.3. Atributos morfológicos	8
4.4. Anatomía de madera	9
4.4.1. Estructura y características anatómicas de especies latifoliadas.....	9
4.4.2. Estructura química de la madera.....	11
4.5. Anillos de crecimiento	12
4.5.1. Factores que influyen en la formación de anillos de crecimiento.....	13
4.6. Fertilización en especies forestales	14
4.7. Descripción de especies forestales.....	14
4.7.1. <i>Acacia macracantha Wild.</i>	14
4.7.2. <i>Cinchona officinalis L.</i>	15
5. Metodología	17

5.1.	Área de estudio	17
5.2.	Recopilación de información	18
5.2.1.	Procedencia de las plantas	18
5.2.2.	Diseño experimental	18
5.2.3.	Periodo de riego	19
5.2.4.	Descripción de los tratamientos	19
5.3.	Evaluación de los cambios morfológicos por estrés hídrico en <i>Acacia macracantha</i> Wild y <i>Cinchona officinalis</i> L. bajo condiciones de invernadero.	23
5.3.1.	Monitoreo y evaluación de variables morfológicas	23
5.3.2.	Evaluación y análisis de datos de estrés hídrico y variables morfológicas.....	24
5.3.3.	Representación gráfica de cambios morfológicos	24
5.4.	Evaluación del impacto del estrés hídrico en la formación de anillos de <i>Acacia macracantha</i> Wild. y <i>Cinchona officinalis</i> L.	26
5.5.	Identificación de anillos de crecimiento	28
6.	Resultados	32
6.1.	Cambios morfológicos en <i>Acacia macracantha</i> Wild y <i>Cinchona officinalis</i> L.	32
6.1.1.	Cambios morfológicos temporales en <i>Acacia macracantha</i> Wild.	32
6.1.2.	Diferencias significativas entre tratamientos de <i>Acacia macracantha</i> Wild.....	36
6.1.3.	Cambios morfológicos temporales en <i>Cinchona officinalis</i> L.....	38
6.1.4.	Diferencias significativas entre tratamientos de <i>Cinchona officinalis</i> L.	43
6.2.	Impacto del estrés hídrico en la formación de anillos de crecimiento a través de análisis anatómico de la madera en <i>Acacia macracantha</i> Wild. Y <i>Cinchona officinalis</i> L.....	45
6.2.1.	Impacto del estrés hídrico en la formación de anillos de crecimiento a través de análisis anatómico de la madera en <i>Acacia macracantha</i> Wild.	45
6.2.2.	Impacto del estrés hídrico en la formación de anillos de crecimiento a través de análisis anatómico de la madera en <i>Cinchona officinalis</i> L.	49
6.2.3.	Cambios anatómicos de la madera de <i>Acacia macracantha</i> Wild. y <i>Cinchona officinalis</i> L.	53
7.	Discusión	57
7.1.	Cambios morfológicos por estrés hídrico en <i>Acacia macracantha</i> Wild y <i>Cinchona officinalis</i> L.	57

7.2.	Relación entre el estrés hídrico y la formación de anillos de crecimiento a través del análisis anatómico de la madera en las especies de <i>Acacia macracantha</i> Wild. Y <i>Cinchona officinalis</i> L.	58
8.	Conclusiones	60
9.	Recomendaciones	61
10.	Bibliografía	62
11.	Anexos	68

Índice de tablas:

Tabla 1. Distribución de los niveles de riego para el testigo	20
Tabla 2. Distribución de los niveles de riego para el tratamiento uno.....	20
Tabla 3. Cronograma de riego y sequía bajo condiciones de invernadero	23
Tabla 4. Matriz para la medición individual por tratamiento	23
Tabla 5. Matriz para la organización de información de riego y mediciones quincenales de variables morfológicas de <i>Acacia macracantha</i> Wild. y <i>Cinchona officinalis</i> L. .	24
Tabla 6. Tabla resumen con información respecto a riego y medición de variables morfológicas... ..	25
Tabla 7. Tabla resumen con información respecto a riego y medición de variables morfológicas... ..	25

Índice de figuras:

Figura 1. Estructura anatómica de la madera en un corte transversal de <i>Acacia macracantha</i> Wild.....	11
Figura 2. La lignina y celulosa como componentes químicos de la madera.	12
Figura 3. Anillo de crecimiento en <i>Cinchona officinalis</i> L.....	12
Figura 4. Árbol de <i>Acacia macracantha</i> Wild.....	14
Figura 5. Árbol de <i>Cinchona officinalis</i> L.....	15
Figura 6. Mapa de ubicación del invernadero y laboratorio de la UNL.	17
Figura 7. Esquema del invernadero y la organización de los cuatro tratamientos y testigo.18	
Figura 8. Fases de riego y sequía para el Tratamiento 01 en <i>Acacia macracantha</i> Wild. y <i>Cinchona officinalis</i> L.....	22
Figura 9. Proceso de corte y digitalización de muestra anatómicas de la madera.	28
Figura 10. Imágenes procesadas para la determinación de anillos de crecimiento.	29
Figura 11. Software para análisis de bio-imágenes Icy.	29
Figura 12. Delimitación de estructuras anatómicas.	30
Figura 13. Incremento corriente quincenal de diámetro.	30
Figura 14. Relación entre incremento corriente quincenal de diámetro y la formación de anillosde crecimiento.	31
Figura 15. Desarrollo quincenal promedio (n = 20) de las variables morfológicas entre tratamientos de <i>Acacia macracantha</i> Wild. durante 24 meses.	33
Figura 16. Desarrollo quincenal promedio (n = 3) de las variables morfológicas entre tratamientos de <i>Acacia macracantha</i> Wild. durante 24 meses de los individuos que fueron utilizados para cortes anatómicos.	34
Figura 17. Diferencias significativas de las variables morfológicas entre tratamientos de <i>Acacia macracantha</i> Wild. durante 24 meses de monitoreo, representados en diagramas de caja (Boxplot) y gráficos de vértices.	38
Figura 18. Desarrollo quincenal promedio (n =20) de las variables morfológicas entre tratamientos de <i>Cinchona officinalis</i> L. durante 24 meses.	40
Figura 19. Desarrollo quincenal promedio (n = 3) de las variables morfológicas entre tratamientos de <i>Cinchona officinalis</i> L. durante 24 meses de los individuos que fueron utilizados para cortes anatómicos.	41
Figura 20. Diferencias significativas de las variables morfológicas entre tratamientos de <i>Cinchona officinalis</i> L. durante 24 meses de monitoreo, representados en diagramas de caja (Boxplot) y gráficos de vértices.	45

Figura 21. Comparación entre el incremento corriente quincenal del diámetro y la formación de anillos de crecimiento en <i>Acacia macracantha</i> Wild.	49
Figura 22. Comparación entre el incremento corriente quincenal del diámetro y la formación de anillos de crecimiento en <i>Cinchona officinalis</i> L.....	53
Figura 23. Cortes anatómicos transversales de <i>Acacia macracantha</i> Wild.....	55
Figura 24. Cortes anatómicos transversales de <i>Cinchona officinalis</i> L.....	56

Índice de anexos:

Anexo 1. Hoja de campo para recopilación de variables.....	68
Anexo 2. Cronograma detallado de riego/estrés hídrico, fumigaciones, mediciones morfológicas, y actividades en plantas bajo invernadero para <i>Cinchona officinalis</i> y <i>Acacia macracantha</i>	69
Anexo 3. Representación de gráficas de series temporales de variables morfológicas de las especies en estudio a través de la utilización del software estadístico Rstudio.	72
Anexo 4. Script detallado para la elaboración de diagramas de caja y gráfica de vértices.	95
Anexo 5. Código R utilizado para la representación gráfica del incremento corriente quincenal de la variable diámetro.	102
Anexo 6. Procesamiento de imágenes en Photoshop.....	110
Anexo 7. Desarrollo quincenal de las variables morfológicas entre individuos de <i>Acacia macracantha</i> Wild. durante 24 meses.....	113
Anexo 8. Diferencias significativas $\alpha = 0,05$ entre tratamientos en plantas de <i>Acacia macracantha</i>	118
18	
Anexo 9. Desarrollo quincenal de las variables morfológicas entre individuos de <i>Cinchona officinalis</i> L. en todos sus tratamientos (T0-T4) durante 24 meses.	118
Anexo 10. Diferencias significativas $\alpha = 0,05$ entre tratamientos en plantas de <i>Cinchona officinalis</i>	124
4	
Anexo 11. Relación entre el incremento corriente quincenal y formación de anillos de crecimiento en cortes anatómicos de <i>Acacia macracantha</i> Wild. y <i>Cinchona officinalis</i> L.	124
Anexo 12. Certificado de traducción.....	135

1. Título

Cambios morfológicos y formación de anillos de crecimiento por estrés hídrico bajo condiciones controladas en plantas de *Acacia macracantha* Wild. y *Cinchona officinalis* L. en el cantón Loja, Ecuador.

2. Resumen

Las variaciones climáticas generan impacto en los ecosistemas, provocando cambios internos en la morfología y anatomía de las plantas. Por ello, el objetivo de este estudio fue evaluar cómo el estrés hídrico influye en la morfología y formación de anillos de crecimiento en *Acacia macracantha* Wild. y *Cinchona officinalis* L. Para ello, se sometieron las plantas a cuatro tratamientos de estrés hídrico (T1, T2, T3, T4) con un grupo de control o testigo (T0), cada tratamiento incluyó 20 individuos. Para evaluar la morfología de las plantas, se realizaron mediciones quincenales de variables morfológicas durante 24 meses. Para analizar la formación de anillos de crecimiento, se realizaron cortes anatómicos transversales del tallo y se utilizó el software ICY Imagine Analysis para delimitar los tejidos anatómicos. Finalmente, se llevó a cabo el análisis estadístico utilizando el entorno de programación R. Se obtuvieron gráficos de series temporales de las variables morfológicas para cada tratamiento, así como diagramas de caja (boxplot). Se aplicaron pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis y Wilcoxon ($\alpha = 0,05$). En cuanto a la morfología, los resultados mostraron diferencias significativas entre el grupo de control (T0) y los tratamientos con estrés hídrico en *A. macracantha* y *C. officinalis*. Además, *A. macracantha* mostró una alta tasa de mortalidad en los tratamientos T2 y T4, mientras que *C. officinalis* presentó una alta mortalidad en todos los tratamientos con estrés hídrico. A nivel anatómico, *C. officinalis* mostró una regeneración más rápida del cambium vascular en comparación con *A. macracantha*. En conclusión, el estrés hídrico de ocho semanas para *A. macracantha* Wild, y cuatro semanas para *C. officinalis* formó anillos falsos, especialmente en el grupo de control, y en los tratamientos con estrés hídrico los anillos verdaderos fueron más evidentes, sin embargo, mostraron poca sincronía con los periodos de sequía. *A. macracantha* demostró ser más resistente a periodos largos de sequía, con un mejor crecimiento y desarrollo de las variables morfológicas. No obstante, en temperaturas altas, *A. macracantha* no tolera el estrés hídrico, lo cual afecta su estado fitosanitario y aumenta el porcentaje de mortalidad. En el caso de *C. officinalis*, a pesar de recibir riego constante, tiene un menor crecimiento y desarrollo de las variables morfológicas debido a su genética, y a sus requerimientos ecológicos. Por lo tanto, es indispensable hacer más estudios con monitoreos a largo plazo para conocer la respuesta fisiológica de estas especies forestales a eventuales cambios climáticos extremos.

Palabras claves: Cambios morfológicos, anillos de crecimiento, estrés hídrico, faique y casacarilla

2.1. Abstract

Climate variations have a significant impact on ecosystems, leading to internal changes in plant morphology and anatomy. Therefore, the objective of this study was to assess how water stress influences morphology and the formation of tree-rings in *Acacia macracantha* Wild. and *Cinchona officinalis* L. For this purpose, the plants were subjected to four water stress treatments (T1, T2, T3, T4) and a control group (T0), each treatment involving 20 individuals. To evaluate plant morphology, bi-weekly measurements of height, diameter, leaf count, and phytosanitary status were carried out for 24 months. To analyze the formation of tree-rings, transverse anatomical cuts of the stem were made, and the ICY Imagine Analysis software was used to demarcate the anatomical tissues. Finally, statistical analysis was conducted using the R programming environment. Time series graphs of the morphological variables were obtained for each treatment, as well as boxplot diagrams. Non-parametric Kruskal-Wallis and Wilcoxon tests were applied ($\alpha = 0.05$). Regarding morphology, the results showed significant differences between the control group (T0) and the water stress treatments in *A. macracantha* and *C. officinalis*. Furthermore, *A. macracantha* showed a high mortality rate in the T2 and T4 treatments, while *C. officinalis* had a high mortality rate in all water stress treatments. At the anatomical level, *C. officinalis* demonstrated faster vascular cambium regeneration compared to *A. macracantha*. In conclusion, eight weeks of water stress for *A. macracantha* Wild., and four weeks for *C. officinalis* led to the formation of false rings, especially in the control group, and true rings were more evident in the water stress treatments, although they showed little synchronization with drought periods. *A. macracantha* proved to be more resistant to long periods of drought, with better growth and development of morphological variables. However, under high temperatures, *A. macracantha* does not tolerate water stress, which affects its phytosanitary condition and increases the mortality rate. In the case of *C. officinalis*, despite receiving constant irrigation, it exhibits less growth and development of morphological variables due to its genetic and its ecological requirements. Therefore, it is essential to conduct further long-term monitoring studies to understand the physiological response of these forest species to potential extreme climate changes.

Keywords: Morphological changes, tree rings, water stress, faique and cascarilla

3. Introducción

El cambio climático es una variación que se produce en el clima por procesos naturales o cambios del forzamiento externo, como erupciones volcánicas, variaciones solares. También puede ser producido por la actividad antropogénica tal como lo señalan Ipinza y Barros, 2011. Sin embargo, la actividad humana aumentan la vulnerabilidad de los ecosistemas, reduciendo su funcionalidad y poniendo en riesgo los bienes y servicios que estos proveen a las comunidades (Aguirre *et al.*, 2015).

Las variaciones climáticas tienen un impacto en el ecosistema que afecta a las plantas. Los repentinos cambios de temperatura y precipitación provocan períodos de sequía que afectan el crecimiento de los árboles, alterando su contenido de agua y generando estrés por déficit hídrico, tal como han señalado (Butz *et al.*, 2017). Así mismo, las variaciones climáticas ocasionan diversos efectos sobre el suelo, causando una baja retención hídrica, a la vez que provoca la erosión, generando un bajo nivel de nutrientes en el suelo que afectan al desarrollo óptimo de las especies, por lo tanto, su función principal de captación de dióxido de carbono es menor y la productividad de las especies disminuye. Además, la frecuencia y el tiempo del estrés afectan directamente en la capacidad de las plantas para su supervivencia, las cuales se evidencian sobre el crecimiento de las plantas, tanto en la altura, diámetro y número de hojas (Yepes y Silveira, 2011).

Los bosques tropicales presentan una estación seca de al menos cuatro meses, lo que puede afectar las funciones vitales de las plantas debido al déficit hídrico. Esto obliga a las plantas a desarrollar mecanismos de aclimatación y estrategias para adaptarse al estrés hídrico. Como resultado, la productividad y el crecimiento de las plantas pueden disminuir, y su desarrollo y morfología vegetal se ven afectados (Pérez, 2014). El estrés hídrico también puede limitar la expansión foliar, el crecimiento radicular, la altura y el diámetro de las plantas (Fleta, 2017).

La estacionalidad anual de las precipitaciones en los bosques tropicales genera la alternancia de períodos favorables (época húmeda) y desfavorables (época seca) para la actividad del cambium, por lo tanto, el crecimiento radial es estacional en árboles de los bosques tropicales, reflejando así la influencia de la hidratación en el desarrollo de las células del xilema (Mendivelso *et al.*, 2016); la sequía puede inducir la detención del crecimiento radial, lo que anatómicamente se manifiesta como una o varias filas de células con menor lumen y paredes más engrosadas en una sección transversal, dando lugar a la formación de líneas más o menos concéntricas en la madera que constituyen los límites de los anillos de crecimiento.

Los anillos de crecimiento son bandas de células producidas por el cambium vascular en un periodo, se ven influenciados por factores ambientales que modifican la actividad del cambium, siendo la variabilidad del clima, la composición atmosférica, las características físicas y químicas del suelo, etc. Los factores causantes de la tasa de formación de nuevas células, su número, su tamaño y el material utilizado para construirlas (Jiménez, 2011).

Los anillos de crecimiento de las especies que se desarrollan en zonas tropicales por lo general tienden a formar falsos anillos, así mismo los anillos se vuelven poco diferenciables, razón por la cual la medición y datación del número de anillos se dificulta; esto se debe a los cambios de temperatura y a las condiciones de estrés hídrico, factores que otorgan características especiales al leño tales como: presencia de tilosis, cambio en el tamaño de los vasos y aumento o disminución del ancho de los anillos (Briceño *et al.*, 2016). Otros factores que dificultan el análisis de los anillos de especies tropicales son la escasa información sobre la ecología de las especies, condiciones del sitio donde se distribuyen y a la compleja estructura anatómica de las especies (Gutiérrez y Ramos, 2013).

El estudio de los anillos de crecimiento es de gran importancia debido a que proporciona información sobre la edad de los árboles y los factores que influyen en el crecimiento diamétrico y la calidad de la madera del bosque. Así mismo, brinda información sobre factores que permiten estudiar el crecimiento de un árbol midiendo la distancia entre los anillos formados en sus troncos, de tal manera que cada anillo representa un punto donde el clima detuvo el crecimiento del árbol durante su vida, como durante un cambio estacional en los trópicos; la relación entre la edad del árbol y el número de anillos, así como entre el clima y el ancho de los anillos, surge debido a que el crecimiento de las plantas es afectado por ciertas condiciones del ambiente (Kohl, 2017).

En árboles tropicales se reconoce que la formación periódica de los anillos se relaciona con la presencia de temporadas de lluvia o sequía. Sin embargo, condiciones severas de sequía pueden provocar la presencia de falsos anillos de crecimiento en algunas especies, mientras que en otras la visibilidad y periodicidad del anillo puede ser distorsionada por las condiciones físicas donde se desarrollan, como suelos profundos y bien drenados (López *et al.*, 2006).

El presente trabajo de investigación está orientado a determinar los cambios que se producen en la morfología y en la formación de anillos de crecimiento a través de análisis anatómico de las especies forestales: *Acacia macracantha* Wild. y *Cinchona officinalis* L. por efectos de las variaciones climáticas, para lo cual se planteó la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo influye el estrés hídrico bajo condiciones controladas en la morfología y formación de anillos de crecimiento de *Acacia macracantha* Wild y *Cinchona officinalis* L.?; para responder a la siguiente interrogante, se formulan las siguientes hipótesis:

H0: Las condiciones de estrés hídrico bajo invernadero no ocasionan cambios morfológicos en las plántulas de *Acacia macracantha* Wild. y *Cinchona officinalis* L.

H1: Las condiciones de estrés hídrico bajo invernadero ocasionan cambios morfológicos en las plántulas de *Acacia macracantha* Wild. y *Cinchona officinalis* L.

H0: Los periodos de estrés hídrico inducido no están relacionados con la formación de anillos de crecimiento en las plántulas de *Acacia macracantha* Wild. y *Cinchona officinalis* L.

H1: Los periodos de estrés hídrico inducido están relacionados con la formación de anillos de crecimiento en las plántulas de *Acacia macracantha* Wild. y *Cinchona officinalis* L.

Para comprobar estas hipótesis se plantearon los siguientes objetivos:

Objetivo General

Contribuir a la generación de conocimientos sobre los cambios morfológicos y la formación de anillos de crecimiento por estrés hídrico en *Acacia macracantha* Wild. y *Cinchona officinalis* L. bajo condiciones controladas durante 24 meses de monitoreo en el cantón Loja, Ecuador.

Objetivos Específicos

- Evaluar los cambios morfológicos por estrés hídrico en *Acacia macracantha* Wild. y *Cinchona officinalis* L. durante 24 meses de monitoreo bajo condiciones de invernadero.
- Evaluar el impacto del estrés hídrico en la formación de anillos de crecimiento a través de análisis anatómico de la madera en *Acacia macracantha* Wild. y *Cinchona officinalis* L.

4. Marco teórico

4.1. Estrés hídrico

El estrés hídrico se define como una respuesta fisiológica de las plantas que se produce debido a la disminución de la cantidad de agua, que se encuentra disponible en el ambiente (Valverde y Arias, 2020), y ocurre cuando la tasa de transpiración excede al agua que absorben las raíces, de tal manera que limita el abastecimiento de agua en los tejidos (Ojeda, 2015).

Las plantas en sistemas naturales presentan estrés por diversos factores como: baja capacidad del suelo para la retención, precipitaciones escasas, baja presión atmosférica y altos valores de salinidad, lo cual provoca disminución en altura, diámetro y área foliar (Luna-Flores *et al.*, 2012).

4.1.1. Respuestas generales al estrés hídrico

El agua es un factor importante para el crecimiento y desarrollo de las plantas, por lo cual su escasez constituye una de las principales fuentes de estrés, debido a lo cual desarrollan diferentes respuestas a nivel morfológico, fisiológico y anatómico. Las plantas poseen mecanismos de aclimatación en respuesta al estrés, siendo la disminución del área foliar uno de gran importancia, ya que permite conservar mayor cantidad de agua (Moreno, 2009). Otro mecanismo es el cierre de estomas que disminuye la pérdida de agua a través de la transpiración. A nivel celular, se produce el ajuste osmótico que constituye una disminución del potencial hídrico, proceso que disminuye el crecimiento de tejidos vegetales y producción de biomasa (Quintal-Ortiz *et al.*, 2012). Además, la modificación genética es otra respuesta de gran importancia, en el cual diferentes tipos de células responden incrementando o disminuyendo la expresión de algunos de sus genes (Moreno, 2009).

4.1.2. Estrategias frente al estrés hídrico

Las plantas han desarrollado diversas estrategias para adaptarse al estrés, dentro de los cuales se encuentran la estrategia evitadora, la estrategia tolerante y la estrategia de escape, que varían según la especie. Las especies evitadoras regulan su transpiración para prevenir o reducir el estrés en sus tejidos, mediante la maximización de la captación de agua y la minimización de su pérdida, mediante el derroche o el ahorro de agua. En cuanto a la estrategia tolerante, las especies pueden soportar el estrés en sus tejidos minimizando o eliminando la deformación que se produce. Por otra parte, en la estrategia de escape, las plantas ajustan su fenología para completar su ciclo

vital antes de la llegada del estrés hídrico, y pasan el período desfavorable en forma de semilla. Algunas especies también entran en una dormancia vegetativa parcial durante el período de sequía (Valladares *et al.*, 2014).

4.2. Morfología de los árboles

La morfología de los árboles es la manifestación física resultante de las características genéticas del germoplasma, las condiciones ambientales y las condiciones controladas que se aplican en el vivero (Sáenz *et al.*, 2010). Se refiere a la descripción de la forma y estructura externa de los órganos que conforman el cuerpo de una planta, incluyendo la raíz, tallo, hojas, ramas, flores y frutos (Muller, 2000). Además, la morfología también se encarga del estudio de las células y los tejidos que permiten comprender la estructura microscópica de las plantas.

Para determinar la calidad de las plantas, se considera un conjunto de atributos o características morfológicas que son de naturaleza cuantitativa y cualitativa y que se relacionan con la estructura y forma de la planta (Ureta *et al.*, 2018).

4.3. Atributos morfológicos

Los atributos morfológicos de las plantas son el resultado de respuestas fisiológicas a diferentes tipos de estrés y la cantidad de recursos disponibles (Sáenz *et al.*, 2010). Es decir, las características morfológicas están determinadas tanto por las condiciones ambientales en las que se desarrollan como por las condiciones genéticas propias de cada especie (Cobas, 2020). En las plantaciones forestales, algunos atributos morfológicos son utilizados como indicadores de calidad, siendo los más representativos la altura, el diámetro basal y la relación entre el peso seco de la parte aérea y la parte radical (Navarro *et al.*, 2006). Estos atributos se correlacionan con la supervivencia y el crecimiento inicial de la planta, indicando que cuanto más grande es la planta, mayor es su potencial de supervivencia (Navarro *et al.*, 2006).

Las plantas presentan atributos morfológicos que pueden ser de naturaleza cuantitativa o cualitativa. Entre los atributos cuantitativos se encuentran la altura y el diámetro, siendo la altura la distancia que hay desde la superficie del suelo hasta el extremo superior del árbol (Masías, 2017), y el diámetro proporcionando información acerca del crecimiento secundario del árbol y, por ende, de su volumen (Meza, 2018). Es importante mencionar que otras características cuantitativas del árbol se relacionan directamente con el diámetro a la altura del pecho (DAP).

Dentro de los atributos cualitativos se encuentra el número de hojas y el estado fitosanitario. Las hojas son un órgano muy sensible que manifiesta de manera clara los efectos del

estrés en la planta (Levitt, 1980), mientras que el estado fitosanitario indica la vitalidad de la planta y su capacidad para resistir enfermedades y plagas (Castillo y Suzuarte, 2010).

4.4. Anatomía de madera

La anatomía de la madera, es la rama de la biología que estudia el xilema, leño o madera con la finalidad de conocerlo y darle un uso correcto, determinar especies, predecir usos adecuados, prever el comportamiento del leño en procesos industriales y evaluar la aptitud tecnológica de la madera (Giménez *et al.*, 2005).

Así mismo, Giménez *et al.*, (2019) menciona que la caracterización anatómica de la madera de una especie constituye el punto de partida para diversas investigaciones, que conlleven, por ejemplo, a conocer el funcionamiento de los organismos vegetales, su comportamiento asociativo y su relación con el ambiente. El estudio de las características microscópicas es importante para elaborar claves de identificación que faciliten el reconocimiento e identificación de especies leñosas para contribuir a los conocimientos tecnológicos de maderas tropicales.

4.4.1. Estructura y características anatómicas de especies latifoliadas

A diferencia de las coníferas, las especies latifoliadas tienen una estructura anatómica más compleja y con tejidos bien definidos y especializados (Figura 1).

a. Xilema

El xilema se define como un tejido vascular conformado por las tráqueas que son células cuya característica es el de estar muertas cuando son funcionales, estas se han especializado en estructura y función, siendo su principal función el transporte de agua y sales minerales desde la raíz hacia los demás órganos; así mismo constituye el elemento principal de soporte de las plantas, en este tejido se encuentran varios tipos celulares: a) vasos o tráqueas, b) traqueidas, c) células parenquimáticas, y d) células de sostén como las fibras (Megías *et al.*, 2020).

b. Floema

El floema es un tejido de conducción formado por diferentes tipos de células vivas, su principal función es transportar y repartir por todo el cuerpo de la planta sustancias carbonadas, entre ellas, azúcares, aminoácidos, micronutrientes, lípidos (principalmente en forma de ácidos grasos libres), hormonas, estímulos florales y numerosas proteínas (López, 2015), está compuesto por dos tipos de células: los elementos conductores (elementos y células cribosas) y no conductores (células parenquimáticas, células de soporte (fibras de esclerenquima y las esclereidas)) (Megías *et al.*, 2020).

c. Vasos

Los vasos son elementos que se encuentran únicamente en plantas latifoliadas (Domínguez, 2017), estas se forman de células que se ubican en hileras verticales, cuya función es el transporte de líquidos como la savia y el agua, que circulan por el interior de las células, la circulación se realiza de una célula a otra por las perforaciones que se encuentran en sus paredes transversales, las cuales se denominan placas perforadas (Giménez *et al.*, 2005).

d. Fibras

Son células largas y delgadas existentes solamente en especies latifoliadas, cuya función es dar soporte, dureza y rigidez a los tejidos vegetales, se encuentran en diferentes partes de la planta (corteza, tallo, hojas), son más frecuente en los tejidos vasculares (xilema y floema), por lo cual su pared celular está compuesta principalmente de celulosa y lignina (Macía, 2006).

e. Radios leñosos

Los radios leñosos están constituidos por células que se encuentran dispuestas en dirección radial, es decir, perpendicular al eje del árbol, su función es el transporte lateral entre el xilema y floema, producen cambios funcionales y fisiológicos durante el crecimiento (Giménez *et al.*, 2005).

f. Parénquima

Tejido llamado también fundamental, porque es preponderante en la mayoría de los órganos vegetales, constituido por células generalmente isodiamétricas, de membranas sutiles y no lignificadas (Ramírez *et al.*, 2012), se encuentra en todos los tejidos de las plantas formando masas de células en la corteza, tallo y raíces, realiza diferentes funciones como la fotosíntesis, el almacenamiento de sustancias de reserva, la elaboración de sustancias orgánicas y la regeneración de tejidos (Megías *et al.*, 2020).

g. Médula

Está formado por tejido parenquimático, cuya función es la de almacenar alimentos (Rueda, 2015), puede ser de sección circular, poligonal o estrellada. Generalmente, es de pequeña dimensión y se desecha en los procesos de elaboración de la madera (García, 2003)

h. Cambium vascular

Es un meristemo lateral que se encuentra situado entre el xilema y floema, es el responsable del crecimiento secundario en grosor de los tallos, ramas y raíces (Zepeda, 2017), formado por cambium fascicular y el cambium interfascicular (López S., 2015).

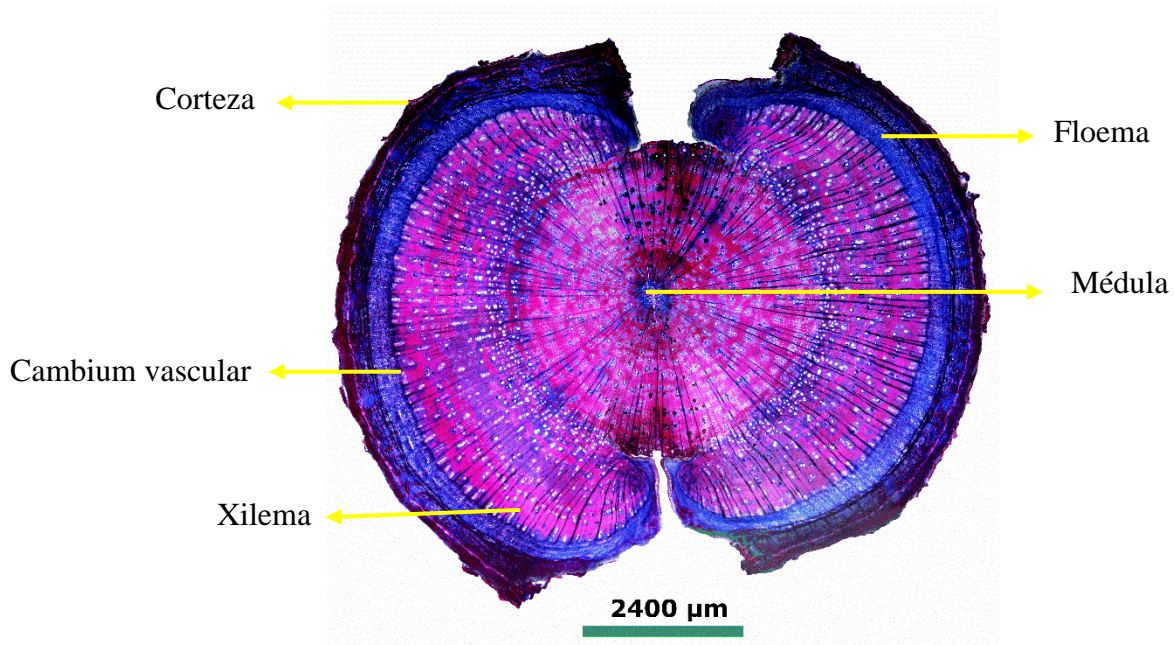


Figura 1. Estructura anatómica de la madera en un corte transversal de *Acacia macracantha* Wild.

4.4.2. Estructura química de la madera

La madera se compone de un 50 % de carbono (C), un 42 % de oxígeno (O), un 6 % de hidrógeno (H) y el 2 % de resto de nitrógeno (N) y otros elementos (Paz, 2008).

a. Celulosa

La celulosa es un homopolisacárido compuesto, es rígido e insoluble a agua, contiene cientos o miles unidades de glucosa (Cruz, 2014), forma parte de los tejidos de sostén, se forma por la unión de moléculas de β -glucosa tiene una estructura lineal o fibrosa originando fibras compactas que constituyen la pared celular de las células vegetales (Paz, 2008).

b. Lignina

La lignina es un polímero tridimensional abundante en las plantas, se forma mediante la reacción de fotosíntesis y su función estructural es la aglomeración de las fibras de celulosa proporcionando rigidez a los tejidos vegetales (Chávez-Sifontes y Domine, 2013), funciona como mecanismo de defensa cuya biosíntesis y deposición aumentan cuando las plantas son sometidas a un tipo de estrés biótico o abiótico (Figura 2) (Zavaleta-Mejía y Lagunes-Fortíz, 2015).

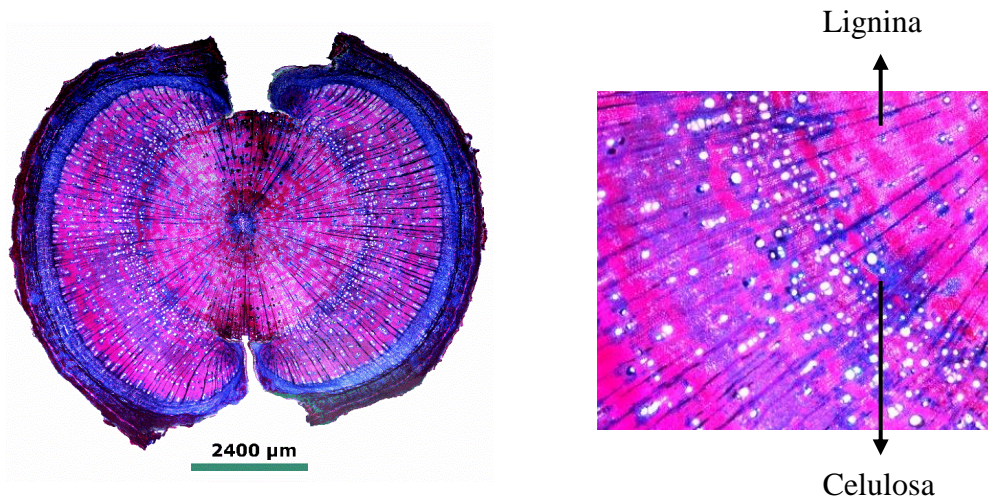


Figura 2. La lignina y celulosa como componentes químicos de la madera.

Nota: Los tejidos con mayor lignificación están teñidos de color rojo, mientras que los tejidos con más parénquima o celulosa están teñidos con color azul.

4.5. Anillos de crecimiento

Los anillos de crecimiento son cambios notables a manera de circunferencias en la estructura celular de la madera, producto de un periodo de estrés que sufrió el árbol, y pueden ser vistos a simple vista. Se pueden presentar como cambios de coloración, o bandas de células (Pucha, 2023) inducidas por periodos estacionales con condiciones favorables o desfavorables durante su crecimiento (Jiménez, 2011). Se forman en el cambium vascular cuando hay estados de mayor actividad y estados de latencia, lo cual da origen a diferencias estructurales en las células de la madera lo cual define los anillos de crecimiento (Figura 3) (Melandri *et al.*, 2008).

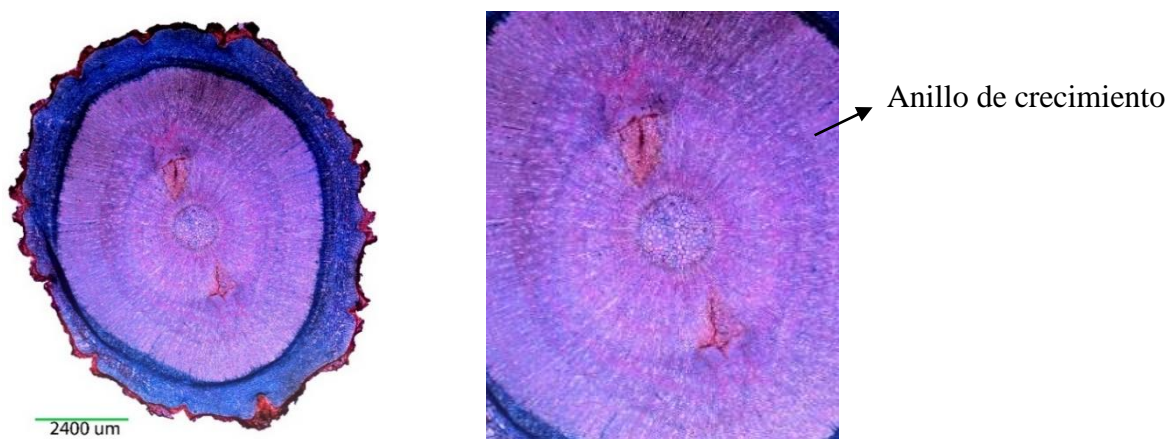


Figura 3. Anillo de crecimiento en *Cinchona officinalis* L.

4.5.1. Factores que influyen en la formación de anillos de crecimiento

Los árboles se encuentran expuestos a diversos factores endógenos y exógenos que modifican el cambium vascular, produciendo cambios en los anillos de crecimiento, dentro de estos factores tenemos los siguientes:

a. Ambientales

Los factores ambientales influyen en las características anatómicas de los anillos de crecimiento, afectan el proceso, diferenciación celular, expansión celular y crecimiento de las paredes celulares y la formación de elementos secundarios. La temperatura y precipitación son los factores con mayor influencia en la modificación de las características anatómicas, como el ancho de los anillos y tamaño de los vasos, presentando en época seca anillos estrechos y disminución en el tamaño de los vasos (Chávez, 2014).

b. Características del leño

Las características que determinan variaciones en la formación de anillos de crecimiento son la proporción entre el leño inicial y tardío y las dimensiones transversales de la madera, las variaciones se rigen por factores como la edad y la proporción del leño tardío que decrece con la altura, por lo cual la altura no puede ser determinado debido a que es variable y difícil de medir (Chávez, 2014).

c. Anomalías

En la formación de anillos de crecimiento, la altura a la que se toma la muestra determina la formación de anillos debido a que el espesor de cada anillo no es uniforme ni en la circunferencia ni a lo largo de cualquier línea del tallo; y, por consiguiente, el ancho relativo de los anillos en cualquier lugar en que se tome la muestra variará ligeramente (Chávez, 2014).

La formación de falsos anillos de crecimiento es otra complicación que se da, debido a la genética de las plantas, ocurrencias climáticas como una sequedad y a las variaciones climáticas (Chávez, 2014).

d. Composición genética

El crecimiento longitudinal y secundario, así como la forma del árbol, están determinados por su composición genética, por lo cual diversos factores genéticos modifican los anillos, ya que un árbol siempre mantiene las características distintivas propias de su especie (Chávez, 2014).

4.6. Fertilización en especies forestales

La fertilización mejora la supervivencia y progreso a de la planta, pues contiene diferentes compuestos y sustancias que estimulan el desarrollo de sus raíces, mejora el uso del agua con la captación de nutrientes, garantizando una ocupación adecuada del suelo (León S. *et al.*, 2016), esta práctica mejora las características morfológicas y fisiológicas de las plantas, lo cual permite un mejor desempeño de las plantas en campo (Basave *et al.*, 2020).

Los fertilizantes son sustancias naturales, químicas y orgánicas asimilables por los vegetales, que le brindan al suelo o sustrato diversos macro y micronutrientes, con la finalidad de mantener, mejorar y enriquecer las características del mismo (Guzmán, 2018), favoreciendo el crecimiento y desarrollo de las plantas (Arévalo y Castellano, 2009).

Los fertilizantes se clasifican según su origen en minerales, los cuales provienen de productos inorgánicos mediante síntesis química y de origen natural provenientes de la descomposición de restos de animales y vegetales (Agrón, 2015) ; así mismo se clasifican de acuerdo a la cantidad de nutrientes que poseen en simples, que son aquellos que contienen un solo nutriente sea este nitrógeno, fósforo o potasio y en compuestos aquellos que poseen más de dos nutrientes (Arévalo y Castellano, 2009).

4.7. Descripción de especies forestales

4.7.1. *Acacia macracantha* Wild.

4.7.1.1. Descripción taxonómica.

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Género: *Acacia*

Especie: *macracantha*

Nombre común: “Faique”



Figura 4. Árbol de *Acacia macracantha* Wild.

4.7.1.2. Descripción botánica.

Árbol con altura entre 6-10 m de altura y 20 cm de DAP, fuste recto y ramificado con presencia de espinas en las ramas, hojas compuestas, alternas, bipinnadas, flores amarillas con estambres coloreados en forma de capítulos densos, fruto una vaina aplanada, semillas café oscuro, al ser una especie pionera se desarrolla en áreas degradadas y en suelos laderosos y pobres (Aguirre, 2016).

4.7.1.3. Distribución y ecología

Es una especie que crece a una altitud de 0 – 2000 m s.n.m, de amplia distribución a lo largo de la franja costera y valle interandino de Perú y Ecuador, en nuestro país se distribuye en las provincias de Loja, Azuay, Chimborazo, Cotopaxi, Pichincha, Imbabura, Esmeraldas, Galápagos, El Oro, Guayas y Manabí (Jorgensen y León-Yáñez 1999).

4.7.1.4. Usos y estado de conservación

Sus hojas, flores y frutos se utilizan de alimento para el ganado caprino y bovino, sirve como combustible para producir leña y carbón, la madera es de fácil trabajabilidad se la utiliza para fabricar parquet, esta especie también es muy utilizada para la regeneración de áreas degradadas y es una especie excelente para sistemas agroforestales (Segura, 2017). Según UICN (2018) *Acacia macracantha* Wild. se encuentra en la categoría de menor preocupación.

4.7.2. *Cinchona officinalis* L.

4.7.2.1. Descripción taxonómica

Orden: Gentianales

Familia: Rubiácea

Género: *Cinchona*

Especie: *Officinalis*

Nombre común: Cascarilla, quinina



Figura 5. Árbol de *Cinchona officinalis* L.

4.7.2.2. Descripción botánica.

Árbol que alcanza una altura de 16 m con hojas coriáceas simples y opuestas, las flores son pequeñas de color rosadas o púrpuras, presentan inflorescencias terminales, los frutos son cápsulas y las semillas pequeñas (Eras *et al.*, 2019).

4.7.2.3. Distribución y ecología

Cinchona officinalis L., es una especie que se distribuye y desarrolla en la zona tropical y ecuatorial de la cordillera de los Andes, se encuentra en altitudes entre 700 - 2900 m. s.n.m (Garmendia, 2005). Estos árboles forman grupos esparcidos en el bosque llamados manchas, no constituyen bosques por sí mismos (Campos *et al.*, 2014). En Ecuador se encuentran más de la mitad de todas las especies del género *Cinchona sp.*, principalmente en provincias como Bolívar, Chimborazo, Cañar, Azuay, Morona, Zamora y Loja (Garmendia, 1999).

4.7.2.4. Uso y estado de conservación

Cinchona officinalis L., es utilizada para la extracción de quinina por laboratorios y farmacéuticos, también se usa para la producción de cocteles y agua tónica, su madera es utilizada para construcción de viviendas y cercos de linderos, en el ámbito medicinal se usa para eliminación de toxinas, indigestión, neumonías y desordenes del ritmo cardiaco (Galeano y Galeano, 2009).

5. Metodología

5.1. Área de estudio

Esta investigación se realizó en dos escenarios de la Universidad Nacional de Loja (Figura 6). La primera fase para el monitoreo de datos morfológicos, se llevó a cabo en el Invernadero de Micropropagación Vegetal y del proyecto 21-DIFARNR-2019 de la carrera de Ingeniería Forestal, y la segunda fase de análisis de formación de anillos de crecimiento se realizó en el Laboratorio de Anatomía de Maderas Tropicales.

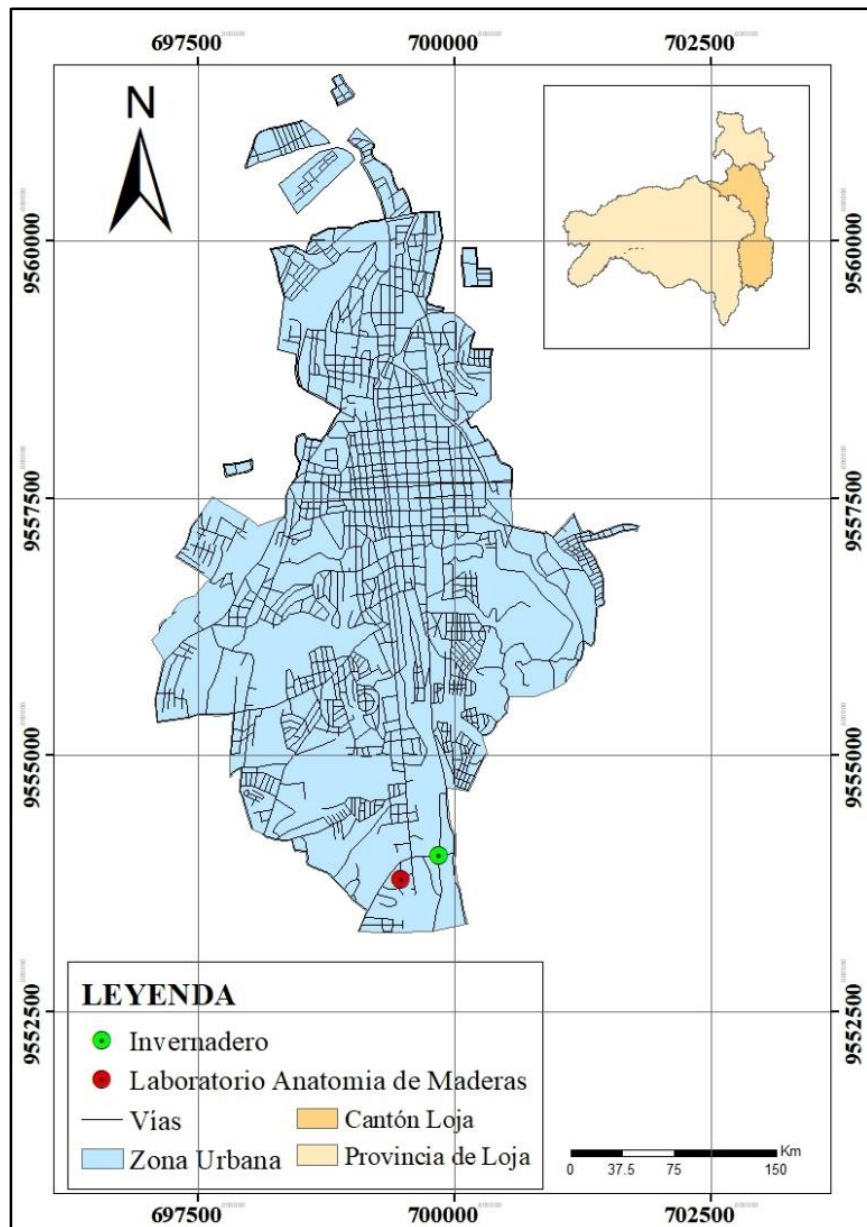


Figura 6. Mapa de ubicación del invernadero y laboratorio de la UNL.

5.2. Recopilación de información

Para dar cumplimiento a los objetivos planteados, se recopiló información basada en el proyecto 21-DIFARNR-2019: “Impacto de las variaciones climáticas en la fijación de carbono en ecosistemas forestales al sur de Ecuador”, cuyos datos morfológicos obtenidos correspondieron a investigaciones realizadas por Feijoó (2020) en los primeros seis meses de monitoreo (abril-octubre 2019) y González (2021) en los diez meses siguientes (noviembre 2019-octubre 2020), a partir de esta información se continuó con el monitoreo y evaluación de las variables dasométricas y ecológicas de *Acacia macracantha* Wild. y *Cinchona officinalis* L. en el periodo (octubre 2020-junio 2021).

5.2.1. Procedencia de las plantas

Las plantas de *Acacia macracantha* Wild. fueron donadas por el vivero forestal de la carrera de Ingeniería Forestal de la Universidad Nacional de Loja y las plántulas de *Cinchona officinalis* L. las proporcionó el Laboratorio de Micropropagación Vegetal, las cuales fueron propagadas por semilla y sometidas bajo condiciones de invernadero.

5.2.2. Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques sistemáticos con 100 individuos por especie, repartidas en cinco tratamientos, incluido el testigo (Figura 7), los individuos fueron sometidos al inicio del proyecto a dos incisiones opuestas en sentido tangencial al tallo, con la finalidad de evaluar y analizar el proceso de cicatrización y formación de nuevo tejido bajo condiciones de estrés hídrico.

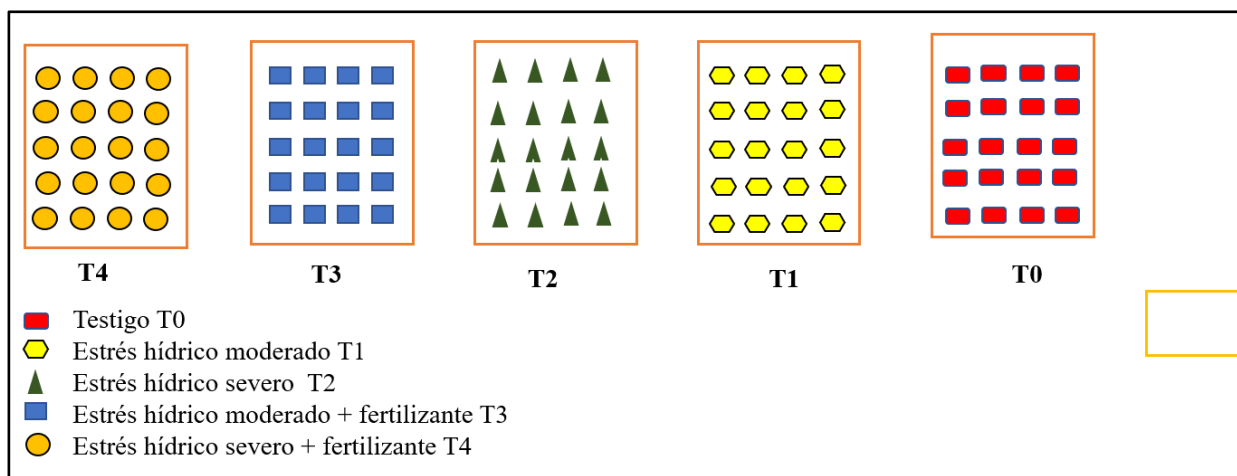


Figura 7. Esquema del invernadero y la organización de los cuatro tratamientos y testigo.

5.2.3. Periodo de riego

Los periodos de riego y de estrés hídrico a los que fueron sometidos los individuos variaron debido a condiciones externas e internas, como lo fueron el inicio de la pandemia por COVID-19 y el cambio de invernadero. Durante el primer año de monitoreo las condiciones de temperatura del invernadero del laboratorio de micropropagación vegetal según Pucha *et al.*, (2020) fue de 19,5 °C (mín.: 14,8 °C; máx.: 23,1 °C), con una humedad relativa diaria promedio de 73,3 % (mín.: 63,4 %; máx.: 91,8 %); mientras que en el nuevo invernadero del proyecto 21-DI-FARNR-2019 a partir de la Etapa 3 (31/10/2020 – 28/06/2021) la temperatura promedio fue de 32,4 °C (mín.: 21,5 °C; máx.: 43,4 °C), y una humedad relativa de 46,33 % (mín.: 33 %; máx.: 61%), debido a esto se realizó modificaciones tanto en el riego así como en la determinación de los periodos de sequía, con la finalidad de brindar las condiciones óptimas que permitan el seguimiento y evaluación controlada del estrés hídrico.

De acuerdo a las condiciones del invernadero y a la capacidad de resistencia de las plantas de *Cinchona officinalis* L. y *Acacia macracantha* Wild. se aplicó los siguientes niveles de riego y periodos de sequías para los tratamientos (Tabla 3) (T0, T1, T2, T3 y T4).

5.2.4. Descripción de los tratamientos

Se aplicó la dosis de riego según la metodología utilizada en el estudio de Feijoó (2020), en la cual al Testigo se le aplicó riego de 200 ml con el cual el sustrato mantuvo humedad constante del 100 %, mientras que a los tratamientos con estrés hídrico moderado T1 y T3 se le aplicó un riego intermedio de 50 ml durante el periodo de estrés hídrico, y por ultimo a los tratamientos con estrés hídrico severo T2 y T4 no se le aplicó riego durante el periodo de estrés hídrico con la finalidad de tener conocimientos acerca de la formación de anillos de crecimiento.

5.2.4.1. Tratamiento testigo (T0= riego constante, n= 20 individuos).

En este tratamiento los individuos fueron sometidos a riego continuo (200 ml/semanal), y el sustrato (mezcla de tierra, arena y humus “Marca Nutrisano” en una proporción de 3:1:1) de las plantas se mantuvo con una humedad constante del 100 %. Sin embargo, en la Etapa 2 (30/10/2019 - 07/07/2020) por motivos de la pandemia COVID-19 no se pudo dar cumplimiento al riego continuo; en consecuencia, se aumentó la cantidad de riego (250 ml/semanal). Finalmente, en la Etapa 3 (31/10/2020 – 28/06/2021) por motivo de cambio de invernadero se aumentó los niveles de riego (500-1000 ml/semanal), en el cual se presentaron altos niveles de temperatura (43 ° C) en comparación con la primera etapa (23 ° C) (Tabla 1).

Tabla 1.

Distribución de los niveles de riego para el testigo.

<i>Acacia macracantha</i> Wild. y <i>Cinchona officinalis</i> L.	
Fase 1: 03-04-2019 hasta 26-06-2020	
Riego 200 ml (2 riegos 100 ml/semana)	
Fase 2: Cambio de invernadero (03-07 hasta 10-07-2020)	
Riego 500 ml/semana	
Fase 3: Adaptación al nuevo invernadero (15-07 hasta 05-08-2020)	
Riego 1000 ml/semana	
Fase 4: 12-08-2020 hasta 28-06-2021	
Riego 750 ml/semana	

5.2.4.2. Tratamiento uno (T1= riego + estrés hídrico moderado, n= 20 individuos).

Las plantas fueron sometidas a periodos de estrés hídrico moderado, debido a que en el periodo de sequía se realizó riego intermedio. Sin embargo, al inicio de la pandemia y cambio de invernadero los periodos de riego y sequía variaron en cuatro ocasiones, a continuación (Tabla 2) (Figura 8), se detalla las distintas fases:

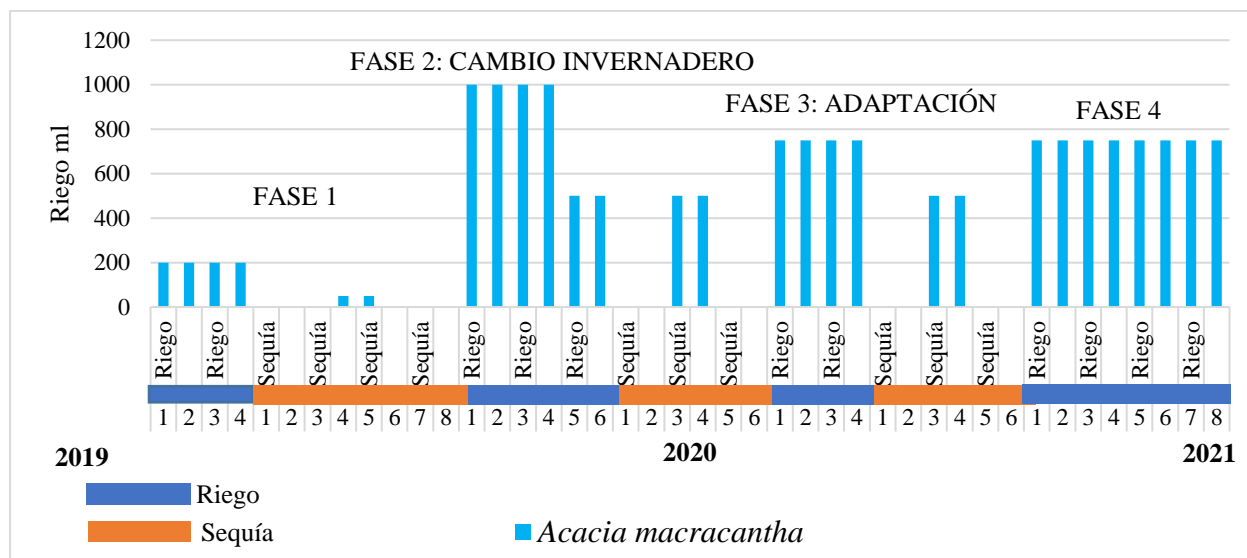
Tabla 2.

Periodos de riego y sequía por cada fase para el **Tratamiento 01**

	<i>Acacia macracantha</i> Wild	<i>Cinchona officinalis</i> L.
Periodo	Fase 1: 03/04/2019 – 10/07/2019	03/04/2019 – 12/06/2019
1	03/04/2019 – 26-06-2019 4 semanas de riego de 200 ml 8 semanas de sequía con riego intermedio de 50 ml en la 4 y 5 semana	03/04/2019 – 05-06-2019 4 semanas de riego de 200 ml 5 semanas de sequía con riego intermedio de 50 ml en la 3 semana
2	03/07/2019 – 25-09-2019 4 semanas de riego de 200 ml 8 semanas de sequía con riego intermedio de 50 ml en la 4 y 5 semana	12/06/2019 – 25-07-2019 4 semanas de riego de 200 ml 5 semanas de sequía con riego intermedio de 50 ml en la 3 semana
3	02/010/2019 – 03-01-2020 5 semanas de riego de 200 ml 8 semanas de sequía con riego intermedio de 50 ml en la 4 y 5 semana	07/08/2019 – 25-09-2019 4 semanas de riego de 200 ml 5 semanas de riego con riego intermedio de 50 ml en la 3 semana
4	08/01/2020 – 08/04/2020 4 semanas de riego de 200 ml 8 semanas de sequía con riego intermedio de 100 ml en la 5 semana	02/010/2019 – 04/12/2019 4 semanas de riego de 200 ml 5 semanas de riego con riego intermedio de 50 ml en la 3 semana
5	21/04/2020 – 10/07/2020 4 semanas de riego de 200 ml	11/12/2019 – 12/06/-2021 4 semanas de riego de 200 ml

	8 semanas de sequía con riego intermedio de 100 ml en la 5 semana	5 semanas de riego con riego intermedio de 50 ml en la 3 semana
	Fase 2: Cambio de invernadero	
	15/07/2020 – 30/09/2020	19/06/2020 – 22/07/2020
1	6 semanas de riego (4 semanas con 1000 ml y 2 semanas con 750 ml) 6 semanas de sequía con riego intermedio de 500 ml en la 3 y 4 semana	3 semanas de riego de 500 ml 3 semanas de sequía con riego intermedio de 500 ml
	Fase 3: Adaptación al invernadero	
	07/10/2020 – 09/12/2020	29/07/2020 – 16/09/2020
1	4 semanas de riego de 750 ml 6 semanas de sequía con riego intermedio de 500 ml en la 3 y 4 semana	5 semanas de riego de 750 ml 3 semanas de sequía con riego intermedio de 500 ml
	16/12/2020 – 10/02/2021	30/09/2020 – 09/12/2020
2	3 semanas de riego de 750 ml 6 semanas de sequía con riego intermedio de 500 ml en la 3 y 4 semana	5 semanas de riego de 500 ml 3 semanas de sequía con riego intermedio de 500 ml
	Fase 4: 17-02-2021-28-06-2021	Fase 4: 16-12-2020 28-06-2021
1	Riego de 750 ml/semana	Riego de 750 ml/semana

a. *Acacia macracantha* Wild.



b. *Cinchona officinalis* L.

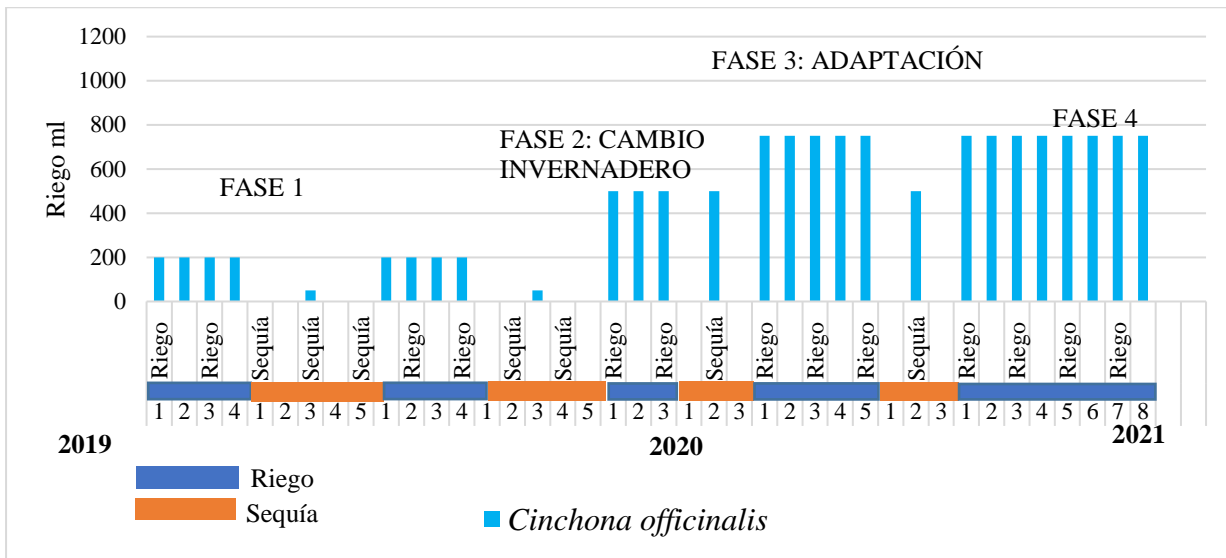


Figura 8. Fases de riego y sequía para el **Tratamiento 01** en *Acacia macracantha* Wild. y *Cinchona officinalis* L.

5.2.4.3. Tratamiento dos (T2= riego + estrés hídrico severo, n= 20 individuos).

En este tratamiento se aplicó los mismos periodos de riego del tratamiento 1 en sus distintas fases, con la diferencia que aquí se aplicó un estrés hídrico severo, es decir, que no se realizó ningún riego intermedio entre los periodos de estrés hídrico.

5.2.4.4. Tratamiento tres (T3= riego + estrés hídrico moderado + fertilizante, n= 20 individuos).

Las plantas de este tratamiento fueron inducidas al mismo estrés hídrico que el tratamiento 1, pero en este tratamiento a las plantas se les aplicó 2 g. del fertilizante **YaraMila complex** con macronutrientes (Nitrógeno, Fósforo y Potasio) y micronutrientes (Azufre, Magnesio, Boro, Hierro, Manganeso y Zinc).

5.2.4.5. Tratamiento cuatro (T4= riego + estrés hídrico severo + fertilizante, n= 20 individuos).

Las plantas de este tratamiento presentan los mismos periodos de riego y sequía que el tratamiento 2, con la diferencia que en este tratamiento también se aplicó macro y micronutrientes (fertilizante YaraMila complex).

Tabla 3.

Cronograma de riego y sequía bajo condiciones de invernadero.

Riego y sequía	<i>Acacia macracantha</i> Wild.	To (Testigo)	[Blue]																													
		T1 (Sequía moderada)	[Red]				[Blue]				[Red]				[Blue]																	
		T2 (Sequía severa)	[Red]				[Blue]				[Red]				[Blue]																	
		T3 (Seq. Mod.+fertiliz)	[Red]				[Blue]				[Red]				[Blue]																	
		T4 (Seq. sev.+fertiliz)	[Red]				[Blue]				[Red]				[Blue]																	
	<i>Cinchona officinalis</i> L.	To (Testigo)	[Blue]																													
		T1 (Sequía moderada)	[Red]				[Blue]				[Red]				[Blue]																	
		T2 (Sequía severa)	[Red]				[Blue]				[Red]				[Blue]																	
		T3 (Seq. Mod.+fertiliz)	[Red]				[Blue]				[Red]				[Blue]																	
		T4 (Seq. sev.+fertiliz)	[Red]				[Blue]				[Red]				[Blue]																	
Día		16		28		13		27		11		28	8		22		12		26		12		26		9	12	23					
Semana	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Mes	Octubre				Noviembre				Diciembre				Enero				Febre				Marzo				Abril							
Año	2020																2021															
Leyenda		[Blue] 750 ml				[Red] Sequía				[Light Blue] 500 ml																						

5.3. Evaluación de los cambios morfológicos por estrés hídrico en *Acacia macracantha* Wild y *Cinchona officinalis* L. bajo condiciones de invernadero.

5.3.1. Monitoreo y evaluación de variables morfológicas

El monitoreo de las variables dasométricas y ecológicas se realizó de manera quincenal, de todas las plantas (Tabla 4), repartidos según el diseño experimental planteado (Figura 2); que constituyen los siguientes tratamientos: Testigo T0, Sequía moderada T1, Sequía severa T2, Sequía moderada + fertilizante T3, y Sequía severa + fertilizante T4, cada uno con 20 repeticiones. La medición se realizó con base en las variables ecológicas (número de hojas nacidas, caídas y totales, mortalidad y estado fitosanitario) las cuales fueron determinadas por observación directa; y variables dasométricas (altura y diámetro) que fueron medidas con la ayuda de un flexómetro y calibrador digital respectivamente. Para la toma de datos se utilizó la matriz que se detalla a continuación:

Tabla 4.

Matriz para la medición de datos morfológicos individual por tratamiento.

Especie:		Código:							
Responsable									
Medición Nro.									
Fecha									
Observaciones									
T#. Descripción									
Individuo	Altura	Diámetro	N.º de hojas*			Mortalidad	Estado fitosanitario		
			C	N	T		Bueno	Regular	Malo
T# individuo									

* Nro. De hojas: C = caídas, N = nacidas, T = totales

Durante el monitoreo de las especies, se observó la presencia de plagas como la araña blanca que afectó el estado fitosanitario de *Acacia macracantha* Wild. por lo cual se realizó un control de plagas mediante fumigación. Se observó en *Acacia macracantha* Wild. una alta tasa de mortalidad natural aproximada del 60 % de todos los individuos, dichos individuos correspondieron a los tratamientos T2 y T4. *Cinchona officinalis* L. al ser una especie frágil a elevadas temperaturas, presentó una tasa de mortalidad alta en los tratamientos sometidos a estrés hídrico (T1, T2, T3 y T4) con un porcentaje de mortalidad aproximado de 80 %.

5.3.2. Evaluación y análisis de datos de estrés hídrico y variables morfológicas

La información de datos morfológicos, así como los periodos de riego y sequía, fueron sincronizados de acuerdo a fechas similares en que se realizaron las mediciones quincenales y las fechas en las que se aplicó condiciones de riego y sequía (semanal), con la finalidad de observar la relación entre los periodos de riego continuo y estrés hídrico con el comportamiento de las variables dasométricas y ecológicas, dicha información obtenida fue organizada en el siguiente formato (Tabla 5).

Luego se procedió a calcular el incremento corriente quincenal de variables dasométricas (diámetro y altura) aplicando a siguiente formula:

$$ICq = \text{Medición quincenal 2} - \text{medición quincenal 1}$$

Tabla 5.

Matriz para la organización de información de riego y mediciones quincenales de variables morfológicas de *Acacia macracantha* Wild. y *Cinchona officinalis* L.

Tratamiento		Tratamiento X	Especie	Especie X		Individuo	Individuo X	
		RIEGO			MEDICIÓN			
Año	Mes	Semana de riego	Fecha de riego	Riego (ml)	Fecha de medición	Semana de medición	Variable morfológica	IC

5.3.3. Representación gráfica de cambios morfológicos

Para la representación se realizó gráficos de series temporales que permitieron observar el crecimiento y desarrollo de las variables morfológicas por tratamiento y diagramas de cajas (box plots) que mostraron diferencias entre los tratamientos, para lo cual a partir de la matriz de

información de riego y mediciones quincenales se realizó una tabla resumen (Tabla 6) que nos permitió importarla al software estadístico RStudio, lo cual facilitó el análisis, agrupamiento y filtro de los datos recolectados.

Tabla 6.

Tabla resumen con información respecto a riego y medición de variables morfológicas.

Nro_semana_riego	Fecha_riego	Riego_m_m_Tx	Fecha_medición	Nro_semana_medición	Tx_0_4_Alt	Tx_0_6_Alt	Tx_0_7_Alt	Tx_0_4_Alt_ICq	Tx_0_6_Alt_ICq	Tx_0_7_Alt_ICq
------------------	-------------	--------------	----------------	---------------------	------------	------------	------------	----------------	----------------	----------------

Nota: Tx04 Alt_ICq = Ej. Tratamiento 01_individuo 04 Altura, Incremento corriente quincenal

Para los gráficos de diferencias significativas, los datos generados de las variables ecológicas y dasométricas se tabularon en el software Microsoft Office Excel, en el cual se llevó un registro detallado de cada medición durante los dos años de monitoreo. Posteriormente, se creó una tabla resumen (Tabla 7) que permitió un mejor análisis de los datos por cada variable de estudio.

Tabla 7.

Tabla resumen con información respecto a riego y medición de variables morfológicas.

Variable morfológica	Unidad	corte	Tratamiento	Código	m_1	m_2	m_3	m_4	m_x
Altura									
Diámetro									
Número de hojas									
Estado fitosanitario									
Mortalidad									

*m = medición

5.3.3.1. Gráficos de series temporales

El análisis de los datos morfológicos fue dividido en tres etapas con la finalidad de tener un mejor análisis de las variables que correspondieron a los periodos de evaluación de cada tesista, mediante la utilización de gráficos de series temporales que permitieron analizar el comportamiento de las variables morfológicas en un intervalo de tiempo de 24 meses por cada tratamiento en ambas especies, los gráficos representaron valores promedio y el desarrollo de las variables morfológicas.

Su procesamiento se realizó en el entorno estadístico RStudio para lo cual se utilizó los siguientes paquetes y funciones como “stats” (reshape), “ggplot2”, “graphics” (grid), “egg”, a través de las tablas (data frames) con información de periodos de riego y estrés hídrico y las mediciones quincenales de las variables morfológicas.

5.3.3.2. Diagrama de cajas (Boxplot)

Para visualizar las diferencias significativas entre tratamiento, se realizaron diagramas de caja. Para ello, se utilizaron los datos tabulados de la Tabla 7 en RStudio. Sin embargo, para este análisis se necesitó de datos o mediciones completas, entonces, se realizó un relleno de datos vacíos mediante métodos de correlación lineal y siguiendo la tendencia de crecimiento de cada planta con funciones ortogonales empíricas (EOFs) creadas por Taylor *et al.*, (2013) que permitieron hacer un relleno con tendencias naturales y no solo un relleno simple basado en promedios.

Para determinar las diferencias significativas entre tratamientos se aplicó el test de Kruskal-Wallis en las variables altura, diámetro y número de hojas con un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$; con un $p < 0,05$. Este test se realizó debido a que los datos de la presente investigación no cumplieron con los fundamentos principales para realizar un análisis de varianza (ANOVA) como lo son: normalidad, independencia de los datos, y homogeneidad de varianza, los cuales fueron evidentes por la existencia de valores atípicos y al pequeño tamaño muestral.

Para determinar si existen diferencias entre tratamientos, en reemplazo a la prueba t de Student se utilizó la prueba de pares de Wilcoxon aplicando la corrección de Bonferroni.

Adicionalmente, se creó un gráfico de vértices para tener una visualización más intuitiva y así observar las diferencias entre tratamientos. Así mismo, se utilizó la Prueba Wilcoxon-MannWhitney conocida también como Wilcoxon o Mann-Whitney test, en base a la cual se conectan entre sí los tratamientos que son significativamente iguales con un $p\text{-value} > 0,05$; por el contrario, los tratamientos que no se conectan son significativamente diferentes ($p\text{-value} < 0,05$).

5.4. Evaluación del impacto del estrés hídrico en la formación de anillos de *Acacia macracantha* Wild. y *Cinchona officinalis* L.

El estudio anatómico fue realizado dentro del Laboratorio de Anatomía de Maderas Tropicales, para ello se seleccionó al azar tres individuos por cada tratamiento (T0, T1, T2, T3 y T4) tomando en consideración las medidas de su diámetro, los análisis fueron realizados en base

a los protocolos establecidos por la “Guía de Cortes Anatómicos de Madera” (Feijoo, Ramón y Pucha, 2018), generada por el propio laboratorio. Este análisis permitió conocer cómo los principales factores climáticos de humedad del suelo (riego) y temperatura afectan a la formación de anillos de crecimiento de la planta.

Siguiendo la metodología se realizó un corte transversal de una sección del tallo de la planta con el fin de obtener láminas o cortes anatómicos de madera de 2 a 3 μm de ancho con la ayuda de un micrótomo GSL1/WSL (Figura 9.A). Una vez obtenidos los cortes anatómicos de madera se los colocó en un portaobjetos. A cada corte se le colocó una gota de tinte a base de una combinación de AstraBlau y Safranina (que tiñen de azul la celulosa y de rojo la lignina respectivamente), y se dejó reposar por aprox. 15 minutos para *Acacia macracantha* Wild., y 10 minutos para *Cinchona officinalis* L. (Figura 9.B). Posteriormente, con ayuda de una pipeta se lavó las muestras con agua destilada y tres diferentes concentraciones de alcohol (50 %, 75 % y 96 %), y adicionalmente, se aplicó dos gotas de diluyente. Para conservar los cortes se colocó sobre el corte 0,2 ml de Bálsamo natural (Figura 9.C.) y un cubreobjetos sobre la muestra para sellar y almacenarla.

Con ayuda del microscopio OlympusBX41TF y el Software Infinity Analyze v5 e Infinity Capture previamente configurados a los colores naturales de la muestra, se capturó varias fotografías de cada corte con el objetivo (4x), y para obtener una imagen completa de la muestra se realizó la unión de todas las fotografías en el software Image Composite Editor (Figura 9. D.).

A. Corte de muestras



B. Tinción de muestras



C. Sellado de muestras



D. Captura de imágenes



Figura 9. Proceso de corte y digitalización de muestra anatómicas de la madera.

5.5. Identificación de anillos de crecimiento

Para la identificación de anillos de crecimiento se utilizaron las imágenes generadas por el software Infinity Analyze v5 con una escala de $2400\ \mu\text{m}$, posterior a ello dichas imágenes fueron procesadas en el software Photoshop con la finalidad de dar detalles a la imagen tales como, eliminación de fondo, fijación de escala y tamaño de lienzo (Figura 10). Una vez realizado la corrección de las imágenes se realizó un análisis digital a través del software Bio-imágenes Icy (Figura 11) en el cual se identificó médula, xilema, floema, incisión y anillos de crecimiento (basado en variaciones de banda de parénquimas y bandas de fibras).

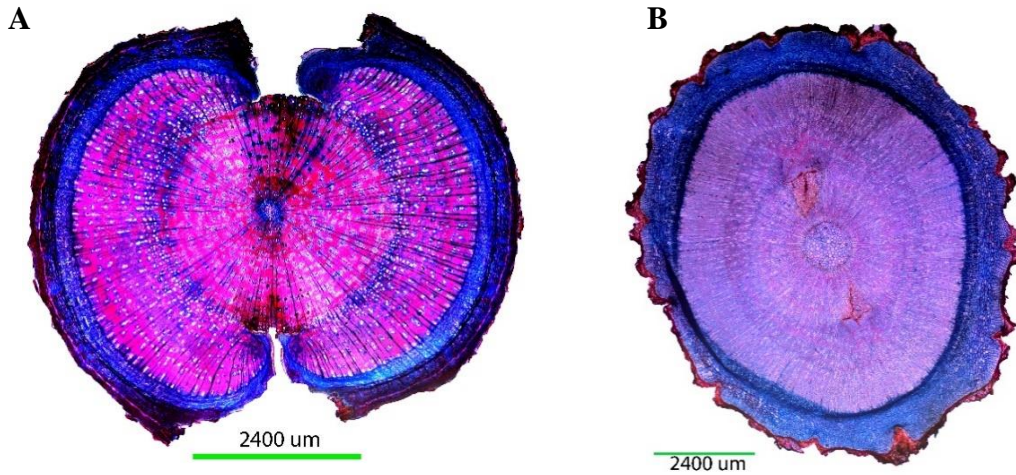


Figura 10. Imágenes procesadas para la determinación de anillos de crecimiento.

Nota. A) *Acacia macracantha* Wild, B) *Cinchona officinalis* L.

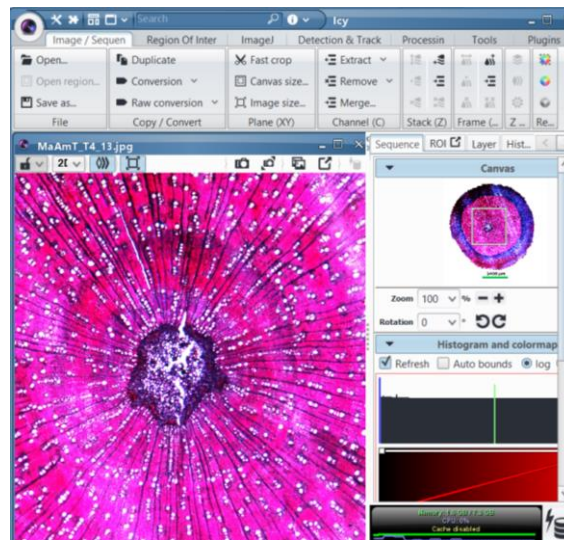


Figura 11. Software para análisis de bio-imágenes Icy.

Una vez abierta la imagen, se realizó la delimitación de xilema, floema, médula y anillos de crecimiento formado por la incisión con bisturí realizada ocho meses después de iniciar el proyecto (26/11/2019), utilizando las funciones polygon y poliline 2D, dispuestas en el apartado de *Region of Interest*, (Figura 12).

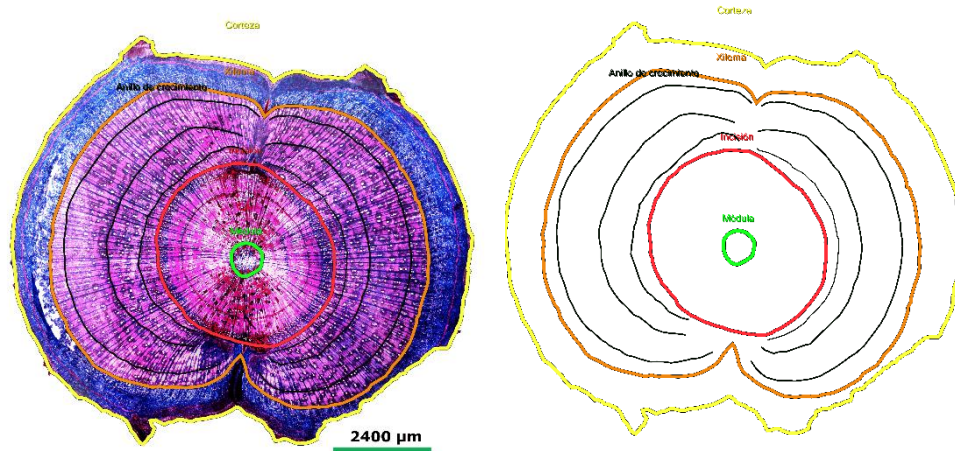


Figura 12. Delimitación de estructuras anatómicas.

Finalmente, en el entorno estadístico RStudio se realizó una representación gráfica del incremento corriente quincenal (ICq) de la variable diámetro de todos los tratamientos (Figura 13), con la finalidad de comparar el desarrollo de diámetro con los puntos de estrés hídrico (formación de anillos verdaderos o falsos que se encuentran entre el xilema y anillo formado por incisión) que presentan las plantas de forma anatómica (Figura 14).

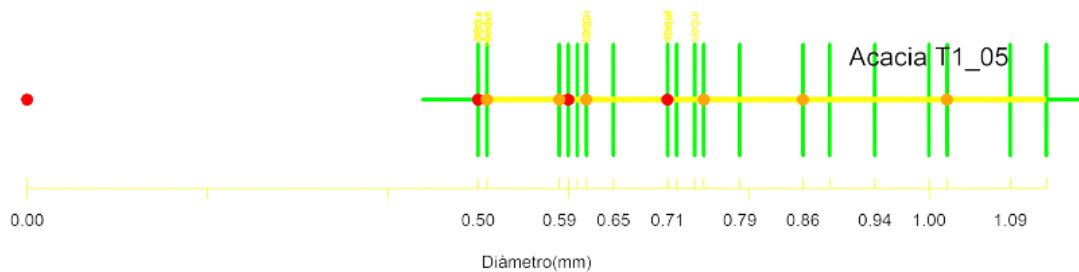


Figura 13. Incremento corriente quincenal de diámetro.

Nota. Las líneas verticales verdes muestran el valor del incremento diamétrico por cada medición quincenal. Los puntos rojos indican eventos importantes desde que se inició el experimento, los puntos naranjas indican los periodos de sequía. El tercer punto rojo izquierdo es cuando se hizo la incisión, y los demás puntos indican las fases del cambio de riego, cuyos valores se muestran en letras amarillas.

Con las imágenes delimitadas anatómicamente y el incremento corriente quincenal del diámetro de las plantas, se procedió a realizar la relación entre la formación de los anillos con los periodos de estrés hídrico en el software Photoshop.

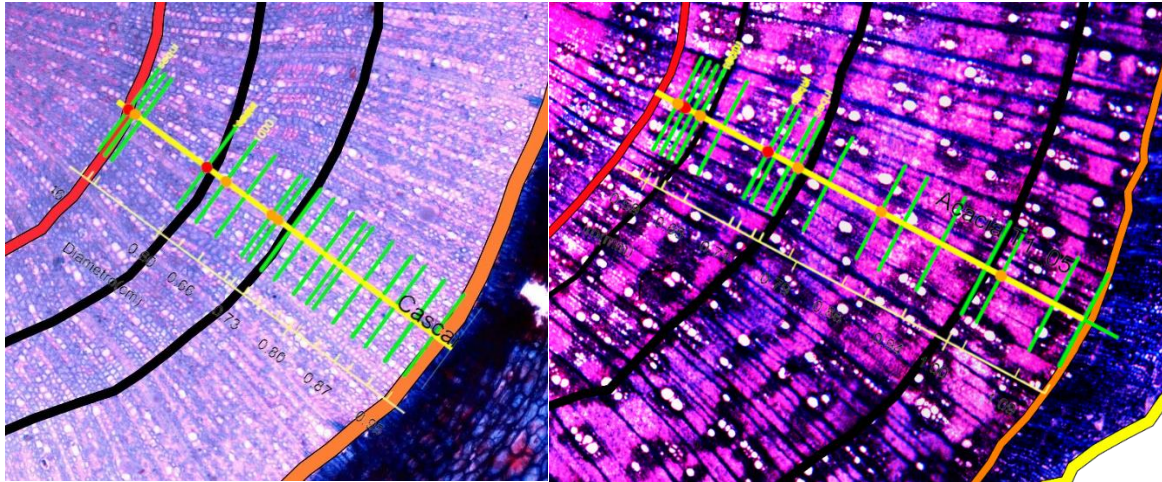


Figura 14. Relación entre incremento corriente quincenal de diámetro y la formación de anillos de crecimiento.

6. Resultados

6.1. Cambios morfológicos en *Acacia macracantha* Wild y *Cinchona officinalis* L.

6.1.1. Cambios morfológicos temporales en *Acacia macracantha* Wild.

Durante los 24 meses de monitoreo de *Acacia macracantha* Wild. se observó un crecimiento significativo en el diámetro y la altura de las plantas testigo (T0), con relación a las plantas con estrés hídrico severo (T3-T4) (Figura 15).

Todas las plantas iniciaron con una altura promedio de 26,11 cm. Al finalizar el monitoreo, el Testigo (T0) alcanzó una altura máxima promedio de 174,92 cm, mientras que los tratamientos T3-T4 alcanzaron una altura de 108,3 cm y 112,7 cm respectivamente. Por lo tanto, el testigo tuvo un crecimiento neto de 61,9 % en relación con los tratamientos con estrés hídrico.

Con respecto al diámetro, las plantas iniciaron con un promedio de 0,41 cm, alcanzando un diámetro máximo promedio de 1,84 cm en el tratamiento testigo (T0), mientras que en los tratamientos T3-T4 el diámetro alcanzó un promedio de 0,84 cm. Por lo tanto, el testigo tuvo un crecimiento neto de 54,35 % en comparación con los tratamientos de estrés hídrico severo.

En cuanto al número de hojas las plantas iniciaron con un promedio de 17 hojas, en el tratamiento T0, al final del monitoreo alcanzaron un promedio de 296 hojas mientras que el tratamiento T4 alcanzó un promedio de 59 hojas. Por lo tanto, el testigo mostró un crecimiento neto de 80 %, en comparación con los tratamientos de estrés hídrico moderado y severo (T1-T4).

Respecto al estado fitosanitario, las plantas del testigo (T0) que se mantuvieron en riego constante mostraron un estado fitosanitario bueno en comparación a los individuos de los tratamientos T2 y T4 que presentaron un estado fitosanitario entre malo y regular durante los periodos de estrés hídrico.

Por otro lado, los resultados de los individuos utilizados únicamente para el análisis anatómico (n = 3 por tratamiento) (Figura 16), alcanzaron un promedio en altura de 197,62 cm en el testigo (T0), mientras que los tratamientos T3 y T4 alcanzaron una altura de 122,3 cm y 100 cm. En el diámetro el testigo obtuvo un promedio de 1,9 cm, y los tratamientos T3 y T4 un promedio de 0,84 cm. En número de hojas el testigo alcanzó un promedio de 300 hojas por planta, mientras que los tratamientos T3 y T4 tuvieron un promedio de 150 y 110 hojas por planta. Finalmente, las plantas con riego constante (T0) mantuvieron un estado fitosanitario bueno a diferencia de los tratamientos con estrés hídrico que presentaron un estado fitosanitario entre regular y malo (T1-T4).

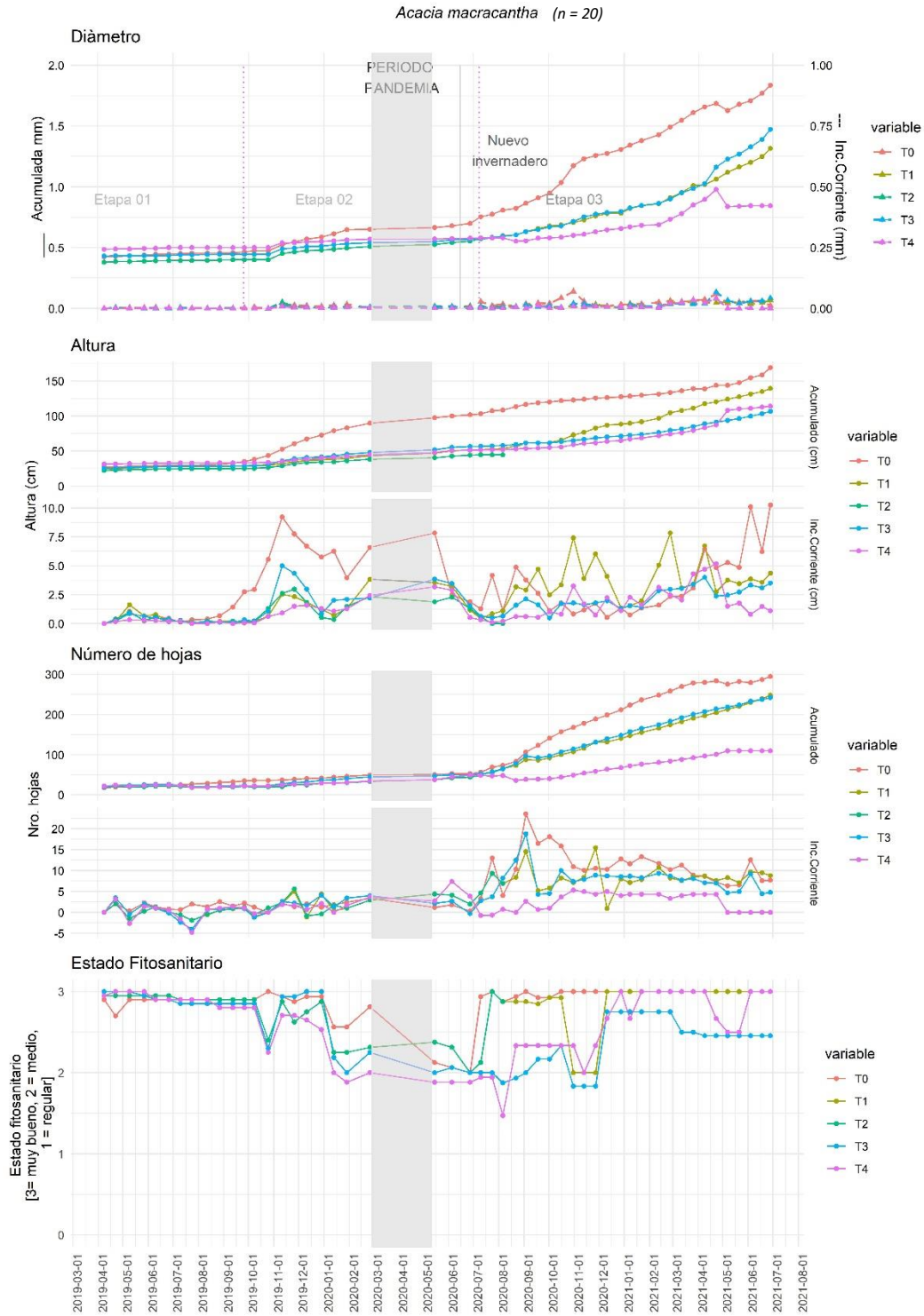


Figura 15. Desarrollo quincenal promedio (n = 20) de las variables morfológicas entre tratamientos de *Acacia macracantha* Wild. durante 24 meses.

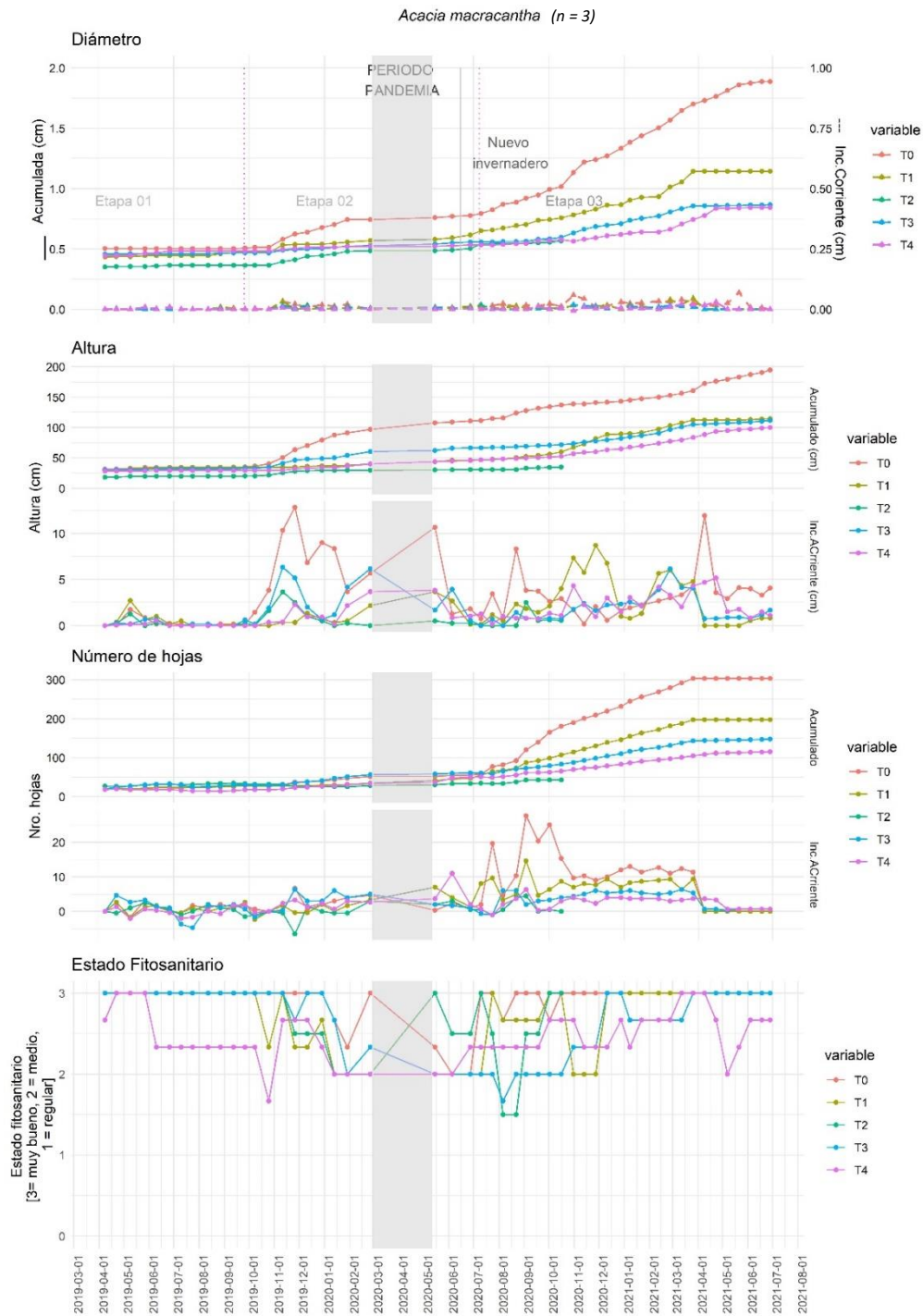


Figura 16. Desarrollo quincenal promedio (n = 3) de las variables morfológicas entre tratamientos de *Acacia macracantha* Wild. durante 24 meses de los individuos que fueron utilizados para cortes anatómicos.

Nota. Desarrollo temporal promedio de las variables morfológicas y ecológicas (altura, diámetro, número de hojas, estado fitosanitario) de *Acacia macracantha* Wild. durante 24 meses de monitoreo. Nótese que, en la parte baja de cada sección del diámetro, altura y número de hojas se muestra el incremento acumulado en las series temporales superiores, y el incremento corriente en las series temporales inferiores. Los individuos concernientes a cada tratamiento están diferenciados por diferentes colores. El estado

fitosanitario está representado por medio de una escala diferenciada por colores: 3 = bueno, 2 = regular, 1 = malo

Testigo (T0)

De acuerdo al gráfico de curvas temporales de *Acacia macracantha* Wild. se observó que, en el Testigo (T0= Riego constante, Figura 15 y Anexo 7.A), las plantas presentaron un crecimiento estable en el diámetro, altura y número de hojas durante la Etapa 01 (08/04/2019 – 30/10/2019). A partir de la Etapa 02 (30/10/2019 - 07/07/2020) se observó un crecimiento leve. Sin embargo, a inicios de la Etapa 03 (31/10/2020 – 28/06/2021) en la que se realizó el cambio de invernadero, donde hubo un incremento de temperatura y por consiguiente se aumentó la cantidad de riego, el diámetro presentó un alto incremento llegando a un promedio de 1,9 cm, y un promedio en altura de 175 cm. Respecto al número de hojas se observó un crecimiento exponencial de 300 hojas, el cual estuvo en relación con una mayor cantidad en los niveles de riego y temperatura. Finalmente, las plantas de este tratamiento presentaron un estado fitosanitario bueno durante todas las etapas de estudio.

Tratamiento 1 (T1)

Las plantas del tratamiento uno (T1= Riego + estrés hídrico moderado, Figura 15 y Anexo 7.B) presentaron un crecimiento estable en altura, diámetro y número de hojas durante la Etapa 01 (08/04/2019 – 30/10/2019) y Etapa 02 (30/10/2019 - 07/07/2020). A inicios de la Etapa 03 (31/10/2020 – 28/06/2021) el diámetro, altura y número de hojas presentaron un alto crecimiento con un promedio máximo en diámetro de 1,3 cm, en altura de 130 cm y en número de hojas 200 hojas. Finalmente, las plantas de este tratamiento presentaron un estado fitosanitario entre regular y malo en los periodos de sequía.

Tratamiento 2 (T2)

Las plantas del tratamiento dos (T2= Riego + estrés hídrico severo, Figura 15 y Anexo 7.C) presentaron un crecimiento estable durante la Etapa 01 (08/04/2019 – 30/10/2019) y Etapa 02 (30/10/2019 - 07/07/2020). A partir de la Etapa 03 (31/10/2020 – 28/06/2021) se observó un crecimiento leve en diámetro, altura y número de hojas, con un promedio máximo de 0,56 cm en diámetro, 45 cm en altura y 50 hojas. Finalmente, las plantas mantuvieron un estado fitosanitario malo durante los periodos de sequía.

Tratamiento 3 (T3)

Las plantas del tratamiento tres (T3; Riego + estrés hídrico moderado + fertilizante, Figura 15 y Anexo 7.D) presentaron un crecimiento estable en la Etapa 01 (08/04/2019 – 30/10/2019) y Etapa 02 (30/10/2019 - 07/07/2020), A inicios de la Etapa 03 (31/10/2020 – 28/06/2021) se observó un alto crecimiento en diámetro, altura y número de hojas con un promedio máximo de 1,5 cm en diámetro, 100 cm en altura y 250 hojas. Finalmente, el estado fitosanitario presentó un estado entre regular y malo a partir de la Etapa 02.

Tratamiento 4 (T4)

Las plantas del tratamiento cuatro (T4; Riego + estrés hídrico severo + fertilizante, Figura 15 y Anexo 7.E) mantuvieron un crecimiento estable durante la Etapa 01 (08/04/2019 – 30/10/2019) y Etapa 02 (30/10/2019 - 07/07/2020). A partir de la Etapa 03 (31/10/2020 – 28/06/2021) el diámetro, altura y número de hojas presentaron un alto crecimiento, alcanzando un promedio máximo en diámetro de 0,80 cm, en altura 112 cm y en número de hojas de 102 hojas. Finalmente, el estado fitosanitario mantuvo un estado entre regular y malo durante los periodos de sequía.

6.1.2. Diferencias significativas entre tratamientos de *Acacia macracantha* Wild.

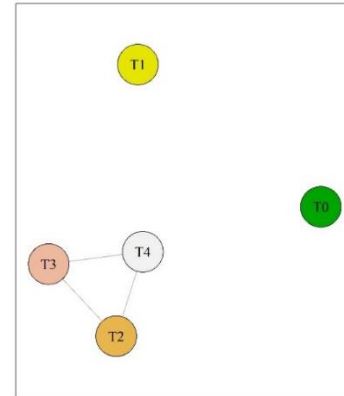
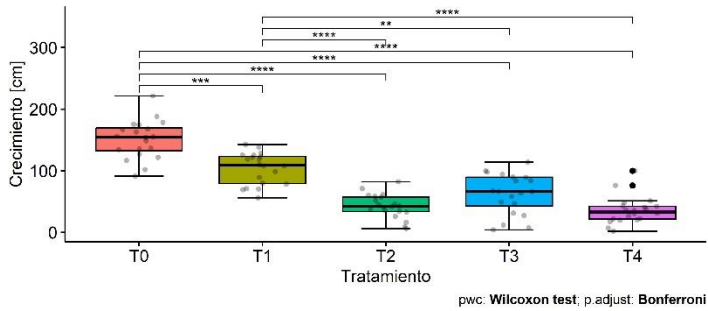
De acuerdo con los diagramas de caja obtenidos con la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis, con un nivel de confiabilidad del 95% ($\alpha = 0,05$) se observó diferencias significativas en altura y diámetro entre el tratamiento testigo (T0) y los tratamientos sometidos a estrés hídrico (T1, T2, T3, T4), con respecto al número de hojas se observó diferencias únicamente con los tratamientos sometidos a estrés hídrico severo (T2-T4) (Figura 17 y Anexo 8).

Estado fitosanitario y mortalidad

Las plantas de *Acacia macracantha* Wild. con riego constante (T0) tuvieron un estado fitosanitario bueno en un 58,5 %, y una mortalidad de 15,4 % (Figura 17.D). Hay que recalcar que en la etapa 3 por el cambio de invernadero las temperaturas alcanzaron 41° C, de 23,1°C que tuvieron en la etapa 2. Por otro lado, todos los tratamientos de estrés hídrico (T1-T4) tuvieron una mortalidad alta del 48% al 63%, y las plantas con un estado Bueno sólo estuvieron del 18% al 22% (Figura 17.D).

A) ALTURA

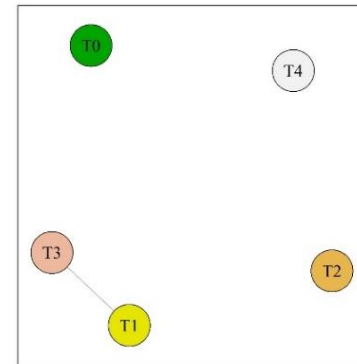
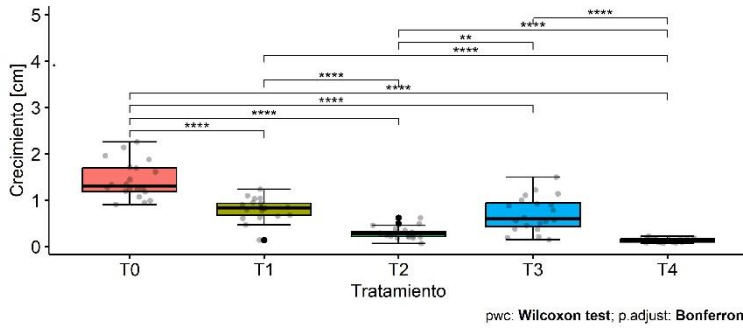
Kruskal-Wallis, $\chi^2(4) = 69.59, p = <0.0001, n = 100$



Los tratamientos conectados no son significativamente diferentes (Wilcoxon o Mann-Whitney test)

B) Diametro

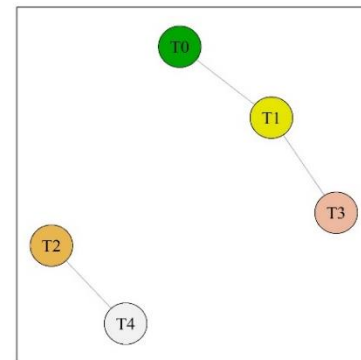
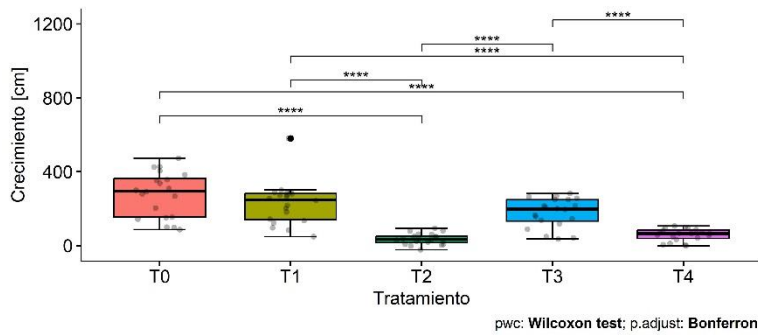
Kruskal-Wallis, $\chi^2(4) = 78.2, p = <0.0001, n = 100$



Los tratamientos conectados no son significativamente diferentes (Wilcoxon o Mann-Whitney test)

C) Nro_hojas

Kruskal-Wallis, $\chi^2(4) = 65.24, p = <0.0001, n = 100$



Los tratamientos conectados no son significativamente diferentes (Wilcoxon o Mann-Whitney test)

D)

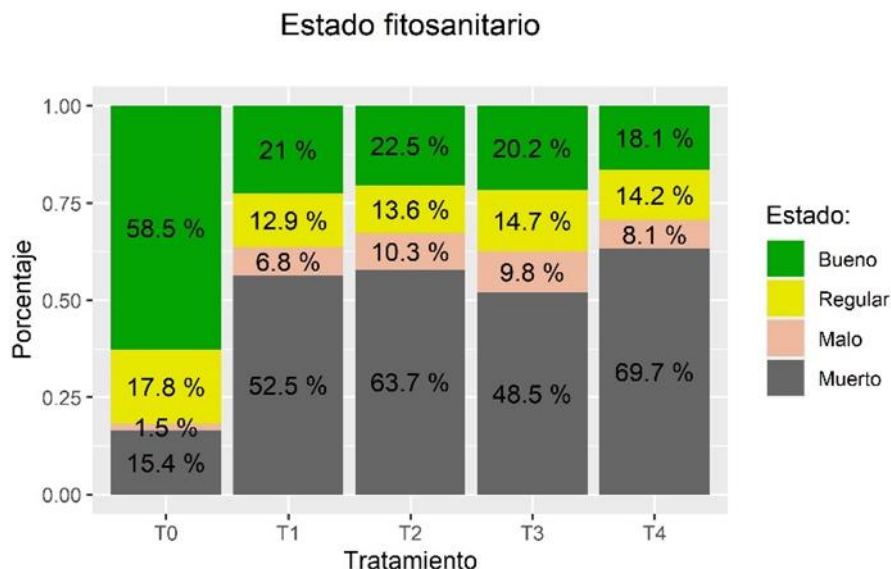


Figura 17. Diferencias significativas de las variables morfológicas entre tratamientos de *Acacia macracantha* Wild. durante 24 meses de monitoreo, representados en diagramas de caja (Boxplot) y gráficos de vértices.

Nota. Para la altura, diámetro y número de hojas se aplicó el test no paramétrico de Kruskal – Wallis y el test pareado de Wilcoxon con corrección de Bonferroni para determinar la existencia de diferencias significativas entre tratamientos. El gráfico de vértices muestra que los tratamientos que están conectados no son significativamente diferentes. a) Altura, b) Diámetro, c) Número de hojas y d) Estado fitosanitario.

6.1.3. Cambios morfológicos temporales en *Cinchona officinalis* L.

Durante los 24 meses de monitoreo de *Cinchona officinalis* L. se observó un crecimiento significativo en el diámetro y la altura de las plantas testigo (T0), con relación a las plantas con estrés hídrico moderado y severo (T1-T4) (Figura 18).

Todas las plantas iniciaron con una altura promedio de 26,96 cm. Al finalizar el monitoreo, el Testigo (T0) alcanzó una altura máxima promedio de 83,3 cm, mientras que los tratamientos T2-T4 alcanzaron una altura de 50,2 cm y 60,1 cm respectivamente. Por lo tanto, el testigo tuvo un crecimiento neto de 40 % en relación con los tratamientos con estrés hídrico.

Con respecto al diámetro, las plantas iniciaron con un promedio de 0,30 cm, alcanzando un diámetro máximo promedio de 1,3 cm en el tratamiento testigo (T0), mientras que en los tratamientos T1-T4 el diámetro alcanzó un promedio de 1 cm y 0,60 cm respectivamente. Por lo tanto, el testigo tuvo un crecimiento neto de 20 % en comparación con los tratamientos de estrés hídrico moderado y severo.

En cuanto al número de hojas las plantas iniciaron con un promedio de 17 hojas, en el tratamiento T1, al final del monitoreo alcanzaron un promedio de 131 hojas mientras que el

tratamiento T4 alcanzó un promedio de 40 hojas. Por lo tanto, el tratamiento T1 mostró un crecimiento neto de 80 %, en comparación con los tratamientos de estrés hídrico moderado y severo (T1-T4).

Respecto al estado fitosanitario, las plantas del testigo (T0) que se mantuvieron en riego constante mostraron un estado fitosanitario bueno en comparación a los individuos de los tratamientos T2 y T4 que presentaron un estado fitosanitario entre malo y regular durante los periodos de estrés hídrico.

Por otro lado, los resultados de los individuos utilizados únicamente para el análisis anatómico ($n = 3$ por tratamiento) (Figura 19), alcanzaron un promedio en altura de 78 cm en el testigo (T0), mientras que los tratamientos T2 y T4 alcanzaron una altura de 43 cm y 60 cm. En el diámetro el testigo obtuvo un promedio de 1,25 cm, y los tratamientos T1 y T4 un promedio de 1,03 cm y 0,63 cm respectivamente. En número de hojas el tratamiento T3 alcanzó un promedio de 150 hojas por planta, mientras que los tratamientos T2 y T4 tuvieron un promedio de 80 y 50 hojas por planta. Finalmente, las plantas con riego constante (T0) mantuvieron un estado fitosanitario bueno a diferencia de los tratamientos con estrés hídrico que presentaron un estado fitosanitario entre regular y malo (T1-T4).

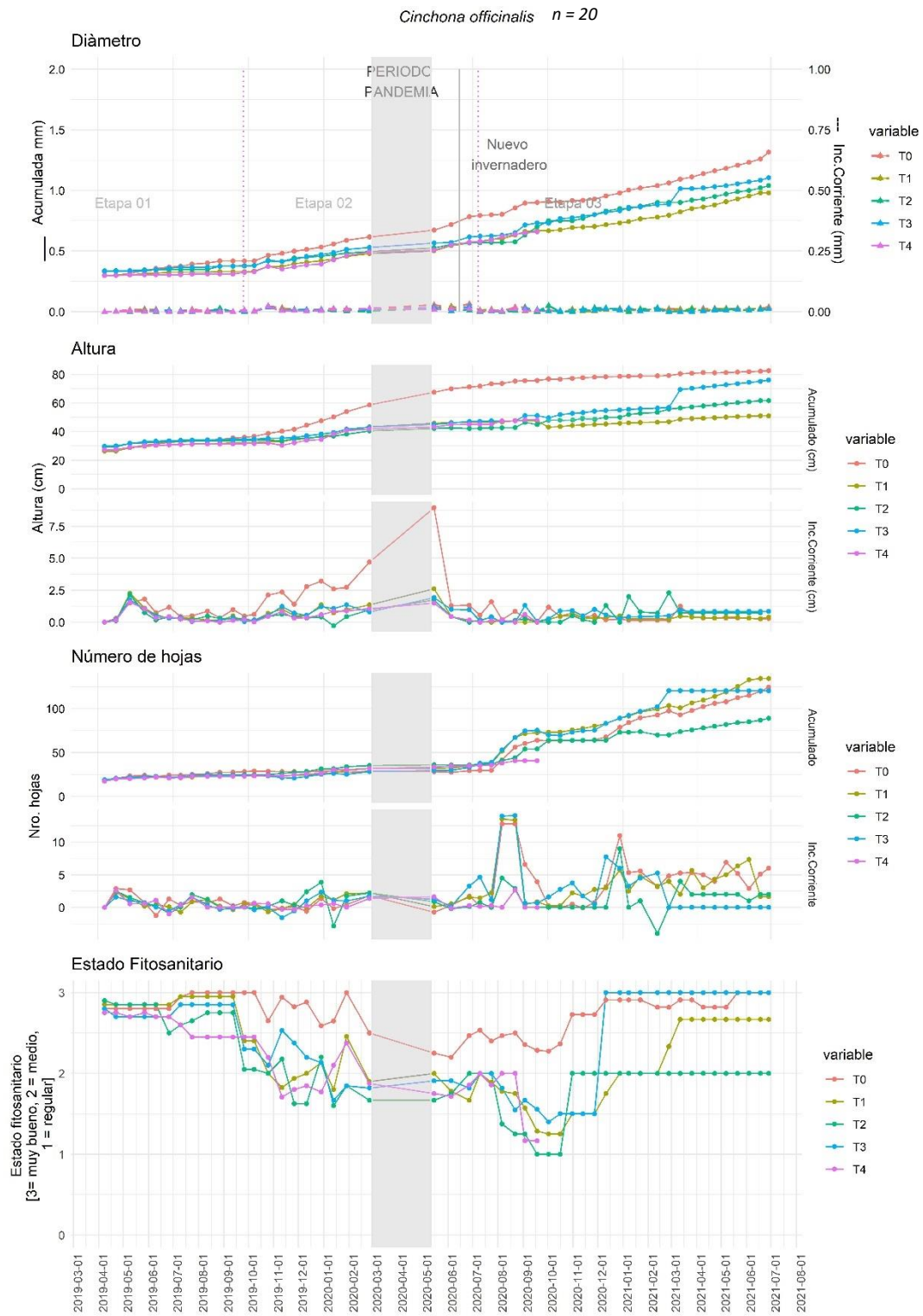


Figura 18. Desarrollo quincenal promedio (n =20) de las variables morfológicas entre tratamientos de *Cinchona officinalis* L. durante 24 meses.

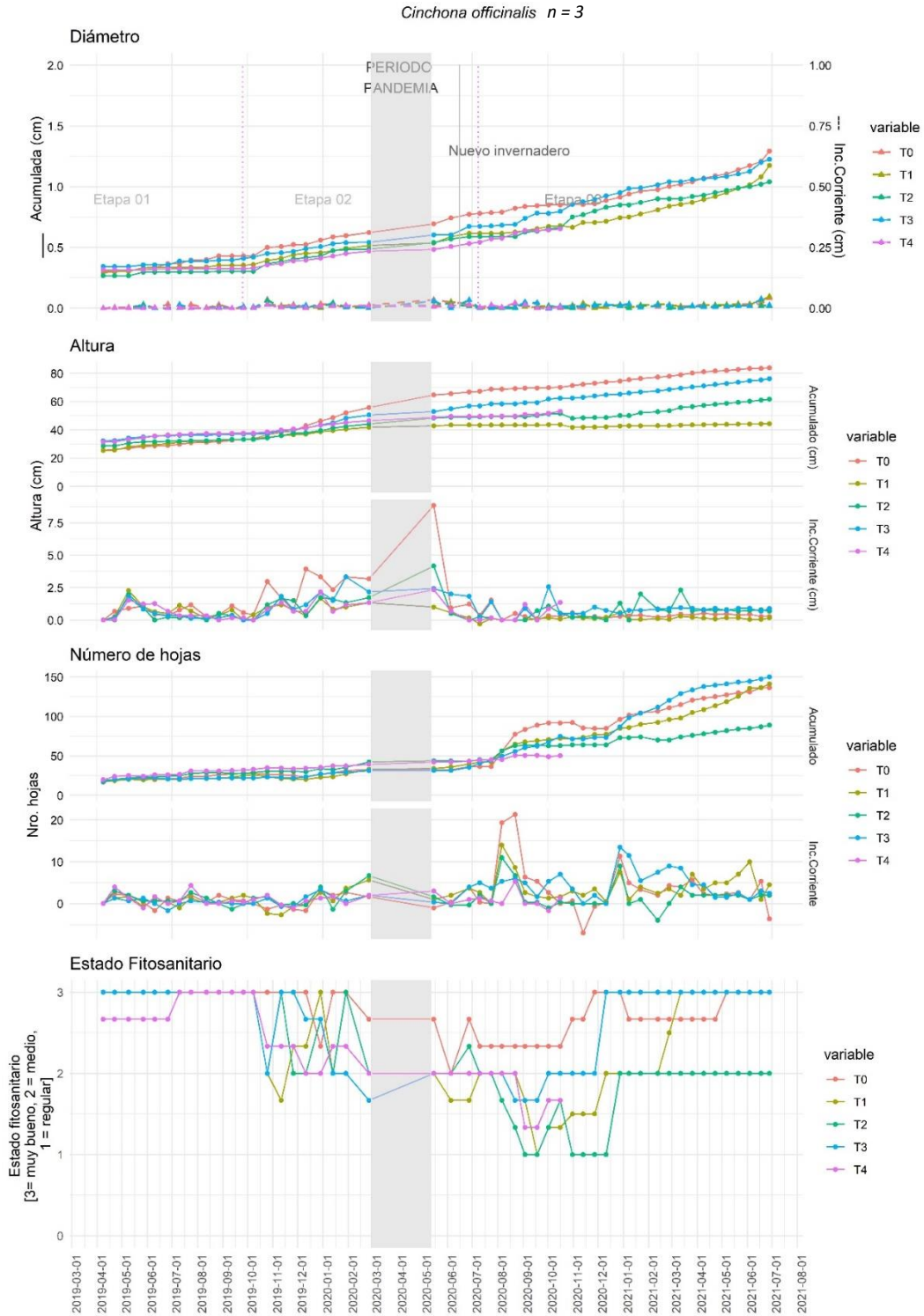


Figura 19. Desarrollo quincenal promedio (n = 3) de las variables morfológicas entre tratamientos de *Cinchona officinalis* L. durante 24 meses de los individuos que fueron utilizados para cortes anatómicos.

Testigo (T0)

De acuerdo con el gráfico de curvas temporales de *Cinchona officinalis* L. se observó que, en el Testigo (T0= Riego constante, Figura 18 y Anexo 9.A), las plantas presentaron un crecimiento estable en el diámetro, altura y número de hojas durante la Etapa 01 (08/04/2019 – 30/10/2019). A partir de la Etapa 02 (30/10/2019 - 07/07/2020) se observó un alto crecimiento en el diámetro y la altura. A inicios de la Etapa 03 (31/10/2020 – 28/06/2021) el diámetro presentó un alto incremento llegando a un promedio de 1,4 cm, y un promedio en altura de 75 cm. Respecto al número de hojas se observó un crecimiento alto crecimiento de 140 hojas, el cual estuvo en relación con una mayor cantidad en los niveles de riego y temperatura. Finalmente, las plantas de este tratamiento presentaron un estado fitosanitario bueno durante todas las etapas de estudio.

Tratamiento 1 (T1)

Las plantas del tratamiento uno (T1= Riego + estrés hídrico moderado, Figura 18 y Anexo 9.B) presentaron un crecimiento estable en altura, diámetro y número de hojas durante la Etapa 01 (08/04/2019 – 30/10/2019). A partir de la Etapa 02 (30/10/2019 - 07/07/2020) se observó un crecimiento leve en diámetro y altura. A inicios de la Etapa 03 (31/10/2020 – 28/06/2021) el diámetro y número de hojas presentaron un alto crecimiento y el diámetro mostró un leve crecimiento con un promedio máximo de altura y número de hojas presentaron un alto crecimiento con un promedio máximo en diámetro de 1,2 cm, en altura de 45 cm y en número de hojas 150 hojas. Finalmente, las plantas de este tratamiento presentaron un estado fitosanitario entre regular y malo en los periodos de sequía.

Tratamiento 2 (T2)

Las plantas del tratamiento dos (T2= Riego + estrés hídrico severo, Figura 18 y Anexo 9.C) presentaron un crecimiento estable en diámetro, altura y número de hojas durante la Etapa 01 (08/04/2019 – 30/10/2019). A partir de la Etapa 02 (30/10/2019 - 07/07/2020) se observó un crecimiento leve en diámetro y altura. A inicios de la Etapa 03 (31/10/2020 – 28/06/2021) se observó un leve crecimiento en diámetro, altura y número de hojas con un promedio máximo de 1,03 cm en diámetro, 50 cm en altura y 87 hojas. Finalmente, el estado fitosanitario se mantuvo entre malo y regular durante la Etapa 02 y Etapa 03 en los periodos de sequía.

Tratamiento 3 (T3)

Las plantas del tratamiento tres (T3; Riego + estrés hídrico moderado + fertilizante, Figura 18 y Anexo 9.D) mostraron un crecimiento similar a la del tratamiento 2, el crecimiento del

diámetro, altura y número de hojas se mantuvo estable durante la Etapa 01 (08/04/2019 – 30/10/2019). A partir de la Etapa 03 (31/10/2020 – 28/06/2021) el diámetro, altura y el número de hojas presentaron un alto crecimiento con un promedio máximo de 1,12 cm en diámetro, 75 cm en altura y 145 hojas. A partir de la Etapa 02 (30/10/2019 - 07/07/2020) el estado fitosanitario se mantuvo entre regular y malo durante los periodos de sequía.

Tratamiento 4 (T4)

Las plantas del tratamiento cuatro (T4= Riego + estrés hídrico severo + fertilizante, Figura 18 y Anexo 9.E) presentaron un crecimiento estable en diámetro, altura y número de hojas durante la Etapa 01 (08/04/2019 – 30/10/2019). En la Etapa 02 (30/10/2019 - 07/07/2020) y Etapa 03 (31/10/2020 – 28/06/2021) el diámetro y altura presentaron un crecimiento leve con un promedio máximo de 0,56 cm en diámetro y 58 cm en altura. Respecto al número de hojas el crecimiento se mantuvo estable en las tres etapas alcanzando un promedio máximo de 50 hojas. El estado fitosanitario de las plantas estuvo entre regular y malos durante los periodos de sequía. Es importante mencionar que las plantas de este tratamiento murieron en su totalidad a inicios de la Etapa 03.

6.1.4. Diferencias significativas entre tratamientos de *Cinchona officinalis* L.

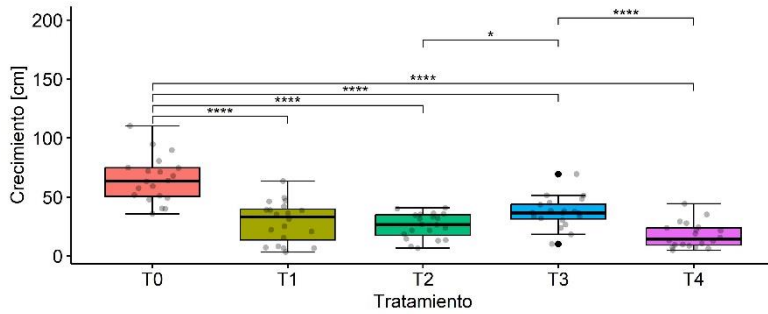
De acuerdo a los gráficos obtenidos con la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis, con un nivel de confiabilidad del 95% ($\alpha = 0,05$) se observó diferencias significativas entre el Testigo y los tratamientos (T1, T2, T3, T4) en todas las variables (altura, diámetro y número de hojas); sin embargo, no existió diferencias significativas en los tratamientos T1, T2, T3 y T4. Esta información se corrobora con el gráfico de vértices (Figura 20 y Anexo 10) mostrando las diferencias significativas entre tratamientos, al no estar conectados entre sí todos los tratamientos. En el gráfico de estado fitosanitario (Figura 20.D) se mostró una alta mortalidad natural de los individuos de *Cinchona officinalis* L. en todos los tratamientos.

Estado fitosanitario y mortalidad

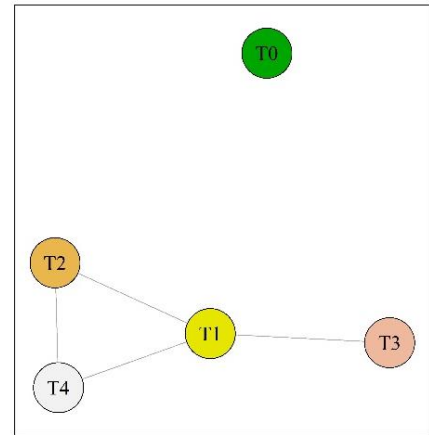
Las plantas de *Cinchona officinalis* L. con riego constante (T0) tuvieron un estado fitosanitario bueno en un 58,5 %, y una mortalidad de 15,5 % (Figura 20.D). Hay que recalcar que en la etapa 3 por el cambio de invernadero las temperaturas alcanzaron 41° C, de 23,1°C que tuvieron en la etapa 2. Por otro lado, todos los tratamientos de estrés hídrico (T1-T4) tuvieron una mortalidad alta del 41,2 % al 56,6 %, y las plantas con un estado Bueno sólo estuvieron del 21,5 % al 29,6 % (Figura 20.D).

A) ALTURA

Kruskal-Wallis, $\chi^2(4) = 52.16, p = <0.0001, n = 100$



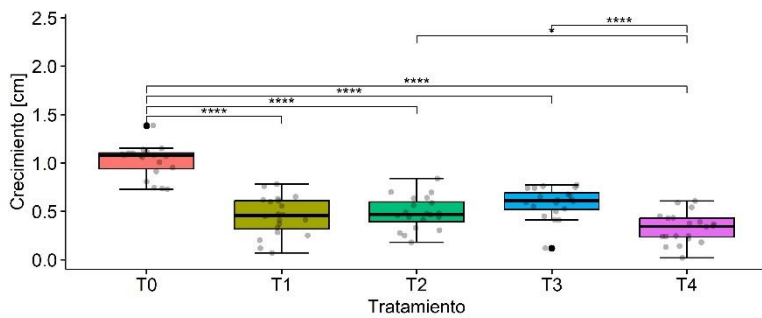
pwc: Wilcoxon test; p.adjust: Bonferroni



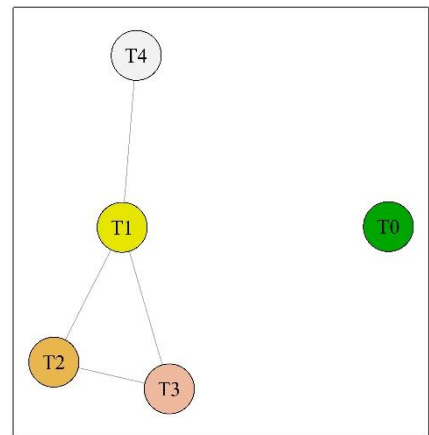
Los tratamientos conectados no son significativamente diferentes (Wilcoxon-Mann-Whitney test, p-value < 0.05)

B) Diámetro

Kruskal-Wallis, $\chi^2(4) = 58.14, p = <0.0001, n = 100$



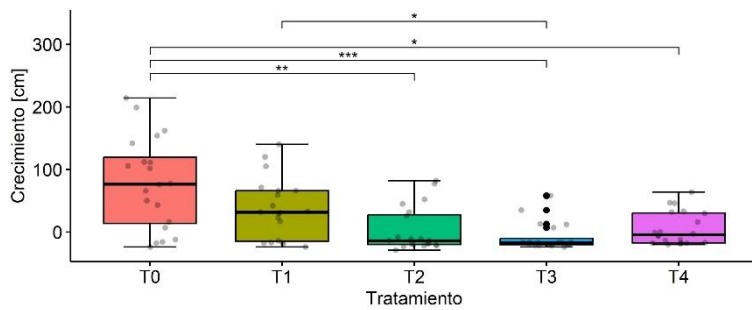
pwc: Wilcoxon test; p.adjust: Bonferroni



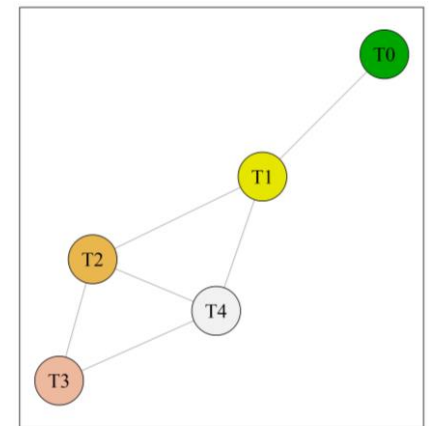
Los tratamientos conectados no son significativamente diferentes (Wilcoxon o Mann-Whitney test)

C) Nro_hojas

Kruskal-Wallis, $\chi^2(4) = 26.94, p = <0.0001, n = 100$



pwc: Wilcoxon test; p.adjust: Bonferroni



Los tratamientos conectados no son significativamente diferentes (Wilcoxon o Mann-Whitney test)

D)

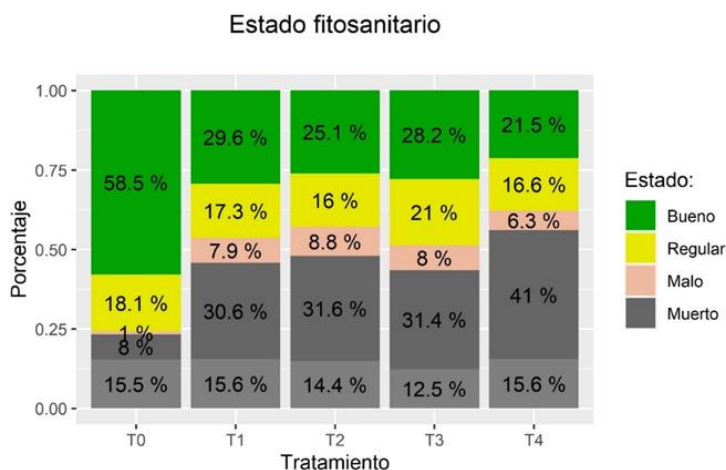


Figura 20. Diferencias significativas de las variables morfológicas entre tratamientos de *Cinchona officinalis* L. durante 24 meses de monitoreo, representados en diagramas de caja (Boxplot) y gráficos de vértices.

6.2. Impacto del estrés hídrico en la formación de anillos de crecimiento a través de análisis anatómico de la madera en *Acacia macracantha* Wild. Y *Cinchona officinalis* L.

En *Acacia macracantha* Wild. los anillos de crecimiento tuvieron sincronía con los periodos de riego y estrés hídrico (Figura 21), dos individuos del tratamiento T1, T3 y T4 presentaron la formación de un anillo verdadero. Por otra parte, en *Chinchona officinalis* L. dos individuos del T1 y los tres individuos del T2 y T3 presentaron la formación de un anillo verdadero, también se pudo observar una mínima formación de anillos falsos, en esta especie los anillos de crecimiento son poco visibles.

6.2.1. Impacto del estrés hídrico en la formación de anillos de crecimiento a través de análisis anatómico de la madera en *Acacia macracantha* Wild.

Testigo

En la formación de anillos de crecimiento en los individuos del testigo (T0= riego constante) no se observó formación de anillos de crecimientos verdaderos; sin embargo, existió mayor formación de anillos falsos (Figura 21. T0).

Tratamiento 1

Los tres individuos del tratamiento uno (T1= Riego + estrés hídrico moderado) presentaron formación de anillos de crecimiento verdaderos y falsos, es importante mencionar que existió

relación entre la formación de anillos con el incremento corriente quincenal del diámetro (Figura 21. T1).

Tratamiento 2

En el tratamiento dos (T2= Riego + estrés hídrico severo) los individuos no presentaron formación de anillos verdaderos, sin embargo, debido a la mortalidad total de los individuos no se logró observar la formación de anillos completos (verdaderos / falsos), y de los únicos anillos formados tuvieron mayor relación con el incremento corriente quincenal de diámetro (Figura 21. T2).

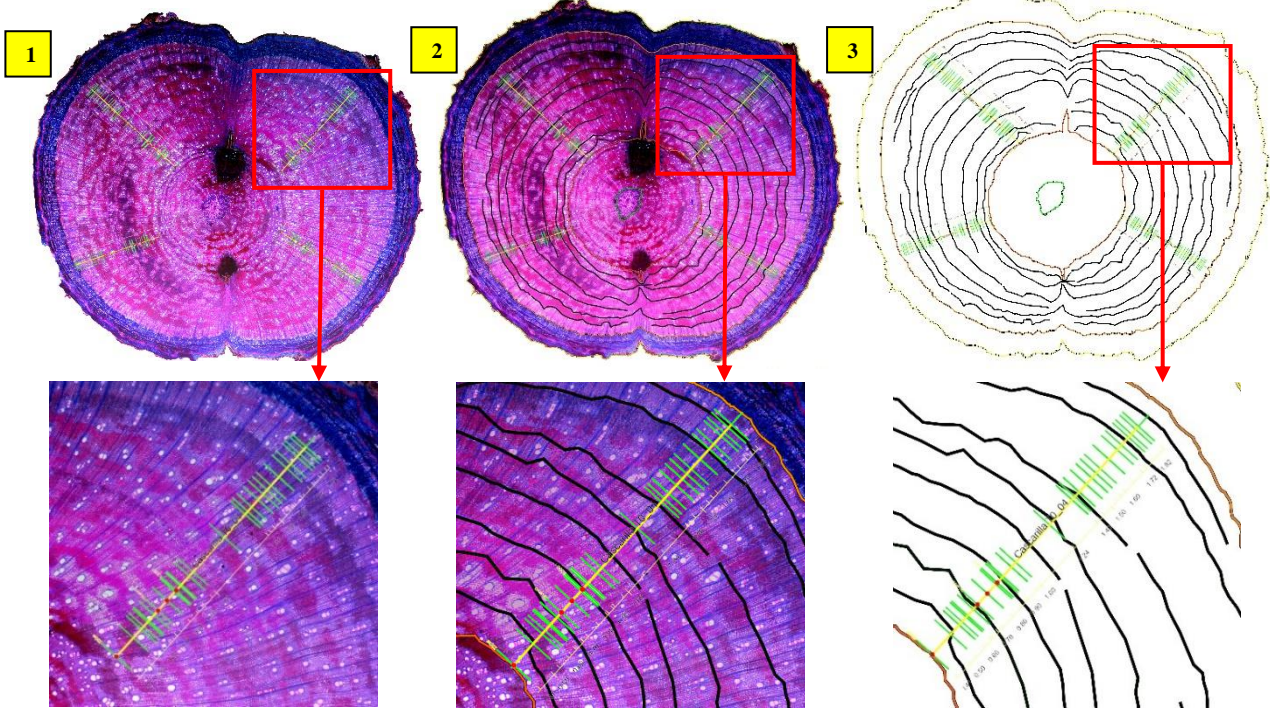
Tratamiento 3

En los tres individuos del tratamiento tres (T3= Riego + estrés hídrico moderado + fertilizante), se observó la formación anillos de crecimiento verdaderos, existió poca formación de anillos falsos, los cuales tuvieron poca relación con el incremento corriente quincenal de diámetro (Figura 21. T3).

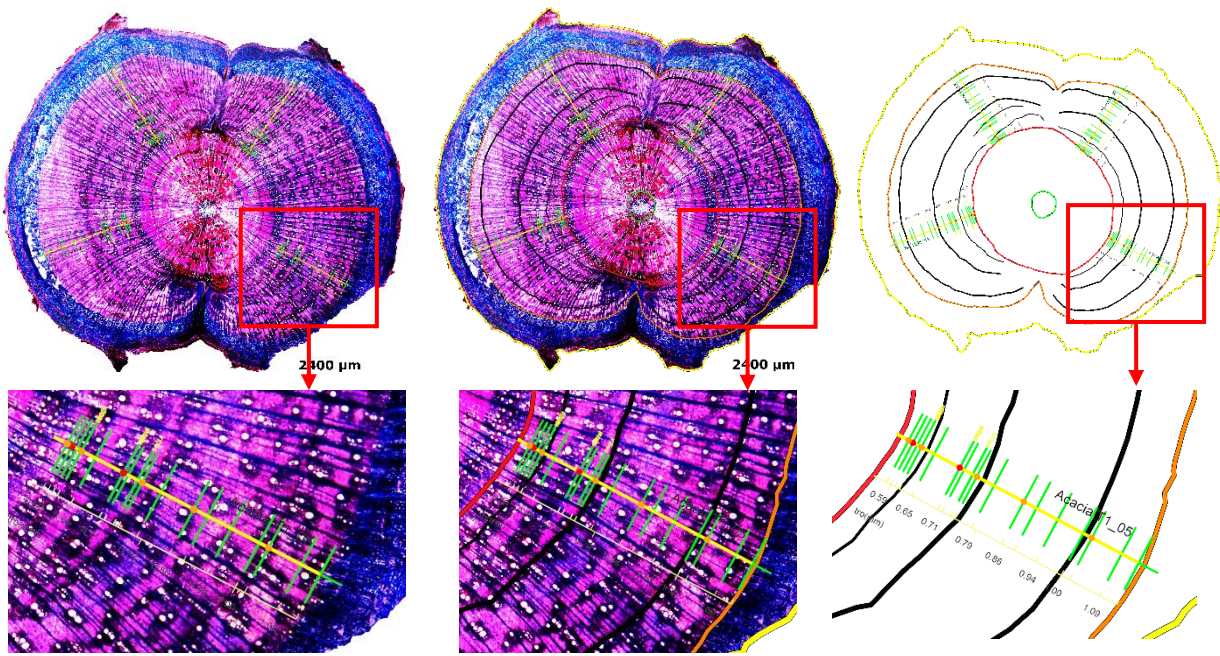
Tratamiento 4

En el tratamiento 4 (T4= Riego + estrés hídrico severo + fertilizante) se observó formación de anillos verdaderos en los tres individuos, también presentó formación de anillos falsos, cabe mencionar que la relación entre la formación de anillos con el incremento corriente quincenal fue mínima (Figura 21. T4).

T0 Tratamiento Testigo (T0)
MaAmT_T0_04

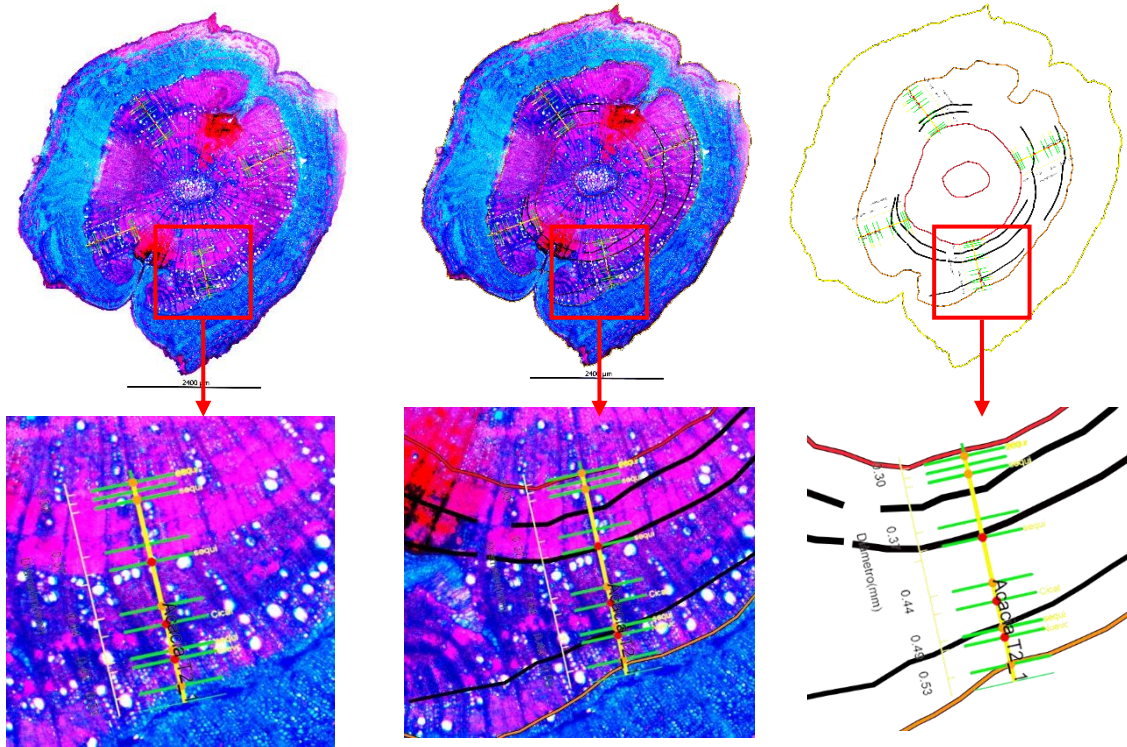


T1 Riego + Estrés hídrico moderado
MaAmT_T1_05



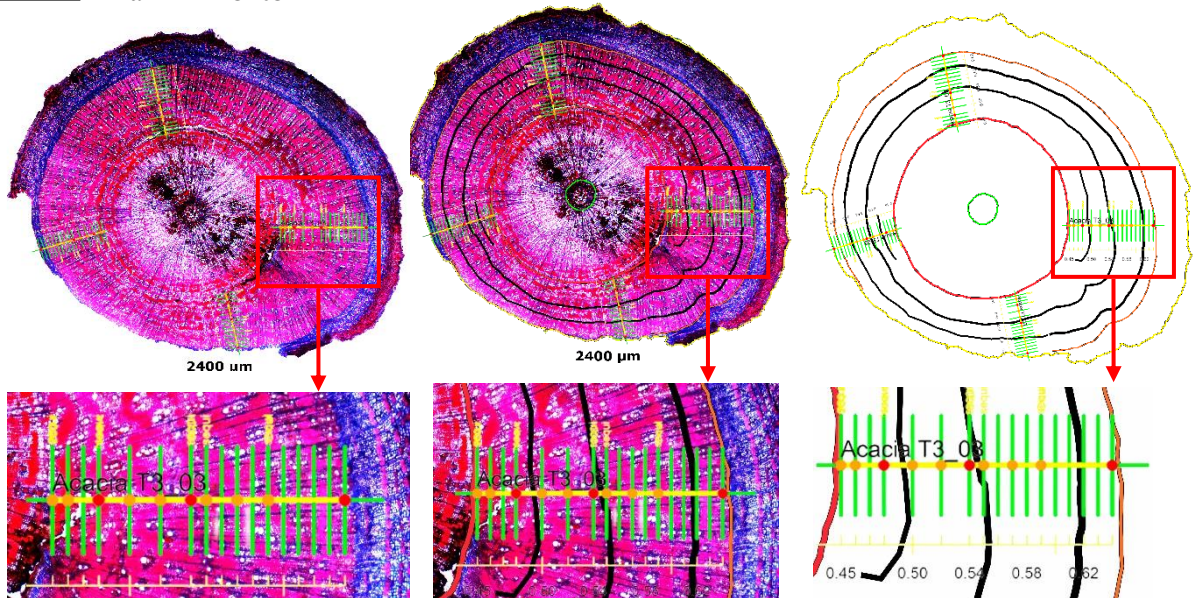
T2

Riego + Estrés hídrico severo (T2)
MaAmT_T2_12



T3

Riego + Estrés hídrico moderado + Fertilizante
MaAmT T3_03



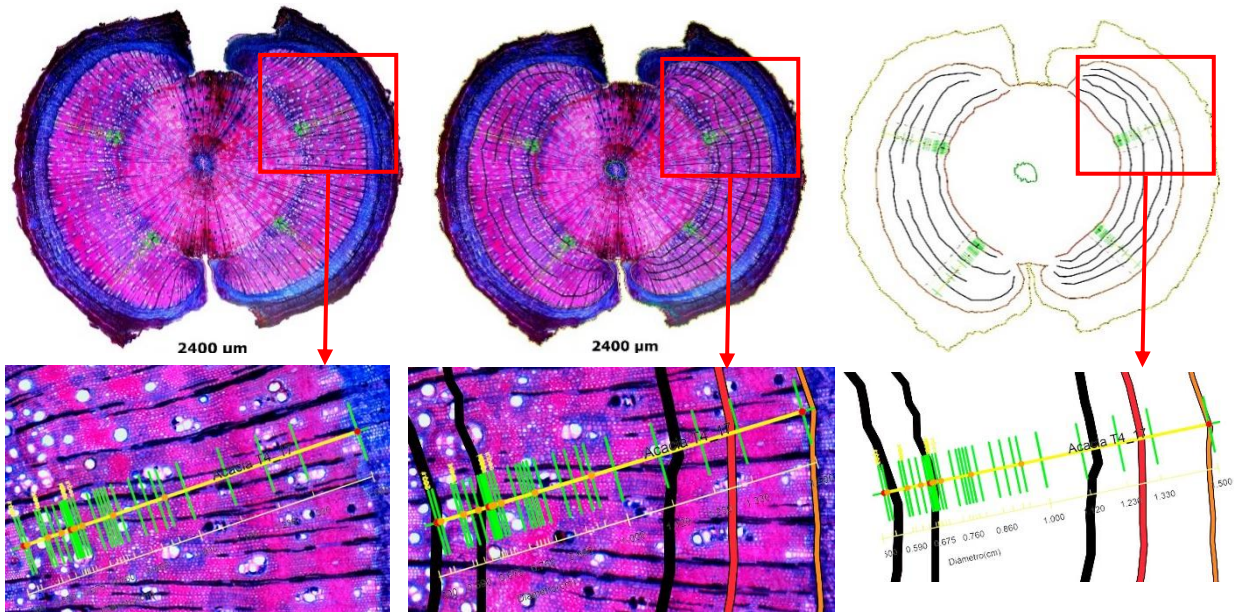
T4**Riego + Estrés hídrico + fertilizante
MaAmT_T4_17**

Figura 21. Comparación entre el incremento corriente quincenal del diámetro y la formación de anillos de crecimiento en *Acacia macracantha* Wild.

Nota. Cada tratamiento muestra en tres secciones las imágenes anatómicas y el esquema de anillos de crecimiento con su respectiva ampliación en la parte baja. En cada imagen se muestra el incremento quincenal diamétrico representado por una línea amarilla central y líneas verdes perpendiculares que indican las mediciones instrumentales del incremento de *Acacia macracantha* Wild. cada 15 días, y los puntos rojos muestran el momento cuando se cambió la intensidad de riego. 1) Imagen anatómica sin diferenciación de tejidos. 2) Imagen anatómica transversal con diferenciación de tejidos en líneas de colores. 3) Esquema de los tejidos del corte transversal. Dentro de las imágenes y esquema se muestran los diferentes tejidos: anillos de crecimiento (líneas negras), límite de la incisión producida (línea roja), límite de la médula (línea verde), y borde de la corteza externa (línea amarilla).

6.2.2. Impacto del estrés hídrico en la formación de anillos de crecimiento a través de análisis anatómico de la madera en *Cinchona officinalis* L.

Testigo

En el tratamiento testigo (T0= riego constante) se observó formación de anillos falsos en los individuos, los individuos no presentaron formación de anillos verdaderos (Figura 22. T0).

Tratamiento 1

Los tres individuos del tratamiento uno (T1= Riego + estrés hídrico moderado) presentaron formación de anillos verdaderos, no se observó la formación de anillos de crecimiento falsos, es

importante mencionar que existió poca relación entre la formación de anillos con el incremento corriente quincenal del diámetro (Figura 22. T1).

Tratamiento 2

En el tratamiento dos (T2= Riego + estrés hídrico severo) los individuos presentaron formación de anillos verdaderos, sin embargo, y una mínima formación de anillos falsos, los cuales tuvieron poca relación con el incremento corriente quincenal de diámetro (Figura 22. T2).

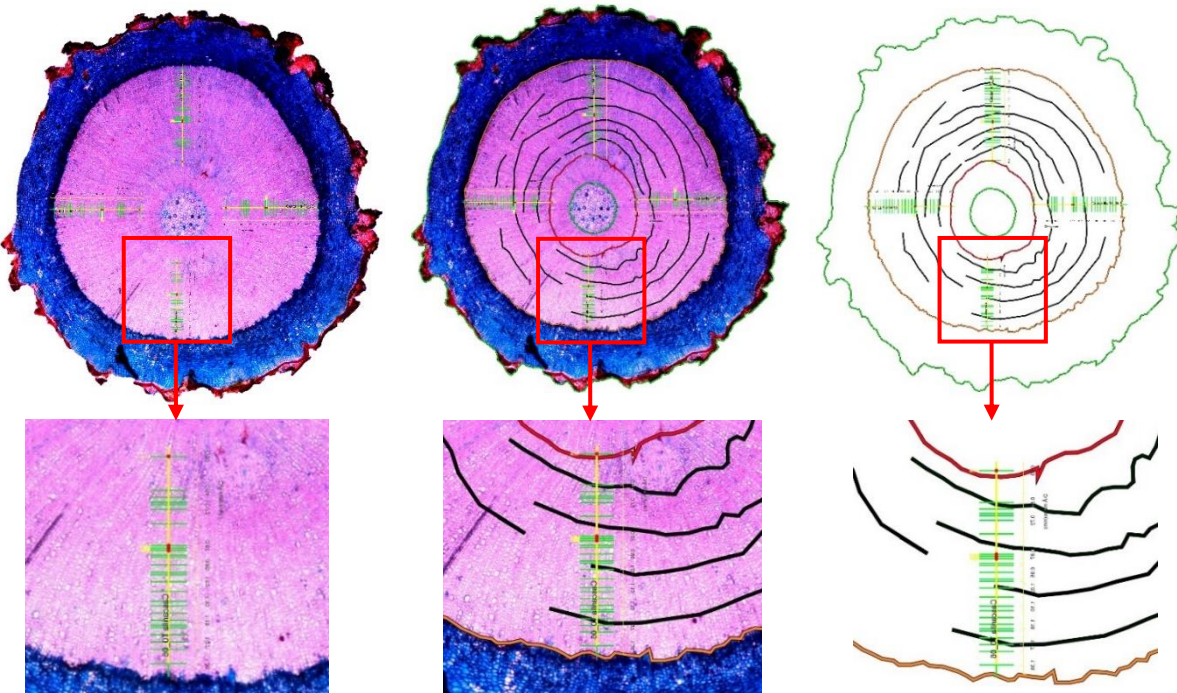
Tratamiento 3

En el tratamiento tres (T3= Riego + estrés hídrico moderado + fertilizante), se observó en los tres individuos la formación de anillos verdaderos, también se evidenció mínima formación de anillos falsos, los cuales tuvieron poca relación con el incremento corriente quincenal de diámetro (Figura 22. T3).

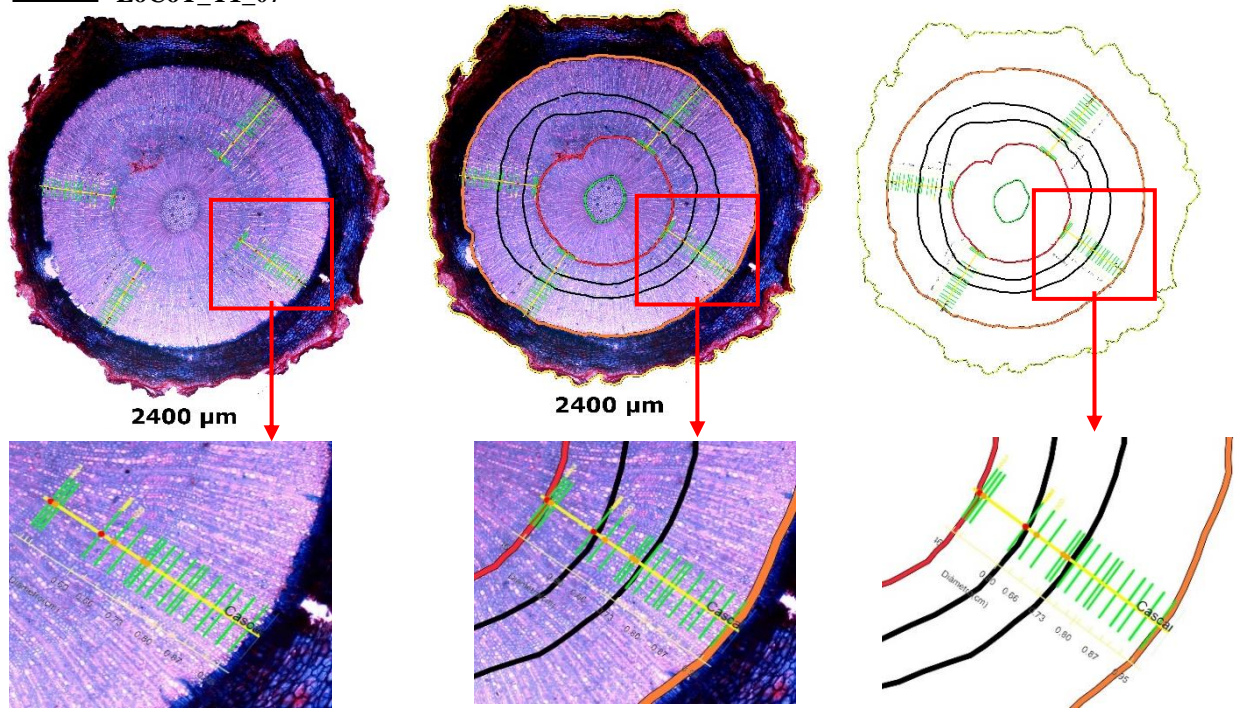
Tratamiento 4

En el tratamiento 4 (T4= Riego + estrés hídrico severo + fertilizante) se observó en uno de los individuos un anillo verdadero, también presentaron mínima formación anillos falsos, cabe mencionar que la relación entre la formación de anillos con el incremento corriente quincenal fue mínima (Figura 22. T4).

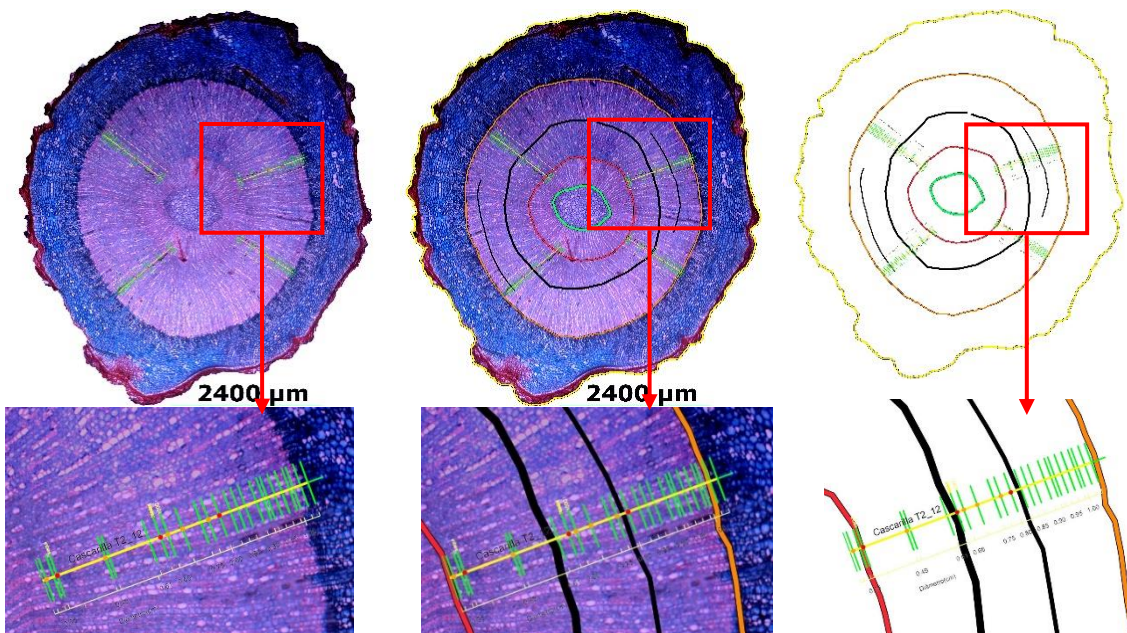
T0 Tratamiento Testigo (T0)
LoCoT_T0_06



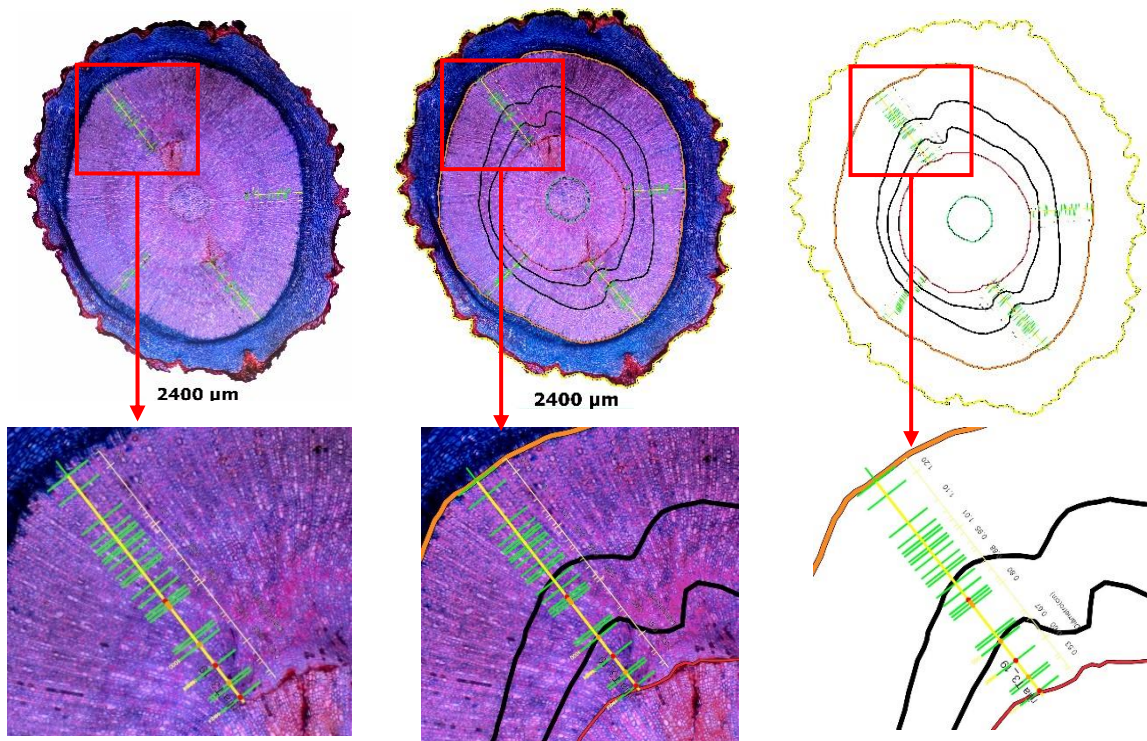
T1 Riego + Estrés hídrico moderado
LoCoT_T1_07



T2 Riego + Estrés hídrico severo (T2)
LoCoT_T2_12



T3 Riego + Estrés hídrico severo + Fertilizante (T3)
LoCoT_T3_19



T4 Riego + Estrés hídrico + fertilizante
LoCoT_T4_13

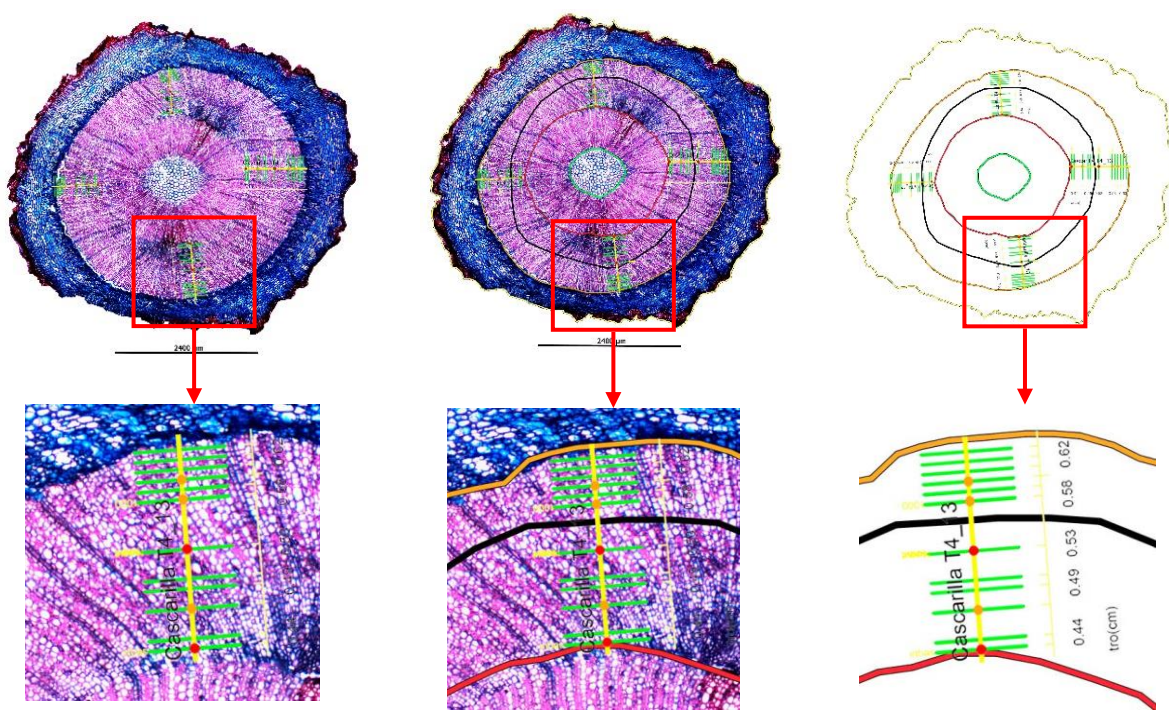
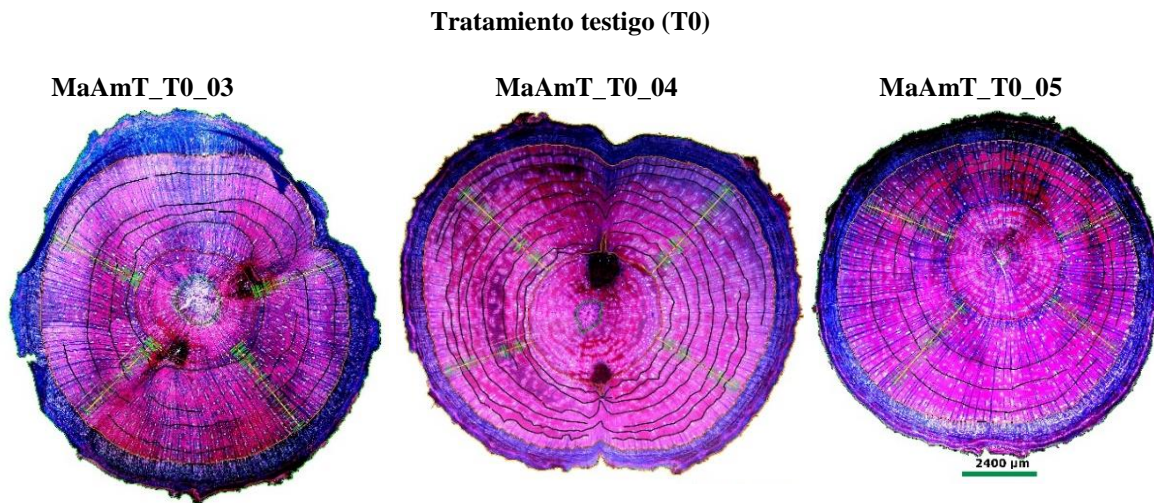


Figura 22. Comparación entre el incremento corriente quincenal del diámetro y la formación de anillos de crecimiento en *Cinchona officinalis* L.

Nota. Cada tratamiento muestra en tres secciones las imágenes anatómicas y el esquema de anillos de crecimiento con su respectiva ampliación en la parte baja. En cada imagen se muestra el incremento quincenal diamétrico representado por una línea amarilla central y líneas verdes perpendiculares que indican las mediciones instrumentales del incremento de *Acacia macracantha* Wild. cada 15 días, y los puntos rojos muestran el momento cuando se cambió la intensidad de riego. 1) Imagen anatómica sin diferenciación de tejidos. 2) Imagen anatómica transversal con diferenciación de tejidos en líneas de colores. 3) Esquema de los tejidos del corte transversal. Dentro de las imágenes y esquema se muestran los diferentes tejidos: anillos de crecimiento (líneas negras), límite de la incisión producida (línea roja), límite de la médula (línea verde), y borde de la corteza externa (línea amarilla).

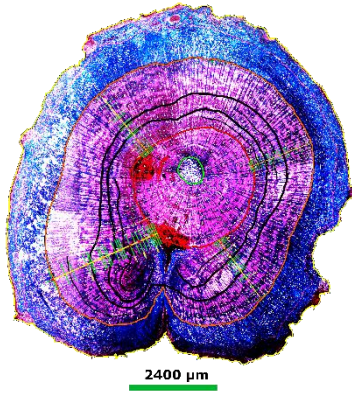
6.2.3. Cambios anatómicos de la madera de *Acacia macracantha* Wild. y *Cinchona officinalis* L.

La regeneración de tejidos en *Acacia macracantha* Wild. fue medianamente rápida, se observó la recuperación del xilema y floema en la mayoría de los individuos de cada tratamiento. De igual forma, en la especie *Cinchona officinalis* L. la regeneración de los tejidos fue rápida, evidenciándose la recuperación casi total del xilema y floema (Figura 23 y 24).

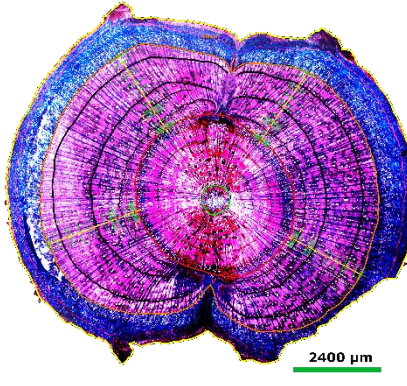


Riego + Estrés hídrico moderado (T1)

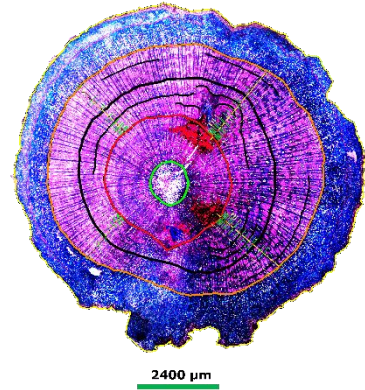
MaAmT_T1_02



MaAmT_T1_05

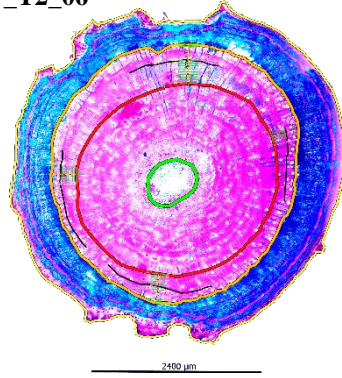


MaAmT_T1_08

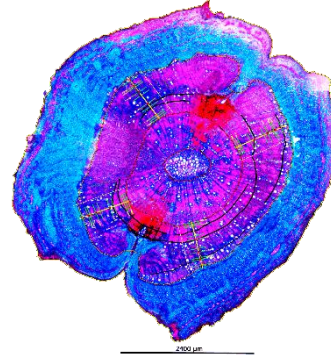


Riego + Estrés hídrico severo (T2)

MaAmT_T2_06

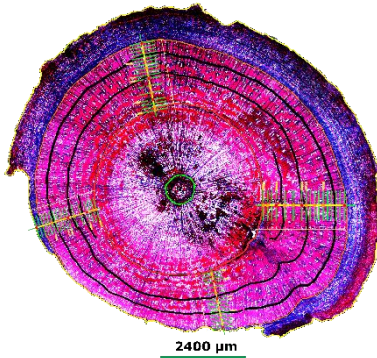


MaAmT_T2_12

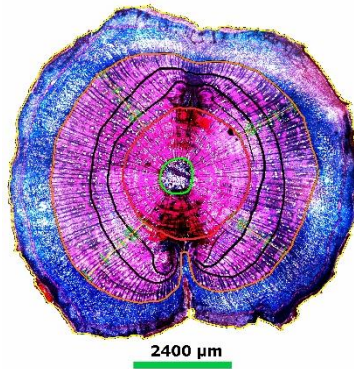


Riego + Estrés hídrico moderado (T3)

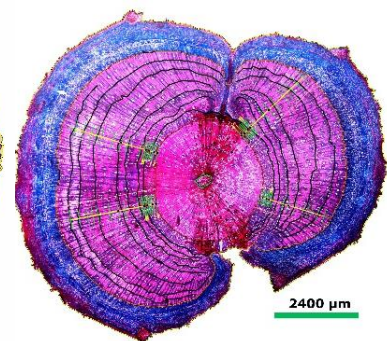
MaAmT_T3_03



MaAmT_T3_06



MaAmT_T3_15



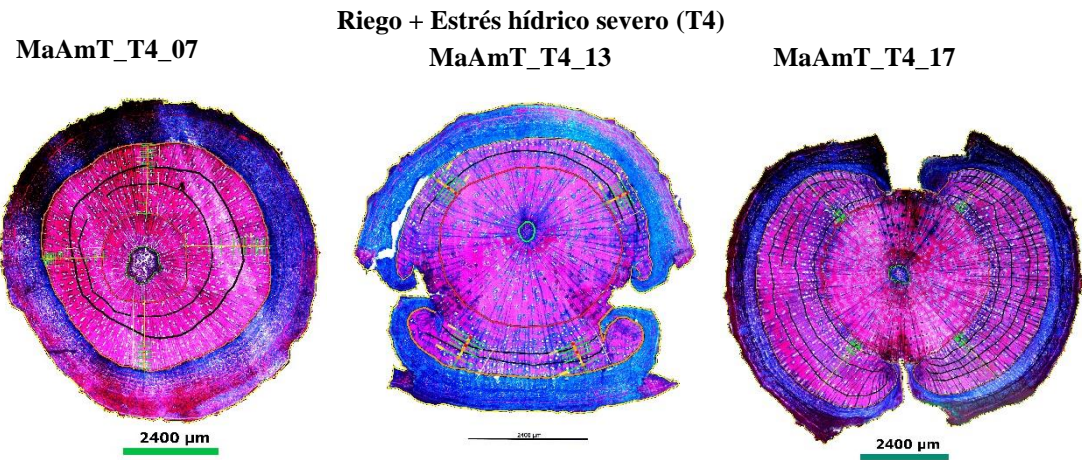
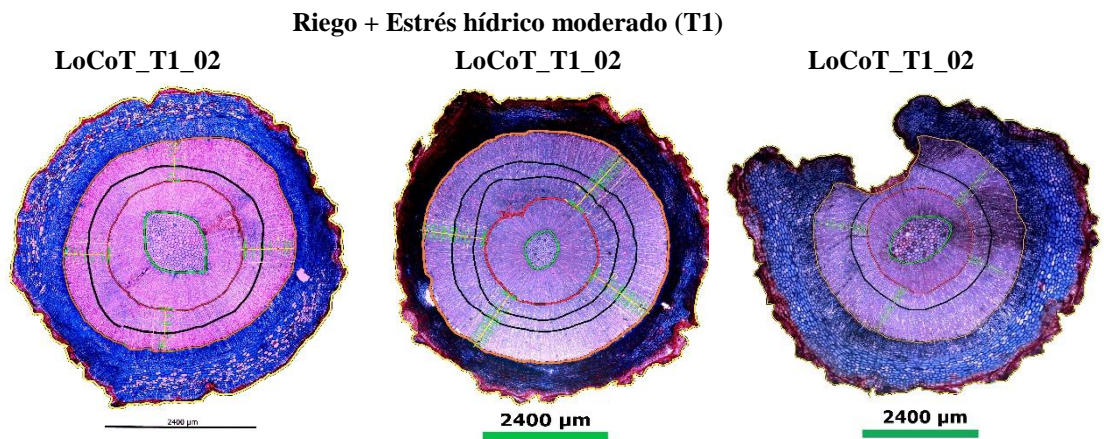
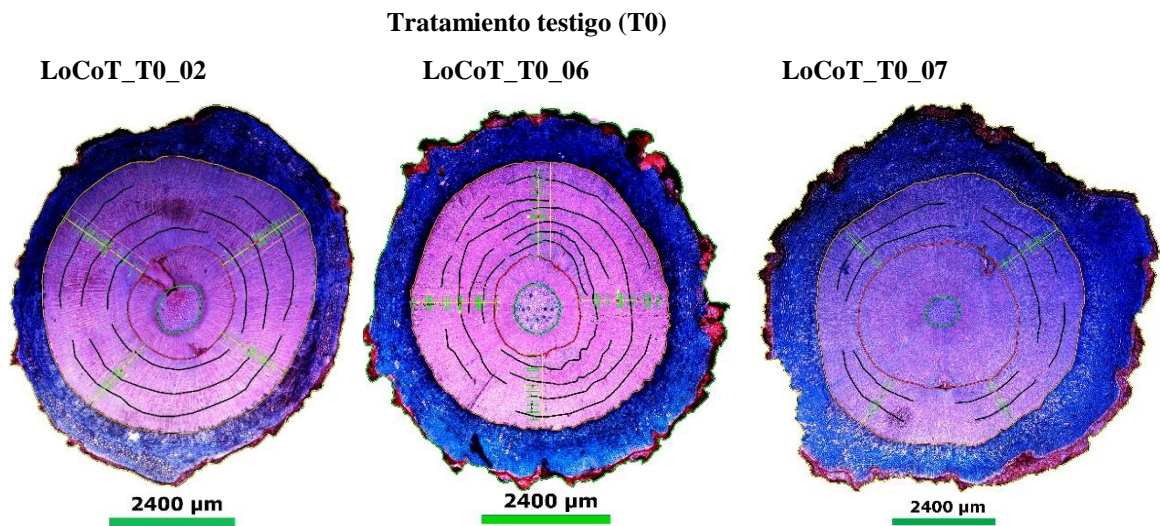


Figura 23. Cortes anatómicos transversales de *Acacia macracantha* Wild.



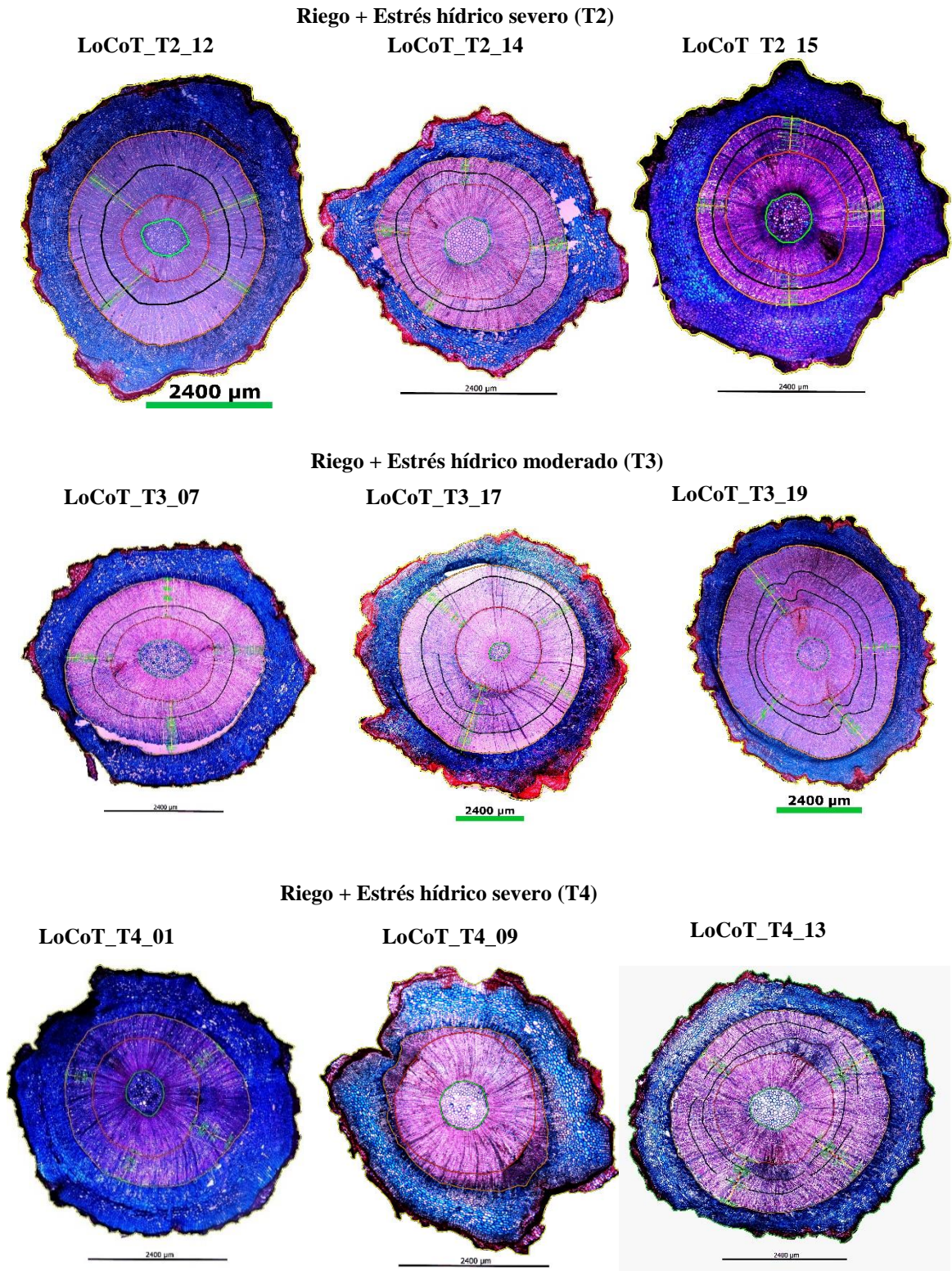


Figura 24. Cortes anatómicos transversales de *Cinchona officinalis* L.

7. Discusión

7.1. Cambios morfológicos por estrés hídrico en *Acacia macracantha* Wild y *Cinchona officinalis* L.

En *Acacia macracantha* Wild. y *Cinchona officinalis* L. las respuestas al estrés hídrico fueron diferente en ambas especies, lo cual se atribuye a diferentes estrategias que poseen las especies frente a dicho estrés; mientras tanto a nivel de adaptabilidad frente al estrés (sequía) *Acacia macracantha* Wild. presentó una mayor resistencia, que puede estar relacionada con el rango de distribución geográfica de la especie, lo cual le permite desarrollarse en diferentes condiciones y ecosistemas que presentan altas temperaturas y estacionalidad de precipitaciones (Martínez et, al 2020). Por el contrario, *Cinchona officinalis* L. es una especie sensible al estrés generado por condiciones de sequía, debido a que se desarrolla en climas húmedos con precipitaciones abundantes, teniendo requerimientos hídricos por un poco menos de 2000 mm/año. Además, en lugares con períodos secos notorios requiere una precipitación pluvial de 3500 mm como mínimo (Fernández, 2017). Es por esto que a nivel de especie *Acacia macracantha* Wild. presentó mayor crecimiento en las variables morfológicas, altura, diámetro y número de hojas, esto concuerda con Venier et. al (2012) en su estudio realizado en Argentina sobre Crecimiento y supervivencia de plántulas de cinco especies de *Acacia* (Fabaceae), que coexisten en bosques secos neotropicales de Argentina, en distintas condiciones de disponibilidad de luz y agua, cuyos resultados mostraron que *Acacia cavens*, *Acacia praecox* y *Acacia aroma*, alcanzaron menor crecimiento cuando estas plantas estuvieron bajo condiciones de estrés hídrico y sombra. En *Cinchona officinalis* L. se observó diferencias en las variables morfológicas entre el tratamiento testigo y los tratamientos sometidos al estrés, Abogadallah (2010) menciona que las plantas adaptadas al estrés hídrico a menudo tienen una mayor capacidad antioxidante para protegerse contra el daño oxidativo, y *Cinchona officinalis* L. tiene una actividad antioxidante significativa.

El crecimiento y desarrollo de las variables morfológicas está relacionado con factores ambientales como la temperatura y precipitación, el déficit hídrico es el principal factor abiótico que limita la distribución geográfica y el rendimiento de la mayoría de cultivos (Ojeda, 2015), en *Acacia macracantha* Wild. el estrés hídrico se manifestó en la pérdida de su follaje, el cual es un mecanismo de aclimatación que presenta la mayoría de las especies del género *Acacia*, lo que les permite almacenar agua durante las condiciones limitantes, por lo cual en altura y diámetro la especie siguió creciendo, esto concuerda con el estudio realizado por Feijoo (2020) en el cual

menciona que *Acacia macracantha* Wild. tiene una rápida respuesta al estrés hídrico a través de la pérdida de las hojas, así mismo indica que existe correlación positiva entre el diámetro y la altura, es importante mencionar que a pesar de que *Acacia macracantha* Wild. es resistente al estrés, durante los primeros años de vida no tolera periodos largos de estrés (8 semanas) (Tarazona, 2018).

Con respecto a las variables morfológicas, las plantas de *Acacia macracantha* Wild. presentaron diferencias en altura, diámetro y número de hojas en los tratamientos sometidos a estrés hídrico moderado T1 y T3 y estrés severo T2 y T4, en altura se observó diferencias entre el T1 con los tratamientos T2, T3 y T4 (estos tratamientos no presentaron diferencias); con respecto al número de hojas se observó diferencias entre los tratamientos T1 y T3 (no son significativamente diferentes) y T2-T4 (no son diferentes); lo cual difiere con lo que menciona Feijoó (2020) y González (2021) que no encontraron diferencias significativas entre los tratamientos con estrés hídrico, lo cual se atribuye al aumento en la cantidad de riego, por lo que las plantas con estrés hídrico severo tuvieron menor crecimiento de número de hojas y altura, En cuanto al diámetro se evidenció diferencias entre el tratamiento T2 y T4, lo cual concuerda con González (2021) que menciona que existió diferencias entre los tratamientos con estrés.

Las plantas de *Cinchona officinalis* L. no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos sometidos a estrés hídrico, pero si se observó diferencias con el tratamiento Testigo, puesto que las plantas de este tratamiento tuvieron mayor crecimiento en las variables morfológicas altura, diámetro y número de hojas, lo cual concuerda con Feijoó (2020) y González (2021) que indican que no existió diferencias entre los tratamientos sometidos a estrés, así mismo mencionan, que en altura y diámetro existió mayor diferencia significativa con relación al número de hojas, la disminución del crecimiento en altura, diámetro y número de hojas está directamente relacionado con el déficit hídrico, debido a que las plantas de *Cinchona officinalis* L. requieren altas cantidades de agua para su óptimo desarrollo y crecimiento.

7.2. Relación entre el estrés hídrico y la formación de anillos de crecimiento a través del análisis anatómico de la madera en las especies de *Acacia macracantha* Wild. Y *Cinchona officinalis* L.

La formación de anillos de crecimiento en *Acacia macracantha* Wild. y *Cinchona officinalis* L. fue similar en ambas especies. Las plantas de *Acacia macracantha* Wild. sometidas a estrés hídrico moderado y severo presentaron mayor número de formación de anillos entre verdaderos y falsos que las plantas del testigo, los anillos se caracterizaron por ser visibles y

estrechos, esto se atribuye a factores climáticos como temperatura y precipitación que modifican las características anatómicas de las plantas, esto concuerda con Narváez (2020) en su estudio realizado en Jaguay Grande en el cantón Zapotillo, en el cual menciona que el crecimiento radial de los anillos en *Acacia macracantha* Wild. es mínimo debido a la estacionalidad de las precipitaciones (709,80 mm/año), así mismo determina que la precipitación es el factor ambiental que más influye en el crecimiento del ancho de los anillos en *Acacia macracantha* Wild.

En el caso de *Cinchona officinalis* L. presentó anillos de crecimiento poco visibles en el tratamiento con riego constante, sin embargo, en los tratamientos sometidos a estrés hídrico los anillos de crecimiento fueron visibles, lo cual difiere de Feijoó (2019) quien menciona que *Cinchona officinalis* L. no presentó formación de anillos de crecimiento en ningún tratamiento, esto está relacionado estrechamente a los periodos de sequía y alta temperatura en la que se desarrolló *Cinchona officinalis* L.

La formación de anillos de crecimiento en las plantas de *Acacia macracantha* Wild. y *Cinchona officinalis* L. estuvo relacionado con el déficit hídrico, anatómicamente se observó que, durante los periodos de estrés, las características como ancho de anillos y tamaño de vasos fueron modificados, en época de sequía, el tamaño de los vasos disminuyó y presentó anillos estrechos, esto concuerda con lo que menciona Martínez *et al.* 2013 en su estudio respuesta al déficit hídrico en el crecimiento de forestales del bosque urbano de Mendoza, en el cual la especie *Acacia visco* a medida que se le restringió el aporte hídrico, el crecimiento disminuyó, dando anillos de menor extensión radial. Esto se debe a que la actividad del cambium es muy sensible a la variación climática, por lo cual cuando existe escasez de lluvias los anillos son más estrechos (Rubio, 2016).

La formación de los anillos de crecimiento en *Acacia macracantha* Wild. y *Cinchona officinalis* L. esta influenciado por las condiciones climáticas en las que se desarrolla la especie, por lo cual es importante realizar estudios que permitan entender el comportamiento de las especies forestales ante condiciones limitantes.

8. Conclusiones

- El estrés hídrico aplicado a *Acacia macracantha* Wild. y *Cinchona officinalis* L. no fue suficiente para crear anillos de crecimiento bien marcados, y hubo presencia de anillos falsos en todos los tratamientos, especialmente en el testigo.
- *Acacia macracantha* Wild. es una especie con mayor resistencia a periodos de estrés hídrico que *Cinchona officinalis* L., debido que mostró un mayor crecimiento y desarrollo a nivel morfológico bajo condiciones de estrés hídrico.
- Las plantas del tratamiento testigo (riego constante) de *Cinchona officinalis* L. tuvieron un mejor desarrollo morfológico a diferencia de los tratamientos con estrés hídrico.
- *Cinchona officinalis* L. y *Acacia macracantha* Wild. presentan mayor formación de anillos de crecimiento verdaderos en los tratamientos sometidos a estrés hídrico, existiendo poca relación con el incremento corriente quincenal del diámetro.
- *Cinchona officinalis* L. presenta mayor capacidad de regeneración del cambium vascular por daños inducidos en el xilema.
- El fertilizante Yaramila Complex no tuvo influencia en el crecimiento y desarrollo de las variables morfológicas en *Acacia macracantha* Wild y *Cinchona officinalis* L. posiblemente por el escaso riego.

9. Recomendaciones

- Es esencial conservar el diseño experimental y los criterios de evaluación para evitar la introducción de sesgos en la información relacionada con el comportamiento de las variables morfológicas.
- Los períodos de riego y de estrés hídrico deben estandarizarse para no alterar la respuesta de las especies a estas condiciones.
- Si se continúa con tratamiento de fertilización, se debería agregar un control o testigo con fertilizante con mucho riego.
- Es indispensable llevar a cabo un control efectivo de plagas tan pronto como se detecten.
- Para tener una mejor formación de anillos de crecimiento verdaderos, las plantas necesitan un periodo de mayor estrés hídrico que les permitan defoliarse en su totalidad para de esa manera parar su proceso fotosintético y formar un anillo más visible.
- Es importante agregar otras variables de estudio como el tipo de sustrato, luminosidad y temperatura para tener una perspectiva más amplia de los cambios morfológicos y anatómicos de las especies.
- Generar nuevas investigaciones en especies forestales de uso comercial y de restauración que mediante la evaluación de los cambios morfológicos faciliten la toma de decisiones en proyectos.
- Aplicar el estudio en especies forestales procedentes de diferentes sitios que permitan identificar los cambios morfológicos y anatómicos de los individuos frente al estrés hídrico y así determinar cuáles son las condiciones óptimas para un mejor crecimiento y desarrollo.

10. Bibliografía

- Abogadallah, G. M., Serag, M. M., El-Katouny, T. M. & Quick, W. P. (2010). Salt tolerance at germination and vegetative growth involves different mechanisms in barnyard grass (*Echinochloa crusgalli* L.) mutants. *Plant Growth Regul.* 60 (1):1-12.
- Agrón, C. (2015). *Fertilidad química fertilización mineral: n-p-k nutrientes: principales, secundarios y microelementos fertilizantes: Tipos y aplicación.* 144.
- Aguirre, N., Eguiguren, P., Maita, J., Coronel, Vanesa; Samaniego, N., Ojeda, T., y Aguirre, Z. (2015). Vulnerabilidad al cambio climático en la Región Sur del Ecuador: Potenciales impactos en los ecosistemas, producción de biomasa y producción hídrica. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).
- Arévalo, G., y Castellano, M. (2009). Manual Fertilizantes y enmiendas. *Programa Para La Agricultura Sostenible En Laderas de América Central. Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, 57.*
- Basave, E., Cetina, V., López, M., Trejo, C., Ramírez, C., y Conde, V. (2020). Fertilización de *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth en vivero: efectos en la calidad de planta. *Madera y Bosques*, 26(3), 1–13. <https://doi.org/10.21829/myb.2020.2632059>
- Briceño, A., Rangel, J., y Bogino, S. (2016). Estudio de los anillos de crecimiento de *Cordia alliodora* (Ruiz y Pav.) Oken en Colombia. *Colombia Forestal*, 19(2), 219–232. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2016.2.a07>
- Butz, P., Raffelsbauer, V., Graefe, S., Peters, T., Cueva, E., Hölscher, D., y Bräuning, A. (2017). Respuestas de los árboles a la humedad, fluctuaciones en un bosque seco neotropical como indicadores potenciales de cambio climático. *Indicadores ecológicos.* doi:559-571
- Castillo, M., y Suzuarte, M. (2010). *Análisis y Diagnóstico Proyecto de Arquitectura y Paisajismo. Informe Final. San Bernardo. Chile.*
- Chávez-Sifontes, y Domine, M. (2013). Lignina, estructura y aplicaciones: Métodos de despolimerización para la obtención de derivados aromáticos de interés industrial. En *Avances en Ciencias e Ingeniería* (Vol. 4, Issue 4).
- Chávez, Y. A. J. (2014). *Dendrocronología de Caesalpinia spinosa (Molina) Kuntze, "taya", en bosques naturales de la provincia de San Marcos y distrito de Matara.* 70.
- Corral, J., Aguirre, O., Jiménez, J., y Nívar, J. (2007). *Muestreo de Diversidad y Observaciones*

- Ecológicas del Estrato Arbóreo del Bosque Mesófilo de Montaña “El Cielo”, Tamaulipas, México.*
- Cruz, J. (2014). *Consideraciones tecnológicas en la protección de la madera.* 283.
- Dominguez, N. (2017). *Descripción de las características cualitativas y cuantitativas del xilema de la rama y sub-rama de la Alchornea triplinervia spreng, del Arboretum “El huayo”. Puerto Almendra, Iquitos – Perú. UNAP,* 1–63.
- Eras V., Minchala J., Moreno J., Yaguana M., Sinche M. y Valarezo C. (2019). Estructura, Composición Florística y Fisiología Reproductiva de *Cinchona officinalis* L. en la provincia de Loja, Laboratorio de Micropropagación Vegetal. Universidad Nacional de Loja. Ecuador: 160 p.
- Feijoo, C., Ramón, D., y Pucha, D. (2018). Guía para cortes anatómicos de la madera. Loja, Ecuador:
- Feijoo Feijoo, C. E. (2020). *Impacto del estrés hídrico en la anatomía de la madera y morfología de Acacia macracantha Willd. y Cinchona officinalis L. bajo condiciones de invernadero.* Universidad Nacional de Loja.
- Fernández, A. (2017). *Identificación y caracterización del género Cinchona en la zona de amortiguamiento del área de conservación municipal-Bosque Huamantanga, Jaén-Perú.* Universidad Nacional de Cajamarca, Jaén.
- Fleta, E. (2017). *Mecanismos de protección frente al déficit hídrico reiterado en plantas .* Universidad de Barcelona.
- García, L. (2003). *Madera y su anatomía. Madrid-España: Mundiprensa.*
- Galeano, V. D., y Galeano, H. D. (2009). Uso de plantas medicinales: para prevenir y curar algunas enfermedades. AHYAT. 109
- Garmendia, A. (1999). El árbol de la quina (*Cinchona* spp.): Distribución, caracterización de su hábitat y arquitectura. Madrid. Universidad Complutense de Madrid.
- Garmendia, A. (2005). El Árbol de la Quina (*Cinchona* sp), (1ra. ed.). Ecuador: Universidad Técnica Particular de Loja. Pág. 33-155.
- Giménez, A., Juana Moglia, y Gerez, R. (2005). *Anatomía de madera.*
- González, B. (2022). Cambios morfológicos y anatómicos de la madera en plantas de *Cinchona officinalis* L. y *Acacia macracantha* Willd por sequía inducida en el cantón Loja, Ecuador. Universidad Nacional de Loja.

- Gutiérrez, L. A. B., y Ramos, G. M. V. (2013). Anatomía de anillos de crecimiento de 80 especies arbóreas potenciales para estudios dendrocronológicos en la selva central, Perú. *Revista de Biología Tropical*, 61(3), 1025–1037. <https://doi.org/10.15517/rbt.v61i3.11778>
- Guzmán, J. (2018). Fertilizantes químicos y biofertilizantes en México. *Boletines Cámara de Diputados*, 37. <http://www5.diputados.gob.mx/index.php/esl/Comunicacion/Boletines/2016/Abril/15/1343-En-Mexico-hay-500-mil-viviendas-sin-electricidad-principalmente-en-comunidades-indigenas-y-rurales>
- Instituto Forestal. (2009). Caracterización de las plantas. *Manual Viverización Nativa*, 39–46.
- Ipinza, R., y Barros, S. (2011). El cambio climático los bosques y la silvicultura. *Instituto Forestal, January*, 1–144.
- Jiménez, J. A. (2011). Dendrocronología en el trópico: aplicaciones actuales y potenciales dendrocronology in the tropics : current and potential applications. *Colombia Forestal*, 14(1), 97–111.
- Juárez, Y. (2014). Dasometría apuntes de clase y guía de actividades prácticas. 2014, 103.
- Köhl, M. (07 de 17 de 2019). Los árboles tropicales mantienen altas tasas de acumulación de carbono en la vejez. *Cienciaplus*.
- León S., M. A., Reyes P., J. L., Herrero E., G., y Pérez L., V. E. (2016). Efecto de la fertilización sobre el crecimiento en diámetro y altura de *Pinus caribaea* en plantaciones del occidente de Cuba. *Madera y Bosques*, 22(3), 87–101.
- Levitt, J. (1980). *Responses of plants to environmental stresses*. Academic Press.
- López S., J. A. (2015). Fitotecnista Unidad De Aprendizaje : Anatomía De Plantas Cultivadas Responsable : *Universidad Autónoma Del Estado de México*, 1, 286.
- Lozada, J. R., y Arends, E. (2000). *Clasificación ecológica de especies arbóreas, con fines de aprovechamiento forestal, en la Estación Experimental Caparo*. 44(1).
- Luna-Flores, W; Estrada-Medina; H; Jiménez-Osornio; J. J. M; Pinzón-López, L. L. (2012). *Efecto del estrés hídrico sobre el crecimiento y eficiencia del uso del agua en plántulas de tres especies arbóreas caducifolias*. 30(4), 343–353.
- Macía, M. J. (2006). Las plantas de fibra. *Botánica Económica de Los Andes Centrales, January*, 370–384.
- Masías, V. (2017). Consideraciones para la medición de diámetros y altura de árboles vivos de *Polylepis flavipila* (Bitter) M. Kessler y Schmidt-Leb.". 4, 9–15.

- Martínez-Ballesta, M.C., Lopez-Perez, L. Muries, B, Muñoz-Azcarate, O., & Carvajal, M. (2009) Climate change and plant water balance. The role of aquaporins. *Sustainable Agricultural Reviews (E. Lichtfouse, Ed.) Vol 2, 71-89.*
- Megías, M., Molist, P., y Pombal, M. A. (2020). Tejidos Vegetales Vasculares. *Atlas de Histología Animal y Vegetal*, 1–18.
- Melandri, J. L., Dezzeo, N., y Espinoza de Pernía, N. (2008). *Periodicidad de los anillos de crecimiento en Pinus caribaea var. hondurensis proveniente de una plantación delestado Mérida, Venezuela. 51(1), 57–66.*
- Mendivelso, H., Camarero Martínez, J. J., y Gutiérrez Merino, E. (2016). *Dendrocronología en bosques neotropicales secos: métodos, avances y aplicaciones.*
- Meza, M. del C. (2018). “Medición del diámetro (dap) de un árbol.” 1–14.
- Moreno, L. (2009). Respuesta de las plantas al estrés por déficit hídrico. Una revisión. *Encyclopedia of Life Sciences, 27(2), 179–191.* <https://doi.org/10.1038/npg.els.0001298>
- Muller, L. (2000). Manual de laboratorio de morfología vegetal. *CATIE.*
- Navarro, M., Villar, P., y Del Campo, A. (2006). Morfología y establecimiento de los plantones. Calidad de planta forestal para la restauración en ambientes mediterráneos degradados. Estado actual de conocimientos. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, 67-88.
- Ojeda, C. (2015). Efecto de un producto bioactivo compuesto por oligogalacturónidos como mitigador del estrés hídrico en variedades de albahaca (*Ocimum basilicum* L). *Revista Chilena de Historia Natural, 74(4), 5.* <https://doi.org/10.4067/s0716-078x2001000400006>
- Paz, F. (2008). *Determinación de la composición química de la madera obtenida del primer clareo en árboles de melina.*
- Pérez, U. (2014). *Estrés hídrico en leguminosas.* Universidad Pública de Navarra.
- Pucha, A., Feijoo, E., Arévalo, Y., y Guamán, E. (2020). Sensibilidad de *Cinchona officinalis* L. al estrés hídrico: cambios morfológicos y anatómicos de la madera. *Bosques Latitud Cero, 10(2), 27-43.*
- Pucha, D., Jumbo, N., Moncada, V., Burneo, M., Narvaez, L., Feijoo, C., y Bräuning, A. (2020). Impacto de las condiciones climáticas en el crecimiento diamétrico de especies forestales de alto valor comercial. Efectos del cambio climático en el hábitat de las especies y los ODS, 20-22.
- Quintal-Ortiz, W. C., Pérez-Gutiérrez, A., Latournerie-Moreno, L., May-Lara, C., y Ruiz-Sánchez,

- E. (2012). Uso de agua, potencial hídrico y rendimiento de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). *Revista Fitotecnia Mexicana*, 35(2), 156. <https://doi.org/10.35196/rfm.2012.2.155>
- Ramírez, P., Puertas, P., Guevara, L., y Espinoza, M. (2012). “Utilización Industrial y Mercado de die Especies Maderables Potenciales de Bosques Secundarios y Primarios Residuales. *AIDER*, 66(1), 37–39.
- Rueda, D. (2015). *Botánica sistémica*.
- Sáenz, J. T., Villaseñor, F. J., Muñoz, H. J., Rueda, A., y Prieto, J. A. (2010). *Calidad de planta en viveros forestales de clima templado en Michoacán* (p. 48).
- Segura, H. (2017). “Influencia del carbón activado obtenido de Huarango (*Acacia macracantha*) en la remoción de cloro libre residual en agua potable, celendín”. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca.
- Tarazona Damazo, M. Á. (2018). Efecto del compost y riego por goteo solar en el crecimiento de *Acacia macracantha* en la Zona Reservada Lomas de Ancón, Lima 2018. [Universidad César Vallejo]. [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/40573/Tarazona_DM A.pdf ?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/40573/Tarazona_DM_A.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- IUCN SSC Global Tree Specialist Group y Botanic Gardens Conservation International (BGCI). 2020. *Vachellia macracantha*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2020*: e.T152908301A152908303. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.20201.RLTS.T152908301A152908303.en>. Accessed on 13 July 2023.
- Ureta, D., García, Y., Arteaga, Y., Morales, A., Lazo, Y., y Jalca, I. (2018). Método de clasificación a partir del diagnóstico de calidad morfológica en vivero para la selección de especies forestales promisorias en programas de restauración. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 7(3), 142–150.
- Valladares, F., Vilagrosa, A., Peñuelas, J., Camarero, J., Ogaya, R., Corcuera, L., Sisó, S., y Pelegrín, E. (2014). *Estrés hídrico : ecofisiología y escalas de la sequía*. October.
- Valverde Otárola, J. C., y Arias, D. (2020). Efectos del estrés hídrico en crecimiento y desarrollo fisiológico de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. *Colombia Forestal*, 23(1), 20–34. <https://doi.org/10.14483/2256201x.14786>.
- Venier, Paula, Cabido, Marcelo, Mangeaud, Arnaldo, y Funes, Guillermo. (2013). Crecimiento y supervivencia de plántulas de cinco especies de *Acacia* (Fabaceae), que coexisten en bosques secos neotropicales de Argentina, en distintas condiciones de disponibilidad de luz y

- agua. *Revista de Biología Tropical*, 61(2), 583-594.
- Yepes, A., y Silveira, M. (2011). Plant responses to meteorological events related to climate change - review. *Colombia Forestal*, 14(0120–0739), 213–232.
- Zavaleta-Mejía, E., y Lagunes-Fortíz, E. (2015). Función de la Lignina en la Interacción Planta-Nematodos Endoparásitos Sedentarios. *Revista Mexicana de Fitopatología, Mexican Journal of Phytopathology*, 43–63. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1506-7>
- Zepeda, C. (2017). *Cambium vascular: Meristemo de crecimiento secundario*. 57.

11. Anexos

Anexo 1.

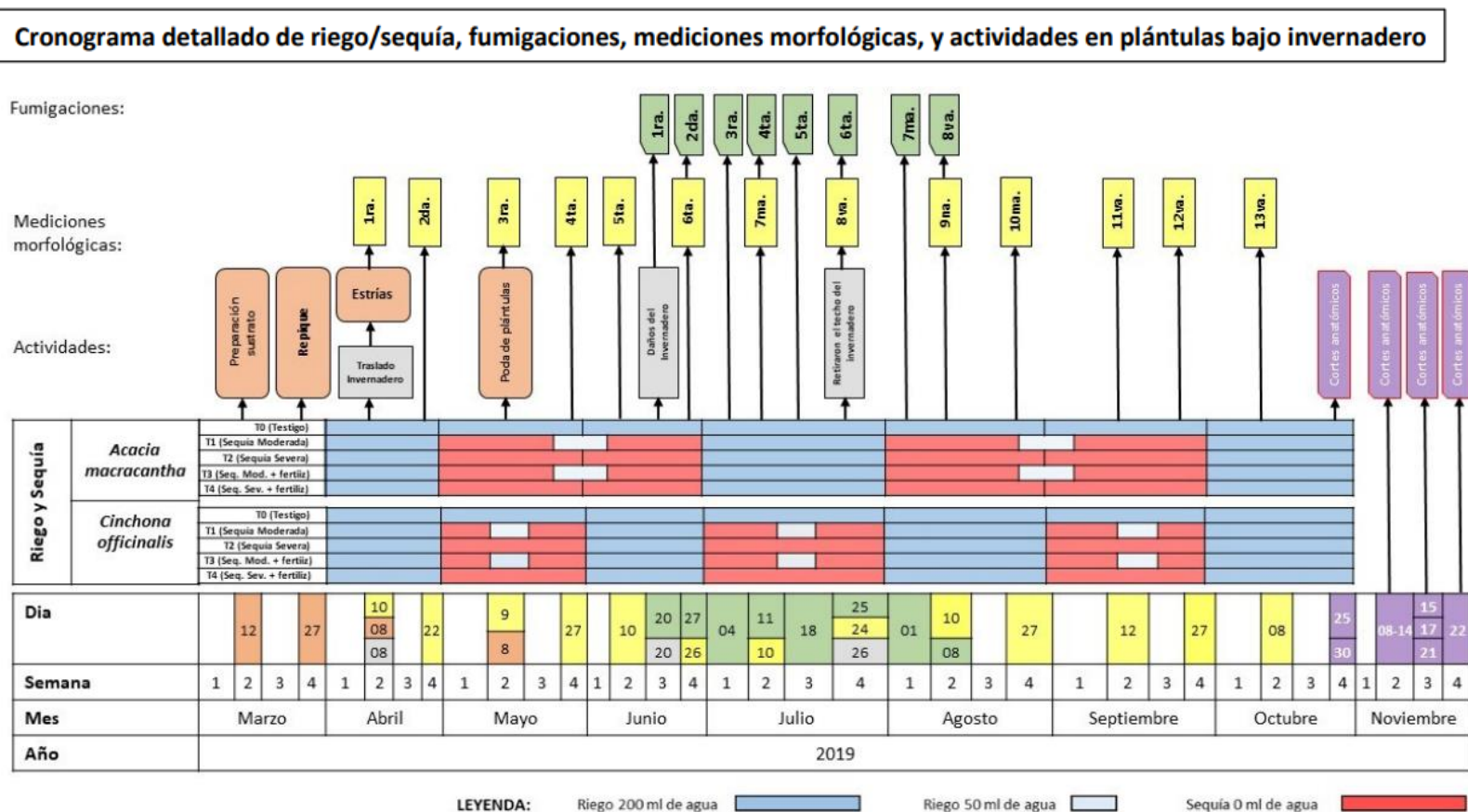
Hoja de campo para recopilación de variables.

 <p style="text-align: center;">Carrera de Ingeniería Forestal</p> <p>Proyecto de investigación: "Impacto de las variaciones climáticas en la fijación de carbono en ecosistemas forestales al sur de Ecuador"</p> <p style="text-align: center;">FICHA DE MEDICIONES</p> <p>Para proyecto de tesis sobre cambios morfológicos y formación de anillos de crecimiento bajo condiciones controladas en plantas de <i>Cedrela montana</i> y <i>Handroanthus chrysanthus</i>.</p> <p>Especie: _____ Código: _____</p> <p>Responsable: _____</p> <p>Medición Nro: _____</p> <p>Fecha: _____</p> <p>Observaciones: _____</p>	<p>T0: TESTIGO</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Indiv.</th> <th rowspan="2">Altura (cm)</th> <th rowspan="2">Diámetro (cm)</th> <th colspan="3">N° de hojas</th> <th rowspan="2">Mortalidad</th> <th colspan="3">Estado fitosanitario</th> </tr> <tr> <th>C</th> <th>N</th> <th>T</th> <th>Bueno</th> <th>Regular</th> <th>Malo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>T0_01</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T0_02</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T0_03</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T0_04</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T0_05</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T0_06</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T0_07</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T0_08</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T0_09</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T0_10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T0_11</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T0_12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T0_13</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T0_14</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T0_15</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T0_16</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T0_17</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T0_18</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T0_19</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T0_20</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	Indiv.	Altura (cm)	Diámetro (cm)	N° de hojas			Mortalidad	Estado fitosanitario			C	N	T	Bueno	Regular	Malo	T0_01										T0_02										T0_03										T0_04										T0_05										T0_06										T0_07										T0_08										T0_09										T0_10										T0_11										T0_12										T0_13										T0_14										T0_15										T0_16										T0_17										T0_18										T0_19										T0_20																																																																																																																																																																																																																																	
Indiv.	Altura (cm)				Diámetro (cm)	N° de hojas			Mortalidad	Estado fitosanitario																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
		C	N	T		Bueno	Regular	Malo																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
T0_01																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T0_02																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T0_03																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T0_04																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T0_05																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T0_06																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T0_07																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T0_08																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T0_09																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T0_10																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T0_11																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T0_12																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T0_13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T0_14																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T0_15																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T0_16																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T0_17																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T0_18																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T0_19																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T0_20																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
<p>T1: SUSTRATO Y SEQUÍA MODERADA</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Indiv.</th> <th rowspan="2">Altura (cm)</th> <th rowspan="2">Diámetro (cm)</th> <th colspan="3">N° de hojas</th> <th rowspan="2">Mortalidad</th> <th colspan="3">Estado fitosanitario</th> </tr> <tr> <th>C</th> <th>N</th> <th>T</th> <th>Bueno</th> <th>Regular</th> <th>Malo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>T1_01</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T1_02</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T1_03</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T1_04</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T1_05</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T1_06</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T1_07</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T1_08</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T1_09</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T1_10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T1_11</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T1_12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T1_13</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T1_14</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T1_15</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T1_16</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T1_17</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T1_18</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T1_19</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T1_20</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	Indiv.	Altura (cm)	Diámetro (cm)	N° de hojas			Mortalidad	Estado fitosanitario			C	N	T	Bueno	Regular	Malo	T1_01										T1_02										T1_03										T1_04										T1_05										T1_06										T1_07										T1_08										T1_09										T1_10										T1_11										T1_12										T1_13										T1_14										T1_15										T1_16										T1_17										T1_18										T1_19										T1_20										<p>T2: SUSTRATO Y SEQUÍA SEVERA</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Indiv.</th> <th rowspan="2">Altura (cm)</th> <th rowspan="2">Diámetro (cm)</th> <th colspan="3">N° de hojas</th> <th rowspan="2">Mortalidad</th> <th colspan="3">Estado fitosanitario</th> </tr> <tr> <th>C</th> <th>N</th> <th>T</th> <th>Bueno</th> <th>Regular</th> <th>Malo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>T2_01</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T2_02</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T2_03</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T2_04</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T2_05</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T2_06</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T2_07</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T2_08</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T2_09</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T2_10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T2_11</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T2_12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T2_13</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T2_14</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T2_15</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T2_16</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T2_17</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T2_18</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T2_19</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T2_20</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	Indiv.	Altura (cm)	Diámetro (cm)	N° de hojas			Mortalidad	Estado fitosanitario			C	N	T	Bueno	Regular	Malo	T2_01										T2_02										T2_03										T2_04										T2_05										T2_06										T2_07										T2_08										T2_09										T2_10										T2_11										T2_12										T2_13										T2_14										T2_15										T2_16										T2_17										T2_18										T2_19										T2_20									
Indiv.				Altura (cm)	Diámetro (cm)	N° de hojas			Mortalidad	Estado fitosanitario																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
	C	N	T			Bueno	Regular	Malo																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
T1_01																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T1_02																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T1_03																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T1_04																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T1_05																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T1_06																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T1_07																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T1_08																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T1_09																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T1_10																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T1_11																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T1_12																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T1_13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T1_14																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T1_15																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T1_16																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T1_17																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T1_18																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T1_19																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T1_20																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Indiv.	Altura (cm)	Diámetro (cm)	N° de hojas			Mortalidad	Estado fitosanitario																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
			C	N	T		Bueno	Regular	Malo																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
T2_01																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T2_02																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T2_03																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T2_04																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T2_05																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T2_06																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T2_07																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T2_08																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T2_09																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T2_10																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T2_11																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T2_12																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T2_13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T2_14																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T2_15																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T2_16																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T2_17																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T2_18																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T2_19																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T2_20																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
<p>T3: SUSTRATO + FERTILIZANTE Y SEQUÍA MODERADA</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Indiv.</th> <th rowspan="2">Altura (cm)</th> <th rowspan="2">Diámetro (cm)</th> <th colspan="3">N° de hojas</th> <th rowspan="2">Mortalidad</th> <th colspan="3">Estado fitosanitario</th> </tr> <tr> <th>C</th> <th>N</th> <th>T</th> <th>Bueno</th> <th>Regular</th> <th>Malo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>T3_01</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T3_02</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T3_03</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T3_04</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T3_05</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T3_06</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T3_07</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T3_08</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T3_09</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T3_10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T3_11</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T3_12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T3_13</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T3_14</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T3_15</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T3_16</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T3_17</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T3_18</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T3_19</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T3_20</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	Indiv.	Altura (cm)	Diámetro (cm)	N° de hojas			Mortalidad	Estado fitosanitario			C	N	T	Bueno	Regular	Malo	T3_01										T3_02										T3_03										T3_04										T3_05										T3_06										T3_07										T3_08										T3_09										T3_10										T3_11										T3_12										T3_13										T3_14										T3_15										T3_16										T3_17										T3_18										T3_19										T3_20										<p>T4: SUSTRATO + FERTILIZANTE Y SEQUÍA MODERADA</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Indiv.</th> <th rowspan="2">Altura (cm)</th> <th rowspan="2">Diámetro (cm)</th> <th colspan="3">N° de hojas</th> <th rowspan="2">Mortalidad</th> <th colspan="3">Estado fitosanitario</th> </tr> <tr> <th>C</th> <th>N</th> <th>T</th> <th>Bueno</th> <th>Regular</th> <th>Malo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>T4_01</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T4_02</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T4_03</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T4_04</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T4_05</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T4_06</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T4_07</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T4_08</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T4_09</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T4_10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T4_11</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T4_12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T4_13</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T4_14</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T4_15</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T4_16</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T4_17</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T4_18</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T4_19</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T4_20</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	Indiv.	Altura (cm)	Diámetro (cm)	N° de hojas			Mortalidad	Estado fitosanitario			C	N	T	Bueno	Regular	Malo	T4_01										T4_02										T4_03										T4_04										T4_05										T4_06										T4_07										T4_08										T4_09										T4_10										T4_11										T4_12										T4_13										T4_14										T4_15										T4_16										T4_17										T4_18										T4_19										T4_20									
Indiv.				Altura (cm)	Diámetro (cm)	N° de hojas			Mortalidad	Estado fitosanitario																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
	C	N	T			Bueno	Regular	Malo																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
T3_01																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T3_02																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T3_03																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T3_04																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T3_05																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T3_06																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T3_07																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T3_08																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T3_09																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T3_10																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T3_11																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T3_12																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T3_13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T3_14																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T3_15																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T3_16																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T3_17																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T3_18																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T3_19																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T3_20																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Indiv.	Altura (cm)	Diámetro (cm)	N° de hojas			Mortalidad	Estado fitosanitario																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
			C	N	T		Bueno	Regular	Malo																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
T4_01																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T4_02																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T4_03																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T4_04																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T4_05																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T4_06																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T4_07																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T4_08																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T4_09																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T4_10																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T4_11																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T4_12																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T4_13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T4_14																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T4_15																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T4_16																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T4_17																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T4_18																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T4_19																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T4_20																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	

Anexo 2.

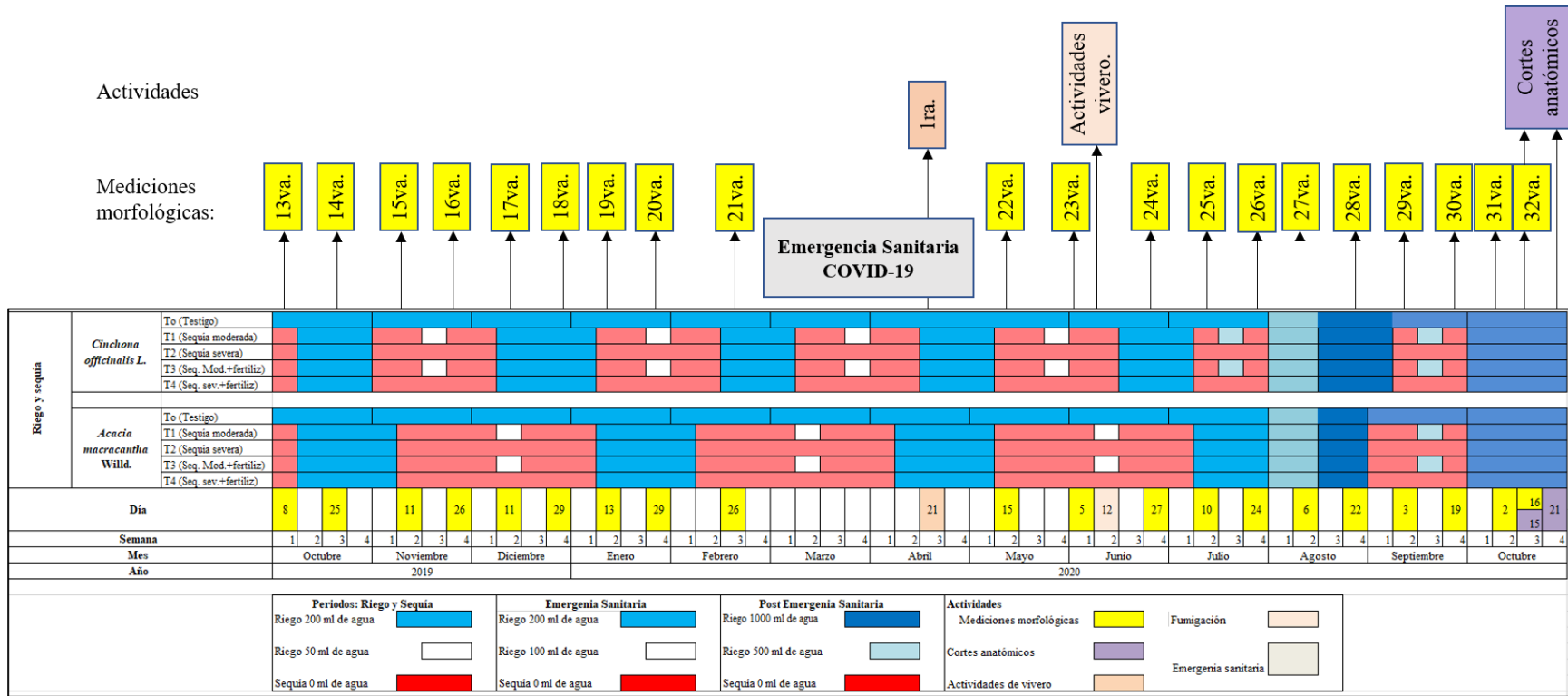
Cronograma detallado de riego/estrés hídrico, fumigaciones, mediciones morfológicas, y actividades en plantas bajo invernadero para *Cinchona officinalis* L. y *Acacia macracantha* Wild.

A) Cronograma de 0 - 6 meses



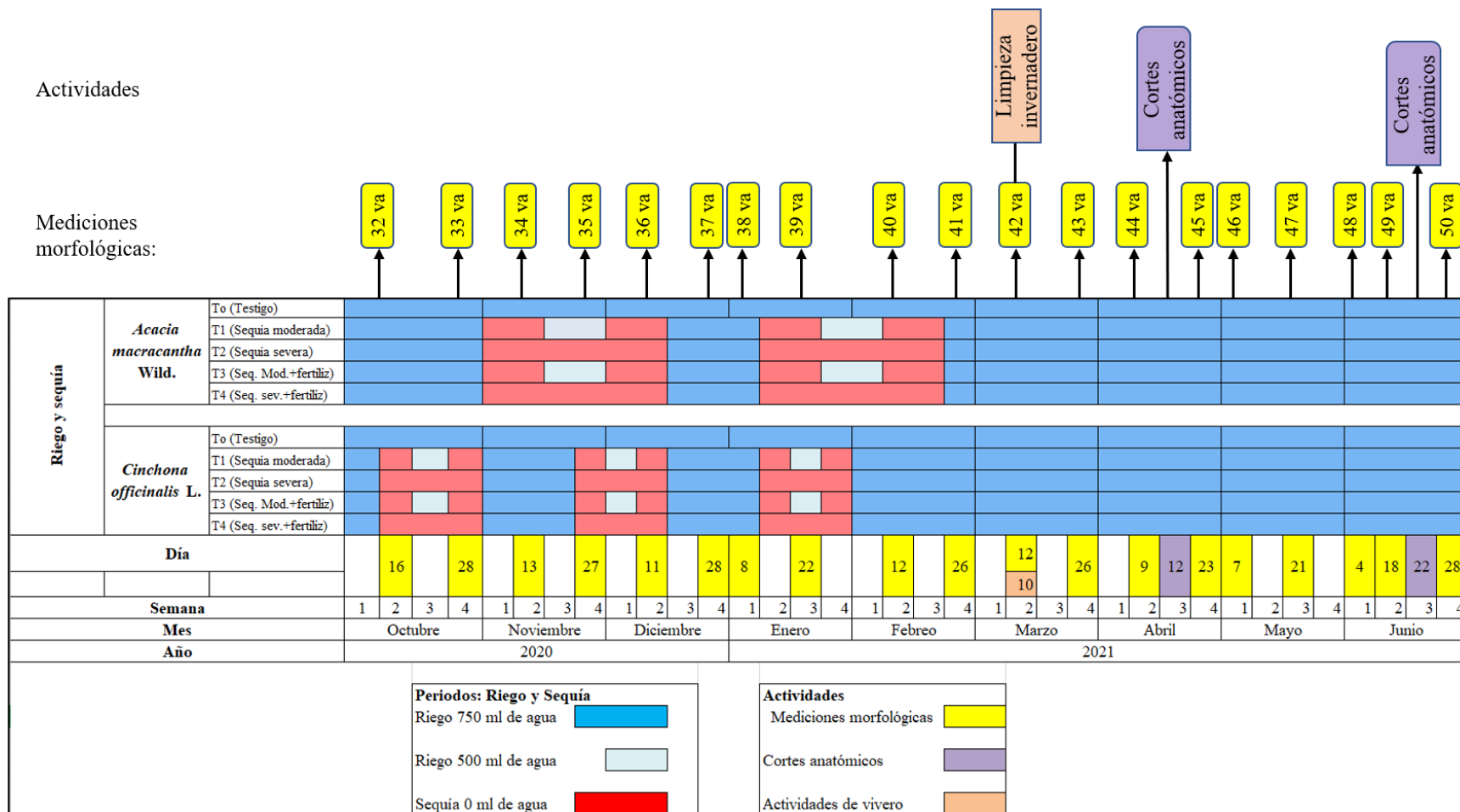
B) Cronograma de 6 - 17 meses

Cronograma detallado de riego/sequia, fumigaciones, mediciones morfológicas y actividades en el invernadero



C) Cronograma de 17 – 24 meses

Cronograma detallado de riego/sequia, mediciones morfológicas y actividades del invernadero



Anexo 3.

Representación de gráficas de series temporales de variables morfológicas de las especies en estudio a través de la utilización del software estadístico RStudio.

```
## ---
## Tesis: Cambios morfológicos y formación
de anillos de crecimiento por estrés hídrico
bajo condiciones controladas en plantas de
Acacia macracantha Wild. y Cinchona
officinalis L. en el cantón Loja, Ecuador.
## Title: PLOT DE RIEGO Y VARIABLES
MORFOLOGICAS
## Subtitle: Análisis de datos de tesis
Faique
## Author: Tania Verdesoto Tigreros
## Date: 20 de agosto de 2021
## actualizado: 01sep2021
## ---
rm(list = ls()) # Resetear o limpiar todos
los objetos del área de trabajo
graphics.off() # Resetear o limpiar área
de gráficos
Ctrl + l # Limpiar la consola

# Fijar carpeta de trabajo
setwd("C:/VERDESOTO_TANIA_TESIS/Acacia_mac
racantha_CSV")

#####
##### 1. TRATAMIENTO 0 #####
#####

## 1.1. Abrir base de datos
datos.AC.T0 <- read.csv("T0_resumen.csv",
sep = ";", dec = ",")

## 1.2. Convertir columna a formato de fecha
datos.AC.T0$Fecha2_riego <-
as.POSIXct(datos.AC.T0$Fecha2_riego,
format = "%d.%m.%Y")
datos.AC.T0$Fecha_medicion <-
as.POSIXct(datos.AC.T0$Fecha_medicion,
format = "%d.%m.%Y")

## 1.3. Subtabla solo de variables para
analizar
datos.AC.T0_med <- datos.AC.T0[ , c(3, 5,
7:27)]

## 1.4. Funcion que deja solo columnas
completas
datos.AC.T0_med <-
datos.AC.T0_med[complete.cases(datos.AC.T0
_med) , ]

## 1.5. Subtablas
library(reshape)

# 1.5.1. Diametro
datos.AC.T0_med.diam <- datos.AC.T0_med[,
c(2, 9:11) ] #Seleccionar columnas
colnames(datos.AC.T0_med.diam) <-
c("Fecha", "T0_07", "T0_14", "T0_19") #
Cambiar nombres de columnas
datos.AC.T0_med.diam2 <-
melt(datos.AC.T0_med.diam, id.vars =
"Fecha") # Cambiar formato de tabla a
formato largo
colnames(datos.AC.T0_med.diam2)[3] <-
"value.diam" # cambiar nombre a la columna
valores
# a. Diametro IC
datos.AC.T0_med.diamIC <- datos.AC.T0_med[,
c(2, 12:14) ] #Seleccionar columnas
colnames(datos.AC.T0_med.diamIC) <-
c("Fecha", "T0_07", "T0_14", "T0_19") #
Cambiar nombres de columnas
datos.AC.T0_med.diamIC2 <-
melt(datos.AC.T0_med.diamIC, id.vars =
"Fecha") # Cambiar formato de tabla a
formato largo
colnames(datos.AC.T0_med.diamIC2)[3] <-
"value.diamIC" # cambiar nombre a la
columna valores
# b. Diametro + Diametro IC
datos.AC.T0_med.diam3 <-
datos.AC.T0_med.diam2 # hacer una copia de
...diam2
datos.AC.T0_med.diam3$value.diamIC <-
datos.AC.T0_med.diamIC2$value.diamIC #
copiar solo la columna value.diamIC

# 1.5.2. Altura
datos.AC.T0_med.alt <- datos.AC.T0_med[,
c(2, 3:5) ] #Seleccionar columnas
colnames(datos.AC.T0_med.alt) <- c("Fecha",
"T0_07", "T0_14", "T0_19") # Cambiar nombres
de columnas
datos.AC.T0_med.alt2 <-
melt(datos.AC.T0_med.alt, id.vars =
"Fecha") # Cambiar formato de tabla a
formato largo
colnames(datos.AC.T0_med.alt2)[3] <-
"Acumulado" # cambiar nombre a la columna
valores
# a. Altura IC
datos.AC.T0_med.altIC <- datos.AC.T0_med[,
c(2, 6:8) ] #Seleccionar columnas
colnames(datos.AC.T0_med.altIC) <-
c("Fecha", "T0_07", "T0_14", "T0_19") #
Cambiar nombres de columnas
datos.AC.T0_med.altIC2 <-
melt(datos.AC.T0_med.altIC, id.vars =
"Fecha") # Cambiar formato de tabla a
formato largo
colnames(datos.AC.T0_med.altIC2)[3] <-
"Inc.Corriente" # cambiar nombre a la
columna valores
# b. Altura + Altura IC
datos.AC.T0_med.alt3 <-
datos.AC.T0_med.alt2 # hacer una copia de
...alt2
datos.AC.T0_med.alt3$value.diamIC <-
datos.AC.T0_med.altIC2$value.diamIC #
copiar solo la columna value.altIC
# c. Convertir a formato largo
datos.AC.T0_med.alt4 <-
melt(datos.AC.T0_med.alt3, id.vars =
```

```

c("Fecha", "variable"), variable_name =
"Clase" )

# 1.5.3. Hojas
datos.AC.T0_med.hoj <- datos.AC.T0_med[,
c(2, 15:17) ] #Seleccionar columnas
colnames(datos.AC.T0_med.hoj) <- c("Fecha",
"T0_07", "T0_14", "T0_19") # Cambiar nombres
de columnas
datos.AC.T0_med.hoj2 <-
melt(datos.AC.T0_med.hoj, id.vars =
"Fecha") # Cambiar formato de tabla a
formato largo
colnames(datos.AC.T0_med.hoj2)[3] <-
"Acumulado" # cambiar nombre a la columna
valores
# a. Hojas IC
datos.AC.T0_med.hojIC <- datos.AC.T0_med[,
c(2, 18:20) ] #Seleccionar columnas
colnames(datos.AC.T0_med.hojIC) <-
c("Fecha", "T0_07", "T0_14", "T0_19") #
Cambiar nombres de columnas
datos.AC.T0_med.hojIC2 <-
melt(datos.AC.T0_med.hojIC, id.vars =
"Fecha") # Cambiar formato de tabla a
formato largo
colnames(datos.AC.T0_med.hojIC2)[3] <-
"Inc.Corriente" # cambiar nombre a la
columna valores
# b. Hojas + Hojas IC
datos.AC.T0_med.hoj3 <-
datos.AC.T0_med.hoj2 # hacer una copia de
...alt2
datos.AC.T0_med.hoj3$`Inc.Corriente` <-
datos.AC.T0_med.hojIC2$`Inc.Corriente` #
copiar solo la columna value.altIC
# c. Convertir a formato largo
datos.AC.T0_med.hoj4 <-
melt(datos.AC.T0_med.hoj3, id.vars =
c("Fecha", "variable"), variable_name =
"Clase" )

# 1.5.4. Estado Fitosanitario
datos.AC.T0_med.fit <- datos.AC.T0_med[,
c(2, 21:23) ] #Seleccionar columnas
colnames(datos.AC.T0_med.fit) <- c("Fecha",
"T0_07", "T0_14", "T0_19") # Cambiar nombres
de columnas
datos.AC.T0_med.fit2 <-
melt(datos.AC.T0_med.fit, id.vars =
"Fecha") # Cambiar formato de tabla a
formato largo
colnames(datos.AC.T0_med.fit2)[3] <-
"value.fit" # cambiar nombre a la columna
valores

#####
## 1.6. PLOTS
library(ggplot2)

# 1.6.1. DIAMETRO T0
diam.2doY <-
max(datos.AC.T0_med.diam3$value.diam)/
max(datos.AC.T0_med.diam3$value.diamIC*2.5
) # *2 para que la escala del 2do eje Y sea
el doble
AC.T0_diam <-
ggplot(datos.AC.T0_med.diam3, aes(x =
Fecha, color = variable)) +
geom_line(aes(y = value.diam) +

```

```

geom_line(aes(y = value.diamIC), linetype
= "dashed", size = 0.7) +
scale_y_continuous(name = "___
Acumulada (cm)", sec.axis = sec_axis(~./2,
name = "--- Inc.Corriente (cm)") ) +
theme_minimal() +
theme(axis.title.x = element_blank(),
axis.text.x = element_blank(),

axis.title.y.left=element_text(color="blac
k"),

axis.text.y.left=element_text(color="black
"),

axis.title.y.right=element_text(color="bla
ck"),

axis.text.y.right=element_text(color="blac
k")) +
geom_point(aes(y = value.diam), shape =
16) +
geom_point(aes(y = value.diamIC), shape =
17) +
annotate(geom = "text", x =
as.POSIXct("2020-04-05"), y = 1.9, label =
"Inicio de la \nPANDEMIA", color = "grey20")
+
annotate(geom = "text", x =
as.POSIXct("2019-05-01"), y = 0.9, label =
"Etapa 01", colour = "grey") +
annotate(geom = "text", x =
as.POSIXct("2020-01-01"), y = 0.9, label =
"Etapa 02", colour = "grey") +
annotate(geom = "text", x =
as.POSIXct("2020-11-01"), y = 0.9, label =
"Etapa 03", colour = "grey60") +
annotate(geom = "text", x =
as.POSIXct("2020-08-15"), y = 1.3, label =
"Nuevo invernadero", colour = "grey40") +

geom_rect(aes(xmin = as.POSIXct("2020-02-
29"), xmax = as.POSIXct("2020-05-11"), ymin
= -Inf, ymax = Inf),
colour = "grey90", fill="grey",
alpha = 0.01) +
geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2019-09-
25"), y = 0, # Inicio tesista 2
xend = as.POSIXct("2019-
09-25"),
yend = 2.0), linetype =
"dotted") +
geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-07-
08"), y = 0, # Inicio tesista 3
xend = as.POSIXct("2020-
07-08"),
yend = 2.0), linetype =
"dotted") +
geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-06-
15"), y = 0, # Cambio de \ninvernadero
xend = as.POSIXct("2020-
06-15"),
yend = 2.0), linetype =
"solid", colour = "grey") +
ggtitle("Diámetro")

# 1.6.2. Altura T0
max.alt <-
max(datos.AC.T0_med.alt4$value)*0.5
AC.T0_alt <-

```

```

ggplot(datos.AC.T0_med.alt4, aes(x =
Fecha, y = value, color = variable)) +
geom_line() +
facet_grid(Clase~., scale = "free_y") +
theme_minimal() + theme(axis.title.x =
element_blank(),
axis.text.x =
element_blank(),
axis.title.y.left=element_text(color="black"),
axis.text.y.left=element_text(color="black")) +
geom_point(aes(y = value), shape = 16) +
geom_rect(aes(xmin = as.POSIXct("2020-02-29"),
xmax = as.POSIXct("2020-05-11"), ymin = -Inf,
ymax = Inf),
colour = "grey90", fill="grey",
alpha = 0.01) +
geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2019-09-25"),
y = 0, # Inicio tesista 2
xend = as.POSIXct("2019-09-25"),
yend = max.alt),
linetype = "dotted") +
geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-07-08"),
y = 0, # Inicio tesista 3
xend = as.POSIXct("2020-07-08"),
yend = max.alt),
linetype = "dotted") +
geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-06-15"),
y = 0, # Cambio de \ninvernadero
xend = as.POSIXct("2020-06-15"),
yend = max.alt),
linetype = "solid", colour = "grey") +
scale_y_continuous(name = "Altura (cm)")
+
ggtitle("Altura")

# 1.6.3. NRO DE HOJAS
max.hoj <-
max(datos.AC.T0_med.hoj4$value)*0.9
AC.T0_hoj <-
ggplot(datos.AC.T0_med.hoj4, aes(x =
Fecha, y = value, color = variable)) +
geom_line() +
facet_grid(Clase~., scale = "free_y") +
theme_minimal() + theme(axis.title.x =
element_blank(),
axis.text.x =
element_blank(),
axis.title.y.left=element_text(color="black"),
axis.text.y.left=element_text(color="black")) +
geom_point(aes(y = value), shape = 16) +
geom_rect(aes(xmin = as.POSIXct("2020-02-29"),
xmax = as.POSIXct("2020-05-11"), ymin = -Inf,
ymax = Inf),
colour = "grey90", fill="grey",
alpha = 0.01) +
geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2019-09-25"),
y = 0, # Inicio tesista 2
xend = as.POSIXct("2019-09-25"),

```

```

yend = max.hoj),
linetype = "dotted") +
geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-07-08"),
y = 0, # Inicio tesista 3
xend = as.POSIXct("2020-07-08"),
yend = max.hoj),
linetype = "dotted") +
geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-06-15"),
y = 0, # Cambio de \ninvernadero
xend = as.POSIXct("2020-06-15"),
yend = max.hoj),
linetype = "solid", colour = "grey") +
scale_y_continuous(name = "Nro. hojas")
+
ggtitle("Número de hojas")

# 1.6.4. ESTADO FITOSANITARIO
max.fito <-
max(datos.AC.T0_med.fit2$value.fit*2)
AC.T0_FITO <-
ggplot(datos.AC.T0_med.fit2, aes(x =
Fecha, y = value.fit, color = variable)) +
geom_line(stat="identity") +
scale_y_continuous(name = "Estado fitosanitario \n[3= muy bueno, 2 = medio, \n1 = regular]") +
theme_minimal() + theme(axis.title.x =
element_blank(),
axis.text.x =
element_blank(),
axis.title.y.left=element_text(color="black"),
axis.text.y.left=element_text(color="black")) +
geom_point(aes(y = value.fit), shape = 16)
+
geom_rect(aes(xmin = as.POSIXct("2020-02-29"),
xmax = as.POSIXct("2020-05-11"), ymin = -Inf,
ymax = Inf),
colour = "grey90", fill="grey",
alpha = 0.01) +
geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2019-09-25"),
y = 0, # Inicio tesista 2
xend = as.POSIXct("2019-09-25"),
yend = max.fito),
linetype = "dotted") +
geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-07-08"),
y = 0, # Inicio tesista 3
xend = as.POSIXct("2020-07-08"),
yend = max.fito),
linetype = "dotted") +
geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-06-15"),
y = 0, # Cambio de \ninvernadero
xend = as.POSIXct("2020-06-15"),
yend = max.fito),
linetype = "solid", colour = "grey") +
ggtitle("Estado Fitosanitario")

# 1.6.5. RIEGO
max.riego <- max(datos.AC.T0$Riego_mm_T0)
AC.T0_RIEGO <- ggplot(datos.AC.T0[2:93,],
aes(Fecha2_riego, Riego_mm_T0)) +

```

```

geom_bar(stat="identity", fill =
"steelblue") +
  theme_minimal() +
  theme(axis.title.x = element_blank(),
axis.text.x = element_text(angle=90)) +
  ylab("Riego (ml)") +
  geom_rect(aes(xmin = as.POSIXct("2020-02-
29"), xmax = as.POSIXct("2020-05-11"), ymin
= -Inf, ymax = Inf),
  colour = "grey90", fill="grey",
alpha = 0.01) +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2019-09-
25"), y = 0, # Inicio tesista 2
  xend = as.POSIXct("2019-
09-25"),
  yend = max.riego),
linetype = "dotted") +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-07-
08"), y = 0, # Inicio tesista 3
  xend = as.POSIXct("2020-
07-08"),
  yend = max.riego),
linetype = "dotted") +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-06-
15"), y = 0, # Cambio de \ninvernadero
  xend = as.POSIXct("2020-
06-15"),
  yend = max.riego),
linetype = "solid", colour = "grey") +
  scale_x_datetime(date_breaks = "1 month")

## 1.7. union de Plots con eje X alineado
#Basado en
https://gist.github.com/tomhopper/faa24797
bb44addeba79
library(grid)
library(egg)

egg::ggarrange(AC.T0_diam, AC.T0_alt,
AC.T0_hoj, AC.T0_FITO, AC.T0_RIEGO,
ncol = 1, top = "Acacia
macracantha T0")

# 1.7.1 Exportar como PDF
pdf("AC.T0_resumenPlot.pdf", onefile=TRUE,
paper="a4", pointsize = 18)

egg::ggarrange(AC.T0_diam, AC.T0_alt,
AC.T0_hoj, AC.T0_FITO, AC.T0_RIEGO,
ncol = 1, top = "Acacia
macracantha T0")

dev.off()

# 1.7.2. Exportar como JPG
jpeg(filename="AC.T0_resumenPlot.jpg",
width = 210*1.2, height = 297*1.2, units =
"mm", res=600) # Exportar como JPG

egg::ggarrange(AC.T0_diam, AC.T0_alt,
AC.T0_hoj, AC.T0_FITO, AC.T0_RIEGO,
ncol = 1, top = "Acacia
macracantha T0")

dev.off()

#####
##### 2. TRATAMIENTO 1 #####
#####

## 2.1. Abrir base de datos
datos.AC.T1 <- read.csv("T1_resumen.csv",
sep = ";", dec = ",")

## 2.2. Convertir columna a formato de fecha
datos.AC.T1$Fecha2_riego <-
as.POSIXct(datos.AC.T1$Fecha2_riego,
format = "%d.%m.%Y")
datos.AC.T1$Fecha_medicion <-
as.POSIXct(datos.AC.T1$Fecha_medicion,
format = "%d.%m.%Y")

## 2.3. Subtabla solo de variables para
analizar
datos.AC.T1_med <- datos.AC.T1[, c(3, 5,
7:27)]

## 2.4. Funcion que deja solo columnas
completas
datos.AC.T1_med <-
datos.AC.T1_med[complete.cases(datos.AC.T1
_med) , ]

## 2.4.1. Union de filas de T0 a T1
datos.AC.T1_med2 <- datos.AC.T1_med
datos.AC.T1_med2[35:44, 1:2] <-
datos.AC.T0_med[35:44, 1:2] # Unimos
ultimas filas del T0 [35:44,]

## 2.5. Subtablas
library(reshape)

# 2.5.1. Diametro
datos.AC.T1_med.diam <- datos.AC.T1_med2[,
c(2, 9:11)] #Seleccionar columnas
colnames(datos.AC.T1_med.diam) <-
c("Fecha", "T1_04", "T1_16", "T1_19") #
Cambiar nombres de columnas
datos.AC.T1_med.diam2 <-
melt(datos.AC.T1_med.diam, id.vars =
"Fecha") # Cambiar formato de tabla a
formato largo
colnames(datos.AC.T1_med.diam2) [3] <-
"value.diam" # cambiar nombre a la columna
valores
# a. Diametro IC
datos.AC.T1_med.diamIC <-
datos.AC.T1_med2[, c(2, 12:14)]
#Seleccionar columnas
colnames(datos.AC.T1_med.diamIC) <-
c("Fecha", "T1_04", "T1_16", "T1_19") #
Cambiar nombres de columnas
datos.AC.T1_med.diamIC2 <-
melt(datos.AC.T1_med.diamIC, id.vars =
"Fecha") # Cambiar formato de tabla a
formato largo
colnames(datos.AC.T1_med.diamIC2) [3] <-
"value.diamIC" # cambiar nombre a la
columna valores
# b. Diametro + Diametro IC
datos.AC.T1_med.diam3 <-
datos.AC.T1_med.diam2 # hacer una copia de
...diam2
datos.AC.T1_med.diam3$value.diamIC <-
datos.AC.T1_med.diamIC2$value.diamIC #
copiar solo la columna value.diamIC

# 2.5.2. Altura

```

```

datos.AC.T1_med.alt <- datos.AC.T1_med2[,
c(2, 3:5)] #Seleccionar columnas
colnames(datos.AC.T1_med.alt) <- c("Fecha",
"T1_04", "T1_16", "T1_19") # Cambiar nombres
de columnas
datos.AC.T1_med.alt2 <-
melt(datos.AC.T1_med.alt, id.vars =
"Fecha") # Cambiar formato de tabla a
formato largo
colnames(datos.AC.T1_med.alt2)[3] <-
"Acumulado" # cambiar nombre a la columna
valores
# a. Altura IC
datos.AC.T1_med.altIC <- datos.AC.T1_med2[,
c(2, 6:8)] #Seleccionar columnas
colnames(datos.AC.T1_med.altIC) <-
c("Fecha", "T1_04", "T1_16", "T1_19") #
Cambiar nombres de columnas
datos.AC.T1_med.altIC2 <-
melt(datos.AC.T1_med.altIC, id.vars =
"Fecha") # Cambiar formato de tabla a
formato largo
colnames(datos.AC.T1_med.altIC2)[3] <-
"Inc.Coriiente" # cambiar nombre a la
columna valores
# b. Altura + Altura IC
datos.AC.T1_med.alt3 <-
datos.AC.T1_med.alt2 # hacer una copia de
...alt2
datos.AC.T1_med.alt3$`Inc.Coriiente` <-
datos.AC.T1_med.altIC2$`Inc.Coriiente` #
copiar solo la columna value.altIC
# c. Convertir a formato largo
datos.AC.T1_med.alt4 <-
melt(datos.AC.T1_med.alt3, id.vars =
c("Fecha", "variable"), variable_name =
"Clase" )

# 2.5.3. Hojas
datos.AC.T1_med.hoj <- datos.AC.T1_med2[,
c(2, 15:17)] #Seleccionar columnas
colnames(datos.AC.T1_med.hoj) <- c("Fecha",
"T1_04", "T1_16", "T1_19") # Cambiar nombres
de columnas
datos.AC.T1_med.hoj2 <-
melt(datos.AC.T1_med.hoj, id.vars =
"Fecha") # Cambiar formato de tabla a
formato largo
colnames(datos.AC.T1_med.hoj2)[3] <-
"Acumulado" # cambiar nombre a la columna
valores
# a. Hojas IC
datos.AC.T1_med.hojIC <- datos.AC.T1_med2[,
c(2, 18:20)] #Seleccionar columnas
colnames(datos.AC.T1_med.hojIC) <-
c("Fecha", "T1_04", "T1_16", "T1_19") #
Cambiar nombres de columnas
datos.AC.T1_med.hojIC2 <-
melt(datos.AC.T1_med.hojIC, id.vars =
"Fecha") # Cambiar formato de tabla a
formato largo
colnames(datos.AC.T1_med.hojIC2)[3] <-
"Inc.Coriiente" # cambiar nombre a la
columna valores
# b. Hojas + Hojas IC
datos.AC.T1_med.hoj3 <-
datos.AC.T1_med.hoj2 # hacer una copia de
...alt2

```

```

datos.AC.T1_med.hoj3$`Inc.Coriiente` <-
datos.AC.T1_med.hojIC2$`Inc.Coriiente` #
copiar solo la columna value.altIC
# c. Convertir a formato largo
datos.AC.T1_med.hoj4 <-
melt(datos.AC.T1_med.hoj3, id.vars =
c("Fecha", "variable"), variable_name =
"Clase" )

# 2.5.4. Estado Fitosanitario
datos.AC.T1_med.fit <- datos.AC.T1_med2[,
c(2, 21:23)] #Seleccionar columnas
colnames(datos.AC.T1_med.fit) <- c("Fecha",
"T1_04", "T1_16", "T1_19") # Cambiar nombres
de columnas
datos.AC.T1_med.fit2 <-
melt(datos.AC.T1_med.fit, id.vars =
"Fecha") # Cambiar formato de tabla a
formato largo
colnames(datos.AC.T1_med.fit2)[3] <-
"value.fit" # cambiar nombre a la columna
valores

#####
## 2.6. PLOTS
library(ggplot2)

# 2.6.1. DIAMETRO T1
diam.2doY <-
max(datos.AC.T1_med.diam3$value.diam) /
max(datos.AC.T1_med.diam3$value.diamIC*2.5
) # *2 para que la escala del 2do eje Y sea
el doble
AC.T1_diam <-
ggplot(datos.AC.T1_med.diam3, aes(x =
Fecha, color = variable)) +
geom_line(aes(y = value.diam)) +
geom_line(aes(y = value.diamIC), linetype
= "dashed", size = 0.7) +
scale_y_continuous(name = "
Acumulada (cm)", sec.axis = sec_axis(~./2,
name = "--- Inc.Coriiente (cm)")) +
theme_minimal() +
theme(axis.title.x = element_blank(),
axis.text.x = element_blank(),

axis.title.y.left=element_text(color="blac
k"),

axis.text.y.left=element_text(color="black
"),

axis.title.y.right=element_text(color="bla
ck"),

axis.text.y.right=element_text(color="blac
k")) +
geom_point(aes(y = value.diam), shape =
16) +
geom_point(aes(y = value.diamIC), shape =
17) +
annotate(geom = "text", x =
as.POSIXct("2020-04-05"), y = 1.9, label =
"Inicio de la \nPANDEMIA", color = "grey20")
+
annotate(geom = "text", x =
as.POSIXct("2019-05-01"), y = 0.9, label =
"Etapa 01", colour = "grey") +

```

```

  annotate(geom = "text", x =
as.POSIXct("2020-01-01"), y = 0.9, label =
"Etapa 02", colour = "grey") +
  annotate(geom = "text", x =
as.POSIXct("2020-11-01"), y = 0.9, label =
"Etapa 03", colour = "grey60") +
  annotate(geom = "text", x =
as.POSIXct("2020-08-15"), y = 1.3, label =
"Nuevo invernadero", colour = "grey40") +

  geom_rect(aes(xmin = as.POSIXct("2020-02-
29"), xmax = as.POSIXct("2020-05-11"), ymin
= -Inf, ymax = Inf),
  colour = "grey90", fill="grey",
alpha = 0.01) +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2019-09-
25"), y = 0, # Inicio tesista 2
  xend = as.POSIXct("2019-
09-25"),
  yend = 2.0), linetype =
"dotted") +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-07-
08"), y = 0, # Inicio tesista 3
  xend = as.POSIXct("2020-
07-08"),
  yend = 2.0), linetype =
"dotted") +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-06-
15"), y = 0, # Cambio de \n\invernadero
  xend = as.POSIXct("2020-
06-15"),
  yend = 2.0), linetype =
"solid", colour = "grey") +
  ggtitle("Diámetro")

# 2.6.2. Altura Tl
max.alt <-
max(datos.AC.Tl_med.alt4[5]value)*0.5
AC.Tl_alt <-
ggplot(datos.AC.Tl_med.alt4, aes(x =
Fecha, y = value, color = variable)) +
  geom_line() +
  facet_grid(Clase~., scale = "free_y") +
  theme_minimal() + theme(axis.title.x =
element_blank(),
  axis.text.x =
element_blank(),

axis.title.y.left=element_text(color="blac
k"),

axis.text.y.left=element_text(color="black
") +
  geom_point(aes(y = value), shape = 16) +
  geom_rect(aes(xmin = as.POSIXct("2020-02-
29"), xmax = as.POSIXct("2020-05-11"), ymin
= -Inf, ymax = Inf),
  colour = "grey90", fill="grey",
alpha = 0.01) +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2019-09-
25"), y = 0, # Inicio tesista 2
  xend = as.POSIXct("2019-
09-25"),
  yend = max.alt),
linetype = "dotted") +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-07-
08"), y = 0, # Inicio tesista 3
  xend = as.POSIXct("2020-
07-08"),
  yend = max.alt ),
linetype = "dotted") +

```

```

  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-06-
15"), y = 0, # Cambio de \n\invernadero
  xend = as.POSIXct("2020-
06-15"),
  yend = max.alt),
linetype = "solid", colour = "grey") +
  scale_y_continuous(name = "Altura (cm)")
+
  ggtitle("Altura")

# 2.6.3. NRO DE HOJAS
max.hoj <-
max(datos.AC.Tl_med.hoj4[5]value)*0.9
AC.Tl_hoj <-
ggplot(datos.AC.Tl_med.hoj4, aes(x =
Fecha, y = value, color = variable)) +
  geom_line() +
  facet_grid(Clase~., scale = "free_y") +
  theme_minimal() + theme(axis.title.x =
element_blank(),
  axis.text.x =
element_blank(),

axis.title.y.left=element_text(color="blac
k"),

axis.text.y.left=element_text(color="black
") +
  geom_point(aes(y = value), shape = 16) +
  geom_rect(aes(xmin = as.POSIXct("2020-02-
29"), xmax = as.POSIXct("2020-05-11"), ymin
= -Inf, ymax = Inf),
  colour = "grey90", fill="grey",
alpha = 0.01) +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2019-09-
25"), y = 0, # Inicio tesista 2
  xend = as.POSIXct("2019-
09-25"),
  yend = max.hoj),
linetype = "dotted") +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-07-
08"), y = 0, # Inicio tesista 3
  xend = as.POSIXct("2020-
07-08"),
  yend = max.hoj ),
linetype = "dotted") +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-06-
15"), y = 0, # Cambio de \n\invernadero
  xend = as.POSIXct("2020-
06-15"),
  yend = max.hoj),
linetype = "solid", colour = "grey") +
  scale_y_continuous(name = "Nro. hojas")
+
  ggtitle("Número de hojas")

# 2.6.4. ESTADO FITOSANITARIO
max.fito <-
max(datos.AC.Tl_med.fit2[5]value.fit*2)
AC.Tl_FITO <-
ggplot(datos.AC.Tl_med.fit2, aes(x =
Fecha, y = value.fit, color = variable)) +
  geom_line(stat="identity") +
  scale_y_continuous(name = "Estado
fitosanitario \n[3= muy bueno, 2 = medio,
\n1 = regular]") +
  theme_minimal() + theme(axis.title.x =
element_blank(),
  axis.text.x =
element_blank(),

```

```

axis.title.y.left=element_text(color="black"),
axis.text.y.left=element_text(color="black") +
geom_point(aes(y = value.fit), shape = 16) +
geom_rect(aes(xmin = as.POSIXct("2020-02-29"), xmax = as.POSIXct("2020-05-11"), ymin = -Inf, ymax = Inf),
  colour = "grey90", fill="grey", alpha = 0.01) +
geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2019-09-25"), y = 0, # Inicio tesista 2
  xend = as.POSIXct("2019-09-25"),
  yend = max.fito),
  linetype = "dotted") +
geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-07-08"), y = 0, # Inicio tesista 3
  xend = as.POSIXct("2020-07-08"),
  yend = max.fito),
  linetype = "dotted") +
geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-06-15"), y = 0, # Cambio de \ninvernadero
  xend = as.POSIXct("2020-06-15"),
  yend = max.fito),
  linetype = "solid", colour = "grey") +
ggtitle("Estado Fitosanitario")

# 2.6.5. RIEGO
max.riego <- max(datos.AC.T1$Riego_mm_T1)
AC.T1_RIEGO <- ggplot(datos.AC.T1[2:93,],
  aes(Fecha2_riego, Riego_mm_T1)) +
geom_bar(stat="identity", fill = "steelblue") +
theme_minimal() +
  theme(axis.title.x = element_blank(),
axis.text.x = element_text(angle=90)) +
ylab("Riego (ml)") +
geom_rect(aes(xmin = as.POSIXct("2020-02-29"), xmax = as.POSIXct("2020-05-11"), ymin = -Inf, ymax = Inf),
  colour = "grey90", fill="grey", alpha = 0.01) +
geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2019-09-25"), y = 0, # Inicio tesista 2
  xend = as.POSIXct("2019-09-25"),
  yend = max.riego),
  linetype = "dotted") +
geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-07-08"), y = 0, # Inicio tesista 3
  xend = as.POSIXct("2020-07-08"),
  yend = max.riego),
  linetype = "dotted") +
geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-06-15"), y = 0, # Cambio de \ninvernadero
  xend = as.POSIXct("2020-06-15"),
  yend = max.riego),
  linetype = "solid", colour = "grey") +
  scale_x_datetime(date_breaks = "1 month")

## 2.7. union de Plots con eje X alineado

```

```

#Basado en
https://gist.github.com/tomhopper/faa24797bb44addeba79
library(grid)
library(egg)

egg::ggarrange(AC.T1_diam, AC.T1_alt,
  AC.T1_hoj, AC.T1_FITO, AC.T1_RIEGO,
  ncol = 1, top = "Acacia macracantha T1")

# 2.7.1 Exportar como PDF
pdf("AC.T1_resumenPlot.pdf", onefile=TRUE,
  paper="a4", pointsize = 18)

egg::ggarrange(AC.T1_diam, AC.T1_alt,
  AC.T1_hoj, AC.T1_FITO, AC.T1_RIEGO,
  ncol = 1, top = "Acacia macracantha T1")

dev.off()

# 2.7.2. Exportar como JPG
jpeg(filename="AC.T1_resumenPlot.jpg",
  width = 210*1.2, height = 297*1.2, units = "mm", res=600) # Exportar como JPG

egg::ggarrange(AC.T1_diam, AC.T1_alt,
  AC.T1_hoj, AC.T1_FITO, AC.T1_RIEGO,
  ncol = 1, top = "Acacia macracantha T1")

dev.off()

#####
#####
##### 3. TRATAMIENTO 2 #####
#####

## 3.1. Abrir base de datos
datos.AC.T2 <- read.csv("T2_resumen.csv",
  sep = ";", dec = ",")

## 3.2. Convertir columna a formato de fecha
datos.AC.T2$Fecha2_riego <-
as.POSIXct(datos.AC.T2$Fecha2_riego,
  format = "%d.%m.%Y")
datos.AC.T2$Fecha_medicion <-
as.POSIXct(datos.AC.T2$Fecha_medicion,
  format = "%d.%m.%Y")

## 3.3. Subtabla solo de variables para analizar
datos.AC.T2_med <- datos.AC.T2[ , c(3, 5, 7:27)]

## 3.4. Funcion que deja solo columnas completas
datos.AC.T2_med <-
datos.AC.T2_med[complete.cases(datos.AC.T2_med) , ]

## 3.4.1. Union de filas de T0 a T2
datos.AC.T2_med2 <- datos.AC.T2_med
datos.AC.T2_med2[34:44, 1:2] <-
datos.AC.T0_med[34:44, 1:2] # Unimos
ultimas filas del T0 [35:44,]

## 3.5. Subtablas

```



```

library(reshape)

# 3.5.1. Diametro
datos.AC.T2_med.diam <- datos.AC.T2_med2[,
c(2, 9:11) ] #Seleccionar columnas
colnames(datos.AC.T2_med.diam) <-
c("Fecha", "T2_04", "T2_09", "T2_10") #
Cambiar nombres de columnas
datos.AC.T2_med.diam2 <-
melt(datos.AC.T2_med.diam, id.vars =
"Fecha") # Cambiar formato de tabla a
formato largo
colnames(datos.AC.T2_med.diam2)[3] <-
"value.diam" # cambiar nombre a la columna
valores
# a. Diametro IC
datos.AC.T2_med.diamIC <-
datos.AC.T2_med2[, c(2, 12:14) ]
#Seleccionar columnas
colnames(datos.AC.T2_med.diamIC) <-
c("Fecha", "T2_04", "T2_09", "T2_10") #
Cambiar nombres de columnas
datos.AC.T2_med.diamIC2 <-
melt(datos.AC.T2_med.diamIC, id.vars =
"Fecha") # Cambiar formato de tabla a
formato largo
colnames(datos.AC.T2_med.diamIC2)[3] <-
"value.diamIC" # cambiar nombre a la
columna valores
# b. Diametro + Diametro IC
datos.AC.T2_med.diam3 <-
datos.AC.T2_med.diam2 # hacer una copia de
...diam2
datos.AC.T2_med.diam3$value.diamIC <-
datos.AC.T2_med.diamIC2$value.diamIC #
copiar solo la columna value.diamIC

# 3.5.2. Altura
datos.AC.T2_med.alt <- datos.AC.T2_med2[,
c(2, 3:5) ] #Seleccionar columnas
colnames(datos.AC.T2_med.alt) <- c("Fecha",
"T2_04", "T2_09", "T2_10") # Cambiar nombres
de columnas
datos.AC.T2_med.alt2 <-
melt(datos.AC.T2_med.alt, id.vars =
"Fecha") # Cambiar formato de tabla a
formato largo
colnames(datos.AC.T2_med.alt2)[3] <-
"Acumulado" # cambiar nombre a la columna
valores
# a. Altura IC
datos.AC.T2_med.altIC <- datos.AC.T2_med2[,
c(2, 6:8) ] #Seleccionar columnas
colnames(datos.AC.T2_med.altIC) <-
c("Fecha", "T2_04", "T2_09", "T2_10") #
Cambiar nombres de columnas
datos.AC.T2_med.altIC2 <-
melt(datos.AC.T2_med.altIC, id.vars =
"Fecha") # Cambiar formato de tabla a
formato largo
colnames(datos.AC.T2_med.altIC2)[3] <-
"Inc.Corriente" # cambiar nombre a la
columna valores
# b. Altura + Altura IC
datos.AC.T2_med.alt3 <-
datos.AC.T2_med.alt2 # hacer una copia de
...alt2
datos.AC.T2_med.alt3$value.diam <-
datos.AC.T2_med.altIC2$value.diam #
copiar solo la columna value.altIC

# c. Convertir a formato largo
datos.AC.T2_med.alt4 <-
melt(datos.AC.T2_med.alt3, id.vars =
c("Fecha", "variable"), variable_name =
"Clase" )

# 3.5.3. Hojas
datos.AC.T2_med.hoj <- datos.AC.T2_med2[,
c(2, 15:17) ] #Seleccionar columnas
colnames(datos.AC.T2_med.hoj) <- c("Fecha",
"T2_04", "T2_09", "T2_10") # Cambiar nombres
de columnas
datos.AC.T2_med.hoj2 <-
melt(datos.AC.T2_med.hoj, id.vars =
"Fecha") # Cambiar formato de tabla a
formato largo
colnames(datos.AC.T2_med.hoj2)[3] <-
"Acumulado" # cambiar nombre a la columna
valores
# a. Hojas IC
datos.AC.T2_med.hojIC <- datos.AC.T2_med2[,
c(2, 18:20) ] #Seleccionar columnas
colnames(datos.AC.T2_med.hojIC) <-
c("Fecha", "T2_04", "T2_09", "T2_10") #
Cambiar nombres de columnas
datos.AC.T2_med.hojIC2 <-
melt(datos.AC.T2_med.hojIC, id.vars =
"Fecha") # Cambiar formato de tabla a
formato largo
colnames(datos.AC.T2_med.hojIC2)[3] <-
"Inc.Corriente" # cambiar nombre a la
columna valores
# b. Hojas + Hojas IC
datos.AC.T2_med.hoj3 <-
datos.AC.T2_med.hoj2 # hacer una copia de
...alt2
datos.AC.T2_med.hoj3$value.diam <-
datos.AC.T2_med.hojIC2$value.diam #
copiar solo la columna value.altIC
# c. Convertir a formato largo
datos.AC.T2_med.hoj4 <-
melt(datos.AC.T2_med.hoj3, id.vars =
c("Fecha", "variable"), variable_name =
"Clase" )

# 3.5.4. Estado Fitosanitario
datos.AC.T2_med.fit <- datos.AC.T2_med2[,
c(2, 21:23) ] #Seleccionar columnas
colnames(datos.AC.T2_med.fit) <- c("Fecha",
"T2_04", "T2_09", "T2_10") # Cambiar nombres
de columnas
datos.AC.T2_med.fit2 <-
melt(datos.AC.T2_med.fit, id.vars =
"Fecha") # Cambiar formato de tabla a
formato largo
colnames(datos.AC.T2_med.fit2)[3] <-
"value.fit" # cambiar nombre a la columna
valores

#####
## 3.6. PLOTS
library(ggplot2)

# 3.6.1. DIAMETRO T2
diam2$doy <-
max(datos.AC.T2_med.diam3$value.diam) /
max(datos.AC.T2_med.diam3$value.diamIC*2.5
) # *2 para que la escala del 2do eje Y sea
el doble
AC.T2_diam <-

```



```

ggplot(datos.AC.T2_med.diam3, aes(x =
Fecha, color = variable)) +
  geom_line(aes(y = value.diam)) +
  geom_line(aes(y = value.diamIC), linetype
= "dashed", size = 0.7) +
  scale_y_continuous(name = "___
Acumulada (cm)", sec.axis = sec_axis(~./2,
name = "--- Inc.Corriente (cm)") +
  theme_minimal() +
  theme(axis.title.x = element_blank(),
axis.text.x = element_blank(),

axis.title.y.left=element_text(color="black
k"),

axis.text.y.left=element_text(color="black
"),

axis.title.y.right=element_text(color="black
ck"),

axis.text.y.right=element_text(color="black
k")) +
  geom_point(aes(y = value.diam), shape =
16) +
  geom_point(aes(y = value.diamIC), shape =
17) +
  annotate(geom = "text", x =
as.POSIXct("2020-04-05"), y = 1.9, label =
"Inicio de la \nPANDEMIA", color = "grey20")
+
  annotate(geom = "text", x =
as.POSIXct("2019-05-01"), y = 0.9, label =
"Etapa 01", colour = "grey") +
  annotate(geom = "text", x =
as.POSIXct("2020-01-01"), y = 0.9, label =
"Etapa 02", colour = "grey") +
  annotate(geom = "text", x =
as.POSIXct("2020-11-01"), y = 0.9, label =
"Etapa 03", colour = "grey60") +
  annotate(geom = "text", x =
as.POSIXct("2020-08-15"), y = 1.3, label =
"Nuevo invernadero", colour = "grey40") +

  geom_rect(aes(xmin = as.POSIXct("2020-02-
29"), xmax = as.POSIXct("2020-05-11"), ymin
= -Inf, ymax = Inf),
  colour = "grey90", fill="grey",
alpha = 0.01) +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2019-09-
25"), y = 0, # Inicio tesista 2
xend = as.POSIXct("2019-
09-25"),
yend = 2.0), linetype =
"dotted") +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-07-
08"), y = 0, # Inicio tesista 3
xend = as.POSIXct("2020-
07-08"),
yend = 2.0), linetype =
"dotted") +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-06-
15"), y = 0, # Cambio de \ninvernadero
xend = as.POSIXct("2020-
06-15"),
yend = 2.0), linetype =
"solid", colour = "grey") +
  ggtitle("Diámetro")

# 3.6.2. Altura T2

```

```

max.alt <-
max(datos.AC.T2_med.alt4$value)*0.5
AC.T2_alt <-
ggplot(datos.AC.T2_med.alt4, aes(x =
Fecha, y = value, color = variable)) +
  geom_line() +
  facet_grid(Clase~., scale = "free_y") +
  theme_minimal() + theme(axis.title.x =
element_blank(),
axis.text.x =
element_blank(),

axis.title.y.left=element_text(color="black
k"),

axis.text.y.left=element_text(color="black
")) +
  geom_point(aes(y = value), shape = 16) +
  geom_rect(aes(xmin = as.POSIXct("2020-02-
29"), xmax = as.POSIXct("2020-05-11"), ymin
= -Inf, ymax = Inf),
  colour = "grey90", fill="grey",
alpha = 0.01) +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2019-09-
25"), y = 0, # Inicio tesista 2
xend = as.POSIXct("2019-
09-25"),
yend = max.alt),
linetype = "dotted") +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-07-
08"), y = 0, # Inicio tesista 3
xend = as.POSIXct("2020-
07-08"),
yend = max.alt),
linetype = "dotted") +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-06-
15"), y = 0, # Cambio de \ninvernadero
xend = as.POSIXct("2020-
06-15"),
yend = max.alt),
linetype = "solid", colour = "grey") +
  scale_y_continuous(name = "Altura (cm)")
+
  ggtitle("Altura")

# 3.6.3. NRO DE HOJAS
max.hoj <-
max(datos.AC.T2_med.hoj4$value)*0.9
AC.T2_hoj <-
ggplot(datos.AC.T2_med.hoj4, aes(x =
Fecha, y = value, color = variable)) +
  geom_line() +
  facet_grid(Clase~., scale = "free_y") +
  theme_minimal() + theme(axis.title.x =
element_blank(),
axis.text.x =
element_blank(),

axis.title.y.left=element_text(color="black
k"),

axis.text.y.left=element_text(color="black
")) +
  geom_point(aes(y = value), shape = 16) +
  geom_rect(aes(xmin = as.POSIXct("2020-02-
29"), xmax = as.POSIXct("2020-05-11"), ymin
= -Inf, ymax = Inf),
  colour = "grey90", fill="grey",
alpha = 0.01) +

```

```

    geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2019-09-25"), y = 0, # Inicio tesista 2
                    xend = as.POSIXct("2019-09-25"),
                    yend = max.hoj),
    linetype = "dotted") +
    geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-07-08"), y = 0, # Inicio tesista 3
                    xend = as.POSIXct("2020-07-08"),
                    yend = max.hoj),
    linetype = "dotted") +
    geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-06-15"), y = 0, # Cambio de \ninvernadero
                    xend = as.POSIXct("2020-06-15"),
                    yend = max.hoj),
    linetype = "solid", colour = "grey") +
  scale_y_continuous(name = "Nro. hojas")
+
  ggtitle("Número de hojas")

# 3.6.4. ESTADO FITOSANITARIO
max.fito <-
max(datos.AC.T2_med.fit2$value.fit*2)
AC.T2_FITO <-
  ggplot(datos.AC.T2_med.fit2, aes(x = Fecha, y = value.fit, color = variable)) +
  geom_line(stat="identity") +
  scale_y_continuous(name = "Estado fitosanitario \n[3= muy bueno, 2 = medio, \n1 = regular]") +
  theme_minimal() + theme(axis.title.x = element_blank(),
                           axis.text.x = element_blank(),
                           axis.title.y.left=element_text(color="black"),
                           axis.text.y.left=element_text(color="black")) +
  geom_point(aes(y = value.fit), shape = 16)
+
  geom_rect(aes(xmin = as.POSIXct("2020-02-29"), xmax = as.POSIXct("2020-05-11"), ymin = -Inf, ymax = Inf),
            colour = "grey90", fill="grey",
            alpha = 0.01) +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2019-09-25"), y = 0, # Inicio tesista 2
                  xend = as.POSIXct("2019-09-25"),
                  yend = max.fito),
  linetype = "dotted") +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-07-08"), y = 0, # Inicio tesista 3
                  xend = as.POSIXct("2020-07-08"),
                  yend = max.fito),
  linetype = "dotted") +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-06-15"), y = 0, # Cambio de \ninvernadero
                  xend = as.POSIXct("2020-06-15"),
                  yend = max.fito),
  linetype = "solid", colour = "grey") +
  ggtitle("Estado Fitosanitario")

# 3.6.5. RIEGO

```

```

max.riego <- max(datos.AC.T2$Riego_mm_T2)
AC.T2_RIEGO <- ggplot(datos.AC.T2[2:93,],
  aes(Fecha2_riego, Riego_mm_T2)) +
  geom_bar(stat="identity", fill = "steelblue") +
  theme_minimal() +
  theme(axis.title.x = element_blank(),
        axis.text.x = element_text(angle=90)) +
  ylab("Riego (ml)") +
  geom_rect(aes(xmin = as.POSIXct("2020-02-29"), xmax = as.POSIXct("2020-05-11"), ymin = -Inf, ymax = Inf),
            colour = "grey90", fill="grey",
            alpha = 0.01) +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2019-09-25"), y = 0, # Inicio tesista 2
                  xend = as.POSIXct("2019-09-25"),
                  yend = max.riego),
  linetype = "dotted") +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-07-08"), y = 0, # Inicio tesista 3
                  xend = as.POSIXct("2020-07-08"),
                  yend = max.riego),
  linetype = "dotted") +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-06-15"), y = 0, # Cambio de \ninvernadero
                  xend = as.POSIXct("2020-06-15"),
                  yend = max.riego),
  linetype = "solid", colour = "grey") +
  scale_x_datetime(date_breaks = "1 month")

## 3.7. unión de Plots con eje X alineado
#Basado en
https://gist.github.com/tomhopper/faa24797bb44addeba79
library(grid)
library(egg)

egg::ggarrange(AC.T2_diam, AC.T2_alt,
  AC.T2_hoj, AC.T2_FITO, AC.T2_RIEGO,
  ncol = 1, top = "Acacia macracantha T2")

# 3.7.1 Exportar como PDF
pdf("AC.T2_resumenPlot.pdf", onefile=TRUE,
  paper="a4", pointsize = 18)

egg::ggarrange(AC.T2_diam, AC.T2_alt,
  AC.T2_hoj, AC.T2_FITO, AC.T2_RIEGO,
  ncol = 1, top = "Acacia macracantha T2")

dev.off()

# 3.7.2. Exportar como JPG
jpeg(filename="AC.T2_resumenPlot.jpg",
  width = 210*1.2, height = 297*1.2, units = "mm", res=600) # Exportar como JPG

egg::ggarrange(AC.T2_diam, AC.T2_alt,
  AC.T2_hoj, AC.T2_FITO, AC.T2_RIEGO,
  ncol = 1, top = "Acacia macracantha T2")

dev.off()

#####

```

```

#####
##### 4. TRATAMIENTO 3 #####
#####

## 4.1. Abrir base de datos
datos.AC.T3 <- read.csv("T3_resumen.csv",
sep = ";", dec = ",")

## 4.2. Convertir columna a formato de fecha
datos.AC.T3$Fecha2_riego <-
as.POSIXct(datos.AC.T3$Fecha2_riego,
format = "%d.%m.%Y")
datos.AC.T3$Fecha_medicion <-
as.POSIXct(datos.AC.T3$Fecha_medicion,
format = "%d.%m.%Y")

## 4.3. Subtabla solo de variables para
analizar
datos.AC.T3_med <- datos.AC.T3[ , c(3, 5,
7:27)]

## 4.4. Funcion que deja solo columnas
completas
datos.AC.T3_med <-
datos.AC.T3_med[complete.cases(datos.AC.T3
_med) , ]

## 4.4.1. Union de filas de T0 a T3
datos.AC.T3_med2 <- datos.AC.T3_med
datos.AC.T3_med2[35:44, 1:2] <-
datos.AC.T0_med[35:44, 1:2] # Unimos
ultimas filas del T0 [35:44,]

## 4.5. Subtablas
library(reshape)
# 4.5.1. Diametro
datos.AC.T3_med.diam <- datos.AC.T3_med2[,
c(2, 9:11) ] #Seleccionar columnas
colnames(datos.AC.T3_med.diam) <-
c("Fecha", "T3_02", "T3_05", "T3_06") #
Cambiar nombres de columnas
datos.AC.T3_med.diam2 <-
melt(datos.AC.T3_med.diam, id.vars =
"Fecha") # Cambiar formato de tabla a
formato largo
colnames(datos.AC.T3_med.diam2)[3] <-
"value.diam" # cambiar nombre a la columna
valores
# a. Diametro IC
datos.AC.T3_med.diamIC <-
datos.AC.T3_med2[, c(2, 12:14) ]
#Seleccionar columnas
colnames(datos.AC.T3_med.diamIC) <-
c("Fecha", "T3_02", "T3_05", "T3_06") #
Cambiar nombres de columnas
datos.AC.T3_med.diamIC2 <-
melt(datos.AC.T3_med.diamIC, id.vars =
"Fecha") # Cambiar formato de tabla a
formato largo
colnames(datos.AC.T3_med.diamIC2)[3] <-
"value.diamIC" # cambiar nombre a la
columna valores
# b. Diametro + Diametro IC
datos.AC.T3_med.diam3 <-
datos.AC.T3_med.diam2 # hacer una copia de
...diam2
datos.AC.T3_med.diam3$value.diamIC <-
datos.AC.T3_med.diamIC2$value.diamIC #
copiar solo la columna value.diamIC

# 4.5.2. Altura
datos.AC.T3_med.alt <- datos.AC.T3_med2[,
c(2, 3:5) ] #Seleccionar columnas
colnames(datos.AC.T3_med.alt) <- c("Fecha",
"T3_02", "T3_05", "T3_06") # Cambiar nombres
de columnas
datos.AC.T3_med.alt2 <-
melt(datos.AC.T3_med.alt, id.vars =
"Fecha") # Cambiar formato de tabla a
formato largo
colnames(datos.AC.T3_med.alt2)[3] <-
"Acumulado" # cambiar nombre a la columna
valores
# a. Altura IC
datos.AC.T3_med.altIC <- datos.AC.T3_med2[,
c(2, 6:8) ] #Seleccionar columnas
colnames(datos.AC.T3_med.altIC) <-
c("Fecha", "T3_02", "T3_05", "T3_06") #
Cambiar nombres de columnas
datos.AC.T3_med.altIC2 <-
melt(datos.AC.T3_med.altIC, id.vars =
"Fecha") # Cambiar formato de tabla a
formato largo
colnames(datos.AC.T3_med.altIC2)[3] <-
"Inc.Corriente" # cambiar nombre a la
columna valores
# b. Altura + Altura IC
datos.AC.T3_med.alt3 <-
datos.AC.T3_med.alt2 # hacer una copia de
...alt2
datos.AC.T3_med.alt3$`Inc.Corriente` <-
datos.AC.T3_med.altIC2$`Inc.Corriente` #
copiar solo la columna value.altIC
# c. Convertir a formato largo
datos.AC.T3_med.alt4 <-
melt(datos.AC.T3_med.alt3, id.vars =
c("Fecha", "variable"), variable_name =
"Clase" )

# 4.5.3. Hojas
datos.AC.T3_med.hoj <- datos.AC.T3_med2[,
c(2, 15:17) ] #Seleccionar columnas
colnames(datos.AC.T3_med.hoj) <- c("Fecha",
"T3_02", "T3_05", "T3_06") # Cambiar nombres
de columnas
datos.AC.T3_med.hoj2 <-
melt(datos.AC.T3_med.hoj, id.vars =
"Fecha") # Cambiar formato de tabla a
formato largo
colnames(datos.AC.T3_med.hoj2)[3] <-
"Acumulado" # cambiar nombre a la columna
valores
# a. Hojas IC
datos.AC.T3_med.hojIC <- datos.AC.T3_med2[,
c(2, 18:20) ] #Seleccionar columnas
colnames(datos.AC.T3_med.hojIC) <-
c("Fecha", "T3_02", "T3_05", "T3_06") #
Cambiar nombres de columnas
datos.AC.T3_med.hojIC2 <-
melt(datos.AC.T3_med.hojIC, id.vars =
"Fecha") # Cambiar formato de tabla a
formato largo
colnames(datos.AC.T3_med.hojIC2)[3] <-
"Inc.Corriente" # cambiar nombre a la
columna valores
# b. Hojas + Hojas IC
datos.AC.T3_med.hoj3 <-
datos.AC.T3_med.hoj2 # hacer una copia de
...alt2

```

```

datos.AC.T3_med.hoj3[5]`Inc.Corriente` <-
datos.AC.T3_med.hojIC2[5]`Inc.Corriente` #
copiar solo la columna value.altIC
# c. Convertir a formato largo
datos.AC.T3_med.hoj4 <-
melt(datos.AC.T3_med.hoj3, id.vars =
c("Fecha", "variable"), variable_name =
"Clase" )

# 4.5.4. Estado Fitosanitario
datos.AC.T3_med.fit <- datos.AC.T3_med2[,
c(2, 21:23) ] #Seleccionar columnas
colnames(datos.AC.T3_med.fit) <- c("Fecha",
"T3_02", "T3_05", "T3_06") # Cambiar nombres
de columnas
datos.AC.T3_med.fit2 <-
melt(datos.AC.T3_med.fit, id.vars =
"Fecha") # Cambiar formato de tabla a
formato largo
colnames(datos.AC.T3_med.fit2)[3] <-
"value.fit" # cambiar nombre a la columna
valores

#####
## 4.6. PLOTS

library(ggplot2)

# 4.6.1. DIAMETRO T3
diam.2doY <-
max(datos.AC.T3_med.diam3[5]value.diam) /
max(datos.AC.T3_med.diam3[5]value.diamIC*2.5
) # *2 para que la escala del 2do eje Y sea
el doble
AC.T3_diam <-
ggplot(datos.AC.T3_med.diam3, aes(x =
Fecha, color = variable)) +
geom_line(aes(y = value.diam)) +
geom_line(aes(y = value.diamIC), linetype
= "dashed", size = 0.7) +
scale_y_continuous(name = "
Acumulada (cm)", sec.axis = sec_axis(~./2,
name = "--- Inc.Corriente (cm)")) +
theme_minimal() +
theme(axis.title.x = element_blank(),
axis.text.x = element_blank(),

axis.title.y.left=element_text(color="black
k"),

axis.text.y.left=element_text(color="black
"),

axis.title.y.right=element_text(color="black
k"),

axis.text.y.right=element_text(color="black
k")) +
geom_point(aes(y = value.diam), shape =
16) +
geom_point(aes(y = value.diamIC), shape =
17) +
annotate(geom = "text", x =
as.POSIXct("2020-04-05"), y = 1.9, label =
"Inicio de la \nPANDEMIA", color = "grey20")
+
annotate(geom = "text", x =
as.POSIXct("2019-05-01"), y = 0.9, label =
"Etapa 01", colour = "grey") +

```

```

annotate(geom = "text", x =
as.POSIXct("2020-01-01"), y = 0.9, label =
"Etapa 02", colour = "grey") +
annotate(geom = "text", x =
as.POSIXct("2020-11-01"), y = 0.9, label =
"Etapa 03", colour = "grey60") +
annotate(geom = "text", x =
as.POSIXct("2020-08-15"), y = 1.3, label =
"Nuevo invernadero", colour = "grey40") +

geom_rect(aes(xmin = as.POSIXct("2020-02-
29"), xmax = as.POSIXct("2020-05-11"), ymin
= -Inf, ymax = Inf),
colour = "grey90", fill="grey",
alpha = 0.01) +
geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2019-09-
25"), y = 0, # Inicio tesista 2
xend = as.POSIXct("2019-
09-25"),
yend = 2.0), linetype =
"dotted") +
geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-07-
08"), y = 0, # Inicio tesista 3
xend = as.POSIXct("2020-
07-08"),
yend = 2.0), linetype =
"dotted") +
geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-06-
15"), y = 0, # Cambio de \ninvernadero
xend = as.POSIXct("2020-
06-15"),
yend = 2.0), linetype =
"solid", colour = "grey") +
ggtitle("Diámetro")

# 4.6.2. Altura T3
max.alt <-
max(datos.AC.T3_med.alt4[5]value)*0.5
AC.T3_alt <-
ggplot(datos.AC.T3_med.alt4, aes(x =
Fecha, y = value, color = variable)) +
geom_line() +
facet_grid(Clase~., scale = "free_y") +
theme_minimal() + theme(axis.title.x =
element_blank(),
axis.text.x =
element_blank(),

axis.title.y.left=element_text(color="black
k"),

axis.text.y.left=element_text(color="black
")) +
geom_point(aes(y = value), shape = 16) +
geom_rect(aes(xmin = as.POSIXct("2020-02-
29"), xmax = as.POSIXct("2020-05-11"), ymin
= -Inf, ymax = Inf),
colour = "grey90", fill="grey",
alpha = 0.01) +
geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2019-09-
25"), y = 0, # Inicio tesista 2
xend = as.POSIXct("2019-
09-25"),
yend = max.alt),
linetype = "dotted") +
geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-07-
08"), y = 0, # Inicio tesista 3
xend = as.POSIXct("2020-
07-08"),
yend = max.alt ),
linetype = "dotted") +

```

```

geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-06-15"), y = 0, # Cambio de \ninvernadero
                xend = as.POSIXct("2020-06-15"),
                yend = max.alt),
linetype = "solid", colour = "grey") +
scale_y_continuous(name = "Altura (cm)")
+
ggtitle("Altura")

# 4.6.3. NRO DE HOJAS
max.hoj <-
max(datos.AC.T3_med.hoj4[5]value)*0.9
AC.T3_hoj <-
ggplot(datos.AC.T3_med.hoj4, aes(x =
Fecha, y = value, color = variable)) +
geom_line() +
facet_grid(Clase~., scale = "free_y") +
theme_minimal() + theme(axis.title.x =
element_blank(),
axis.text.x =
element_blank(),

axis.title.y.left=element_text(color="black"),

axis.text.y.left=element_text(color="black")
) +
geom_point(aes(y = value), shape = 16) +
geom_rect(aes(xmin = as.POSIXct("2020-02-29"), xmax = as.POSIXct("2020-05-11"), ymin = -Inf, ymax = Inf),
colour = "grey90", fill="grey",
alpha = 0.01) +
geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2019-09-25"), y = 0, # Inicio tesista 2
                xend = as.POSIXct("2019-09-25"),
                yend = max.hoj),
linetype = "dotted") +
geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-07-08"), y = 0, # Inicio tesista 3
                xend = as.POSIXct("2020-07-08"),
                yend = max.hoj ),
linetype = "dotted") +
geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-06-15"), y = 0, # Cambio de \ninvernadero
                xend = as.POSIXct("2020-06-15"),
                yend = max.hoj),
linetype = "solid", colour = "grey") +
scale_y_continuous(name = "Nro. hojas")
+
ggtitle("Número de hojas")

# 4.6.4. ESTADO FITOSANITARIO
max.fito <-
max(datos.AC.T3_med.fit2[5]value.fit*2)
AC.T3_FITO <-
ggplot(datos.AC.T3_med.fit2, aes(x =
Fecha, y = value.fit, color = variable)) +
geom_line(stat="identity") +
scale_y_continuous(name = "Estado
fitosanitario \n[3= muy bueno, 2 = medio,
\n1 = regular]") +
theme_minimal() + theme(axis.title.x =
element_blank(),
axis.text.x =
element_blank(),

```

```

axis.title.y.left=element_text(color="black"),

axis.text.y.left=element_text(color="black")
) +
geom_point(aes(y = value.fit), shape = 16)
+

geom_rect(aes(xmin = as.POSIXct("2020-02-29"), xmax = as.POSIXct("2020-05-11"), ymin = -Inf, ymax = Inf),
colour = "grey90", fill="grey",
alpha = 0.01) +
geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2019-09-25"), y = 0, # Inicio tesista 2
                xend = as.POSIXct("2019-09-25"),
                yend = max.fito),
linetype = "dotted") +
geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-07-08"), y = 0, # Inicio tesista 3
                xend = as.POSIXct("2020-07-08"),
                yend = max.fito),
linetype = "dotted") +
geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-06-15"), y = 0, # Cambio de \ninvernadero
                xend = as.POSIXct("2020-06-15"),
                yend = max.fito),
linetype = "solid", colour = "grey") +
ggtitle("Estado Fitosanitario")

# 4.6.5. RIEGO
max.riego <- max(datos.AC.T3[5]Riego_mm_T3)
AC.T3_RIEGO <- ggplot(datos.AC.T3[2:93,],
aes(Fecha2_riego, Riego_mm_T3)) +
geom_bar(stat="identity", fill = "steelblue") +
theme_minimal() +
theme(axis.title.x = element_blank(),
axis.text.x = element_text(angle=90)) +
ylab("Riego (ml)") +
geom_rect(aes(xmin = as.POSIXct("2020-02-29"), xmax = as.POSIXct("2020-05-11"), ymin = -Inf, ymax = Inf),
colour = "grey90", fill="grey",
alpha = 0.01) +
geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2019-09-25"), y = 0, # Inicio tesista 2
                xend = as.POSIXct("2019-09-25"),
                yend = max.riego),
linetype = "dotted") +
geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-07-08"), y = 0, # Inicio tesista 3
                xend = as.POSIXct("2020-07-08"),
                yend = max.riego),
linetype = "dotted") +
geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-06-15"), y = 0, # Cambio de \ninvernadero
                xend = as.POSIXct("2020-06-15"),
                yend = max.riego),
linetype = "solid", colour = "grey") +
scale_x_datetime(date_breaks = "1 month")

## 4.7. unión de Plots con eje X alineado

```

```

#Basado en
https://gist.github.com/tomhopper/faa24797
bb44addeba79
library(grid)
library(egg)

egg::ggarrange(AC.T3_diam, AC.T3_alt,
AC.T3_hoj, AC.T3_FITO, AC.T3_RIEGO,
ncol = 1, top = "Acacia
macracantha T3")

# 4.7.1 Exportar como PDF

pdf("AC.T3_resumenPlot.pdf", onefile=TRUE,
paper="a4", pointsize = 18)

egg::ggarrange(AC.T3_diam, AC.T3_alt,
AC.T3_hoj, AC.T3_FITO, AC.T3_RIEGO,
ncol = 1, top = "Acacia
macracantha T3")

dev.off()

# 4.7.2. Exportar como JPG
jpeg(filename="AC.T3_resumenPlot.jpg",
width = 210*1.2, height = 297*1.2, units =
"mm", res=600) # Exportar como JPG

egg::ggarrange(AC.T3_diam, AC.T3_alt,
AC.T3_hoj, AC.T3_FITO, AC.T3_RIEGO,
ncol = 1, top = "Acacia
macracantha T3")

dev.off()

#####
#####
##### 5. TRATAMIENTO 4 #####
#####

## 5.1. Abrir base de datos
datos.AC.T4 <- read.csv("T4_resumen.csv",
sep = ";", dec = ",")

## 5.2. Convertir columna a formato de fecha
datos.AC.T4$Fecha2_riego <-
as.POSIXct(datos.AC.T4$Fecha2_riego,
format = "%d.%m.%Y")
datos.AC.T4$Fecha_medicion <-
as.POSIXct(datos.AC.T4$Fecha_medicion,
format = "%d.%m.%Y")

## 5.3. Subtabla solo de variables para
analizar
datos.AC.T4_med <- datos.AC.T4[ , c(3, 5,
7:27)]

## 5.4. Funcion que deja solo columnas
completas
datos.AC.T4_med <-
datos.AC.T4_med[complete.cases(datos.AC.T4
_med) , ]

## 5.4.1. Union de filas de T0 a T4
datos.AC.T4_med2 <- datos.AC.T4_med
datos.AC.T4_med2[34:44, 1:2] <-
datos.AC.T0_med[34:44, 1:2] # Unimos
ultimas filas del T0 [35:44,]

## 5.5. Subtablas

```

```

library(reshape)

# 5.5.1. Diámetro
datos.AC.T4_med.diam <- datos.AC.T4_med2[,
c(2, 9:11) ] #Seleccionar columnas
colnames(datos.AC.T4_med.diam) <-
c("Fecha", "T4_03", "T4_19", "T4_20") #
Cambiar nombres de columnas
datos.AC.T4_med.diam2 <-
melt(datos.AC.T4_med.diam, id.vars =
"Fecha") # Cambiar formato de tabla a
formato largo
colnames(datos.AC.T4_med.diam2)[3] <-
"value.diam" # cambiar nombre a la columna
valores
# a. Diámetro IC
datos.AC.T4_med.diamIC <-
datos.AC.T4_med2[, c(2, 12:14) ]
#Seleccionar columnas
colnames(datos.AC.T4_med.diamIC) <-
c("Fecha", "T4_03", "T4_19", "T4_20") #
Cambiar nombres de columnas
datos.AC.T4_med.diamIC2 <-
melt(datos.AC.T4_med.diamIC, id.vars =
"Fecha") # Cambiar formato de tabla a
formato largo
colnames(datos.AC.T4_med.diamIC2)[3] <-
"value.diamIC" # cambiar nombre a la
columna valores
# b. Diámetro + Diámetro IC
datos.AC.T4_med.diam3 <-
datos.AC.T4_med.diam2 # hacer una copia de
...diam2
datos.AC.T4_med.diam3$value.diamIC <-
datos.AC.T4_med.diamIC2$value.diamIC #
copiar solo la columna value.diamIC

# 5.5.2. Altura
datos.AC.T4_med.alt <- datos.AC.T4_med2[,
c(2, 3:5) ] #Seleccionar columnas
colnames(datos.AC.T4_med.alt) <- c("Fecha",
"T4_03", "T4_19", "T4_20") # Cambiar nombres
de columnas
datos.AC.T4_med.alt2 <-
melt(datos.AC.T4_med.alt, id.vars =
"Fecha") # Cambiar formato de tabla a
formato largo
colnames(datos.AC.T4_med.alt2)[3] <-
"Acumulado" # cambiar nombre a la columna
valores
# a. Altura IC
datos.AC.T4_med.altIC <- datos.AC.T4_med2[,
c(2, 6:8) ] #Seleccionar columnas
colnames(datos.AC.T4_med.altIC) <-
c("Fecha", "T4_03", "T4_19", "T4_20") #
Cambiar nombres de columnas
datos.AC.T4_med.altIC2 <-
melt(datos.AC.T4_med.altIC, id.vars =
"Fecha") # Cambiar formato de tabla a
formato largo
colnames(datos.AC.T4_med.altIC2)[3] <-
"Inc.Coriante" # cambiar nombre a la
columna valores
# b. Altura + Altura IC
datos.AC.T4_med.alt3 <-
datos.AC.T4_med.alt2 # hacer una copia de
...alt2
datos.AC.T4_med.alt3$value.diamIC <-
datos.AC.T4_med.altIC2$value.diamIC #
copiar solo la columna value.altIC

```

```

# c. Convertir a formato largo
datos.AC.T4_med.alt4
melt(datos.AC.T4_med.alt3, id.vars =
c("Fecha", "variable"), variable_name =
"Clase" )

# 5.5.3. Hojas
datos.AC.T4_med.hoj <- datos.AC.T4_med2[,
c(2, 15:17) ] #Seleccionar columnas
colnames(datos.AC.T4_med.hoj) <- c("Fecha",
"T4_03", "T4_19", "T4_20") # Cambiar nombres
de columnas
datos.AC.T4_med.hoj2
melt(datos.AC.T4_med.hoj, id.vars =
"Fecha") # Cambiar formato de tabla a
formato largo
colnames(datos.AC.T4_med.hoj2)[3] <-
"Acumulado" # cambiar nombre a la columna
valores
# a. Hojas IC
datos.AC.T4_med.hojIC <- datos.AC.T4_med2[,
c(2, 18:20) ] #Seleccionar columnas
colnames(datos.AC.T4_med.hojIC) <-
c("Fecha", "T4_03", "T4_19", "T4_20") #
Cambiar nombres de columnas
datos.AC.T4_med.hojIC2
melt(datos.AC.T4_med.hojIC, id.vars =
"Fecha") # Cambiar formato de tabla a
formato largo
colnames(datos.AC.T4_med.hojIC2)[3] <-
"Inc.Corriente" # cambiar nombre a la
columna valores
# b. Hojas + Hojas IC
datos.AC.T4_med.hoj3
datos.AC.T4_med.hoj2 # hacer una copia de
...alt2
datos.AC.T4_med.hoj3$`Inc.Corriente` <-
datos.AC.T4_med.hojIC2$`Inc.Corriente` #
copiar solo la columna value.altIC
# c. Convertir a formato largo
datos.AC.T4_med.hoj4
melt(datos.AC.T4_med.hoj3, id.vars =
c("Fecha", "variable"), variable_name =
"Clase" )

# 5.5.4. Estado Fitosanitario
datos.AC.T4_med.fit <- datos.AC.T4_med2[,
c(2, 21:23) ] #Seleccionar columnas
colnames(datos.AC.T4_med.fit) <- c("Fecha",
"T4_03", "T4_19", "T4_20") # Cambiar nombres
de columnas
datos.AC.T4_med.fit2
melt(datos.AC.T4_med.fit, id.vars =
"Fecha") # Cambiar formato de tabla a
formato largo
colnames(datos.AC.T4_med.fit2)[3] <-
"value.fit" # cambiar nombre a la columna
valores

#####
## 5.6. PLOTS
library(ggplot2)

# 5.6.1. DIAMETRO T4
AC.T4_diam <-
ggplot(datos.AC.T4_med.diam3, aes(x =
Fecha, color = variable)) +
geom_line(aes(y = value.diam)) +
geom_line(aes(y = value.diamIC), linetype
= "dashed", size = 0.7) +

```

```

scale_y_continuous(name = "___
Acumulada (cm)", sec.axis =
sec_axis(~./3.5, name = "--- Inc.Corriente
(cm)")) +
theme_minimal() +
theme(axis.title.x = element_blank(),
axis.text.x = element_blank(),

axis.title.y.left=element_text(color="black
k"),

axis.text.y.left=element_text(color="black
"),

axis.title.y.right=element_text(color="black
ck"),

axis.text.y.right=element_text(color="black
k")) +
geom_point(aes(y = value.diam), shape =
16) +
geom_point(aes(y = value.diamIC), shape =
17) +
annotate(geom = "text", x =
as.POSIXct("2020-04-05"), y = 1.9, label =
"Inicio de la \nPANDEMIA", color = "grey20")
+
annotate(geom = "text", x =
as.POSIXct("2019-05-01"), y = 0.9, label =
"Etapa 01", colour = "grey") +
annotate(geom = "text", x =
as.POSIXct("2020-01-01"), y = 0.9, label =
"Etapa 02", colour = "grey") +
annotate(geom = "text", x =
as.POSIXct("2020-11-01"), y = 0.9, label =
"Etapa 03", colour = "grey60") +
annotate(geom = "text", x =
as.POSIXct("2020-08-15"), y = 1.3, label =
"Nuevo invernadero", colour = "grey40") +

geom_rect(aes(xmin = as.POSIXct("2020-02-
29"), xmax = as.POSIXct("2020-05-11"), ymin
= -Inf, ymax = Inf),
colour = "grey90", fill="grey",
alpha = 0.01) +
geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2019-09-
25"), y = 0, # Inicio tesista 2
xend = as.POSIXct("2019-
09-25"),
yend = 2.0), linetype =
"dotted") +
geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-07-
08"), y = 0, # Inicio tesista 3
xend = as.POSIXct("2020-
07-08"),
yend = 2.0), linetype =
"dotted") +
geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-06-
15"), y = 0, # Cambio de \ninvernadero
xend = as.POSIXct("2020-
06-15"),
yend = 2.0), linetype =
"solid", colour = "grey") +
ggtitle("Diámetro")

# 5.6.2. Altura T4
max.alt
max(datos.AC.T4_med.alt4$value)*0.5
AC.T4_alt <-
ggplot(datos.AC.T4_med.alt4, aes(x =
Fecha, y = value, color = variable)) +

```



```

geom_line() +
  facet_grid(Clase~., scale = "free_y") +
  theme_minimal() + theme(axis.title.x =
element_blank(),
                        axis.text.x =
element_blank(),
axis.title.y.left=element_text(color="black
k"),
axis.text.y.left=element_text(color="black
")) +
  geom_point(aes(y = value), shape = 16) +
  geom_rect(aes(xmin = as.POSIXct("2020-02-
29"), xmax = as.POSIXct("2020-05-11"), ymin
= -Inf, ymax = Inf),
            colour = "grey90", fill="grey",
alpha = 0.01) +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2019-09-
25"), y = 0, # Inicio tesista 2
                xend = as.POSIXct("2019-
09-25"),
                yend = max.alt),
linetype = "dotted") +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-07-
08"), y = 0, # Inicio tesista 3
                xend = as.POSIXct("2020-
07-08"),
                yend = max.alt),
linetype = "dotted") +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-06-
15"), y = 0, # Cambio de \ninvernadero
                xend = as.POSIXct("2020-
06-15"),
                yend = max.alt),
linetype = "solid", colour = "grey") +
  scale_y_continuous(name = "Altura (cm)")
+
  ggtitle("Altura")

# 5.6.3. NRO DE HOJAS
max.hoj <-
max(datos.AC.T4_med.hoj4$value)*0.9
AC.T4_hoj <-
ggplot(datos.AC.T4_med.hoj4, aes(x =
Fecha, y = value, color = variable)) +
  geom_line() +
  facet_grid(Clase~., scale = "free_y") +
  theme_minimal() + theme(axis.title.x =
element_blank(),
                        axis.text.x =
element_blank(),
axis.title.y.left=element_text(color="black
k"),
axis.text.y.left=element_text(color="black
")) +
  geom_point(aes(y = value), shape = 16) +
  geom_rect(aes(xmin = as.POSIXct("2020-02-
29"), xmax = as.POSIXct("2020-05-11"), ymin
= -Inf, ymax = Inf),
            colour = "grey90", fill="grey",
alpha = 0.01) +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2019-09-
25"), y = 0, # Inicio tesista 2
                xend = as.POSIXct("2019-
09-25"),
                yend = max.hoj),
linetype = "dotted") +

```

```

geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-07-
08"), y = 0, # Inicio tesista 3
                xend = as.POSIXct("2020-
07-08"),
                yend = max.hoj),
linetype = "dotted") +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-06-
15"), y = 0, # Cambio de \ninvernadero
                xend = as.POSIXct("2020-
06-15"),
                yend = max.hoj),
linetype = "solid", colour = "grey") +
  scale_y_continuous(name = "Nro. hojas")
+
  ggtitle("Número de hojas")

# 5.6.4. ESTADO FITOSANITARIO
max.fito <-
max(datos.AC.T4_med.fit2$value.fit*2)
AC.T4_FITO <-
ggplot(datos.AC.T4_med.fit2, aes(x =
Fecha, y = value.fit, color = variable)) +
  geom_line(stat="identity") +
  scale_y_continuous(name = "Estado
fitosanitario \n[3= muy bueno, 2 = medio,
\n1 = regular]") +
  theme_minimal() + theme(axis.title.x =
element_blank(),
                        axis.text.x =
element_blank(),
axis.title.y.left=element_text(color="black
k"),
axis.text.y.left=element_text(color="black
")) +
  geom_point(aes(y = value.fit), shape = 16)
+
  geom_rect(aes(xmin = as.POSIXct("2020-02-
29"), xmax = as.POSIXct("2020-05-11"), ymin
= -Inf, ymax = Inf),
            colour = "grey90", fill="grey",
alpha = 0.01) +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2019-09-
25"), y = 0, # Inicio tesista 2
                xend = as.POSIXct("2019-
09-25"),
                yend = max.fito),
linetype = "dotted") +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-07-
08"), y = 0, # Inicio tesista 3
                xend = as.POSIXct("2020-
07-08"),
                yend = max.fito),
linetype = "dotted") +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-06-
15"), y = 0, # Cambio de \ninvernadero
                xend = as.POSIXct("2020-
06-15"),
                yend = max.fito),
linetype = "solid", colour = "grey") +
  ggtitle("Estado Fitosanitario")

# 5.6.5. RIEGO
max.riego <- max(datos.AC.T4$Riego_mm_T4)
AC.T4_RIEGO <- ggplot(datos.AC.T4[2:93,],
aes(Fecha2_riego, Riego_mm_T4))
+
  geom_bar(stat="identity", fill =
"steelblue") +
  theme_minimal() +

```



```

  theme(axis.title.x = element_blank(),
axis.text.x = element_text(angle=90)) +
  ylab("Riego (ml)") +
  geom_rect(aes(xmin = as.POSIXct("2020-02-29"), xmax = as.POSIXct("2020-05-11"), ymin = -Inf, ymax = Inf),
  colour = "grey90", fill="grey",
alpha = 0.01) +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2019-09-25"), y = 0, # Inicio tesista 2
  xend = as.POSIXct("2019-09-25"),
  yend = max.riego),
  linetype = "dotted") +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-07-08"), y = 0, # Inicio tesista 3
  xend = as.POSIXct("2020-07-08"),
  yend = max.riego),
  linetype = "dotted") +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-06-15"), y = 0, # Cambio de \ninvernadero
  xend = as.POSIXct("2020-06-15"),
  yend = max.riego),
  linetype = "solid", colour = "grey") +
  scale_x_datetime(date_breaks = "1 month")

## 5.7. unión de Plots con eje X alineado
#Basado en
https://gist.github.com/tomhopper/faa24797bb44addeba79
library(grid)
library(egg)

egg::ggarrange(AC.T4_diam, AC.T4_alt,
AC.T4_hoj, AC.T4_FITO, AC.T4_RIEGO,
ncol = 1, top = "Acacia
macracantha T4")

# 5.7.1 Exportar como PDF
pdf("AC.T4_resumenPlot.pdf", onefile=TRUE,
paper="a4", pointsize = 18)

egg::ggarrange(AC.T4_diam, AC.T4_alt,
AC.T4_hoj, AC.T4_FITO, AC.T4_RIEGO,
ncol = 1, top = "Acacia
macracantha T4")

dev.off()

# 5.7.2. Exportar como JPG
jpeg(filename="AC.T4_resumenPlot.jpg",
width = 210*1.2, height = 297*1.2, units =
"mm", res=600) # Exportar como JPG

egg::ggarrange(AC.T4_diam, AC.T4_alt,
AC.T4_hoj, AC.T4_FITO, AC.T4_RIEGO,
ncol = 1, top = "Acacia
macracantha T4")

dev.off()

#####
## 6. PLOTS ADICIONALES

# 6.1. DIAMETROS
# 6.1.1. Solo diametros
jpeg(filename="Diametros_AC.jpg", width =
210*1.2, height = 297*1.2, units = "mm",
res=600) # Exportar como JPG

```

```

egg::ggarrange(AC.T0_diam, AC.T1_diam,
AC.T2_diam, AC.T3_diam, AC.T4_diam,
ncol = 1, top = "Diametros",
labels = c("T0", "T1", "T2", "T3", "T4"))
dev.off()

# 6.1.2. Solo diametros + Riego
jpeg(filename="Diametros y riego_AC.jpg",
width = 210*1.2, height = 297*1.2, units =
"mm", res=600) # Exportar como JPG

egg::ggarrange(AC.T0_diam, AC.T0_RIEGO,
AC.T1_diam, AC.T1_RIEGO,
AC.T2_diam, AC.T2_RIEGO,
AC.T3_diam, AC.T3_RIEGO,
AC.T4_diam, AC.T4_RIEGO,
ncol = 1, top = "Diametro +
Riego",
labels = c("T0",
"T0", "T1", "T1", "T2", "T2", "T3", "T3", "T4",
"T4"),
heights = c(50,10, 50,10,
50,10, 50,10, 50,10))
dev.off()

#####
#####
# 6.2. Variables promedio
# 6.2.1. Alt promedio
datos.AC.T0_med2$Alt0prom <-
rowMeans(datos.AC.T0_med[ ,c(3:5)], na.rm =
TRUE)
datos.AC.T1_med2$Alt1prom <-
rowMeans(datos.AC.T1_med2[ ,c(3:5)], na.rm =
TRUE)
datos.AC.T2_med2$Alt2prom <-
rowMeans(datos.AC.T2_med2[ ,c(3:5)], na.rm =
TRUE)
datos.AC.T3_med2$Alt3prom <-
rowMeans(datos.AC.T3_med2[ ,c(3:5)], na.rm =
TRUE)
datos.AC.T4_med2$Alt4prom <-
rowMeans(datos.AC.T4_med2[ ,c(3:5)], na.rm =
TRUE)

# 6.2.1.1. Alt promedio de todos los
tratamientos
datos.AC.Altprom_Trat <- datos.AC.T0_med[,
c(2, 24) ]
colnames(datos.AC.Altprom_Trat) <-
c("Fecha", "T0")

datos.AC.Altprom_Trat$T1 <-
datos.AC.T1_med2$Alt1prom
datos.AC.Altprom_Trat$T2 <-
datos.AC.T2_med2$Alt2prom
datos.AC.Altprom_Trat$T3 <-
datos.AC.T3_med2$Alt3prom
datos.AC.Altprom_Trat$T4 <-
datos.AC.T4_med2$Alt4prom

datos.AC.Altprom_Trat2
<-melt(datos.AC.Altprom_Trat, id.vars =
"Fecha") # Cambiar formato de tabla a
formato largo

```

```

colnames(datos.AC.Altprom_Trat2) [3]      <-
"value.Altprom" # cambiar nombre a la
columna valores

# 6.2.2. Diam promedio
datos.AC.T0_med2$Diam0prom               <-
rowMeans(datos.AC.T0_med[ ,c(9:11)], na.rm
= TRUE)
datos.AC.T1_med2$Diam1prom               <-
rowMeans(datos.AC.T1_med2[ ,c(9:11)], na.rm
= TRUE)
datos.AC.T2_med2$Diam2prom               <-
rowMeans(datos.AC.T2_med2[ ,c(9:11)], na.rm
= TRUE)
datos.AC.T3_med2$Diam3prom               <-
rowMeans(datos.AC.T3_med2[ ,c(9:11)], na.rm
= TRUE)
datos.AC.T4_med2$Diam4prom               <-
rowMeans(datos.AC.T4_med2[ ,c(9:11)], na.rm
= TRUE)

# 6.2.2.1. Diam promedio de todos los
tratamientos
datos.AC.Diamprom_Trat <- datos.AC.T0_med[,
c(2, 25) ]
colnames(datos.AC.Diamprom_Trat) <-
c("Fecha", "T0")

datos.AC.Diamprom_Trat$T1                <-
datos.AC.T1_med2$Diam1prom
datos.AC.Diamprom_Trat$T2                <-
datos.AC.T2_med2$Diam2prom
datos.AC.Diamprom_Trat$T3                <-
datos.AC.T3_med2$Diam3prom
datos.AC.Diamprom_Trat$T4                <-
datos.AC.T4_med2$Diam4prom

datos.AC.Diamprom_Trat2                  <-
melt(datos.AC.Diamprom_Trat, id.vars =
"Fecha") # Cambiar formato de tabla a
formato largo
colnames(datos.AC.Diamprom_Trat2) [3]    <-
"value.Diamprom" # cambiar nombre a la
columna valores

# 6.2.3. Hoj promedio
datos.AC.T0_med2$Hoj0prom                 <-
rowMeans(datos.AC.T0_med[ ,c(15:17)], na.rm
= TRUE)
datos.AC.T1_med2$Hoj1prom                 <-
rowMeans(datos.AC.T1_med2[ ,c(15:17)],
na.rm = TRUE)
datos.AC.T2_med2$Hoj2prom                 <-
rowMeans(datos.AC.T2_med2[ ,c(15:17)],
na.rm = TRUE)
datos.AC.T3_med2$Hoj3prom                 <-
rowMeans(datos.AC.T3_med2[ ,c(15:17)],
na.rm = TRUE)
datos.AC.T4_med2$Hoj4prom                 <-
rowMeans(datos.AC.T4_med2[ ,c(15:17)],
na.rm = TRUE)

# 6.2.3.1. Hoj promedio de todos los
tratamientos
datos.AC.Hojprom_Trat <- datos.AC.T0_med[,
c(2, 26) ]

```

```

colnames(datos.AC.Hojprom_Trat) <-
c("Fecha", "T0")

datos.AC.Hojprom_Trat$T1                 <-
datos.AC.T1_med2$Hoj1prom
datos.AC.Hojprom_Trat$T2                 <-
datos.AC.T2_med2$Hoj2prom
datos.AC.Hojprom_Trat$T3                 <-
datos.AC.T3_med2$Hoj3prom
datos.AC.Hojprom_Trat$T4                 <-
datos.AC.T4_med2$Hoj4prom

datos.AC.Hojprom_Trat2                   <-
melt(datos.AC.Hojprom_Trat, id.vars =
"Fecha") # Cambiar formato de tabla a
formato largo
colnames(datos.AC.Hojprom_Trat2) [3]    <-
"value.Hojprom" # cambiar nombre a la
columna valores

# 6.2.4. EFitto promedio
datos.AC.T0_med2$EFitto0prom             <-
rowMeans(datos.AC.T0_med[ ,c(21:23)], na.rm
= TRUE)
datos.AC.T1_med2$EFitto1prom             <-
rowMeans(datos.AC.T1_med2[ ,c(21:23)],
na.rm = TRUE)
datos.AC.T2_med2$EFitto2prom             <-
rowMeans(datos.AC.T2_med2[ ,c(21:23)],
na.rm = TRUE)
datos.AC.T3_med2$EFitto3prom             <-
rowMeans(datos.AC.T3_med2[ ,c(21:23)],
na.rm = TRUE)
datos.AC.T4_med2$EFitto4prom             <-
rowMeans(datos.AC.T4_med2[ ,c(21:23)],
na.rm = TRUE)

# 6.2.3.1. EFitto promedio de todos los
tratamientos
datos.AC.EFitoprom_Trat                  <-
datos.AC.T0_med[ ,c(2, 27) ]
colnames(datos.AC.EFitoprom_Trat) <-
c("Fecha", "T0")

datos.AC.EFitoprom_Trat$T1               <-
datos.AC.T1_med2$EFitto1prom
datos.AC.EFitoprom_Trat$T2               <-
datos.AC.T2_med2$EFitto2prom
datos.AC.EFitoprom_Trat$T3               <-
datos.AC.T3_med2$EFitto3prom
datos.AC.EFitoprom_Trat$T4               <-
datos.AC.T4_med2$EFitto4prom

datos.AC.EFitoprom_Trat2                  <-
melt(datos.AC.EFitoprom_Trat, id.vars =
"Fecha") # Cambiar formato de tabla a
formato largo
colnames(datos.AC.EFitoprom_Trat2) [3]  <-
"value.EFitoprom" # cambiar nombre a la
columna valores

# 6.3. IC promedio
# 6.3.1. Alt_IC promedio
datos.AC.T0_med2$IC_Altprom              <-
rowMeans(datos.AC.T0_med[ ,c(6:8)], na.rm
= TRUE)

```

```

datos.AC.T1_med2[ $\S$ ]IC_Altprom <-
rowMeans(datos.AC.T1_med2[ ,c(6:8)], na.rm
= TRUE)
datos.AC.T2_med2[ $\S$ ]IC_Altprom <-
rowMeans(datos.AC.T2_med2[ ,c(6:8)], na.rm
= TRUE)
datos.AC.T3_med2[ $\S$ ]IC_Altprom <-
rowMeans(datos.AC.T3_med2[ ,c(6:8)], na.rm
= TRUE)
datos.AC.T4_med2[ $\S$ ]IC_Altprom <-
rowMeans(datos.AC.T4_med2[ ,c(6:8)], na.rm
= TRUE)

# 6.3.1.1. Alt IC promedio de todos los
tratamientos
datos.AC.ICAltprom_Trat <-
datos.AC.T0_med[, c(2, 28) ]
colnames(datos.AC.ICAltprom_Trat) <-
c("Fecha", "T0")

datos.AC.ICAltprom_Trat[ $\S$ ]T1 <-
datos.AC.T1_med2[ $\S$ ]IC_Altprom
datos.AC.ICAltprom_Trat[ $\S$ ]T2 <-
datos.AC.T2_med2[ $\S$ ]IC_Altprom
datos.AC.ICAltprom_Trat[ $\S$ ]T3 <-
datos.AC.T3_med2[ $\S$ ]IC_Altprom
datos.AC.ICAltprom_Trat[ $\S$ ]T4 <-
datos.AC.T4_med2[ $\S$ ]IC_Altprom

datos.AC.ICAltprom_Trat2 <-
melt(datos.AC.ICAltprom_Trat, id.vars =
"Fecha") # Cambiar formato de tabla a
formato largo
colnames(datos.AC.ICAltprom_Trat2)[3] <-
"value.ICAltprom" # cambiar nombre a la
columna valores

# b. Alt + Alt IC
datos.AC.Alt_Trat3 <-
datos.AC.Altprom_Trat2 # hacer una copia de
...alt2
colnames(datos.AC.Alt_Trat3)[3] <-
"Acumulado (cm)"
datos.AC.Alt_Trat3[ $\S$ ]`Inc.Coriiente (cm)` <-
datos.AC.ICAltprom_Trat2[ $\S$ ]value.ICAltprom #
copiar solo la columna value.altIC
# c. Convertir a formato largo
datos.AC.Alt_Trat4 <-
melt(datos.AC.Alt_Trat3, id.vars =
c("Fecha", "variable"), variable_name =
"Clase" )

# 6.3.2. Diam_IC promedio
datos.AC.T0_med[ $\S$ ]IC_Diamprom <-
rowMeans(datos.AC.T0_med[ ,c(12:14)], na.rm
= TRUE)
datos.AC.T1_med2[ $\S$ ]IC_Diamprom <-
rowMeans(datos.AC.T1_med2[ ,c(12:14)],
na.rm = TRUE)
datos.AC.T2_med2[ $\S$ ]IC_Diamprom <-
rowMeans(datos.AC.T2_med2[ ,c(12:14)],
na.rm = TRUE)
datos.AC.T3_med2[ $\S$ ]IC_Diamprom <-
rowMeans(datos.AC.T3_med2[ ,c(12:14)],
na.rm = TRUE)

datos.AC.T4_med2[ $\S$ ]IC_Diamprom <-
rowMeans(datos.AC.T4_med2[ ,c(12:14)],
na.rm = TRUE)

# 6.3.2.1. Diam IC promedio de todos los
tratamientos
datos.AC.ICDiamprom_Trat <-
datos.AC.T0_med[, c(2, 29) ]
colnames(datos.AC.ICDiamprom_Trat) <-
c("Fecha", "T0")

datos.AC.ICDiamprom_Trat[ $\S$ ]T1 <-
datos.AC.T1_med2[ $\S$ ]IC_Diamprom
datos.AC.ICDiamprom_Trat[ $\S$ ]T2 <-
datos.AC.T2_med2[ $\S$ ]IC_Diamprom
datos.AC.ICDiamprom_Trat[ $\S$ ]T3 <-
datos.AC.T3_med2[ $\S$ ]IC_Diamprom
datos.AC.ICDiamprom_Trat[ $\S$ ]T4 <-
datos.AC.T4_med2[ $\S$ ]IC_Diamprom

datos.AC.ICDiamprom_Trat2 <-
melt(datos.AC.ICDiamprom_Trat, id.vars =
"Fecha") # Cambiar formato de tabla a
formato largo
colnames(datos.AC.ICDiamprom_Trat2)[3] <-
"value.ICDiamprom" # cambiar nombre a la
columna valores

# b. Diam + Diam IC
datos.AC.Diam_Trat3 <-
datos.AC.Diamprom_Trat2 # hacer una copia
de ...alt2
datos.AC.Diam_Trat3[ $\S$ ]value.ICDiamprom <-
datos.AC.ICDiamprom_Trat2[ $\S$ ]value.ICDiamprom
# copiar solo la columna value.altIC
# c. Convertir a formato largo
datos.AC.Diam_Trat4 <-
melt(datos.AC.Diam_Trat3, id.vars =
c("Fecha", "variable"), variable_name =
"Clase" )

# 6.3.3. Hoj_IC promedio
datos.AC.T0_med[ $\S$ ]IC_Hojprom <-
rowMeans(datos.AC.T0_med[ ,c(18:20)], na.rm
= TRUE)
datos.AC.T1_med2[ $\S$ ]IC_Hojprom <-
rowMeans(datos.AC.T1_med2[ ,c(18:20)],
na.rm = TRUE)
datos.AC.T2_med2[ $\S$ ]IC_Hojprom <-
rowMeans(datos.AC.T2_med2[ ,c(18:20)],
na.rm = TRUE)
datos.AC.T3_med2[ $\S$ ]IC_Hojprom <-
rowMeans(datos.AC.T3_med2[ ,c(18:20)],
na.rm = TRUE)
datos.AC.T4_med2[ $\S$ ]IC_Hojprom <-
rowMeans(datos.AC.T4_med2[ ,c(18:20)],
na.rm = TRUE)

# 6.3.3.1. Hoj IC promedio de todos los
tratamientos
datos.AC.ICHojprom_Trat <-
datos.AC.T0_med[, c(2, 30) ]
colnames(datos.AC.ICHojprom_Trat) <-
c("Fecha", "T0")

datos.AC.ICHojprom_Trat[ $\S$ ]T1 <-
datos.AC.T1_med2[ $\S$ ]IC_Hojprom

```

```

datos.AC.IChojprom_Trat2[5]T2 <-
datos.AC.T2_med2[5]IC_Hojprom
datos.AC.IChojprom_Trat2[5]T3 <-
datos.AC.T3_med2[5]IC_Hojprom
datos.AC.IChojprom_Trat2[5]T4 <-
datos.AC.T4_med2[5]IC_Hojprom

datos.AC.IChojprom_Trat2 <-
melt(datos.AC.IChojprom_Trat, id.vars =
"Fecha") # Cambiar formato de tabla a
formato largo
colnames(datos.AC.IChojprom_Trat2)[3] <-
"value.IChojprom" # cambiar nombre a la
columna valores

# b. Hojas + Hojas IC
datos.AC.Hoja_Trat3 <-
datos.AC.Hojprom_Trat2 # hacer una copia de
...alt2
colnames(datos.AC.Hoja_Trat3)[3] <-
"Acumulado"
datos.AC.Hoja_Trat3[5] Inc.Corriente` <-
datos.AC.IChojprom_Trat2[5]value.IChojprom #
copiar solo la columna value.altIC
# c. Convertir a formato largo
datos.AC.Hoja_Trat4 <-
melt(datos.AC.Hoja_Trat3, id.vars =
c("Fecha", "variable"), variable_name =
"Clase" )

#####PLOTS#####
#####
#6.4. Plots IC promedio
# 6.4.1. Alt IC promedio
max.AltICprom <-
max(datos.AC.ICAltpr_Trat2[5]value.ICAltpr
om*1.15)
AC.ICAltpr_T <-
ggplot(datos.AC.ICAltpr_Trat2, aes(x =
Fecha, y = value.ICAltpr, color =
variable)) +
  geom_line(stat="identity") +
  scale_y_continuous(name = "Incremento
corriente (cm)") +
  theme_minimal() + theme(axis.title.x =
element_blank(), axis.text.x =
element_blank(),

axis.title.y.left=element_text(color="blac
k"),

axis.text.y.left=element_text(color="black
") +
  geom_point(aes(y = value.ICAltpr),
shape = 16) +

  geom_rect(aes(xmin = as.POSIXct("2020-02-
29"), xmax = as.POSIXct("2020-05-11"), ymin
= -Inf, ymax = Inf),
  colour = "grey90", fill="grey",
alpha = 0.01) +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2019-09-
25"), y = 0, # Inicio tesista 2
xend = as.POSIXct("2019-
09-25"),
yend = max.AltICprom),
linetype = "dotted") +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-07-
08"), y = 0, # Inicio tesista 3
xend = as.POSIXct("2020-
07-08"),
yend = max.AltICprom),
linetype = "dotted") +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-06-
15"), y = 0, # Cambio de \nivernadero
xend = as.POSIXct("2020-
07-08"),
yend = max.AltICprom),
linetype = "dotted") +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-06-
15"), y = 0, # Cambio de \nivernadero
xend = as.POSIXct("2020-
06-15"),
yend = max.AltICprom),
linetype = "solid", colour = "grey") +
  ggtitle("Altura")

# 6.4.2. Diam IC promedio
max.ICDiamprom <-
max(datos.AC.ICDiamprom_Trat2[5]value.ICDiam
prom*1.75)
AC.ICDiampromT <-
ggplot(datos.AC.ICDiamprom_Trat2, aes(x =
Fecha, y = value.ICDiamprom, color =
variable)) +
  geom_line(stat="identity") +
  scale_y_continuous(name = "Incremento
Corriente (cm)") +
  theme_minimal() + theme(axis.title.x =
element_blank(), axis.text.x =
element_blank(),

axis.title.y.left=element_text(color="blac
k"),

axis.text.y.left=element_text(color="black
") +
  geom_point(aes(y = value.ICDiamprom),
shape = 16) +
  annotate(geom = "text", x =
as.POSIXct("2020-04-05"), y = 0.33, label =
"Inicio de la \nPANDEMIA", color = "grey20")
+
  annotate(geom = "text", x =
as.POSIXct("2019-05-01"), y = 0.27, label =
"Etapa 01", colour = "grey") +
  annotate(geom = "text", x =
as.POSIXct("2020-01-01"), y = 0.27, label =
"Etapa 02", colour = "grey") +
  annotate(geom = "text", x =
as.POSIXct("2020-11-01"), y = 0.27, label =
"Etapa 03", colour = "grey60") +
  annotate(geom = "text", x =
as.POSIXct("2020-07-15"), y = 0.21, label =
"Nuevo invernadero", colour = "grey40") +

  geom_rect(aes(xmin = as.POSIXct("2020-02-
29"), xmax = as.POSIXct("2020-05-11"), ymin
= -Inf, ymax = Inf),
  colour = "grey90", fill="grey",
alpha = 0.01) +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2019-09-
25"), y = 0, # Inicio tesista 2
xend = as.POSIXct("2019-
09-25"),
yend = max.ICDiamprom),
linetype = "dotted") +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-07-
08"), y = 0, # Inicio tesista 3
xend = as.POSIXct("2020-
07-08"),
yend = max.ICDiamprom),
linetype = "dotted") +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-06-
15"), y = 0, # Cambio de \nivernadero
xend = as.POSIXct("2020-
06-15"),
yend = max.ICDiamprom),
linetype = "dotted") +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-06-
15"), y = 0, # Cambio de \nivernadero
xend = as.POSIXct("2020-
06-15"),
yend = max.ICDiamprom),
linetype = "solid", colour = "grey") +
  ggtitle("Altura")

```

```

                                xend = as.POSIXct("2020-
06-15"),
                                yend = max.ICDiamprom),
linetype = "solid", colour = "grey") +
  ggtitle("Diámetro")

# 6.4.3. Hoj IC promedio
max.IChojprom <-
max(datos.AC.IChojprom_Trat2$value.IChojpr
om)
AC.IChojpromT <-
ggplot(datos.AC.IChojprom_Trat2, aes(x =
Fecha, y = value.IChojprom, color =
variable)) +
  geom_line(stat="identity") +
  scale_y_continuous(name = "Incremento
corriente de Número de hojas") +
  theme_minimal() + theme(axis.title.x =
element_blank(), axis.text.x =
element_blank(),

axis.title.y.left=element_text(color="blac
k"),

axis.text.y.left=element_text(color="black
") +
  geom_point(aes(y = value.IChojprom),
shape = 16) +

  geom_rect(aes(xmin = as.POSIXct("2020-02-
29"), xmax = as.POSIXct("2020-05-11"), ymin
= -Inf, ymax = Inf),
            colour = "grey90", fill="grey",
alpha = 0.01) +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2019-09-
25"), y = 0, # Inicio tesista 2
                 xend = as.POSIXct("2019-
09-25"),
                 yend = max.IChojprom),
linetype = "dotted") +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-07-
08"), y = 0, # Inicio tesista 3
                 xend = as.POSIXct("2020-
07-08"),
                 yend = max.IChojprom),
linetype = "dotted") +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-06-
15"), y = 0, # Cambio de \ninvernadero
                 xend = as.POSIXct("2020-
06-15"),
                 yend = max.IChojprom),
linetype = "solid", colour = "grey") +
  ggtitle("Número de hojas")

# 6.4.4. Union de plots y exportar como jpg
jpeg(filename="AC.ICTratprom.jpg", width =
210*1.2, height = 297*1.2, units = "mm",
res=600) # Exportar como JPG

egg:ggarrange(AC.ICDiampromT,
AC.IAltromT, AC.IChojpromT,
             ncol = 1, top = "Acacia
macracantha")

dev.off()

# 6.5. PLOTS Variables promedio
# 6.5.1. Alt promedio

```

```

max.Altprom <-
max(datos.AC.Altrom_Trat2$value.Altprom)
AC.AltromT <-
ggplot(datos.AC.Altrom_Trat2, aes(x =
Fecha, y = value.Altprom, color = variable))
+
  geom_line(stat="identity") +
  scale_y_continuous(name = "Altura
promedio (cm)") +
  theme_minimal() + theme(axis.title.x =
element_blank(), axis.text.x =
element_blank(),

axis.title.y.left=element_text(color="blac
k"),

axis.text.y.left=element_text(color="black
") +
  geom_point(aes(y = value.Altprom), shape
= 16) +

  geom_rect(aes(xmin = as.POSIXct("2020-02-
29"), xmax = as.POSIXct("2020-05-11"), ymin
= -Inf, ymax = Inf),
            colour = "grey90", fill="grey",
alpha = 0.01) +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2019-09-
25"), y = 0, # Inicio tesista 2
                 xend = as.POSIXct("2019-
09-25"),
                 yend = max.Altprom),
linetype = "dotted") +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-07-
08"), y = 0, # Inicio tesista 3
                 xend = as.POSIXct("2020-
07-08"),
                 yend = max.Altprom),
linetype = "dotted") +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-06-
15"), y = 0, # Cambio de \ninvernadero
                 xend = as.POSIXct("2020-
06-15"),
                 yend = max.Altprom),
linetype = "solid", colour = "grey") +
  ggtitle("Altura")

# 6.5.2. Diam promedio
max.Diamprom <-
max(datos.AC.Diamprom_Trat2$value.Diamprom
*1.15)
AC.DiampromT <-
ggplot(datos.AC.Diamprom_Trat2, aes(x =
Fecha, y = value.Diamprom, color =
variable)) +
  geom_line(stat="identity") +
  scale_y_continuous(name = "Diámetro
promedio (cm)") +
  theme_minimal() + theme(axis.title.x =
element_blank(), axis.text.x =
element_blank(),

axis.title.y.left=element_text(color="blac
k"),

axis.text.y.left=element_text(color="black
") +
  geom_point(aes(y = value.Diamprom), shape
= 16) +
  annotate(geom = "text", x =
as.POSIXct("2020-04-05"), y = 3, label =

```

```

"Inicio de la \nPANDEMIA", color = "grey20")
+
  annotate(geom = "text", x =
as.POSIXct("2019-05-01"), y = 2.6, label =
"Etapa 01", colour = "grey") +
  annotate(geom = "text", x =
as.POSIXct("2020-01-01"), y = 2.6, label =
"Etapa 02", colour = "grey") +
  annotate(geom = "text", x =
as.POSIXct("2020-11-01"), y = 2.6, label =
"Etapa 03", colour = "grey60") +
  annotate(geom = "text", x =
as.POSIXct("2020-07-15"), y = 2.3, label =
"Nuevo invernadero", colour = "grey40") +

  geom_rect(aes(xmin = as.POSIXct("2020-02-
29"), xmax = as.POSIXct("2020-05-11"), ymin
= -Inf, ymax = Inf),
  colour = "grey90", fill="grey",
alpha = 0.01) +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2019-09-
25"), y = 0, # Inicio tesista 2
  xend = as.POSIXct("2019-
09-25"),
  yend = max.Diamprom),
linetype = "dotted") +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-07-
08"), y = 0, # Inicio tesista 3
  xend = as.POSIXct("2020-
07-08"),
  yend = max.Diamprom),
linetype = "dotted") +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-06-
15"), y = 0, # Cambio de \ninvernadero
  xend = as.POSIXct("2020-
06-15"),
  yend = max.Diamprom),
linetype = "solid", colour = "grey") +
  ggtitle("Diámetro")

# 6.5.3. Hoj promedio
max.Hojprom <-
max(datos.AC.Hojprom_Trat2$value.Hojprom)
AC.HojpromT <-
ggplot(datos.AC.Hojprom_Trat2, aes(x =
Fecha, y = value.Hojprom, color = variable)) +
  geom_line(stat="identity") +
  scale_y_continuous(name = "Número de
hojas") +
  theme_minimal() + theme(axis.title.x =
element_blank(), axis.text.x =
element_blank(),
axis.title.y.left=element_text(color="black
k"),
axis.text.y.left=element_text(color="black
")) +
  geom_point(aes(y = value.Hojprom), shape
= 16) +

  geom_rect(aes(xmin = as.POSIXct("2020-02-
29"), xmax = as.POSIXct("2020-05-11"), ymin
= -Inf, ymax = Inf),
  colour = "grey90", fill="grey",
alpha = 0.01) +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2019-09-
25"), y = 0, # Inicio tesista 2
  xend = as.POSIXct("2019-
09-25"),

```

```

  yend = max.Hojprom),
linetype = "dotted") +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-07-
08"), y = 0, # Inicio tesista 3
  xend = as.POSIXct("2020-
07-08"),
  yend = max.Hojprom),
linetype = "dotted") +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-06-
15"), y = 0, # Cambio de \ninvernadero
  xend = as.POSIXct("2020-
06-15"),
  yend = max.Hojprom),
linetype = "solid", colour = "grey") +
  ggtitle("Número de hojas")

# 6.5.4. EFitto promedio
max.EFitoprom <-
max(datos.AC.EFitoprom_Trat2$value.EFitopr
om)
AC.EFitopromT <-
ggplot(datos.AC.EFitoprom_Trat2, aes(x =
Fecha, y = value.EFitoprom, color =
variable)) +
  geom_line(stat="identity") +
  scale_y_continuous(name = "Estado
fitosanitario \n[3= muy bueno, 2 = medio,
\n1 = regular]") +
  theme_minimal() +
  theme(axis.title.x = element_blank(),
axis.text.x = element_text(angle=90)) +
  scale_x_datetime(date_breaks = "1 month")
+

  geom_point(aes(y = value.EFitoprom),
shape = 16) +

  geom_rect(aes(xmin = as.POSIXct("2020-02-
29"), xmax = as.POSIXct("2020-05-11"), ymin
= -Inf, ymax = Inf),
  colour = "grey90", fill="grey",
alpha = 0.01) +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2019-09-
25"), y = 0, # Inicio tesista 2
  xend = as.POSIXct("2019-
09-25"),
  yend = max.EFitoprom),
linetype = "dotted") +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-07-
08"), y = 0, # Inicio tesista 3
  xend = as.POSIXct("2020-
07-08"),
  yend = max.EFitoprom),
linetype = "dotted") +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-06-
15"), y = 0, # Cambio de \ninvernadero
  xend = as.POSIXct("2020-
06-15"),
  yend = max.EFitoprom),
linetype = "solid", colour = "grey") +
  ggtitle("Estado Fitosanitario")

# 6.5.5. Union de plots y exportar como jpg
jpeg(filename="AC.Tratprom.jpg", width =
210*1.2, height = 297*1.2, units = "mm",
res=600) # Exportar como JPG

egg:ggarrange(AC.DiampromT, AC.AltpromT,
AC.HojpromT, AC.EFitopromT,

```

```

ncol = 1, top = "Acacia
macracantha")
dev.off()

# 6.6. PLOTS Variables (promedio + IC)
# 6.6.1. Diam + Diam IC
AC.DIAMT <-
ggplot(datos.AC.Diam_Trat3, aes(x = Fecha,
color = variable)) +
  geom_line(aes(y = value.Diamprom)) +
  geom_line(aes(y = value.ICDiamprom),
linetype = "dashed", size = 0.7) +
  scale_y_continuous(name = "
Acumulada (cm)", sec.axis = sec_axis(~./2,
name = "--- Inc.Corriente (cm)")) +
  theme_minimal() +
  theme(axis.title.x = element_blank(),
axis.text.x = element_blank(),

axis.title.y.left=element_text(color="black
k"),

axis.text.y.left=element_text(color="black
"),

axis.title.y.right=element_text(color="black
k"),

axis.text.y.right=element_text(color="black
k")) +
  geom_point(aes(y = value.Diamprom), shape
= 16) +
  geom_point(aes(y = value.ICDiamprom),
shape = 17) +
  annotate(geom = "text", x =
as.POSIXct("2020-04-05"), y = 1.9, label =
"Inicio de la \nPANDEMIA", color = "grey20")
+
  annotate(geom = "text", x =
as.POSIXct("2019-05-01"), y = 0.9, label =
"Etapa 01", colour = "grey") +
  annotate(geom = "text", x =
as.POSIXct("2020-01-01"), y = 0.9, label =
"Etapa 02", colour = "grey") +
  annotate(geom = "text", x =
as.POSIXct("2020-11-01"), y = 0.9, label =
"Etapa 03", colour = "grey60") +
  annotate(geom = "text", x =
as.POSIXct("2020-08-15"), y = 1.3, label =
"Nuevo invernadero", colour = "grey40") +

  geom_rect(aes(xmin = as.POSIXct("2020-02-
29"), xmax = as.POSIXct("2020-05-11"), ymin
= -Inf, ymax = Inf),
  colour = "grey90", fill="grey",
alpha = 0.01) +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2019-09-
25"), y = 0, # Inicio tesista 2
xend = as.POSIXct("2019-
09-25"),
yend = 2.0), linetype =
"dotted") +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-07-
08"), y = 0, # Inicio tesista 3
xend = as.POSIXct("2020-
07-08"),
yend = 2.0), linetype =
"dotted") +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-06-
15"), y = 0, # Cambio de \ninvernadero

```

```

xend = as.POSIXct("2020-
06-15"),
yend = 2.0), linetype =
"solid", colour = "grey") +
  ggtitle("Diámetro")

# 6.6.2. ALT + Alt IC
altT <- max(datos.AC.Alt_Trat4$[value])*0.5

AC.ALTT <-
ggplot(datos.AC.Alt_Trat4, aes(x = Fecha,
y = value, color = variable)) +
  geom_line() +
  facet_grid(Clase~., scale = "free_y") +
  theme_minimal() + theme(axis.title.x =
element_blank(),
axis.text.x =
element_blank(),

axis.title.y.left=element_text(color="black
k"),

axis.text.y.left=element_text(color="black
")) +
  geom_point(aes(y = value), shape = 16) +
  geom_rect(aes(xmin = as.POSIXct("2020-02-
29"), xmax = as.POSIXct("2020-05-11"), ymin
= -Inf, ymax = Inf),
  colour = "grey90", fill="grey",
alpha = 0.01) +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2019-09-
25"), y = 0, # Inicio tesista 2
xend = as.POSIXct("2019-
09-25"),
yend = altT), linetype =
"dotted") +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-07-
08"), y = 0, # Inicio tesista 3
xend = as.POSIXct("2020-
07-08"),
yend = altT ), linetype
= "dotted") +
  geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-06-
15"), y = 0, # Cambio de \ninvernadero
xend = as.POSIXct("2020-
06-15"),
yend = altT), linetype =
"solid", colour = "grey") +
  scale_y_continuous(name = "Altura (cm)")
+
  ggtitle("Altura")

#6.6.3.Hojas + HOJAS IC
max.hojT <- max(datos.AC.Hoja_Trat4$[value])

AC.HOJT <-
ggplot(datos.AC.Hoja_Trat4, aes(x =
Fecha, y = value, color = variable)) +
  geom_line() +
  facet_grid(Clase~., scale = "free_y") +
  theme_minimal() + theme(axis.title.x =
element_blank(),
axis.text.x =
element_blank(),

axis.title.y.left=element_text(color="black
k"),

axis.text.y.left=element_text(color="black
")) +

```



```

geom_point(aes(y = value), shape = 16) +
geom_rect(aes(xmin = as.POSIXct("2020-02-
29"), xmax = as.POSIXct("2020-05-11"), ymin
= -Inf, ymax = Inf),
          colour = "grey90", fill="grey",
alpha = 0.01) +
geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2019-09-
25"), y = 0, # Inicio tesista 2
                xend = as.POSIXct("2019-
09-25"),
                yend = max.hojT),
linetype = "dotted") +
geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-07-
08"), y = 0, # Inicio tesista 3
                xend = as.POSIXct("2020-
07-08"),
                yend = max.hojT ),
linetype = "dotted") +
geom_segment(aes(x = as.POSIXct("2020-06-
15"), y = 0, # Cambio de \ninvernadero
                xend = as.POSIXct("2020-
06-15"),
                yend = max.hojT),
linetype = "solid", colour = "grey") +
scale_y_continuous(name = "Nro. hojas")
+
ggtitle("Número de hojas")

# 6.6.4. Union de plots y exportar como jpg
jpeg(filename="AC.Trat.jpg", width =
210*1.2, height = 297*1.2, units = "mm",
res=600) # Exportar como JPG

egg:ggarrange(AC.DIAMT, AC.ALTT, AC.HOJT,
AC.EFitopromT,
              ncol = 1, top = "Acacia
macracantha")

dev.off()

```

Anexo 4.

Script detallado para la elaboración de diagramas de caja y gráfica de vértices.

```

#' ---
#' title: "Construccion de Boxplot con
Kruskal-Wallis Test + Grafico de interaccion
de vertices (igraph)"
#' subtitle: Cambios morfológicos y
formación de anillos de crecimiento por
estrés hídrico bajo condiciones controladas
en plantas de Acacia macracantha Wild. y
Cinchona officinalis L. en el cantón Loja,
Ecuador.
#' author: "Tania Verdesoto"
#' date: "01.nov.2021"
#' Director: Darwin Pucha
#' codificado por Darwin PC

#####
# FAIQUE(Acacia macracantha) #####
#####

rm(list=ls()) # limpiar area de trabajo
graphics.off() # limpiar area de graficos

# I. Fijar carpeta de trabajo
setwd("C:/VERDESOTO_TANIA_TESIS/Acacia_mac
racantha_CSV ")

# II. importar datos
data <- read.csv("Base_total_AC.csv", sep =
";", dec = ",")

#remover columnas 100 % vacias
data <- data[rowSums(is.na(data))
!=ncol(data), colSums(is.na(data))
!=nrow(data)]

#####
#### ALTURA #####
#####

## 1. SELECCION Y LIMPIEZA DE DATOS

data.alt <- data[data$Variable=="Altura",
c(4:5, 6:55)] # Todas las alturas, colum:
trat, codigo, m1:m33

# 1.1. Subtablas por tratamiento
data.alt.T0 <-
data.alt[data.alt$tratamiento=="T0", 3:52]
data.alt.T1 <-
data.alt[data.alt$tratamiento=="T1", 3:52]
data.alt.T2 <-
data.alt[data.alt$tratamiento=="T2", 3:52]
data.alt.T3 <-
data.alt[data.alt$tratamiento=="T3", 3:52]
data.alt.T4 <-
data.alt[data.alt$tratamiento=="T4", 3:52]

# 1.2. Visualizacion de cada tratamiento
matplot(t(data.alt.T0), type = "l", main =
"T0")
matplot(t(data.alt.T1), type = "l", main =
"T1")
matplot(t(data.alt.T2), type = "l", main =
"T2")
matplot(t(data.alt.T3), type = "l", main =
"T3")
matplot(t(data.alt.T4), type = "l", main =
"T4")

#####
## 2. RECONSTRUCCION DE DATOS

# Relleno de datos vacios a traves de
funciones ortogonales basadas en:
# Taylor, M.H., Losch, M., Wenzel, M.,
Schröter, J., 2013. On the Sensitivity of
Field Reconstruction and Prediction Using
Empirical Orthogonal Functions Derived from
Gappy Data. J. Climate, 26, 9194-9205. doi:
http://dx.doi.org/10.1175/JCLI-D-13-
00089.1 [pdf]
#
https://journals.ametsoc.org/downloadpdf/j
ournals/clim/26/22/jcli-d-13-00089.1.pdf

# Instalar paquete sinkr
library(sinkr)

```

```

#2.1. Analisis de datos vacios con la
funcion eof() EOF (Empirical Orthogonal
Functions analysis)

data.alt.T0.eof <- eof(data.alt.T0,
recursive = T, centered = F)
data.alt.T1.eof <- eof(data.alt.T1,
recursive = T, centered = F)
data.alt.T2.eof <- eof(data.alt.T2,
recursive = T, centered = F)
data.alt.T3.eof <- eof(data.alt.T3,
recursive = T, centered = F)
data.alt.T4.eof <- eof(data.alt.T4,
recursive = T, centered = F)

#2.2 Reconstruccion con la funcion eofRecon()
RSEOF - "Recursively Subtracted Empirical
Orthogonal Functions"
data.alt.T0.eof.rcn <- eofRecon(data.alt.T0.eof)
data.alt.T1.eof.rcn <- eofRecon(data.alt.T1.eof)
data.alt.T2.eof.rcn <- eofRecon(data.alt.T2.eof)
data.alt.T3.eof.rcn <- eofRecon(data.alt.T3.eof)
data.alt.T4.eof.rcn <- eofRecon(data.alt.T4.eof)

# 2.2.1. Cambiar nombres de columnas y filas
colnames(data.alt.T0.eof.rcn) <- colnames(data.alt[, 3:52])
colnames(data.alt.T1.eof.rcn) <- colnames(data.alt[, 3:52])
colnames(data.alt.T2.eof.rcn) <- colnames(data.alt[, 3:52])
colnames(data.alt.T3.eof.rcn) <- colnames(data.alt[, 3:52])
colnames(data.alt.T4.eof.rcn) <- colnames(data.alt[, 3:52])

rownames(data.alt.T0.eof.rcn) <- data.alt[data.alt$tratamiento=="T0", 2 ]
rownames(data.alt.T1.eof.rcn) <- data.alt[data.alt$tratamiento=="T1", 2 ]
rownames(data.alt.T2.eof.rcn) <- data.alt[data.alt$tratamiento=="T2", 2 ]
rownames(data.alt.T3.eof.rcn) <- data.alt[data.alt$tratamiento=="T3", 2 ]
rownames(data.alt.T4.eof.rcn) <- data.alt[data.alt$tratamiento=="T4", 2 ]

# 2.2.2. Grafico comparativo con y sin
reconstruccion
matplot(t(data.alt.T0), type = "l", main = "Altura_T0 original")
matplot(t(data.alt.T0.eof.rcn), type = "l", main = "Altura_T0_Reconstruido")

matplot(t(data.alt.T1), type = "l", main = "Altura_T1 original", ylim = c(0, 100))
matplot(t(data.alt.T1.eof.rcn), type = "l", main = "Altura_T1_Reconstruido", ylim = c(0, 100))

matplot(t(data.alt.T2), type = "l", main = "Altura_T2 original", ylim = c(0, 110))
matplot(t(data.alt.T2.eof.rcn), type = "l", main = "Altura_T2_Reconstruido", ylim = c(0, 110))

matplot(t(data.alt.T3), type = "l", main = "Altura_T3 original", ylim = c(0, 110))
matplot(t(data.alt.T3.eof.rcn), type = "l", main = "Altura_T3_Reconstruido", ylim = c(0, 110))

matplot(t(data.alt.T4), type = "l", main = "Altura_T4 original", ylim = c(0, 110))
matplot(t(data.alt.T4.eof.rcn), type = "l", main = "Altura_T4_Reconstruido", ylim = c(0, 110))

# 2.2.3. Reunificacion de tablas y computo
data.alt.rcn <- rbind(data.alt.T0.eof.rcn, data.alt.T1.eof.rcn, data.alt.T2.eof.rcn, data.alt.T3.eof.rcn, data.alt.T4.eof.rcn)

data.alt.rcn <- as.data.frame(data.alt.rcn)
# Convertir matrix a tabla tipo data.frame

# 2.2.4. Agregar nueva columna con el nombre
de los tratamientos
data.alt.rcn$tratamiento <- data.alt$tratamiento

# 2.2.5. # Calcular crecimiento neto (la
diferencia de crecimiento entre la ultima y
primera medicion)
data.alt.rcn$dif <- data.alt.rcn$m33 - data.alt.rcn$m1

## 3. BOXPLOTS
library(tidyverse)
library(ggpubr)
library(rstatix)

# 3.1. Calculo del Kruskal - Wallis test
data.alt.kw <- data.alt.rcn %>% kruskal_test(dif ~ tratamiento)
data.alt.kw

# 3.2. Ver el efecto de tamaño
#The interpretation values commonly in
published literature are: 0.01- < 0.06
(small effect),
# 0.06 - < 0.14 (moderate effect) and >=
0.14 (large effect).

data.alt.rcn %>% kruskal_effsize(dif ~ tratamiento)

# 3.3. Tabla comparativa de tratamientos
pareados con el metodo WILCOX - Pairwise
comparisons WILCOX'S test
data.alt.wilcox <- data.alt.rcn %>% wilcox_test(dif ~ tratamiento, p.adjust.method = "bonferroni")

data.alt.wilcox

# 3.4. Grafico de diagrama de caja (Boxplot)
incluyendo analisis estadistico
# 3.4.1. Calculo de la posicion X y Y de
los valores p sobre el grafico
data.alt.wilcox.graph <- data.alt.wilcox %>% add_xy_position(x = "group")

```

```

# 3.4.2. Boxplot
jpeg(filename="Alt.Bxp.KW.Acacia.jpg",
width = 180, height = 110, units = "mm",
res=600) # Exportar como JPG

ggboxplot(data.alt.rcn, x =
"tratamiento", y = "dif", fill =
terrain.colors(5), bxp.errorbar = TRUE,
xlab = "Tratamiento", ylab =
"Crecimiento [cm]", title = "ALTURA") +
geom_jitter(shape=16,
position=position_jitter(0.2), alpha=.3,
colour="black")+

stat_pvalue_manual(data.alt.wilcox.graph,
hide.ns = TRUE) +
labs(
subtitle = get_test_label(data.alt.kw ,
detailed = TRUE),
caption =
get_pwc_label(data.alt.wilcox.graph))

dev.off()

## 4. VERTICES
## Basado en URL:
https://menugget.blogspot.com/2014/05/automated-determination-of-distribution.html
library(igraph)

# 4.1. Wilcox test pareado para ver todas
las correlaciones entre tratamientos
wt.alt <-
pairwise.wilcox.test(data.alt.rcn$dif,
data.alt.rcn$tratamiento)
#wt.alt <-
pairwise.wilcox.test(jitter(data.alt.rcn$dif), data.alt.rcn$tratamiento) # use la
función jitter() en caso de errores por
igualdad de datos

# 4.2. Crear una matriz mostrando los grupos
de tratamientos
g.alt <- as.matrix(wt.alt$P.value > 0.05)
# identificar el valor de significancia
mayor a 0.05
g.alt <- cbind(rbind(NA, g.alt), NA) #
hacer una matriz cuadrada
g.alt <- replace(g.alt, is.na(g.alt),
FALSE) # reemplazo de los NA con Falso
g.alt <- g.alt + t(g.alt) # hacer la matriz
simetrica
diag(g.alt) <- 1 # poner 1 diagonalmente
en la matriz

# 4.3. Cambiar nombre de columnas y filas
labels <- c("T0", "T1", "T2", "T3", "T4")
rownames(g.alt) <- labels # cambiar nombre
de filas
colnames(g.alt) <- labels # cambiar nombre
de columnas

g.alt # mostrar matriz

# 4.4. Reorganizacion de datos en una lista
de vertices "edge list" para utilizarlos con
igraph (para saber que grupos de
tratamientos estan conectados)
pos.alt <- which(g.alt==1) # identificar la
posicion de los grupos relacionados

```

```

n <- 5 # numero de tratamientos (T0-T4)
g.alt2 <- data.frame(N1 = ((pos.alt-1) %% n)
+ 1, N2 = ((pos.alt-1) %% n) + 1)
#data.frame con los residuos de division
g.alt2 <- g.alt2[order((g.alt2[[1]])), ] #
reorganiza las filas por pares
g.alt3 <- simplify(graph.data.frame(g.alt2,
directed = FALSE)) # crear objeto para
igraph
get.data.frame(g.alt3) # ver conexiones
entre tratamientos

# 4.5. Plot igraph
# Personalizacion del grafico
V(g.alt3)$color <- terrain.colors(5)
V(g.alt3)$label.color <- "black"
V(g.alt3)$size <- 30
V(g.alt3)$label.cex <- 1.5
V(g.alt3)$label <- labels

# plot de conexion por nodos
jpeg(filename="Alt.nodos.Acacia.jpg", width
= 160, height = 180, units = "mm", res=600)
# Exportar como JPG

vertice.alt <- plot(g.alt3)+ box() +
mtext("Los tratamientos conectados no son
significativamente \ndiferentes (Wilcoxon-
Mann-Whitney test, p-value < 0.05 )",
side=1, line=2, cex = 1.2)

dev.off()

#####
### DIAMETRO ###
#####
## 1. SELECCION Y LIMPIEZA DE DATOS
data.diam <-
data[data$Variable=="Diámetro", c(4:5,
6:55)] # Todas las alturas, colum: trat,
codigo, ml:m33

# 1.1. Subtablas por tratamiento
data.diam.T0 <-
data.diam[data.diam$tratamiento=="T0",
3:52]
data.diam.T1 <-
data.diam[data.diam$tratamiento=="T1",
3:52]
data.diam.T2 <-
data.diam[data.diam$tratamiento=="T2",
3:52]
data.diam.T3 <-
data.diam[data.diam$tratamiento=="T3",
3:52]
data.diam.T4 <-
data.diam[data.diam$tratamiento=="T4",
3:52]

# 1.2. Visualizacion de cada tratamiento
matplot(t(data.diam.T0), type = "l", main =
"T0")
matplot(t(data.diam.T1), type = "l", main =
"T1")
matplot(t(data.diam.T2), type = "l", main =
"T2")
matplot(t(data.diam.T3), type = "l", main =
"T3")

```

```

matplot(t(data.diam.T4), type = "l", main =
"T4")

#####
## 2. RECONSTRUCCION DE DATOS

# Relleno de datos vacios a traves de
funciones ortogonales basadas en:
# Taylor, M.H., Losch, M., Wenzel, M.,
Schröter, J., 2013. On the Sensitivity of
Field Reconstruction and Prediction Using
Empirical Orthogonal Functions Derived from
Gappy Data. J. Climate, 26, 9194-9205. doi:
http://dx.doi.org/10.1175/JCLI-D-13-
00089.1 [pdf]
#
https://journals.ametsoc.org/downloadpdf/j
ournals/clim/26/22/jcli-d-13-00089.1.pdf

# Instalar paquete sinkr
library(sinkr)

#2.1. Analisis de datos vacios con la
funcion eof() EOF (Empirical Orthogonal
Functions analysis)
data.diam.T0.eof <- eof(data.diam.T0,
recursive = T, centered = F)
data.diam.T1.eof <- eof(data.diam.T1,
recursive = T, centered = F)
data.diam.T2.eof <- eof(data.diam.T2,
recursive = T, centered = F)
data.diam.T3.eof <- eof(data.diam.T3,
recursive = T, centered = T)
data.diam.T4.eof <- eof(data.diam.T4,
recursive = T, centered = T)

#2.2 Reconstrucion con la funcion eofRecon()
RSEOF - "Recursively Subtracted Empirical
Orthogonal Functions"
data.diam.T0.eof.rcn <-
eofRecon(data.diam.T0.eof)
data.diam.T1.eof.rcn <-
eofRecon(data.diam.T1.eof)
data.diam.T2.eof.rcn <-
eofRecon(data.diam.T2.eof)
data.diam.T3.eof.rcn <-
eofRecon(data.diam.T3.eof)
data.diam.T4.eof.rcn <-
eofRecon(data.diam.T4.eof)

# 2.2.1. Cambiar nombres de columnas y filas
colnames(data.diam.T0.eof.rcn) <-
colnames(data.diam[, 3:52])
colnames(data.diam.T1.eof.rcn) <-
colnames(data.diam[, 3:52])
colnames(data.diam.T2.eof.rcn) <-
colnames(data.diam[, 3:52])
colnames(data.diam.T3.eof.rcn) <-
colnames(data.diam[, 3:52])
colnames(data.diam.T4.eof.rcn) <-
colnames(data.diam[, 3:52])

rownames(data.diam.T0.eof.rcn) <-
data.diam[data.diam$tratamiento=="T0", 2 ]
rownames(data.diam.T1.eof.rcn) <-
data.diam[data.diam$tratamiento=="T1", 2 ]
rownames(data.diam.T2.eof.rcn) <-
data.diam[data.diam$tratamiento=="T2", 2 ]
rownames(data.diam.T3.eof.rcn) <-
data.diam[data.diam$tratamiento=="T3", 2 ]

rownames(data.diam.T4.eof.rcn) <-
data.diam[data.diam$tratamiento=="T4", 2 ]

# Borrar valores negativos
#data.diam.T2.eof.rcn[,37:45] <- NA

# 2.2.2. Grafico comparativo con y sin
reconstruccion
matplot(t(data.diam.T0), type = "l", main =
"Diametro_T0 original")
matplot(t(data.diam.T0.eof.rcn), type =
"l", main = "Diametro_T0_Reconstruido")

matplot(t(data.diam.T1), type = "l", main =
"Diametro_T1 original", ylim = c(0, 3))
matplot(t(data.diam.T1.eof.rcn), type =
"l", main = "Diametro_T1_Reconstruido",
ylim = c(0, 3))

matplot(t(data.diam.T2), type = "l", main =
"Diametro_T2 original", ylim = c(0, 3))
matplot(t(data.diam.T2.eof.rcn), type =
"l", main = "Diametro_T2_Reconstruido",
ylim = c(0, 3))

matplot(t(data.diam.T3), type = "l", main =
"Diametro_T3 original", ylim = c(0, 3))
matplot(t(data.diam.T3.eof.rcn), type =
"l", main = "Diametro_T3_Reconstruido",
ylim = c(0, 3))

matplot(t(data.diam.T4), type = "l", main =
"Diametro_T4 original", ylim = c(0, 3))
matplot(t(data.diam.T4.eof.rcn), type =
"l", main = "Diametro_T4_Reconstruido",
ylim = c(0, 3))

# 2.2.3. Reunificacion de tablas y computo
data.diam.rcn <-
rbind(data.diam.T0.eof.rcn,
data.diam.T1.eof.rcn,
data.diam.T2.eof.rcn,
data.diam.T3.eof.rcn,
data.diam.T4.eof.rcn)

data.diam.rcn <-
as.data.frame(data.diam.rcn) # Convertir
matrix a tabla tipo data.frame

# 2.2.4. Agregar nueva columna con el nombre
de los tratamientos
data.diam.rcn$tratamiento <-
data.diam$tratamiento

# 2.2.5. # Calcular crecimiento neto (la
diferencia de crecimiento entre la ultima y
primera medicion)
data.diam.rcn$dif <- data.diam.rcn$m33 -
data.diam.rcn$m1

## 3. BOXPLOTS
library(tidyverse)
library(ggpubr)
library(rstatix)

```

```

# 3.1. Calculo del Kruskal - Wallis test
data.diam.kw <- data.diam.rcn %>%
kruskal_test(dif ~ tratamiento)
data.diam.kw

# 3.2. Ver el efecto de tamaño
#The interpretation values commonly in
published literature are: 0.01- < 0.06
(small effect),
# 0.06 - < 0.14 (moderate effect) and >=
0.14 (large effect).

data.diam.rcn %>% kruskal_effsize(dif ~
tratamiento)

# 3.3. Tabla comparativa de tratamientos
pareados con el metodo WILCOX - Pairwise
comparisons WILCOX'S test

data.diam.wilcox <- data.diam.rcn %>%
  wilcox_test(dif ~ tratamiento,
p.adjust.method = "bonferroni")

data.diam.wilcox

# 3.4. Grafico de diagrama de caja (Boxplot)
incluyendo analisis estadistico
# 3.4.1. Calculo de la posicion X y Y de
los valores p sobre el grafico
data.diam.wilcox.graph <- data.diam.wilcox
%>% add_xy_position(x = "group")

# 3.4.2. Boxplot
jpeg(filename="Diam.Bxp.KW.Acacia.jpg",
width = 180, height = 110, units = "mm",
res=600) # Exportar como JPG

boxplot.diam <-
ggboxplot(data.diam.rcn, x = "tratamiento",
y = "dif", fill = terrain.colors(5),
bxp.errorbar = TRUE,
  xlab = "Tratamiento", ylab =
"Crecimiento [cm]", title = "DIAMETRO") +
ylim(0, 2) +
  geom_jitter(shape=16,
position=position_jitter(0.2), alpha=.3,
colour="black")+

stat_pvalue_manual(data.diam.wilcox.graph,
hide.ns = TRUE) +
  labs(
  subtitle = get_test_label(data.diam.kw
, detailed = TRUE),
  caption =
get_pwc_label(data.diam.wilcox.graph))

dev.off()

## 4. VERTICES
## Basado en URL:
https://menugget.blogspot.com/2014/05/auto
mated-determination-of-distribution.html

library(igraph)

# 4.1. Wilcox test pareado para ver todas
las correlaciones entre tratamientos

wt.diam <-
pairwise.wilcox.test(data.diam.rcn$dif,
data.diam.rcn$tratamiento)
#wt.diam <-
pairwise.wilcox.test(jitter(data.diam.rcn$dif),
data.diam.rcn$tratamiento) # use
la función jitter() en caso de errores por
igualdad de datos

# 4.2. Crear una matriz mostrando los grupos
de tratamientos
g.diam <- as.matrix(wt.diam$p.value > 0.05)
# identificar el valor de significancia
mayor a 0.05
g.diam <- cbind(rbind(NA, g.diam), NA) #
hacer una matriz cuadrada
g.diam <- replace(g.diam, is.na(g.diam),
FALSE) # reemplazo de los NA con Falso
g.diam <- g.diam + t(g.diam) # hacer la
matriz simetrica
diag(g.diam) <- 1 # poner 1 diagonalmente
en la matriz

# 4.3. Cambiar nombre de columnas y filas
labels <- c("T0", "T1", "T2", "T3", "T4")
rownames(g.diam) <- labels # cambiar nombre
de filas
colnames(g.diam) <- labels # cambiar nombre
de columnas

g.diam # mostrar matriz

# 4.4. Reorganizacion de datos en una lista
de vertices "edge list" para utilizarlos con
igraph (para saber que grupos de
tratamientos estan conectados)
pos.diam <- which(g.diam==1) # identificar
la posicion de los grupos relacionados
n <- 5 # numero de tratamientos (T0-T4)
g.diam2 <- data.frame(N1 = ((pos.diam-1) %%
n) + 1, N2 = ((pos.diam-1) %/% n) + 1)
#data.frame con los residuos de division
g.diam2 <- g.diam2[order((g.diam2[[1]])), 1]
# reorganiza las filas por pares
g.diam3 <-
simplify(graph.data.frame(g.diam2, directed
= FALSE)) # crear objeto para igraph
get.data.frame(g.diam3) # ver conexiones
entre tratamientos

# 4.5. Plot igraph
# Personalizacion del grafico
V(g.diam3)$color <- terrain.colors(5)
V(g.diam3)$label.color <- "black"
V(g.diam3)$size <- 30
V(g.diam3)$label.cex <- 1.5
V(g.diam3)$label <- labels

# plot de conexion por nodos

jpeg(filename="Diam.nodos.Acacia.jpg",
width = 160, height = 180, units = "mm",
res=600) # Exportar como JPG

plot(g.diam3)
box()

```

```

mtext("Los tratamientos conectados no son
significativamente \ndiferentes (Wilcoxon o
Mann-Whitney test)",
      side=1, line=2, cex = 1.2)

dev.off()

#####
### NUMERO DE HOJAS ###
#####
## 1. SELECCION Y LIMPIEZA DE DATOS
data.hoj <-
data[data$Variable=="Nro_hojas", c(4:5,
6:55)] # Todas las hojuras, colum: trat,
codigo, m1:m33

# 1.1. Subtablas por tratamiento
data.hoj.T0 <-
data.hoj[data.hoj$tratamiento=="T0", 3:52]
data.hoj.T1 <-
data.hoj[data.hoj$tratamiento=="T1", 3:52]
data.hoj.T2 <-
data.hoj[data.hoj$tratamiento=="T2", 3:52]
data.hoj.T3 <-
data.hoj[data.hoj$tratamiento=="T3", 3:52]
data.hoj.T4 <-
data.hoj[data.hoj$tratamiento=="T4", 3:52]

# 1.2. Visualizacion de cada tratamiento
matplot(t(data.hoj.T0), type = "l", main =
"T0")
matplot(t(data.hoj.T1), type = "l", main =
"T1")
matplot(t(data.hoj.T2), type = "l", main =
"T2")
matplot(t(data.hoj.T3), type = "l", main =
"T3")
matplot(t(data.hoj.T4), type = "l", main =
"T4")

#####
## 2. RECONSTRUCCION DE DATOS

# Relleno de datos vacios a traves de
funciones ortogonales basadas en:
# Taylor, M.H., Losch, M., Wenzel, M.,
Schröter, J., 2013. On the Sensitivity of
Field Reconstruction and Prediction Using
Empirical Orthogonal Functions Derived from
Gappy Data. J. Climate, 26, 9194-9205. doi:
http://dx.doi.org/10.1175/JCLI-D-13-
00089.1 [pdf]
#
https://journals.ametsoc.org/downloadpdf/j
ournals/clim/26/22/jcli-d-13-00089.1.pdf

# Instalar paquete sinkr
library(sinkr)

#2.1. Analisis de datos vacios con la
funcion eof() EOF (Empirical Orthogonal
Functions analysis)
data.hoj.T0.eof <- eof(data.hoj.T0,
recursive = T, centered = F)
data.hoj.T1.eof <- eof(data.hoj.T1,
recursive = T, centered = F)
data.hoj.T2.eof <- eof(data.hoj.T2,
recursive = T, centered = F)
data.hoj.T3.eof <- eof(data.hoj.T3,
recursive = T, centered = F)

data.hoj.T4.eof <- eof(data.hoj.T4,
recursive = T, centered = F)

#2.2 Reconstruccion con la funcion eofRecon()
RSEOF - "Recursively Subtracted Empirical
Orthogonal Functions"
data.hoj.T0.eof.rcn <-
eofRecon(data.hoj.T0.eof)
data.hoj.T1.eof.rcn <-
eofRecon(data.hoj.T1.eof)
data.hoj.T2.eof.rcn <-
eofRecon(data.hoj.T2.eof)
data.hoj.T3.eof.rcn <-
eofRecon(data.hoj.T3.eof)
data.hoj.T4.eof.rcn <-
eofRecon(data.hoj.T4.eof)

# 2.2.1. Cambiar nombres de columnas y filas
colnames(data.hoj.T0.eof.rcn) <-
colnames(data.hoj[, 3:52])
colnames(data.hoj.T1.eof.rcn) <-
colnames(data.hoj[, 3:52])
colnames(data.hoj.T2.eof.rcn) <-
colnames(data.hoj[, 3:52])
colnames(data.hoj.T3.eof.rcn) <-
colnames(data.hoj[, 3:52])
colnames(data.hoj.T4.eof.rcn) <-
colnames(data.hoj[, 3:52])

rownames(data.hoj.T0.eof.rcn) <-
data.hoj[data.hoj$tratamiento=="T0", 2 ]
rownames(data.hoj.T1.eof.rcn) <-
data.hoj[data.hoj$tratamiento=="T1", 2 ]
rownames(data.hoj.T2.eof.rcn) <-
data.hoj[data.hoj$tratamiento=="T2", 2 ]
rownames(data.hoj.T3.eof.rcn) <-
data.hoj[data.hoj$tratamiento=="T3", 2 ]
rownames(data.hoj.T4.eof.rcn) <-
data.hoj[data.hoj$tratamiento=="T4", 2 ]

# 2.2.2. Grafico comparativo con y sin
reconstruccion
matplot(t(data.hoj.T0), type = "l", main =
"Nro_hojas_T0 original")
matplot(t(data.hoj.T0.eof.rcn), type = "l",
main = "Nro_hojas_T0_Reconstruido")

matplot(t(data.hoj.T1), type = "l", main =
"Nro_hojas_T1 original", ylim = c(0, 20))
matplot(t(data.hoj.T1.eof.rcn), type = "l",
main = "Nro_hojas_T1_Reconstruido", ylim =
c(0, 20))

matplot(t(data.hoj.T2), type = "l", main =
"Nro_hojas_T2 original", ylim = c(0, 20))
matplot(t(data.hoj.T2.eof.rcn), type = "l",
main = "Nro_hojas_T2_Reconstruido", ylim =
c(0, 20))

matplot(t(data.hoj.T3), type = "l", main =
"Nro_hojas_T3 original", ylim = c(0, 20))
matplot(t(data.hoj.T3.eof.rcn), type = "l",
main = "Nro_hojas_T3_Reconstruido", ylim =
c(0, 20))

matplot(t(data.hoj.T4), type = "l", main =
"Nro_hojas_T4 original", ylim = c(0, 20))

```

```

matplot(t(data.hoj.T4.eof.rcn), type = "l",
main = "Nro_hojas_T4_Reconstruido", ylim =
c(0, 20))

# 2.2.3. Reunificacion de tablas y computo

data.hoj.rcn <- rbind(data.hoj.T0.eof.rcn,
data.hoj.T1.eof.rcn,
data.hoj.T2.eof.rcn,
data.hoj.T3.eof.rcn,
data.hoj.T4.eof.rcn)

data.hoj.rcn <- as.data.frame(data.hoj.rcn)
# Convertir matrix a tabla tipo data.frame

# 2.2.4. Agregar nueva columna con el nombre
de los tratamientos
data.hoj.rcn$tratamiento <-
data.hoj$tratamiento

# 2.2.5. # Calcular crecimiento neto (la
diferencia de crecimiento entre la ultima y
primera medicion)
data.hoj.rcn$dif <- data.hoj.rcn$m33 -
data.hoj.rcn$m1

## 3. BOXPLOTS
library(tidyverse)
library(ggpubr)
library(rstatix)

# 3.1. Calculo del Kruskal - Wallis test
data.hoj.kw <- data.hoj.rcn %>%
kruskal_test(dif ~ tratamiento)
data.hoj.kw

# 3.2. Ver el efecto de tamaño
#The interpretation values commonly in
published literature are: 0.01- < 0.06
(small effect),
# 0.06 - < 0.14 (moderate effect) and >=
0.14 (large effect).

data.hoj.rcn %>% kruskal_effsize(dif ~
tratamiento)

# 3.3. Tabla comparativa de tratamientos
pareados con el metodo WILCOX - Pairwise
comparisons WILCOX'S test

data.hoj.wilcox <- data.hoj.rcn %>%
wilcox_test(dif ~ tratamiento,
p.adjust.method = "bonferroni")

data.hoj.wilcox

# 3.4. Grafico de diagrama de caja (Boxplot)
incluyendo analisis estadistico
# 3.4.1. Calculo de la posicion X y Y de
los valores p sobre el grafico
data.hoj.wilcox.graph <- data.hoj.wilcox
%>% add_xy_position(x = "group")

# 3.4.2. Boxplot
jpeg(filename="Hojas.Bxp.KW.Acacia.jpg",
width = 180, height = 110, units = "mm",
res=600) # Exportar como JPG

boxplot.hoj <-

```

```

ggboxplot(data.hoj.rcn, x = "tratamiento",
y = "dif", fill = terrain.colors(5),
bxp.errorbar = TRUE,
xlab = "Tratamiento", ylab =
"Número de Hojas", title = "NRO_HOJAS") +
ylim(0, 17) +
geom_jitter(shape=16,
position=position_jitter(0.2), alpha=.3,
colour="black")+

stat_pvalue_manual(data.hoj.wilcox.graph,
hide.ns = TRUE) +
labs(
subtitle = get_test_label(data.hoj.kw ,
detailed = TRUE),
caption =
get_pwc_label(data.hoj.wilcox.graph))

dev.off()

#####
## 4. VERTICES
## Basado en URL:
https://menugget.blogspot.com/2014/05/auto
mated-determination-of-distribution.html

library(igraph)

# 4.1. Wilcox test pareado para ver todas
las correlaciones entre tratamientos
wt.hoj <-
pairwise.wilcox.test(data.hoj.rcn$dif,
data.hoj.rcn$tratamiento)
#wt.hoj <-
pairwise.wilcox.test(jitter(data.hoj.rcn$d
if), data.hoj.rcn$tratamiento) # use la
función jitter() en caso de errores por
igualdad de datos

# 4.2. Crear una matriz mostrando los grupos
de tratamientos
g.hoj <- as.matrix(wt.hoj$p.value > 0.05)
# identificar el valor de significancia
mayor a 0.05
g.hoj <- cbind(rbind(NA, g.hoj), NA) #
hacer una matriz cuadrada
g.hoj <- replace(g.hoj, is.na(g.hoj),
FALSE) # reemplazo de los NA con Falso
g.hoj <- g.hoj + t(g.hoj) # hacer la matriz
simetrica
diag(g.hoj) <- 1 # poner 1 diagonalmente
en la matriz

# 4.3. Cambiar nombre de columnas y filas
labels <- c("T0", "T1", "T2", "T3", "T4")
rownames(g.hoj) <- labels # cambiar nombre
de filas
colnames(g.hoj) <- labels # cambiar nombre
de columnas

g.hoj # mostrar matriz

# 4.4. Reorganizacion de datos en una lista
de vertices "edge list" para utilizarlos con
igraph (para saber que grupos de
tratamientos estan conectados)
pos.hoj <- which(g.hoj==1) # identificar la
posicion de los grupos relacionados
n <- 5 # numero de tratamientos (T0-T4)

```



```

g.hoj2 <- data.frame(N1 = ((pos.hoj-1) %% n)
+ 1, N2 = ((pos.hoj-1) %/% n) + 1)
#data.frame con los residuos de division
g.hoj2 <- g.hoj2[order((g.hoj2[[1]])), ] #
reorganiza las filas por pares
g.hoj3 <- simplify(graph.data.frame(g.hoj2,
directed = FALSE)) # crear objeto para
igraph
get.data.frame(g.hoj3) # ver conexiones
entre tratamientos

# 4.5. Plot igraph
# Personalizacion del grafico
V(g.hoj3)$color <- terrain.colors(5)
V(g.hoj3)$label.color <- "black"
V(g.hoj3)$size <- 30
V(g.hoj3)$label.cex <- 1.5

V(g.hoj3)$label <- labels

# plot de conexion por nodos

jpeg(filename="Hojas.nodos.Acacia.jpg",
width = 160, height = 180, units = "mm",
res=600) # Exportar como JPG

plot(g.hoj3)
box()
mtext("Los tratamientos conectados no son
significativamente \ndiferentes (Wilcoxon o
Mann-Whitney test)",
side=1, line=2, cex = 1.2)

dev.off()

```

Anexo 5.

Código R utilizado para la representación gráfica del incremento corriente quincenal de la variable diámetro.

```

#' ---
#' title: PLOT DE SEGMENTOS DE CRECIMIENTO
DIAMETRIAC
#' subtitle: Cambios morfológicos y
formación de anillos de crecimiento por
estrés hídrico bajo condiciones controladas
en planta de Acacia macracantha Wild. y
Cinchona officinalis L. en el cantón Loja,
Ecuador.
#' author: Tania Verdesoto
#' date: 23 de septiembre de 2021
#' Director: Darwin Pucha
#' codificado por Darwin PC

rm(list = ls()) # Resetear o limpiar todos
los objetos del area de trabajo
graphics.off() # Resetear o limpiar area
de graficos

# Fijar carpeta de trabajo
setwd("C:/VERDESOTO_TANIA_TESIS/Acacia
_macracantha_CSV")

#####
##### 1. TRATAMIENTO 0 #####
#####

#####T0_01#####
## 1.1. Abrir base de datos
datos.AC.T0 <- read.csv("T0_resumen2.csv",
sep = ",", dec = ".")

## 1.2. Seleccionar primer arbol: T0_01
datos.AC.T0_01 <- datos.AC.T0[, c(2:6, 13,
16)]

## 1.3. Funcion que deja solo AClumnas
ACmpletas
datos.AC.T0_01 <-
datos.AC.T0_01[ACmplete.cases(datos.AC.T0_
01$T0_01_Diam_IC) , ]

row.names(datos.AC.T0_01) <-
1:nrow(datos.AC.T0_01)

# 1.4. Agregar fechas importantes
datos.AC.T0_01$ACmentarios <- NA
datos.AC.T0_01[1, 8] <- "200 mm"
datos.AC.T0_01[17, 8] <- "Cicatriz"
datos.AC.T0_01[24, 8] <- "550 mm"
datos.AC.T0_01[27, 8] <- "Nuevo inv."
datos.AC.T0_01[29, 8] <- "1000 mm"
datos.AC.T0_01[31, 8] <- "755 mm"

# Plot segmentos
jpeg(filename="AC_DiamT0_01_segment.jpg",
width = 1550*0.2, height = 455*0.2, units =
"mm", res=300) # Exportar ACmo JPG

plot(c(0,max(datos.AC.T0_01$T0_01_Diam)),c
(1,3),type = "n",axes = FALSE,
xlab = "Diámetro (AC)",ylab = "")
points(x=datos.AC.T0_01$T0_01_Diam, y =
rep(2,44), pch=3, cex = 10, ACl = "green",
lwd = 2)
segments(x0
=
datos.AC.T0_01$T0_01_Diam[1:43],
x1
=
datos.AC.T0_01$T0_01_Diam[2:44],
y0 = 2, y1 = 2,
ACl = "yellow",
lwd = 6, lend = 1)
points(x=datos.AC.T0_01[c(1, 17, 24, 27,
29, 31), 6], y = c(2,2,2,2,2,2), pch = 19,
ACl = "red", cex = 1.5)
points(x=0, y=2, pch = 19, ACl = "red", cex
= 1.5)
text(x=datos.AC.T0_01[c(1, 17, 24, 27,
29, 31), 6], y = rep(3, 6), ACl = "yellow",
labels
=
datos.AC.T0_01$ACmentarios[c(1, 17, 24, 27,
29, 31)], srt = 90, cex = 0.75)

```

```

text(x=0.5, y = 2, labels = "Acacia T0_01",
cex = 1.5)

axis(1, at = c(0, 0.5),
datos.AC.T0_01$T0_01_Hoj),labels = T ,tcl =
0.5, ACl = "yellow")
axis(1, labels = F, ACl = "yellow")

dev.off()

#####T0_16#####
## 1.5. Abrir base de datos
datos.AC.T0 <- read.csv("T0_resumen2.csv",
sep = ",", dec = ".")

## 1.6. Seleccionar primer arbol: T0_16
datos.AC.T0_16 <- datos.AC.T0[, c(2:6, 14,
17)]

## 1.7. Funcion que deja solo AColumnas
ACpletas
datos.AC.T0_16 <-
datos.AC.T0_16[ACMplete.cases(datos.AC.T0_
16$T0_16_Diam_IC) , ]
row.names(datos.AC.T0_16) <-
1:nrow(datos.AC.T0_16)

# 1.8. Agregar fechas importantes
datos.AC.T0_16$ACmentarios <- NA
datos.AC.T0_16[1, 8] <- "200 mm"
datos.AC.T0_16[17, 8] <- "Cicatriz"
datos.AC.T0_16[24, 8] <- "550 mm"
datos.AC.T0_16[27, 8] <- "Nuevo inv."
datos.AC.T0_16[29, 8] <- "1000 mm"
datos.AC.T0_16[31, 8] <- "755 mm"

# Plot segmentos
jpeg(filename="AC_diamT0_16_segment.jpg",
width = 1550*0.2, height = 455*0.2, units =
"mm", res=300) # Exportar ACmo JPG

plot(c(0,max(datos.AC.T0_16$T0_16_Diam)),c
(1,3),type = "n",axes = FALSE,
xlab = "Diámetro (AC)",ylab = "")
points(x=datos.AC.T0_16$T0_16_Diam, y =
rep(2,44), pch=3, cex = 10, ACl = "green",
lwd = 2)
segments(x0 =
datos.AC.T0_16$T0_16_Diam[1:43],
x1 =
datos.AC.T0_16$T0_16_Diam[2:44],
y0 = 2, y1 = 2,
ACl = "yellow",
lwd = 6, lend = 1)
points(x=datos.AC.T0_16[c(1, 17, 24, 27,
29, 31), 6], y = c(2,2,2,2,2), pch = 19,
ACl = "red", cex = 1.5)
points(x=0, y =2, pch = 19, ACl = "red", cex
= 1.5)
text(x=datos.AC.T0_16[c(1, 17, 24, 27, 29,
31), 6], y = rep(3, 6), ACl = "yellow",
labels =
datos.AC.T0_16$ACmentarios[c(1, 17, 24, 27,
29, 31)], srt = 90, cex = 0.75)
text(x=0.5, y = 2, labels = "Acacia T0_16",
cex = 1.5)

```

```

axis(1, at = c(0, 0.5),
datos.AC.T0_16$T0_16_Diam),labels = T ,tcl
= 0.5, ACl = "yellow")
axis(1, labels = F, ACl = "yellow")

dev.off()

#####T0_18#####
## 1.9. Abrir base de datos
datos.AC.T0 <- read.csv("T0_resumen2.csv",
sep = ",", dec = ".")

## 1.10. Seleccionar primer arbol: T0_18
datos.AC.T0_18 <- datos.AC.T0[, c(2:6, 15,
18)]

## 1.11. Funcion que deja solo AColumnas
ACpletas
datos.AC.T0_18 <-
datos.AC.T0_18[ACMplete.cases(datos.AC.T0_
18$T0_18_Diam_IC) , ]
row.names(datos.AC.T0_18) <-
1:nrow(datos.AC.T0_18)

# 1.12. Agregar fechas importantes
datos.AC.T0_18$ACmentarios <- NA
datos.AC.T0_18[1, 8] <- "200 mm"
datos.AC.T0_18[17, 8] <- "Cicatriz"
datos.AC.T0_18[24, 8] <- "550 mm"
datos.AC.T0_18[27, 8] <- "Nuevo inv."
datos.AC.T0_18[29, 8] <- "1000 mm"
datos.AC.T0_18[31, 8] <- "755 mm"

# Plot segmentos
jpeg(filename="AC_diamT0_18_segment.jpg",
width = 1550*0.2, height = 455*0.2, units =
"mm", res=300) # Exportar ACmo JPG

plot(c(0,max(datos.AC.T0_18$T0_18_Diam)),c
(1,3),type = "n",axes = FALSE,
xlab = "Diámetro (AC)",ylab = "")
points(x=datos.AC.T0_18$T0_18_Diam, y =
rep(2,44), pch=3, cex = 10, ACl = "green",
lwd = 2)
segments(x0 =
datos.AC.T0_18$T0_18_Diam[1:43],
x1 =
datos.AC.T0_18$T0_18_Diam[2:44],
y0 = 2, y1 = 2,
ACl = "yellow",
lwd = 6, lend = 1)
points(x=datos.AC.T0_18[c(1, 17, 24, 27,
29, 31), 6], y = c(2,2,2,2,2), pch = 19,
ACl = "red", cex = 1.5)
points(x=0, y =2, pch = 19, ACl = "red", cex
= 1.5)
text(x=datos.AC.T0_18[c(1, 17, 24, 27, 29,
31), 6], y = rep(3, 6), ACl = "yellow",
labels =
datos.AC.T0_18$ACmentarios[c(1, 17, 24, 27,
29, 31)], srt = 90, cex = 0.75)
text(x=0.5, y = 2, labels = "Acacia T0_18",
cex = 1.5)

axis(1, at = c(0, 0.5),
datos.AC.T0_18$T0_18_Diam),labels = T ,tcl
= 0.5, ACl = "yellow")
axis(1, labels = F, ACl = "yellow")

```

```

dev.off()

#####
##### 2. TRATAMIENTO 1 #####
#####

#####T1_14#####
## 2.1. Abrir base de datos
datos.AC.T1 <- read.csv("T1_resumen.csv",
sep = ";", dec = ",")

## 2.2. Seleccionar primer arbol: T1_14
datos.AC.T1_14 <- datos.AC.T1[, c(2:6, 13,
16)]

## 2.3. Funcion que deja solo AColumnas
ACpletas
datos.AC.T1_14 <-
datos.AC.T1_14[ACcomplete.cases(datos.AC.T1_
14$T1_14_Diam_IC) , ]
row.names(datos.AC.T1_14) <-
1:nrow(datos.AC.T1_14)

# 2.4. Agregar fechas importantes
datos.AC.T1_14$ACmentarios <- NA
datos.AC.T1_14[1, 8] <- "200 mm"
datos.AC.T1_14[17, 8] <- "Cicatriz"
datos.AC.T1_14[24, 8] <- "550 mm"
datos.AC.T1_14[27, 8] <- "Nuevo inv."
datos.AC.T1_14[29, 8] <- "1000 mm"
datos.AC.T1_14[31, 8] <- "755 mm"

# Plot segmentos
jpeg(filename="AC_diamT1_14_segment.jpg",
width = 1550*0.2, height = 455*0.2, units =
"mm", res=300) # Exportar ACmo JPG

plot(c(0,max(datos.AC.T1_14$T1_14_Diam)),c
(1,3),type = "n",axes = FALSE,
xlab = "Diámetro (AC)",ylab = "")
points(x=datos.AC.T1_14$T1_14_Diam, y =
rep(2,44), pch=3, cex = 10, ACl = "green",
lwd = 2)
segments(x0 =
datos.AC.T1_14$T1_14_Diam[1:43],
x1 =
datos.AC.T1_14$T1_14_Diam[2:44],
y0 = 2, y1 = 2,
ACl = "yellow",
lwd = 6, lend = 1)
points(x=datos.AC.T1_14[c(1, 17, 24, 27,
29, 31), 6], y = c(2,2,2,2,2,2), pch = 19,
ACl = "red", cex = 1.5)
points(x=0, y=2, pch = 19, ACl = "red", cex
= 1.5)
text(x=datos.AC.T1_14[c(1, 17, 24, 27, 29,
31), 6], y = rep(3, 6), ACl = "yellow",
labels =
datos.AC.T1_14$ACmentarios[c(1, 17, 24, 27,
29, 31)], srt = 90, cex = 0.75)
text(x=0.5, y = 2, labels = "Acacia T1_14",
cex = 1.5)

axis(1, at = c(0, 0.5,
datos.AC.T1_14$T1_14_Diam),labels = T ,tcl
= 0.5, ACl = "yellow")
axis(1, labels = F, ACl = "yellow")

dev.off()

#####T1_16#####
## 2.5. Abrir base de datos
datos.AC.T1 <- read.csv("T1_resumen.csv",
sep = ";", dec = ",")

## 2.6. Seleccionar primer arbol: T1_16
datos.AC.T1_16 <- datos.AC.T1[, c(2:6, 14,
17)]

## 2.7. Funcion que deja solo AColumnas
ACpletas
datos.AC.T1_16 <-
datos.AC.T1_16[ACcomplete.cases(datos.AC.T1_
16$T1_16_Diam_IC) , ]
row.names(datos.AC.T1_16) <-
1:nrow(datos.AC.T1_16)

# 2.8. Agregar fechas importantes
datos.AC.T1_16$ACmentarios <- NA
datos.AC.T1_16[1, 8] <- "200 mm"
datos.AC.T1_16[17, 8] <- "Cicatriz"
datos.AC.T1_16[24, 8] <- "550 mm"
datos.AC.T1_16[27, 8] <- "Nuevo inv."
datos.AC.T1_16[29, 8] <- "1000 mm"
datos.AC.T1_16[31, 8] <- "755 mm"

# Plot segmentos
jpeg(filename="AC_diamT1_16_segment.jpg",
width = 1550*0.2, height = 455*0.2, units =
"mm", res=300) # Exportar ACmo JPG

plot(c(0,max(datos.AC.T1_16$T1_16_Diam)),c
(1,3),type = "n",axes = FALSE,
xlab = "Diámetro (AC)",ylab = "")
points(x=datos.AC.T1_16$T1_16_Diam, y =
rep(2,44), pch=3, cex = 10, ACl = "green",
lwd = 2)
segments(x0 =
datos.AC.T1_16$T1_16_Diam[1:43],
x1 =
datos.AC.T1_16$T1_16_Diam[2:44],
y0 = 2, y1 = 2,
ACl = "yellow",
lwd = 6, lend = 1)
points(x=datos.AC.T1_16[c(1, 17, 24, 27,
29, 31), 6], y = c(2,2,2,2,2,2), pch = 19,
ACl = "red", cex = 1.5)
points(x=0, y=2, pch = 19, ACl = "red", cex
= 1.5)
text(x=datos.AC.T1_16[c(1, 17, 24, 27, 29,
31), 6], y = rep(3, 6), ACl = "yellow",
labels =
datos.AC.T1_16$ACmentarios[c(1, 17, 24, 27,
29, 31)], srt = 90, cex = 0.75)
text(x=0.5, y = 2, labels = "Acacia T1_16",
cex = 1.5)

axis(1, at = c(0, 0.5,
datos.AC.T1_16$T1_16_Diam),labels = T ,tcl
= 0.5, ACl = "yellow")
axis(1, labels = F, ACl = "yellow")

dev.off()

#####T1_19#####
## 2.9. Abrir base de datos
datos.AC.T1 <- read.csv("T1_resumen.csv",
sep = ";", dec = ",")

```

```

## 2.10. Seleccionar primer arbol: T1_19
datos.AC.T1_19 <- datos.AC.T1[, c(2:6, 15,
18)]

## 2.11. Funcion que deja solo AColumnas
ACpletas
datos.AC.T1_19 <-
datos.AC.T1_19[ACplete.cases(datos.AC.T1_
19$T1_19_Diam_IC) , ]
row.names(datos.AC.T1_19) <-
1:nrow(datos.AC.T1_19)

# 2.12. Agregar fechas importantes
datos.AC.T1_19$ACmentarios <- NA
datos.AC.T1_19[1, 8] <- "200 mm"
datos.AC.T1_19[17, 8] <- "Cicatriz"
datos.AC.T1_19[24, 8] <- "550 mm"
datos.AC.T1_19[27, 8] <- "Nuevo inv."
datos.AC.T1_19[29, 8] <- "1000 mm"
datos.AC.T1_19[31, 8] <- "755 mm"

# Plot segmentos
jpeg(filename="AC_diamT1_19_segment.jpg",
width = 1550*0.2, height = 455*0.2, units =
"mm", res=300) # Exportar ACmo JPG

plot(c(0,max(datos.AC.T1_19$T1_19_Diam)),c
(1,3),type = "n",axes = FALSE,
xlab = "Diámetro (AC)",ylab = "")
points(x=datos.AC.T1_19$T1_19_Diam, y =
rep(2,44), pch=3, cex = 10, ACl = "green",
lwd = 2)
segments(x0 =
datos.AC.T1_19$T1_19_Diam[1:43],
xl =
datos.AC.T1_19$T1_19_Diam[2:44],
y0 = 2, y1 = 2,
ACl = "yellow",
lwd = 6, lend = 1)
points(x=datos.AC.T1_19[c(1, 17, 24, 27,
29, 31), 6], y = c(2,2,2,2,2,2), pch = 19,
ACl = "red", cex = 1.5)
points(x=0, y =2, pch = 19, ACl = "red", cex
= 1.5)
text(x=datos.AC.T1_19[c(1, 17, 24, 27, 29,
31), 6], y = rep(3, 6), ACl = "yellow",
labels =
datos.AC.T1_19$ACmentarios[c(1, 17, 24, 27,
29, 31)], srt = 90, cex = 0.75)
text(x=0.5, y = 2, labels = "Acacia T1_19",
cex = 1.5)

axis(1, at = c(0, 0.5,
datos.AC.T1_19$T1_19_Diam),labels = T ,tcl
= 0.5, ACl = "yellow")
axis(1, labels = F, ACl = "yellow")

dev.off()

#####
##### 3. TRATAMIENTO 2 #####
#####

#####T2_04#####
## 3.1. Abrir base de datos
datos.AC.T2 <- read.csv("T2_resumen.csv",
sep = ";", dec = ",")

## 3.2. Seleccionar primer arbol: T2_04
datos.AC.T2_04 <- datos.AC.T2[, c(2:6, 13,
16)]

## 3.3. Funcion que deja solo AColumnas
ACpletas
datos.AC.T2_04 <-
datos.AC.T2_04[ACplete.cases(datos.AC.T2_
04$T2_04_Diam_IC) , ]
row.names(datos.AC.T2_04) <-
1:nrow(datos.AC.T2_04)

# 3.4. Agregar fechas importantes
datos.AC.T2_04$ACmentarios <- NA
datos.AC.T2_04[1, 8] <- "200 mm"
datos.AC.T2_04[17, 8] <- "Cicatriz"
datos.AC.T2_04[24, 8] <- "550 mm"
datos.AC.T2_04[27, 8] <- "Nuevo inv."
datos.AC.T2_04[29, 8] <- "1000 mm"
datos.AC.T2_04[31, 8] <- "755 mm"

# Plot segmentos
jpeg(filename="AC_diamT2_04_segment.jpg",
width = 1550*0.2, height = 455*0.2, units =
"mm", res=300) # Exportar ACmo JPG

plot(c(0,max(datos.AC.T2_04$T2_04_Diam)),c
(1,3),type = "n",axes = FALSE,
xlab = "Diámetro (AC)",ylab = "")
points(x=datos.AC.T2_04$T2_04_Diam, y =
rep(2,44), pch=3, cex = 10, ACl = "green",
lwd = 2)
segments(x0 =
datos.AC.T2_04$T2_04_Diam[1:43],
xl =
datos.AC.T2_04$T2_04_Diam[2:44],
y0 = 2, y1 = 2,
ACl = "yellow",
lwd = 6, lend = 1)
points(x=datos.AC.T2_04[c(1, 17, 24, 27,
29, 31), 6], y = c(2,2,2,2,2,2), pch = 19,
ACl = "red", cex = 1.5)
points(x=0, y =2, pch = 19, ACl = "red", cex
= 1.5)
text(x=datos.AC.T2_04[c(1, 17, 24, 27, 29,
31), 6], y = rep(3, 6), ACl = "yellow",
labels =
datos.AC.T2_04$ACmentarios[c(1, 17, 24, 27,
29, 31)], srt = 90, cex = 0.75)
text(x=0.5, y = 2, labels = "Acacia T2_04",
cex = 1.5)

axis(1, at = c(0, 0.5,
datos.AC.T2_04$T2_04_Diam),labels = T ,tcl
= 0.5, ACl = "yellow")
axis(1, labels = F, ACl = "yellow")

dev.off()

#####T2_14#####
## 3.5. Abrir base de datos
datos.AC.T2 <- read.csv("T2_resumen.csv",
sep = ";", dec = ",")

## 3.6. Seleccionar primer arbol: T2_14
datos.AC.T2_14 <- datos.AC.T2[, c(2:6, 14,
17)]

```

```

## 3.7. Funcion que deja solo AColumnas
ACpletas
datos.AC.T2_14 <-
datos.AC.T2_14[ACComplete.cases(datos.AC.T2_
14$T2_14_Diam_IC) , ]
row.names(datos.AC.T2_14) <-
1:nrow(datos.AC.T2_14)

# 3.8. Agregar fechas importantes
datos.AC.T2_14$ACmentarios <- NA
datos.AC.T2_14[1, 8] <- "200 mm"
datos.AC.T2_14[17, 8] <- "Cicatriz"
datos.AC.T2_14[24, 8] <- "550 mm"
datos.AC.T2_14[27, 8] <- "Nuevo inv."
datos.AC.T2_14[29, 8] <- "1000 mm"
datos.AC.T2_14[31, 8] <- "755 mm"

# Plot segmentos
jpeg(filename="AC_diamT2_14_segment.jpg",
width = 1550*0.2, height = 455*0.2, units =
"mm", res=300) # Exportar ACmo JPG

plot(c(0,max(datos.AC.T2_14$T2_14_Diam)),c
(1,3),type = "n",axes = FALSE,
xlab = "Diámetro (AC)",ylab = "")
points(x=datos.AC.T2_14$T2_14_Diam, y =
rep(2,44), pch=3, cex = 10, AC1 = "green",
lwd = 2)
segments(x0 =
datos.AC.T2_14$T2_14_Diam[1:43],
x1 =
datos.AC.T2_14$T2_14_Diam[2:44],
y0 = 2, y1 = 2,
AC1 = "yellow",
lwd = 6, lend = 1)
points(x=datos.AC.T2_14[c(1, 17, 24, 27,
29, 31), 6], y = c(2,2,2,2,2,2), pch = 19,
AC1 = "red", cex = 1.5)
points(x=0, y=2, pch = 19, AC1 = "red", cex
= 1.5)
text(x=datos.AC.T2_14[c(1, 17, 24, 27, 29,
31), 6], y = rep(3, 6), AC1 = "yellow",
labels =
datos.AC.T2_14$ACmentarios[c(1, 17, 24, 27,
29, 31)], srt = 90, cex = 0.75)
text(x=0.5, y = 2, labels = "Acacia T2_14",
cex = 1.5)

axis(1, at = c(0, 0.5),
datos.AC.T2_14$T2_14_Diam),labels = T ,tcl
= 0.5, AC1 = "yellow")
axis(1, labels = F, AC1 = "yellow")

dev.off()

#####T2_15#####
## 3.9. Abrir base de datos
datos.AC.T2 <- read.csv("T2_resumen.csv",
sep = ";", dec = ",")

## 3.10. Seleccionar primer arbol: T2_15
datos.AC.T2_15 <- datos.AC.T2[, c(2:6, 15,
18)]

## 3.11. Funcion que deja solo AColumnas
ACpletas
datos.AC.T2_15 <-
datos.AC.T2_15[ACComplete.cases(datos.AC.T2_
15$T2_15_Diam_IC) , ]

row.names(datos.AC.T2_15) <-
1:nrow(datos.AC.T2_15)

# 3.12. Agregar fechas importantes
datos.AC.T2_15$ACmentarios <- NA
datos.AC.T2_15[1, 8] <- "200 mm"
datos.AC.T2_15[17, 8] <- "Cicatriz"
datos.AC.T2_15[24, 8] <- "550 mm"
datos.AC.T2_15[27, 8] <- "Nuevo inv."
datos.AC.T2_15[29, 8] <- "1000 mm"
datos.AC.T2_15[31, 8] <- "755 mm"

# Plot segmentos
jpeg(filename="AC_diamT2_15_segment.jpg",
width = 1550*0.2, height = 455*0.2, units =
"mm", res=300) # Exportar ACmo JPG

plot(c(0,max(datos.AC.T2_15$T2_15_Diam)),c
(1,3),type = "n",axes = FALSE,
xlab = "Diámetro (AC)",ylab = "")
points(x=datos.AC.T2_15$T2_15_Diam, y =
rep(2,44), pch=3, cex = 10, AC1 = "green",
lwd = 2)
segments(x0 =
datos.AC.T2_15$T2_15_Diam[1:43],
x1 =
datos.AC.T2_15$T2_15_Diam[2:44],
y0 = 2, y1 = 2,
AC1 = "yellow",
lwd = 6, lend = 1)
points(x=datos.AC.T2_15[c(1, 17, 24, 27,
29, 31), 6], y = c(2,2,2,2,2,2), pch = 19,
AC1 = "red", cex = 1.5)
points(x=0, y=2, pch = 19, AC1 = "red", cex
= 1.5)
text(x=datos.AC.T2_15[c(1, 17, 24, 27, 29,
31), 6], y = rep(3, 6), AC1 = "yellow",
labels =
datos.AC.T2_15$ACmentarios[c(1, 17, 24, 27,
29, 31)], srt = 90, cex = 0.75)
text(x=0.5, y = 2, labels = "Acacia T2_15",
cex = 1.5)

axis(1, at = c(0, 0.5),
datos.AC.T2_15$T2_15_Diam),labels = T ,tcl
= 0.5, AC1 = "yellow")
axis(1, labels = F, AC1 = "yellow")

dev.off()

#####
##### 4. TRATAMIENTO 3 #####
#####

#####T3_05#####
## 4.1. Abrir base de datos
datos.AC.T3 <- read.csv("T3_resumen.csv",
sep = ";", dec = ",")

## 4.2. Seleccionar primer arbol: T3_05
datos.AC.T3_05 <- datos.AC.T3[, c(2:6, 13,
16)]

## 4.3. Funcion que deja solo AColumnas
ACpletas
datos.AC.T3_05 <-
datos.AC.T3_05[ACComplete.cases(datos.AC.T3_
05$T3_05_Diam_IC) , ]

```

```

row.names(datos.AC.T3_05) <-
1:nrow(datos.AC.T3_05)

# 4.4. Agregar fechas importantes
datos.AC.T3_05$ACmentarios <- NA
datos.AC.T3_05[1, 8] <- "200 mm"
datos.AC.T3_05[17, 8] <- "Cicatriz"
datos.AC.T3_05[24, 8] <- "550 mm"
datos.AC.T3_05[27, 8] <- "Nuevo inv."
datos.AC.T3_05[29, 8] <- "1000 mm"
datos.AC.T3_05[31, 8] <- "755 mm"

# Plot segmentos
jpeg(filename="AC_diamT3_05_segment.jpg",
width = 1550*0.2, height = 455*0.2, units =
"mm", res=300) # Exportar ACmo JPG

plot(c(0,max(datos.AC.T3_05$T3_05_Diam)),c
(1,3),type = "n",axes = FALSE,
xlab = "Diámetro (AC)",ylab = "")
points(x=datos.AC.T3_05$T3_05_Diam, y =
rep(2,44), pch=3, cex = 10, ACl = "green",
lwd = 2)
segments(x0 =
datos.AC.T3_05$T3_05_Diam[1:43],
x1 =
datos.AC.T3_05$T3_05_Diam[2:44],
y0 = 2, y1 = 2,
ACl = "yellow",
lwd = 6, lend = 1)
points(x=datos.AC.T3_05[c(1, 17, 24, 27,
29, 31), 6], y = c(2,2,2,2,2,2), pch = 19,
ACl = "red", cex = 1.5)
points(x=0, y=2, pch = 19, ACl = "red", cex
= 1.5)
text(x=datos.AC.T3_05[c(1, 17, 24, 27, 29,
31), 6], y = rep(3, 6), ACl = "yellow",
labels =
datos.AC.T3_05$ACmentarios[c(1, 17, 24, 27,
29, 31)], srt = 90, cex = 0.75)
text(x=0.5, y = 2, labels = "Acacia T3_05",
cex = 1.5)

axis(1, at = c(0, 0.5),
datos.AC.T3_05$T3_05_Diam),labels = T ,tcl
= 0.5, ACl = "yellow")
axis(1, labels = F, ACl = "yellow")

dev.off()

#####T3_16#####
## 4.5. Abrir base de datos
datos.AC.T3 <- read.csv("T3_resumen.csv",
sep = ";", dec = ",")

## 4.6. Seleccionar primer arbol: T3_16
datos.AC.T3_16 <- datos.AC.T3[, c(2:6, 14,
17)]

## 4.7. Funcion que deja solo AClumnas
ACpletas
datos.AC.T3_16 <-
datos.AC.T3_16[ACMplete.cases(datos.AC.T3_
16$T3_16_Diam_IC) , ]
row.names(datos.AC.T3_16) <-
1:nrow(datos.AC.T3_16)

# 4.8. Agregar fechas importantes
datos.AC.T3_16$ACmentarios <- NA
datos.AC.T3_16[1, 8] <- "200 mm"
datos.AC.T3_16[17, 8] <- "Cicatriz"
datos.AC.T3_16[24, 8] <- "550 mm"
datos.AC.T3_16[27, 8] <- "Nuevo inv."

# Plot segmentos
jpeg(filename="AC_diamT3_16_segment.jpg",
width = 1550*0.2, height = 455*0.2, units =
"mm", res=300) # Exportar ACmo JPG

plot(c(0,max(datos.AC.T3_16$T3_16_Diam)),c
(1,3),type = "n",axes = FALSE,
xlab = "Diámetro (AC)",ylab = "")
points(x=datos.AC.T3_16$T3_16_Diam, y =
rep(2,44), pch=3, cex = 10, ACl = "green",
lwd = 2)
segments(x0 =
datos.AC.T3_16$T3_16_Diam[1:43],
x1 =
datos.AC.T3_16$T3_16_Diam[2:44],
y0 = 2, y1 = 2,
ACl = "yellow",
lwd = 6, lend = 1)
points(x=datos.AC.T3_16[c(1, 17, 24, 27,
29, 31), 6], y = c(2,2,2,2,2,2), pch = 19,
ACl = "red", cex = 1.5)
points(x=0, y=2, pch = 19, ACl = "red", cex
= 1.5)
text(x=datos.AC.T3_16[c(1, 17, 24, 27, 29,
31), 6], y = rep(3, 6), ACl = "yellow",
labels =
datos.AC.T3_16$ACmentarios[c(1, 17, 24, 27,
29, 31)], srt = 90, cex = 0.75)
text(x=0.5, y = 2, labels = "Acacia T3_16",
cex = 1.5)

axis(1, at = c(0, 0.5),
datos.AC.T3_16$T3_16_Diam),labels = T ,tcl
= 0.5, ACl = "yellow")
axis(1, labels = F, ACl = "yellow")

dev.off()

#####T3_20#####
## 4.9. Abrir base de datos
datos.AC.T3 <- read.csv("T3_resumen.csv",
sep = ";", dec = ",")

## 4.10. Seleccionar primer arbol: T3_20
datos.AC.T3_20 <- datos.AC.T3[, c(2:6, 15,
18)]

## 4.11. Funcion que deja solo AClumnas
ACpletas
datos.AC.T3_20 <-
datos.AC.T3_20[ACMplete.cases(datos.AC.T3_
20$T3_20_Diam_IC) , ]
row.names(datos.AC.T3_20) <-
1:nrow(datos.AC.T3_20)

# 4.12. Agregar fechas importantes
datos.AC.T3_20$ACmentarios <- NA
datos.AC.T3_20[1, 8] <- "200 mm"
datos.AC.T3_20[17, 8] <- "Cicatriz"
datos.AC.T3_20[24, 8] <- "550 mm"
datos.AC.T3_20[27, 8] <- "Nuevo inv."

```

```

datos.AC.T3_20[29, 8] <- "1000 mm"
datos.AC.T3_20[31, 8] <- "755 mm"

# Plot segmentos
jpeg(filename="AC_diamT3_20_segment.jpg",
width = 1550*0.2, height = 455*0.2, units =
"mm", res=300) # Exportar ACmo JPG

plot(c(0,max(datos.AC.T3_20$T3_20_Diam)),c
(1,3),type = "n",axes = FALSE,
xlab = "Diámetro (AC)",ylab = "")
points(x=datos.AC.T3_20$T3_20_Diam, y =
rep(2,44), pch=3, cex = 10, AC1 = "green",
lwd = 2)
segments(x0 =
datos.AC.T3_20$T3_20_Diam[1:43],
x1 =
datos.AC.T3_20$T3_20_Diam[2:44],
y0 = 2, y1 = 2,
AC1 = "yellow",
lwd = 6, lend = 1)
points(x=datos.AC.T3_20[c(1, 17, 24, 27,
29, 31), 6], y = c(2,2,2,2,2), pch = 19,
AC1 = "red", cex = 1.5)
points(x=0, y=2, pch = 19, AC1 = "red", cex
= 1.5)
text(x=datos.AC.T3_20[c(1, 17, 24, 27, 29,
31), 6], y = rep(3, 6), AC1 = "yellow",
labels =
datos.AC.T3_20$ACmentarios[c(1, 17, 24, 27,
29, 31)], srt = 90, cex = 0.75)
text(x=0.5, y = 2, labels = "Acacia T3_20",
cex = 1.5)

axis(1, at = c(0, 0.5,
datos.AC.T3_20$T3_20_Diam),labels = T ,tcl
= 0.5, AC1 = "yellow")
axis(1, labels = F, AC1 = "yellow")

dev.off()

#####
##### 5. TRATAMIENTO 4 #####
#####

#####T4_06#####
## 5.1. Abrir base de datos
datos.AC.T4 <- read.csv("T4_resumen.csv",
sep = ";", dec = ",")

## 5.2. Seleccionar primer arbol: T4_06
datos.AC.T4_06 <- datos.AC.T4[, c(2:6, 13,
16)]

## 5.3. Funcion que deja solo AColumnas
ACpletas
datos.AC.T4_06 <-
datos.AC.T4_06[ACMplete.cases(datos.AC.T4_
06$T4_06_Diam_IC) , ]
row.names(datos.AC.T4_06) <-
1:nrow(datos.AC.T4_06)

# 5.4. Agregar fechas importantes
datos.AC.T4_06$ACmentarios <- NA
datos.AC.T4_06[1, 8] <- "200 mm"
datos.AC.T4_06[17, 8] <- "Cicatriz"
datos.AC.T4_06[24, 8] <- "550 mm"
datos.AC.T4_06[27, 8] <- "Nuevo inv."
datos.AC.T4_06[29, 8] <- "1000 mm"

```

```

datos.AC.T4_06[31, 8] <- "755 mm"

# Plot segmentos
jpeg(filename="AC_diamT4_06_segment.jpg",
width = 1550*0.2, height = 455*0.2, units =
"mm", res=300) # Exportar ACmo JPG

plot(c(0,max(datos.AC.T4_06$T4_06_Diam)),c
(1,3),type = "n",axes = FALSE,
xlab = "Diámetro (AC)",ylab = "")
points(x=datos.AC.T4_06$T4_06_Diam, y =
rep(2,44), pch=3, cex = 10, AC1 = "green",
lwd = 2)
segments(x0 =
datos.AC.T4_06$T4_06_Diam[1:43],
x1 =
datos.AC.T4_06$T4_06_Diam[2:44],
y0 = 2, y1 = 2,
AC1 = "yellow",
lwd = 6, lend = 1)
points(x=datos.AC.T4_06[c(1, 17, 24, 27,
29, 31), 6], y = c(2,2,2,2,2), pch = 19,
AC1 = "red", cex = 1.5)
points(x=0, y=2, pch = 19, AC1 = "red", cex
= 1.5)
text(x=datos.AC.T4_06[c(1, 17, 24, 27, 29,
31), 6], y = rep(3, 6), AC1 = "yellow",
labels =
datos.AC.T4_06$ACmentarios[c(1, 17, 24, 27,
29, 31)], srt = 90, cex = 0.75)
text(x=0.5, y = 2, labels = "Acacia T4_06",
cex = 1.5)

axis(1, at = c(0, 0.5,
datos.AC.T4_06$T4_06_Diam),labels = T ,tcl
= 0.5, AC1 = "yellow")
axis(1, labels = F, AC1 = "yellow")

dev.off()

#####T4_10#####
## 5.5. Abrir base de datos
datos.AC.T4 <- read.csv("T4_resumen.csv",
sep = ";", dec = ",")

## 5.6. Seleccionar primer arbol: T4_10
datos.AC.T4_10 <- datos.AC.T4[, c(2:6, 14,
17)]

## 5.7. Funcion que deja solo AColumnas
ACpletas
datos.AC.T4_10 <-
datos.AC.T4_10[ACMplete.cases(datos.AC.T4_
10$T4_10_Diam_IC) , ]
row.names(datos.AC.T4_10) <-
1:nrow(datos.AC.T4_10)

# 5.8. Agregar fechas importantes
datos.AC.T4_10$ACmentarios <- NA
datos.AC.T4_10[1, 8] <- "200 mm"
datos.AC.T4_10[17, 8] <- "Cicatriz"
datos.AC.T4_10[24, 8] <- "550 mm"
datos.AC.T4_10[27, 8] <- "Nuevo inv."
datos.AC.T4_10[29, 8] <- "1000 mm"
datos.AC.T4_10[31, 8] <- "755 mm"

# Plot segmentos

```



```

jpeg(filename="AC_diamT4_10_segment.jpg",
width = 1550*0.2, height = 455*0.2, units =
"mm", res=300) # Exportar ACmo JPG

plot(c(0,max(datos.AC.T4_10$T4_10_Diam)),c
(1,3),type = "n",axes = FALSE,
xlab = "Diámetro (AC)",ylab = "")
points(x=datos.AC.T4_10$T4_10_Diam, y =
rep(2,44), pch=3, cex = 10, AC1 = "green",
lwd = 2)
segments(x0 =
datos.AC.T4_10$T4_10_Diam[1:43],
x1 =
datos.AC.T4_10$T4_10_Diam[2:44],
y0 = 2, y1 = 2,
AC1 = "yellow",
lwd = 6, lend = 1)
points(x=datos.AC.T4_10[c(1, 17, 24, 27,
29, 31), 6], y = c(2,2,2,2,2,2), pch = 19,
AC1 = "red", cex = 1.5)
points(x=0, y=2, pch = 19, AC1 = "red", cex
= 1.5)
text(x=datos.AC.T4_10[c(1, 17, 24, 27, 29,
31), 6], y = rep(3, 6), AC1 = "yellow",
labels =
datos.AC.T4_10$ACmentarios[c(1, 17, 24, 27,
29, 31)], srt = 90, cex = 0.75)
text(x=0.5, y = 2, labels = "Acacia T4_10",
cex = 1.5)

axis(1, at = c(0, 0.5),
datos.AC.T4_10$T4_10_Diam),labels = T ,tcl
= 0.5, AC1 = "yellow")
axis(1, labels = F, AC1 = "yellow")

dev.off()

#####T4_12#####
## 5.9. Abrir base de datos
datos.AC.T4 <- read.csv("T4_resumen.csv",
sep = ";", dec = ",")

## 5.10. Seleccionar primer arbol: T4_12
datos.AC.T4_12 <- datos.AC.T4[, c(2:6, 15,
18)]

## 5.11. Funcion que deja solo ACcolumnas
ACCompletas
datos.AC.T4_12 <-
datos.AC.T4_12[ACCompletas(datos.AC.T4_
12$T4_12_Diam_IC) , ]

row.names(datos.AC.T4_12) <-
1:nrow(datos.AC.T4_12)

# 5.12. Agregar fechas importantes
datos.AC.T4_12$ACmentarios <- NA
datos.AC.T4_12[1, 8] <- "200 mm"
datos.AC.T4_12[17, 8] <- "Cicatriz"
datos.AC.T4_12[24, 8] <- "550 mm"
datos.AC.T4_12[27, 8] <- "Nuevo inv."
datos.AC.T4_12[29, 8] <- "1000 mm"
datos.AC.T4_12[31, 8] <- "755 mm"

# Plot segmentos
jpeg(filename="AC_diamT4_12_segment.jpg",
width = 1550*0.2, height = 455*0.2, units =
"mm", res=300) # Exportar ACmo JPG

plot(c(0,max(datos.AC.T4_12$T4_12_Diam)),c
(1,3),type = "n",axes = FALSE,
xlab = "Diámetro (AC)",ylab = "")
points(x=datos.AC.T4_12$T4_12_Diam, y =
rep(2,44), pch=3, cex = 10, AC1 = "green",
lwd = 2)
segments(x0 =
datos.AC.T4_12$T4_12_Diam[1:43],
x1 =
datos.AC.T4_12$T4_12_Diam[2:44],
y0 = 2, y1 = 2,
AC1 = "yellow",
lwd = 6, lend = 1)
points(x=datos.AC.T4_12[c(1, 17, 24, 27,
29, 31), 6], y = c(2,2,2,2,2,2), pch = 19,
AC1 = "red", cex = 1.5)
points(x=0, y=2, pch = 19, AC1 = "red", cex
= 1.5)
text(x=datos.AC.T4_12[c(1, 17, 24, 27, 29,
31), 6], y = rep(3, 6), AC1 = "yellow",
labels =
datos.AC.T4_12$ACmentarios[c(1, 17, 24, 27,
29, 31)], srt = 90, cex = 0.75)
text(x=0.5, y = 2, labels = "Acacia T4_12",
cex = 1.5)

axis(1, at = c(0, 0.5),
datos.AC.T4_12$T4_12_Diam),labels = T ,tcl
= 0.5, AC1 = "yellow")
axis(1, labels = F, AC1 = "yellow")

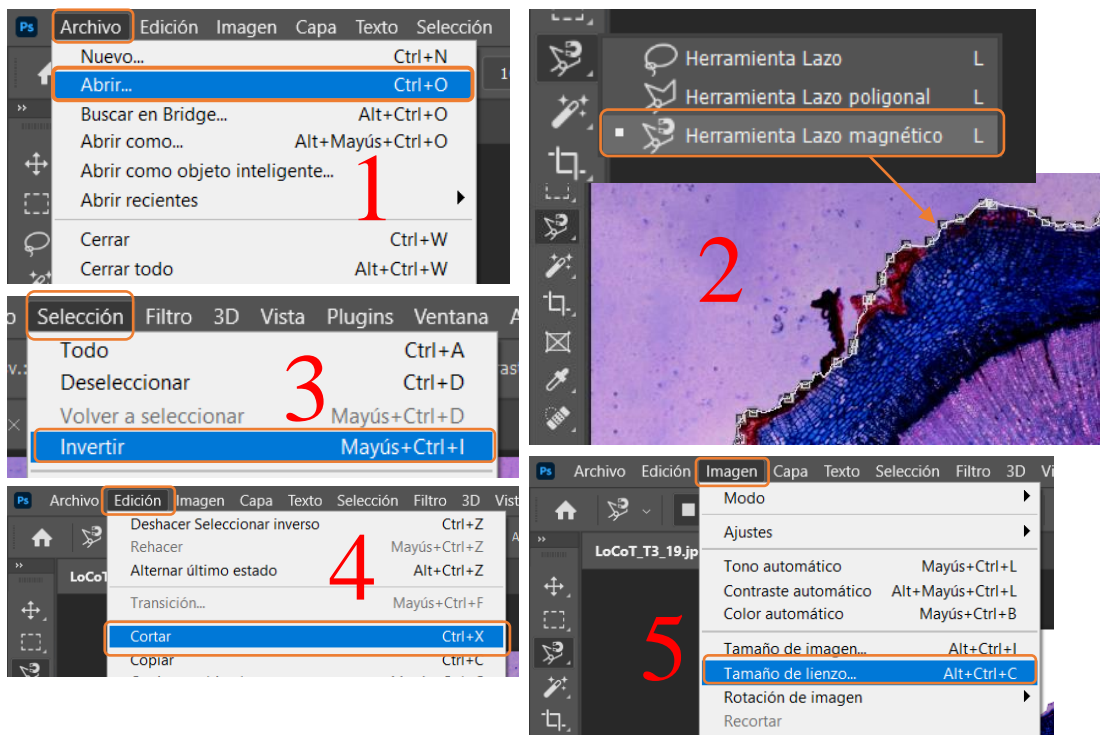
dev.off

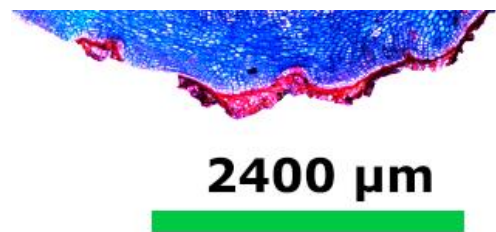
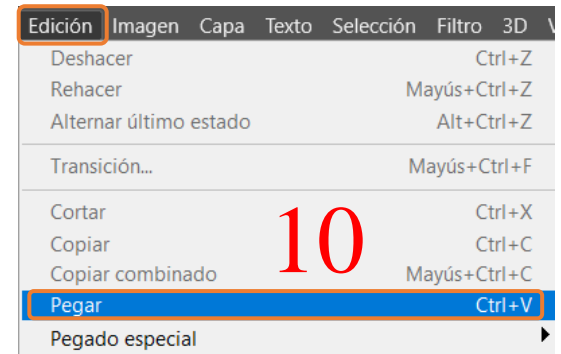
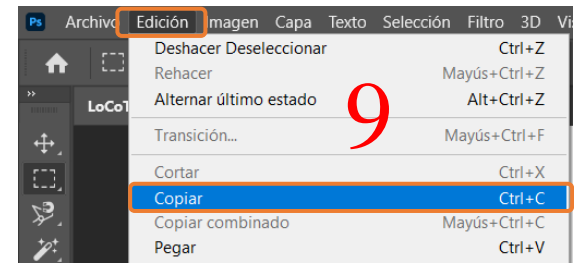
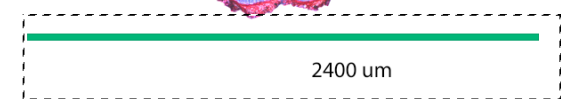
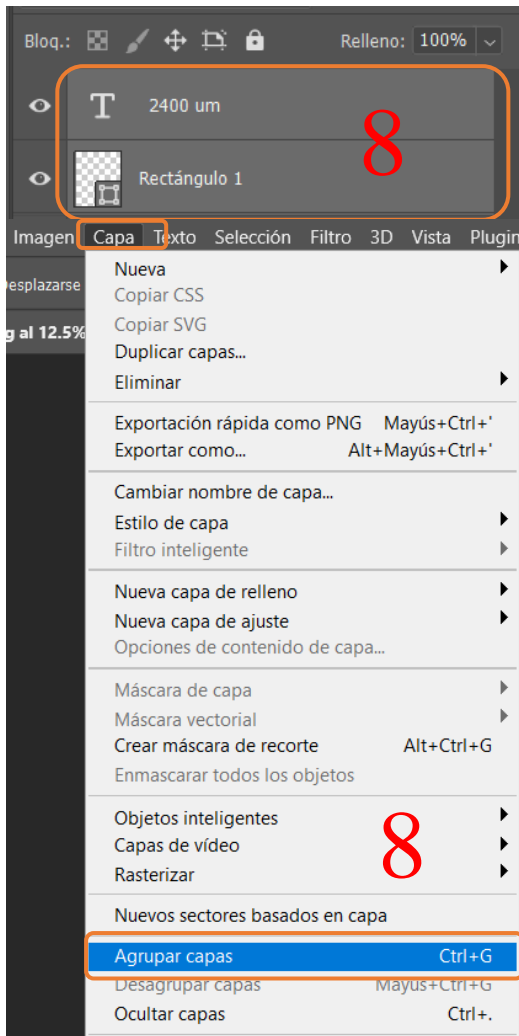
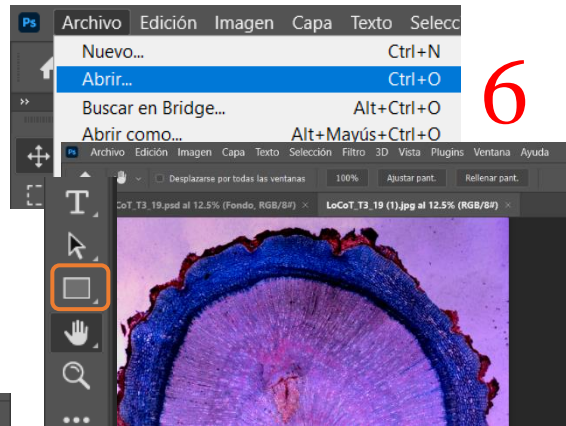
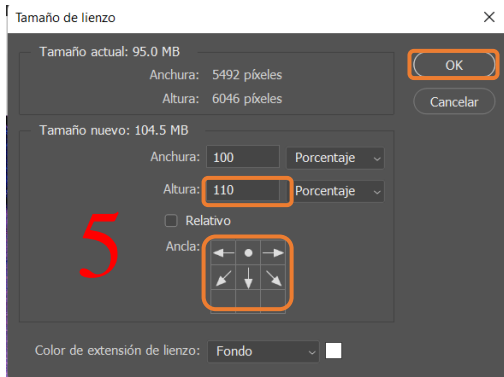
```

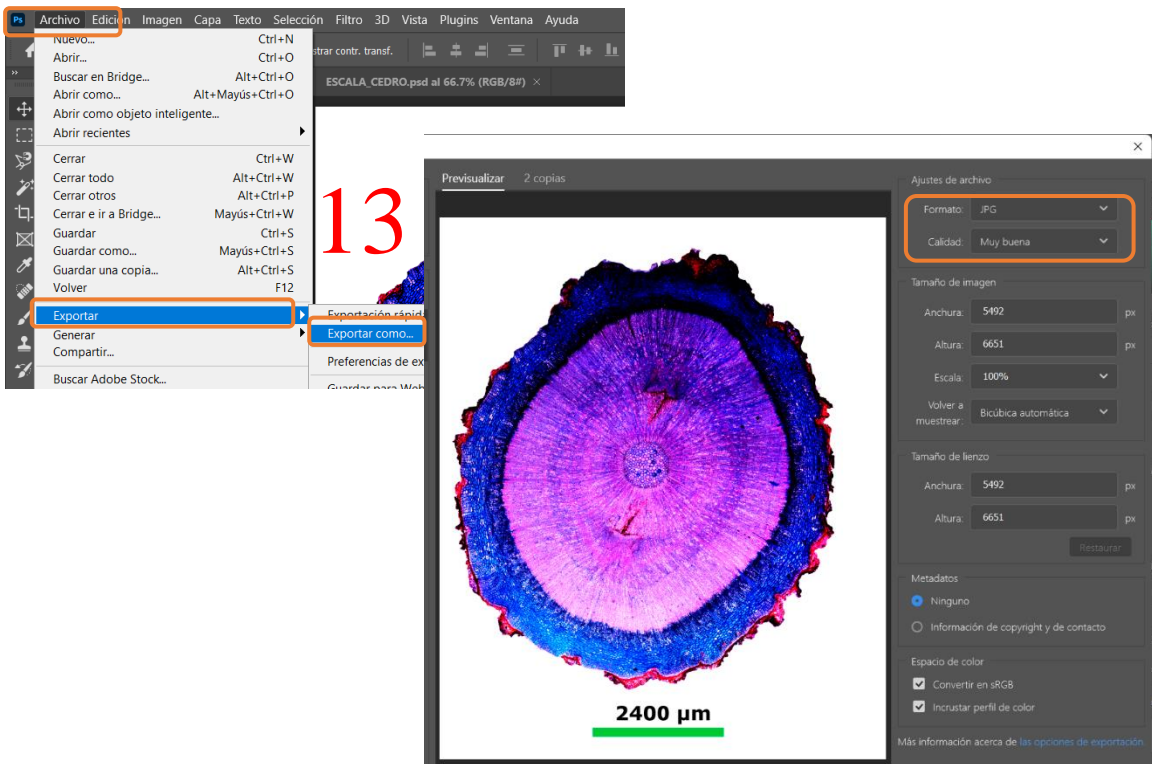
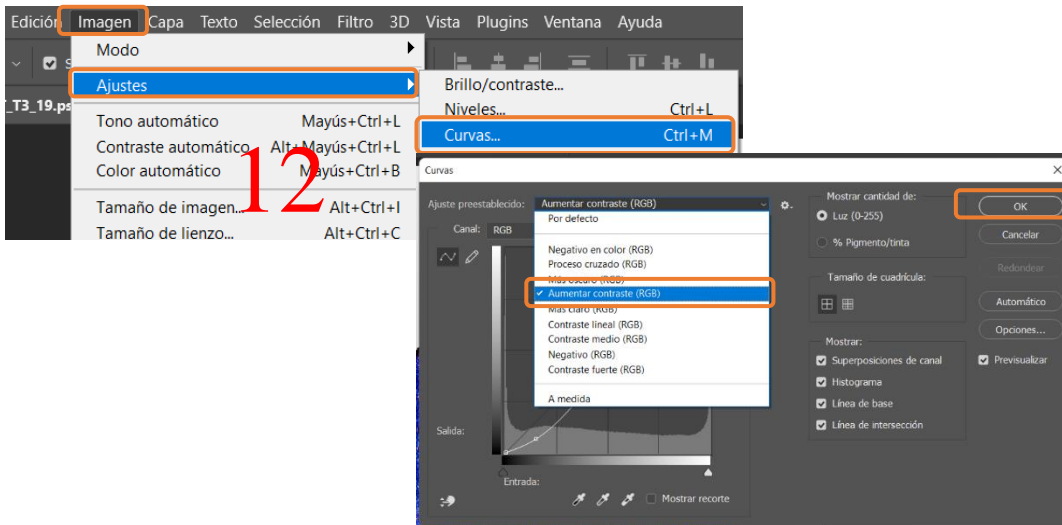
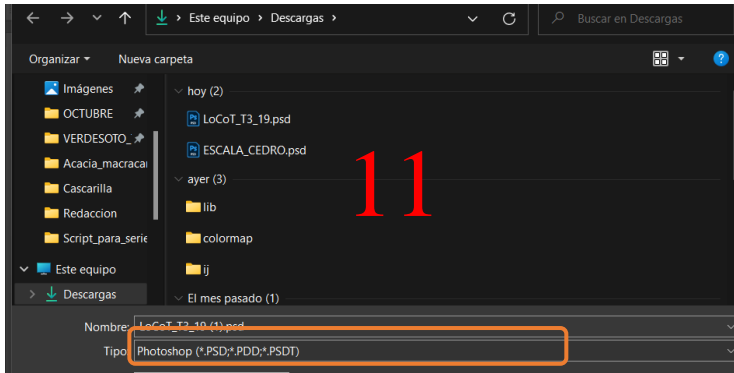
Anexo 6.

Procesamiento de imágenes en Photoshop.

1. Abrir el programa Photoshop, seleccionar la opción Archivo → Abrir
2. Delimitar el corte transversal anatómico, utilizando la herramienta lazo magnético
3. Clic en la pestaña Selección → Invertir
4. Luego en la pestaña Edición → Cortar
5. Incremento de lienzo, seleccionar la herramienta Imagen → Tamaño de lienzo → Altura (110 %), dirigir las flechas hacia abajo y clic en **OK**
6. Crear escala, abrir la imagen individual y superponer sobre la imagen editada, luego hacer clic en la herramienta rectángulo y dibujar el rectángulo a lo ancho de la imagen
7. Clic en la herramienta texto para asignar la escala
8. Agrupar capas, seleccionar las capas rectángulo y texto y en la pestaña Capa → Agrupar capas
9. Seleccionar las capas con la herramienta selección, en la pestaña Edición → Copiar
10. Colocar la escala en la imagen, seleccionar la pestaña Edición → Pegar
11. Guardar la capa agrupada, seleccionar la pestaña Archivo → Guardar como (Escala-formato Photoshop PSD, PDD).
12. Reducción del tamaño de la imagen, abrir la imagen con escala, seleccionar la pestaña Imagen → Ajustes → Curvas, en ajuste preestablecido seleccionar Aumento de contraste RGB → OK
13. Guardar la imagen, seleccionar la pestaña Archivo → Exportar como → JPG

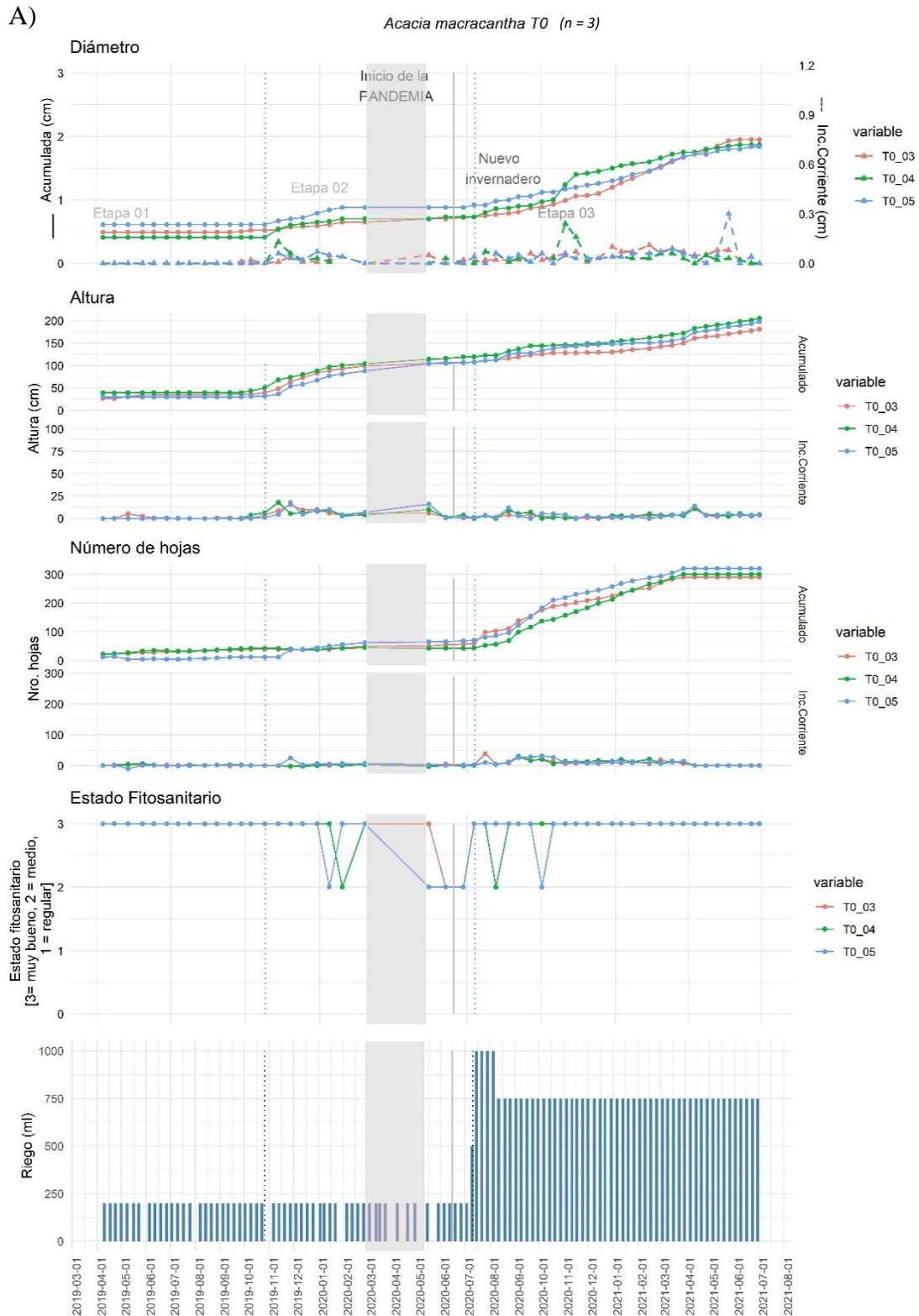




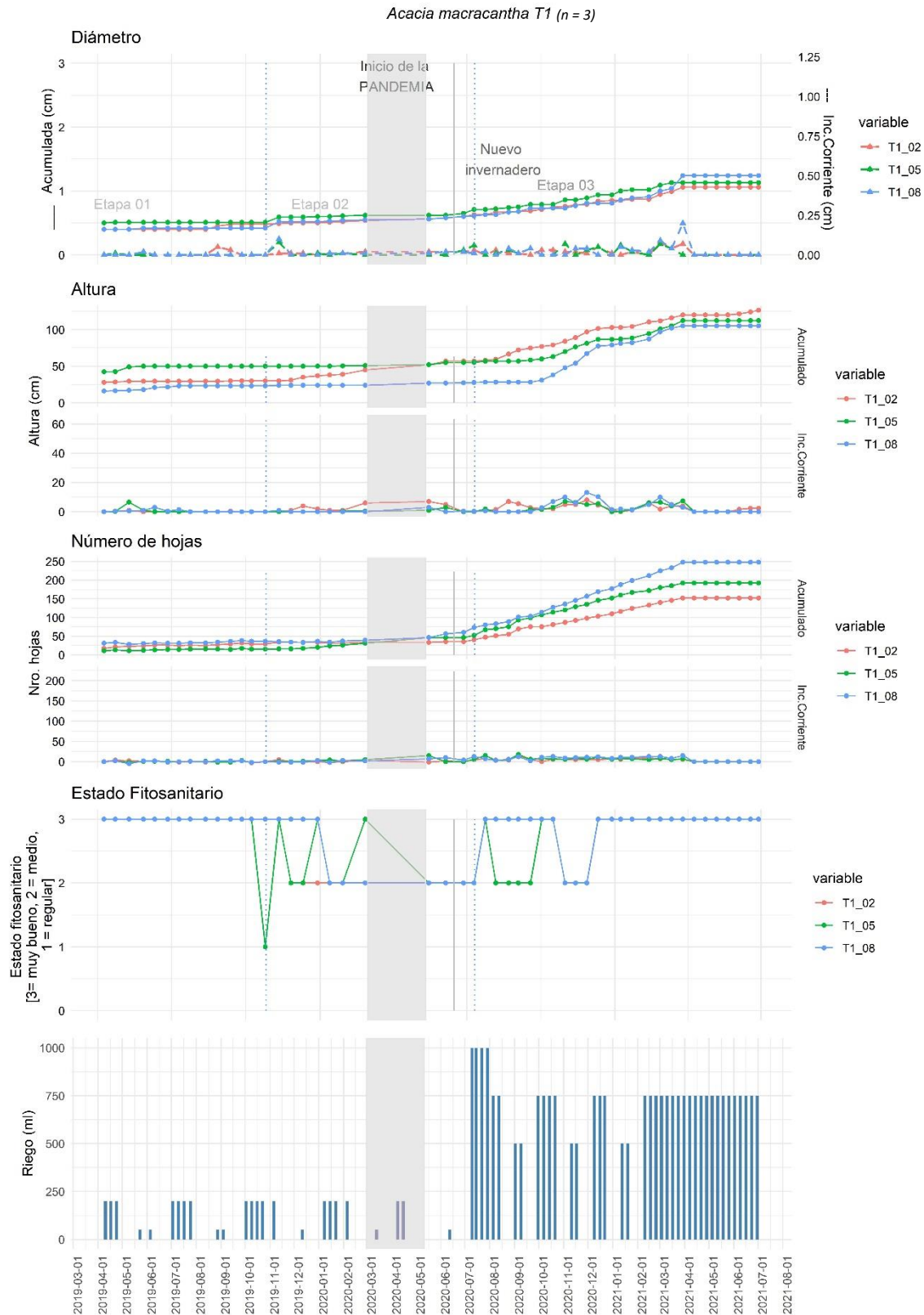


Anexo 7.

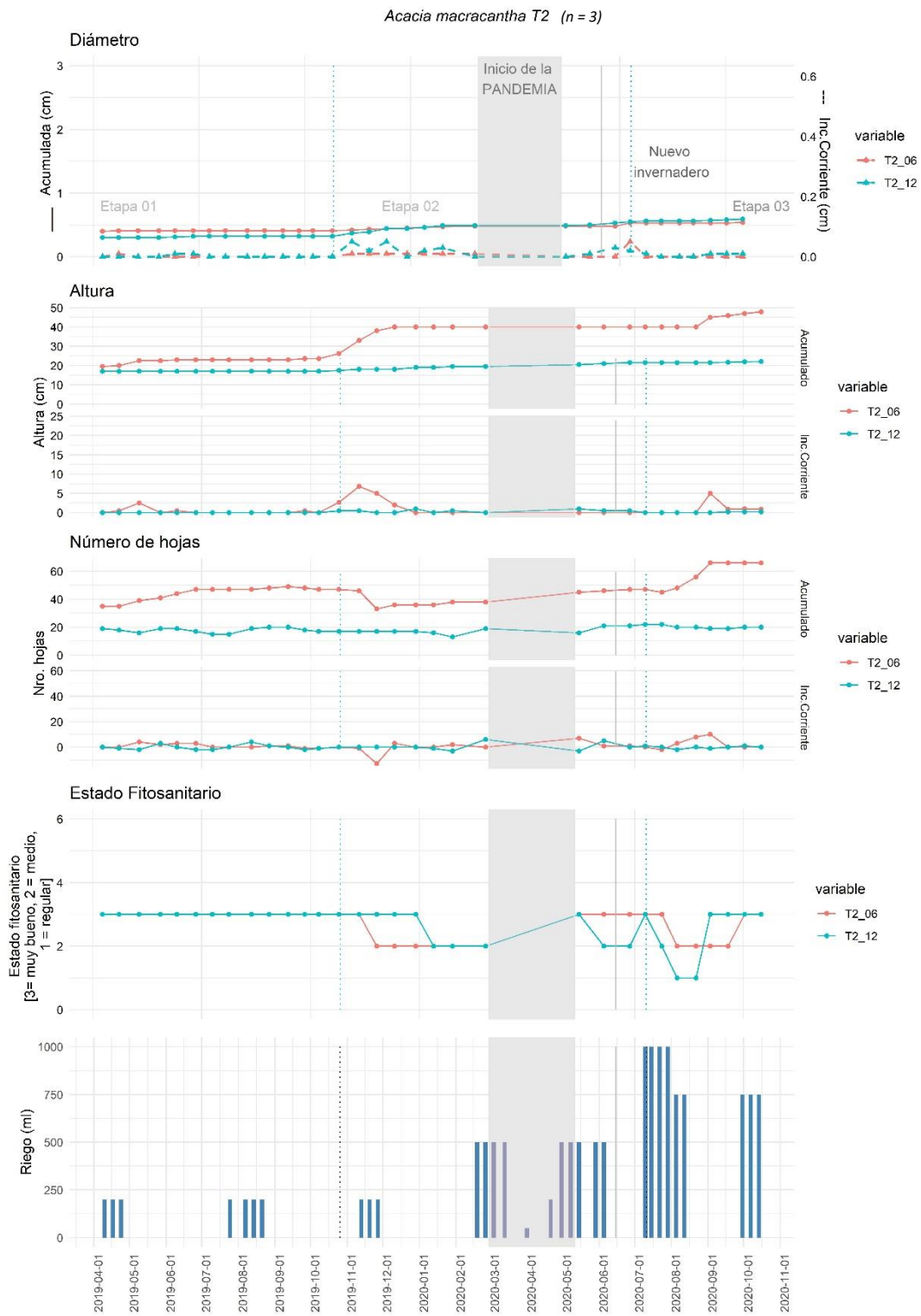
Desarrollo quincenal de las variables morfológicas entre individuos (n = 3) de *Acacia macracantha* Wild. durante 24 meses.



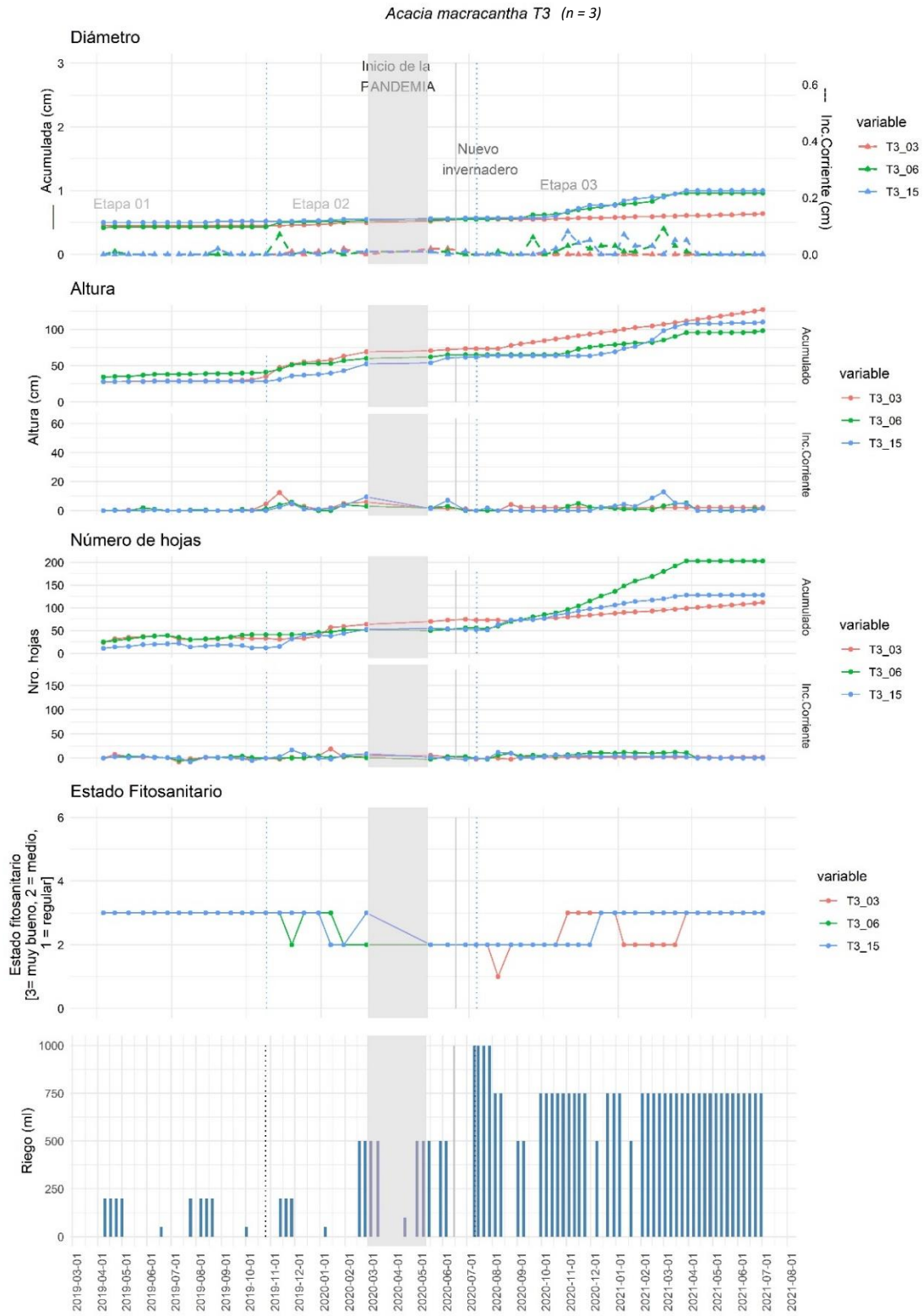
B)



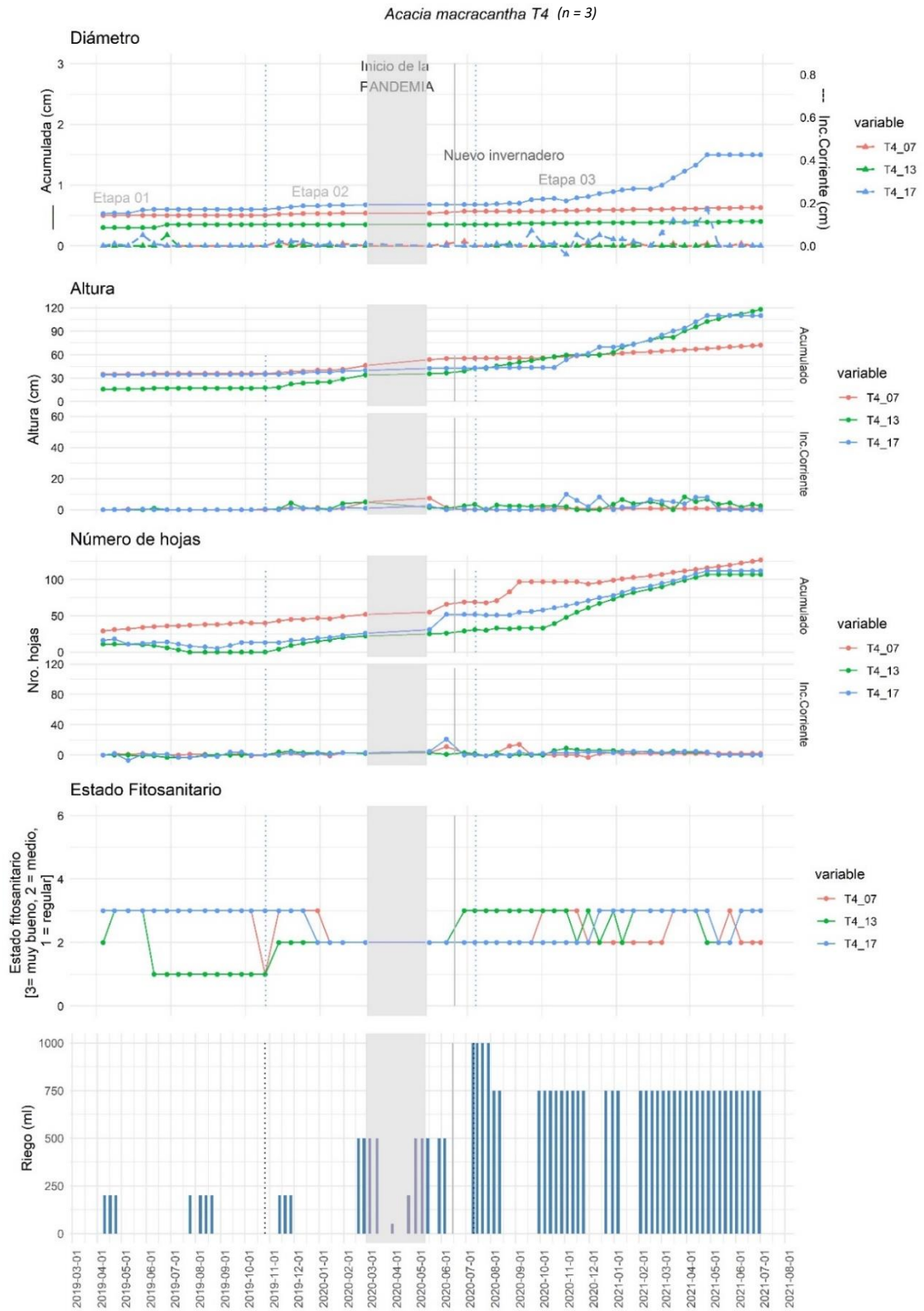
C)



D)



E)



Anexo 8.

Diferencias significativas $\alpha = 0,05$ entre tratamientos en plantas de *Acacia macracantha*

A)

Altura	
Tratamiento	p-value
T0 – T2	0,0000000000145
T0 – T3	0,000000000276
T0 – T4	0,000000000029
T1 – T2	0,00000000737
T1 – T4	0,00000000395
T0 – T1	0.0000156

B)

Diámetro	
Tratamiento	p-value
T0 – T1	0,0000000232
T0 – T2	0,000000000145
T0 – T3	0,0000050
T0 – T4	0,000000000145
T1 – T2	0,0000000653
T1 – T4	0,00000000972
T2 – T3	0,000258
T2 – T4	0,000000134
T3 – T4	0,00000000972
T2 – T3	0.000258

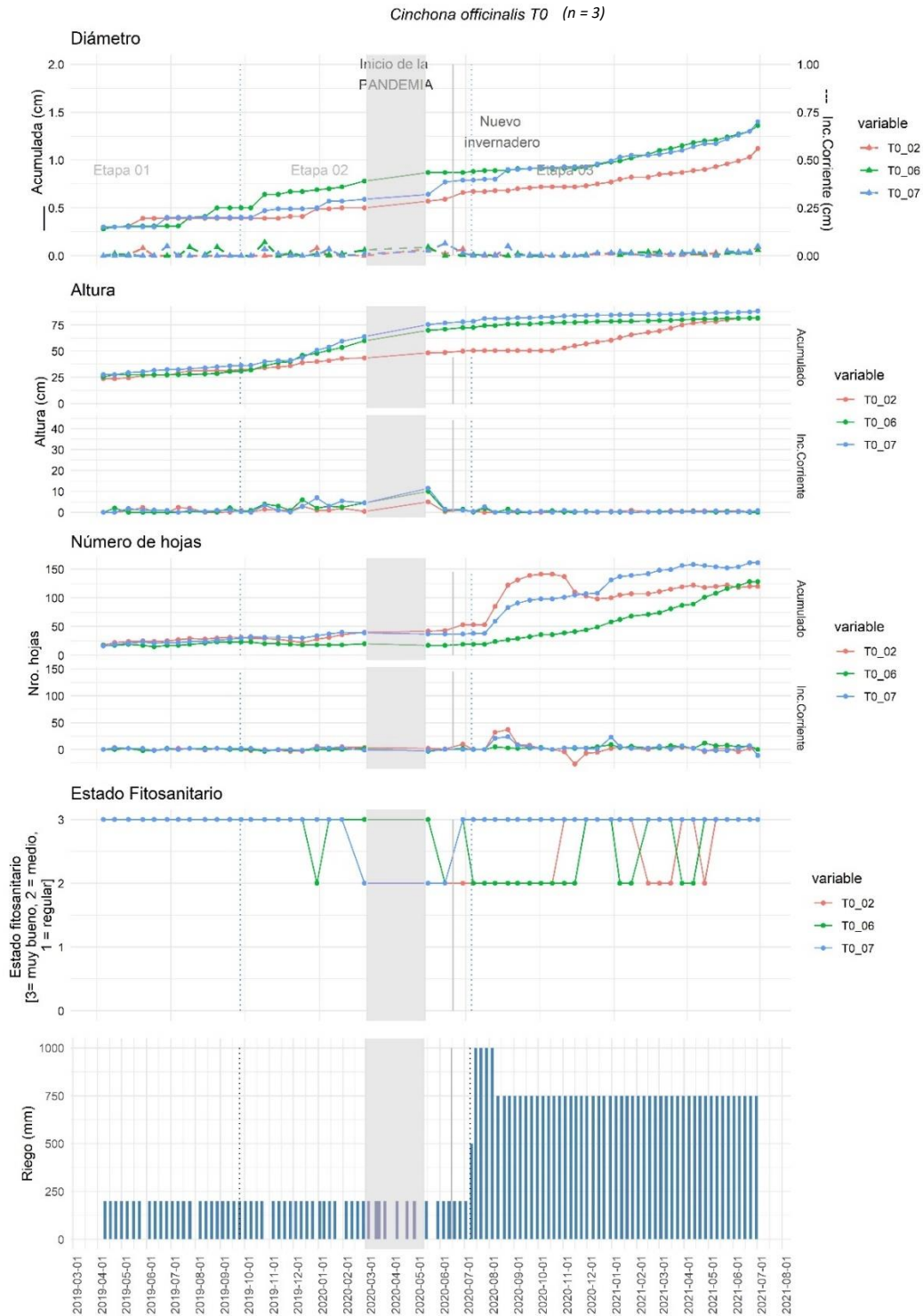
C)

Nro. Hojas	
Tratamiento	p-value
T0 – T2	0,0000000000029
T0 – T3	0,0000000000653
T1 – T4	0,000000000435
T1 – T4	0,00000000508
T2 – T3	0,00000000106
T2 – T3	0,0000000818

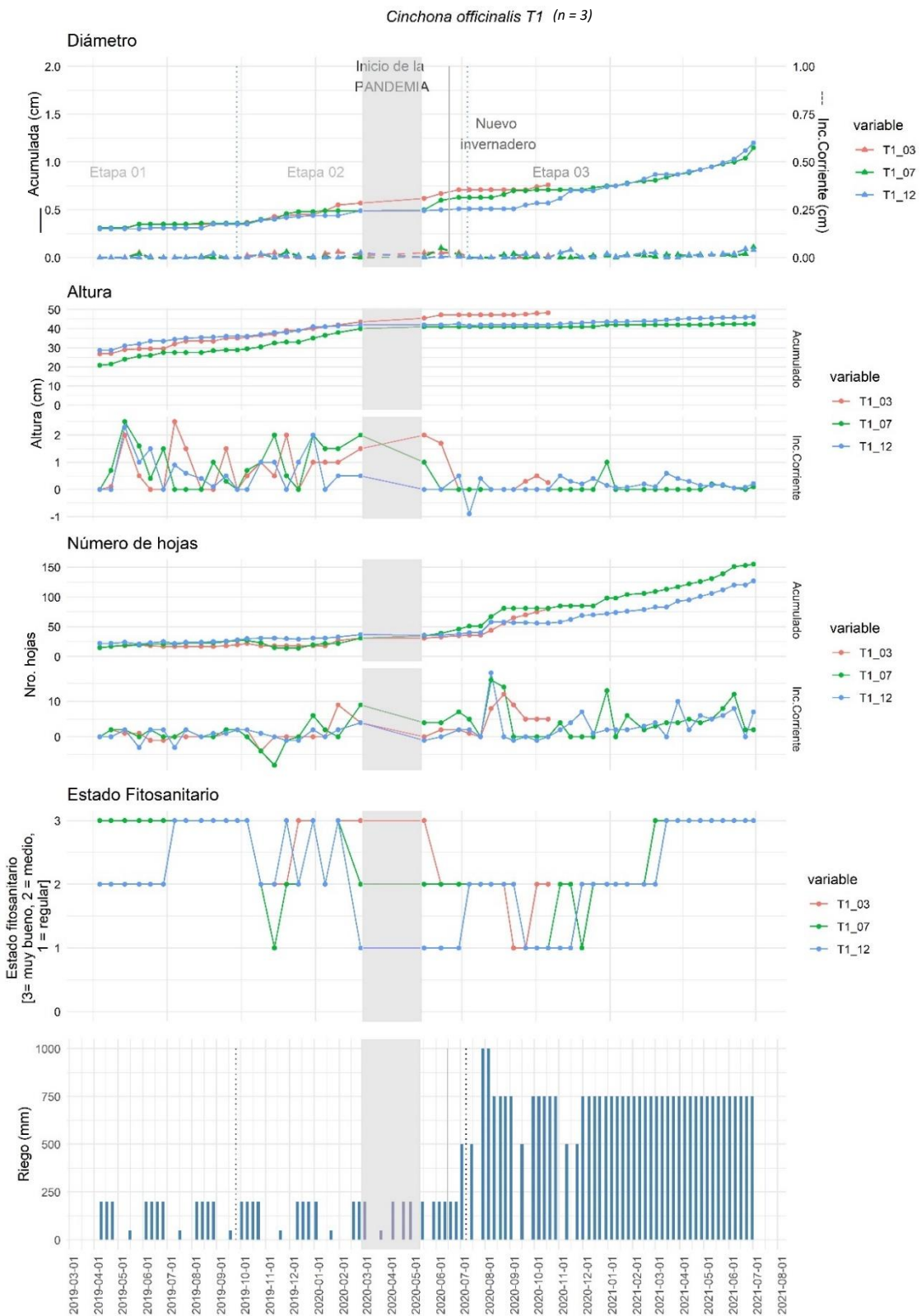
Anexo 9.

Desarrollo quincenal de las variables morfológicas entre individuos de *Cinchona officinalis* L. en todos sus tratamientos (T0-T4) durante 24 meses.

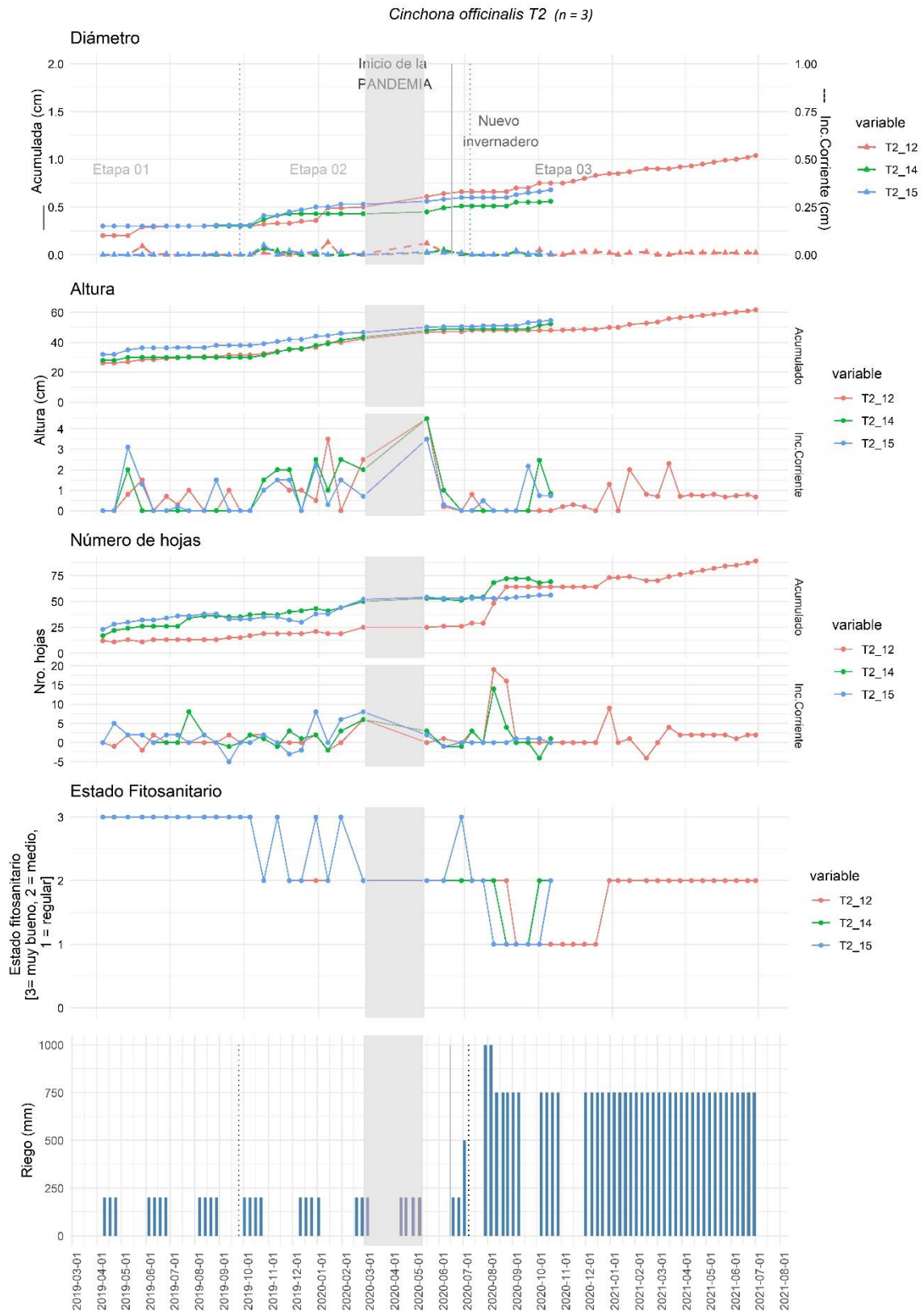
A)



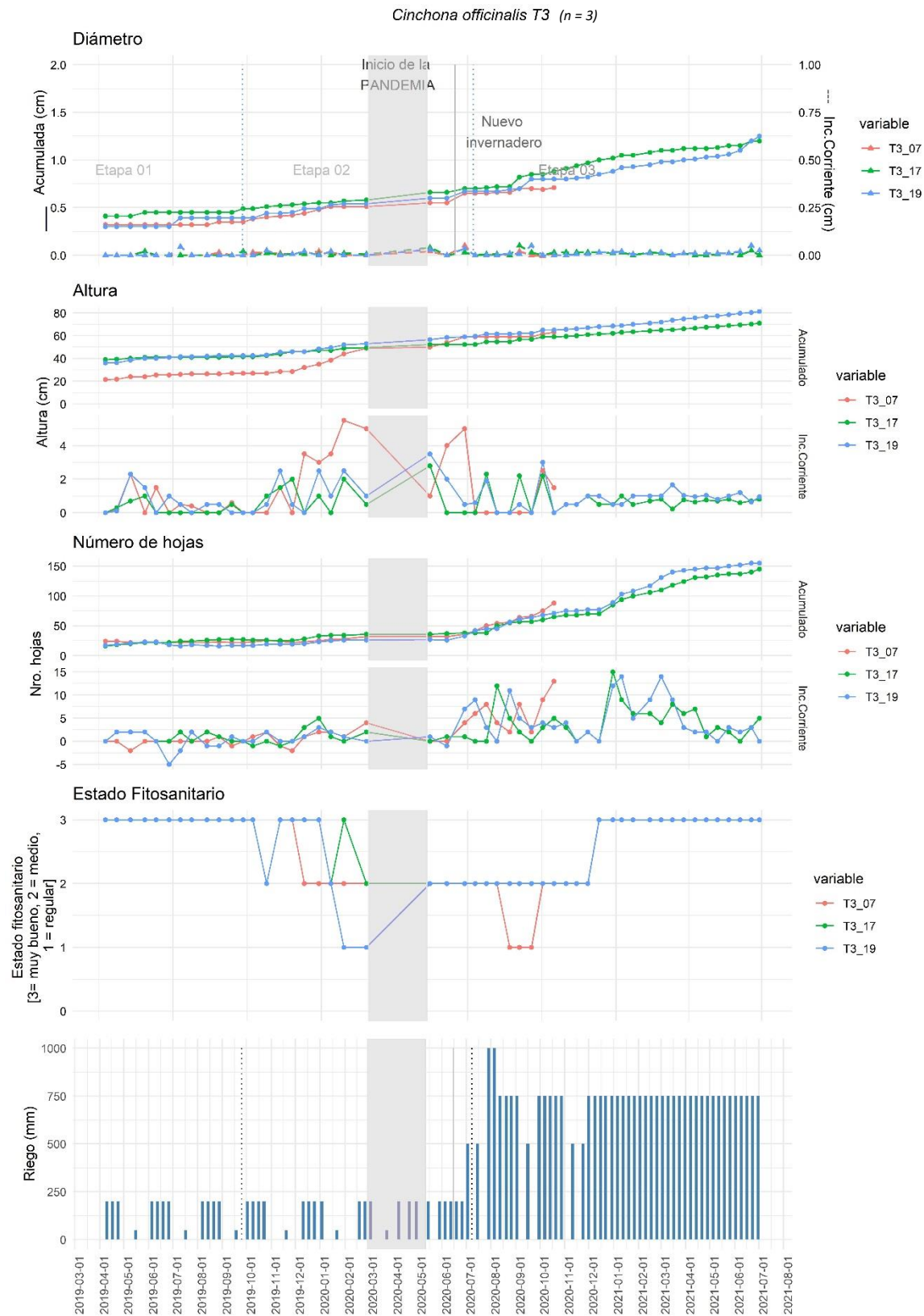
B)



C)

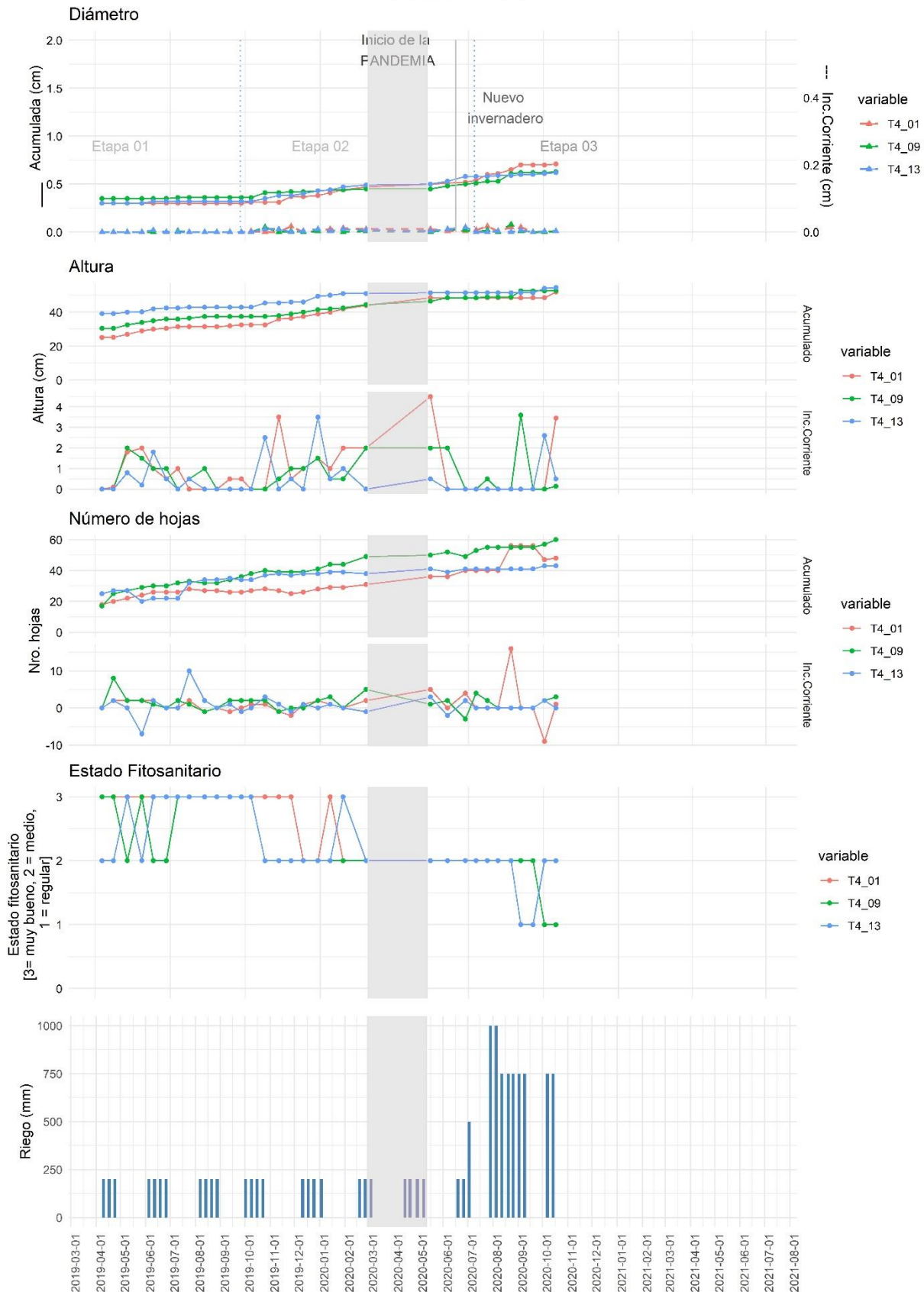


D)



E)

Cinchona officinalis T4 (n = 3)



Anexo 10.

Diferencias significativas $\alpha = 0,05$ entre tratamientos en plantas de *Cinchona officinalis*.

A)

Altura	
Tratamiento	p-value
T0 – T1	0.00000264
T0 – T2	0.00000000435
T0 – T3	0.0000288
T0 – T4	0.00000000102
T3 – T4	0.00000818
T2 – T3	0.035

B)

Diámetro	
Tratamiento	p-value
T0 – T1	0.000000000435
T0 – T2	0.000000000174
T0 – T3	0.0000000541
T0 – T4	0.0000000000145
T3 – T4	0.00000965
T2 – T4	0.0032

C)

Nro. Hojas	
Tratamiento	p-value
T0 – T3	0,0000588
T0 – T2	0.000757
T0 – T4	0.001
T1 – T3	0.001

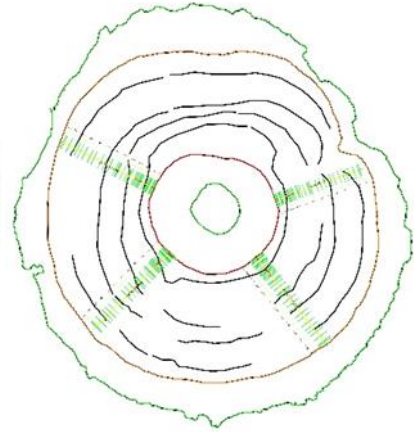
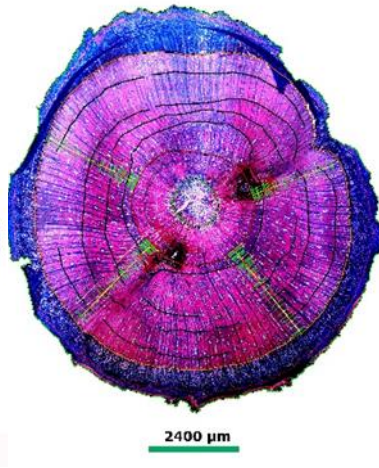
Anexo 11.

Relación entre el incremento corriente quincenal y formación de anillos de crecimiento en cortes anatómicos de Acacia macracantha Wild. y Cinchona officinalis L.

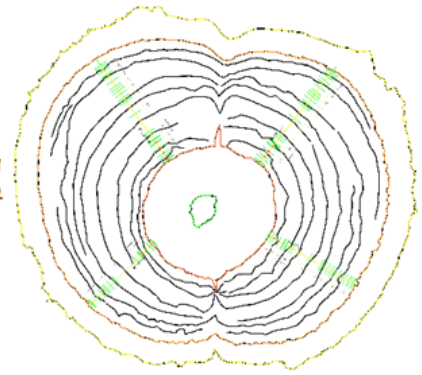
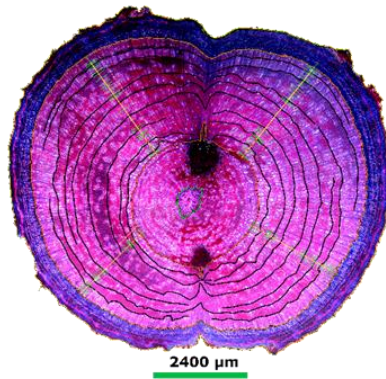
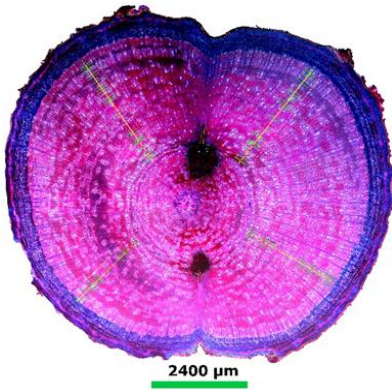
MaAmT_T0_03



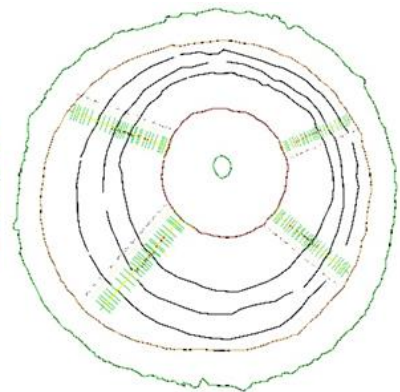
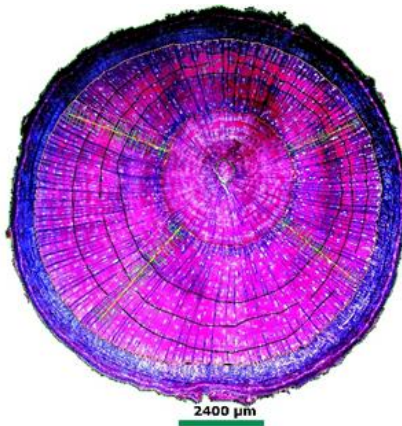
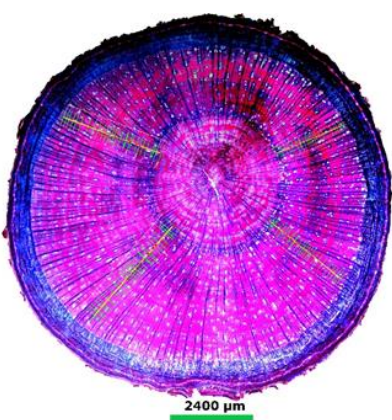
Testigo (T0)



MaAmT_T0_04

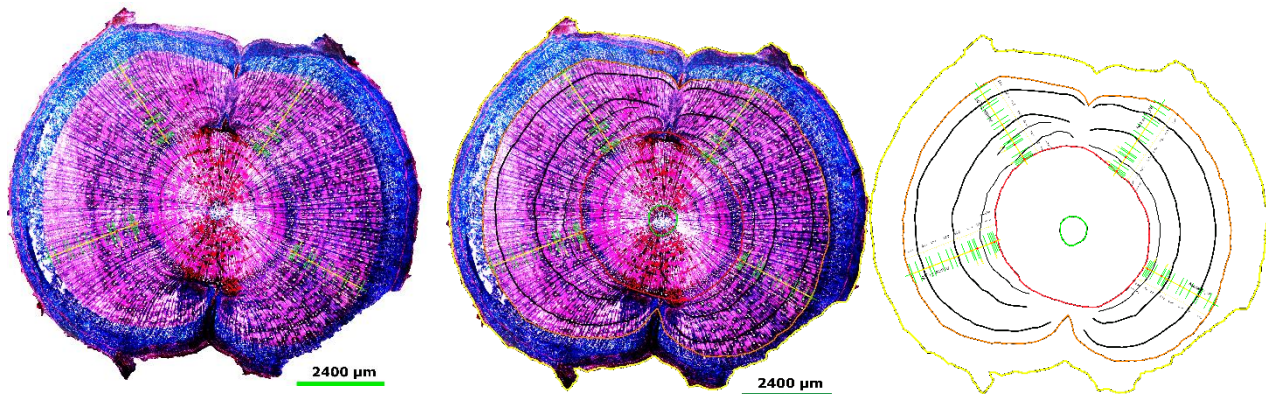


MaAmT_T0_05

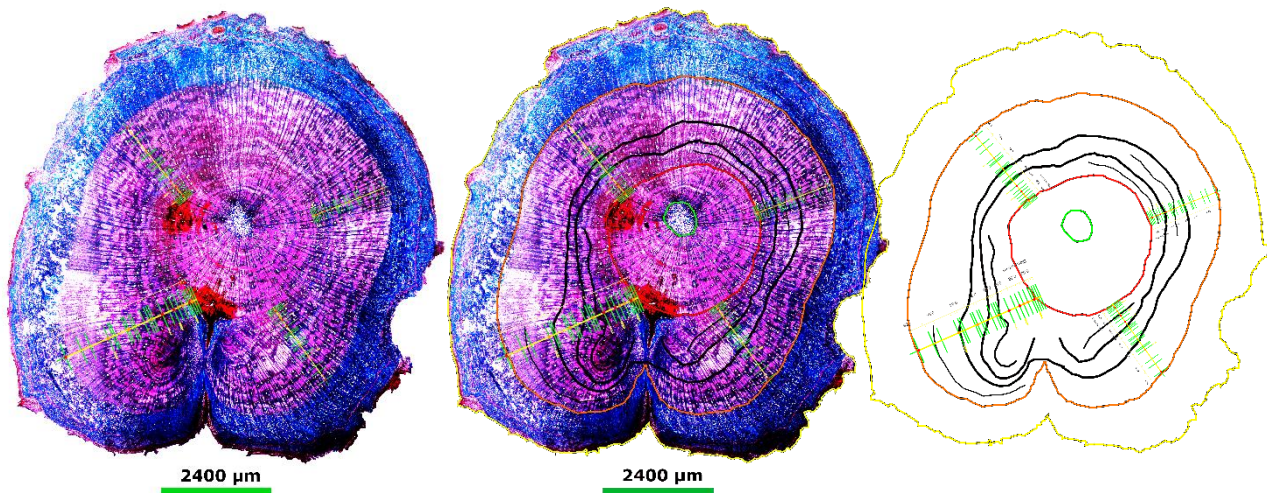


Estrés hídrico moderado (T1)

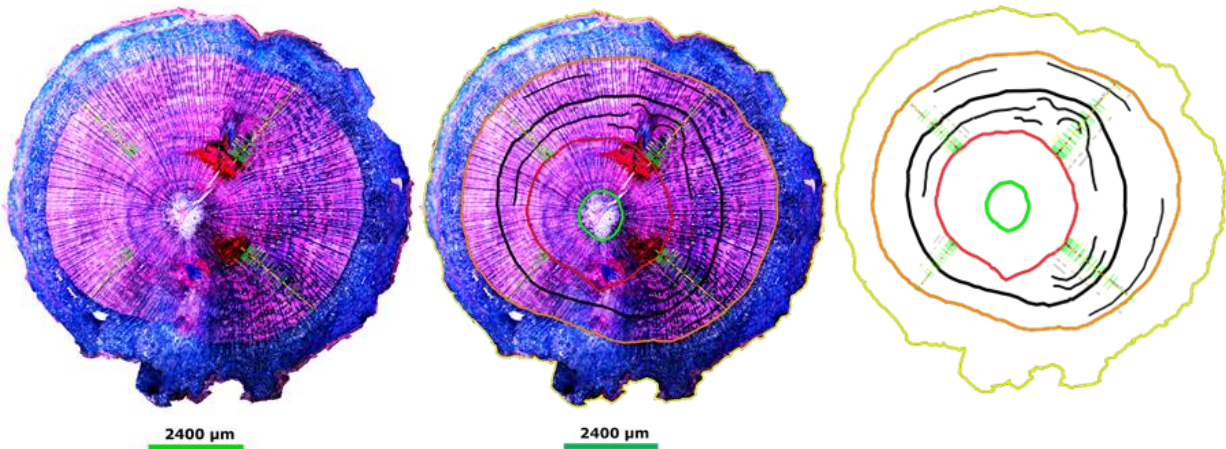
MaAmT_T1_05



MaAmT_T1_05

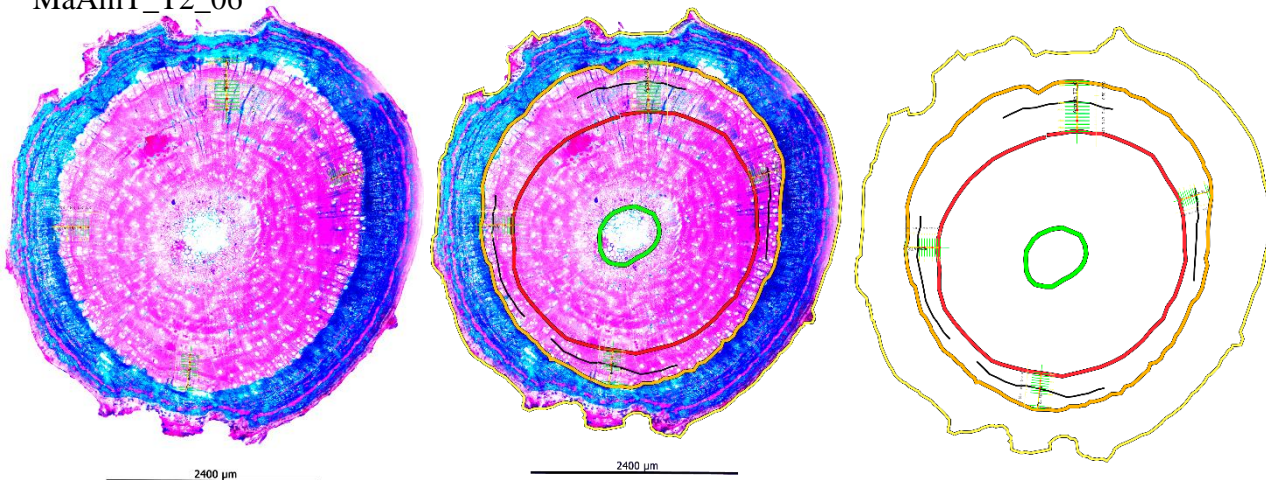


MaAmT_T1_08

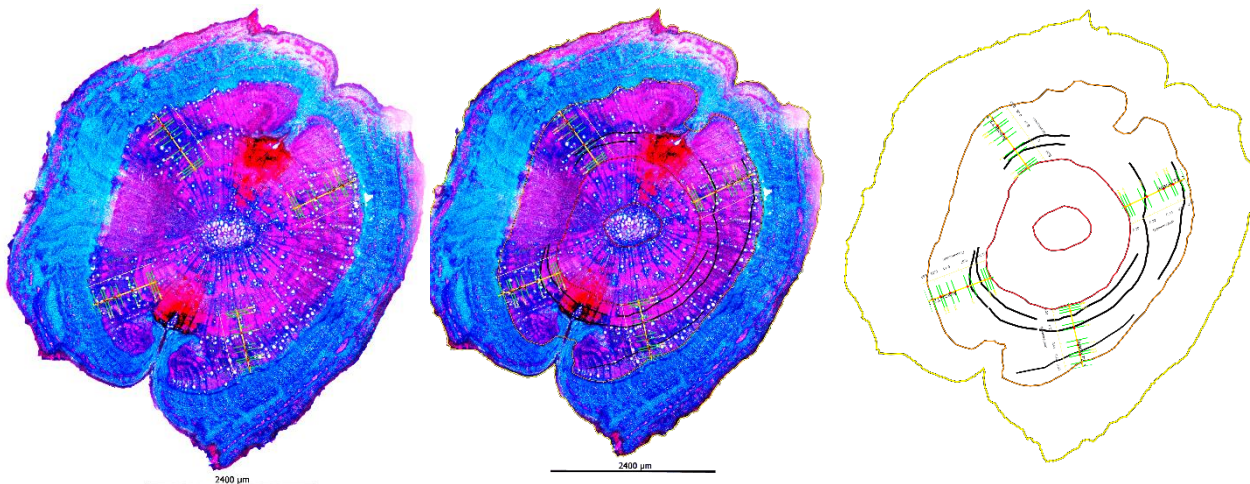


Estrés hídrico severo (T2)

MaAmT_T2_06

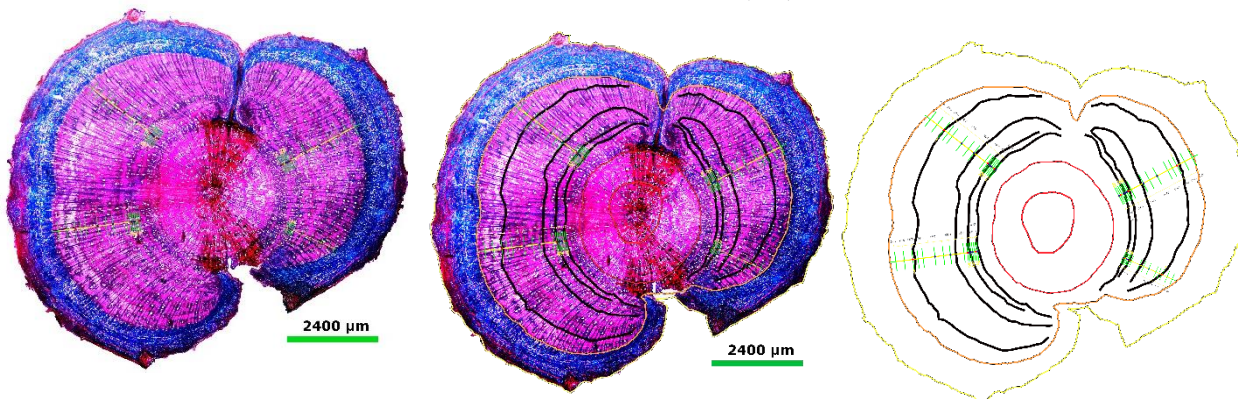


MaAmT_T2_12

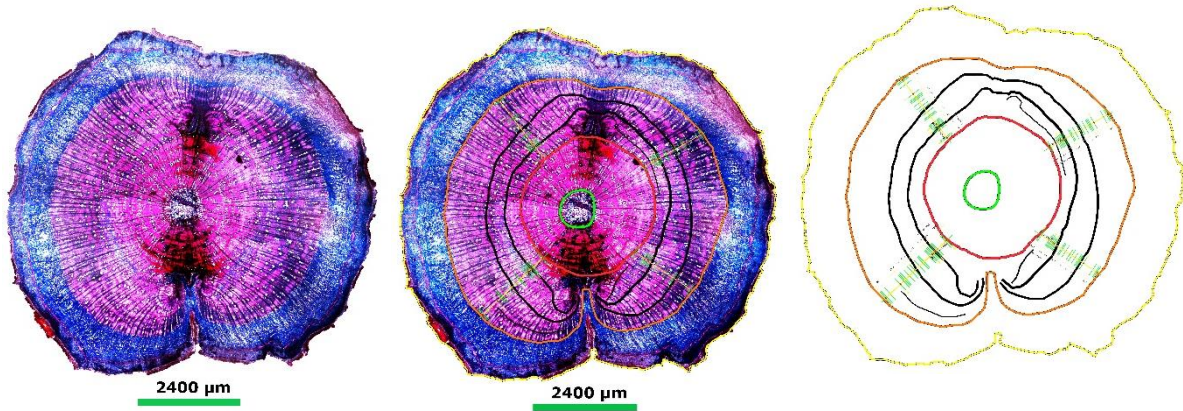


MaAmT_T3_15

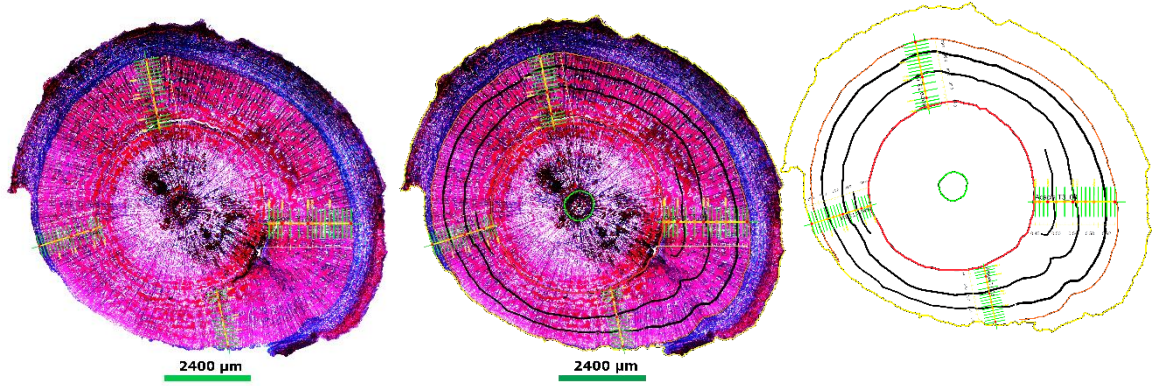
Estrés hídrico moderado (T3)



MaAmT_T3_13

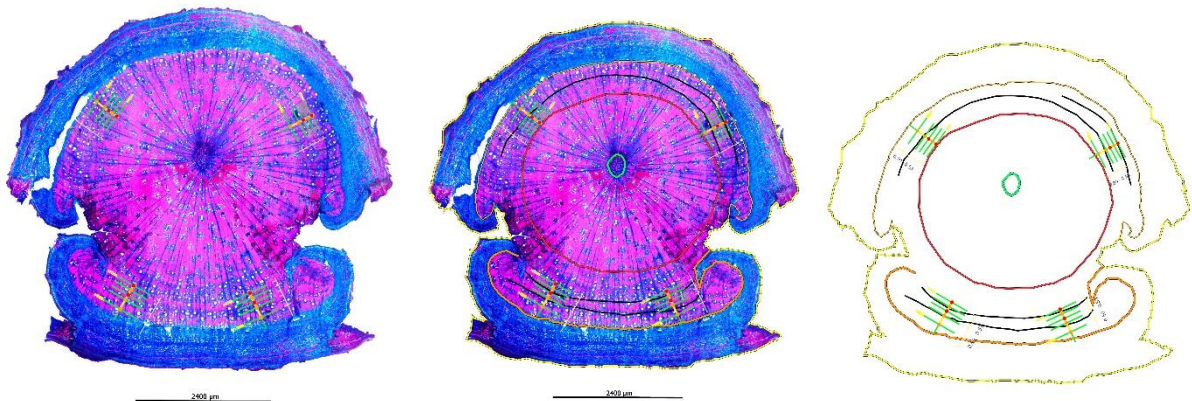


MaAmT_T3_03

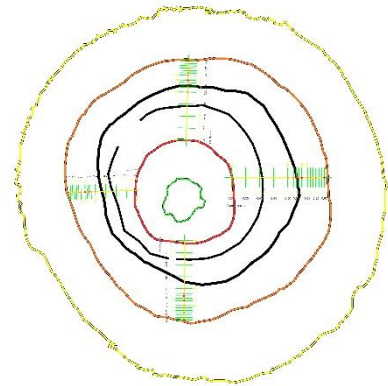
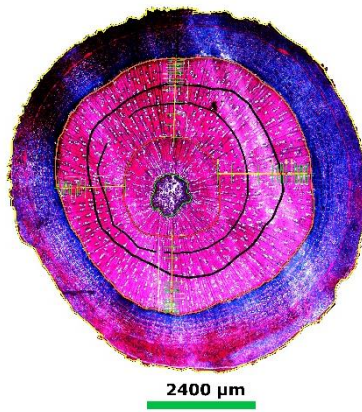
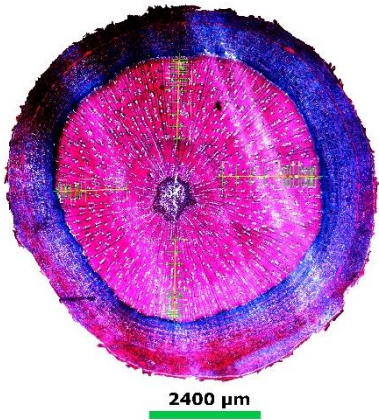
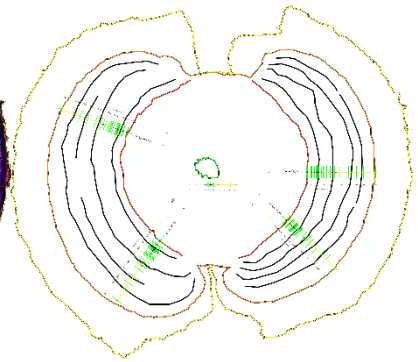
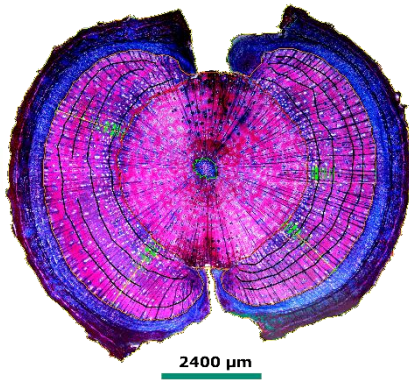
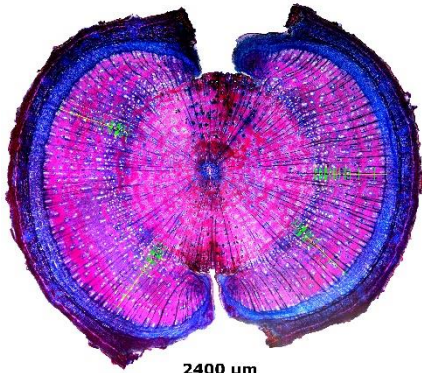


MaAmT_T4_07

Estrés hídrico severo (T4)

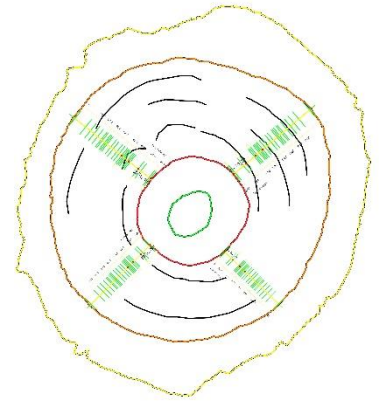
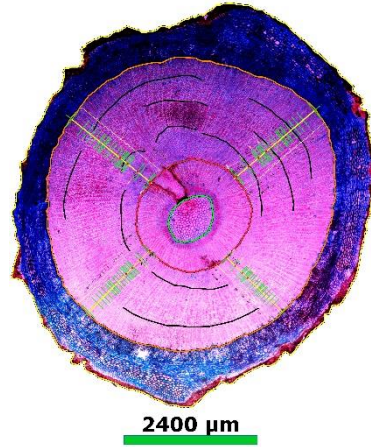
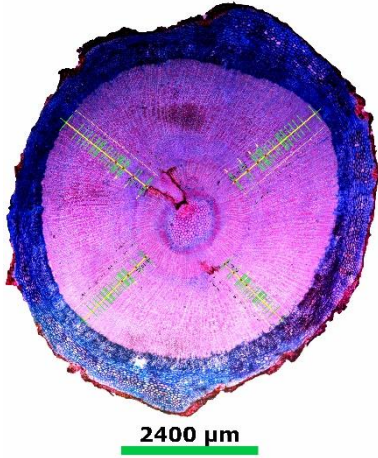


MaAmT_T4_17

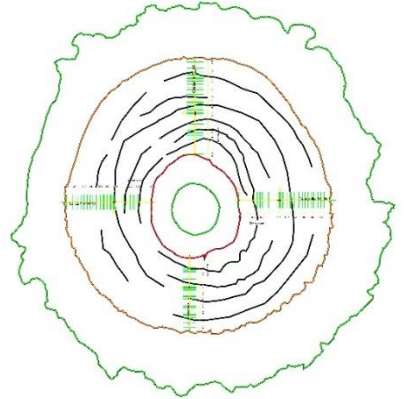
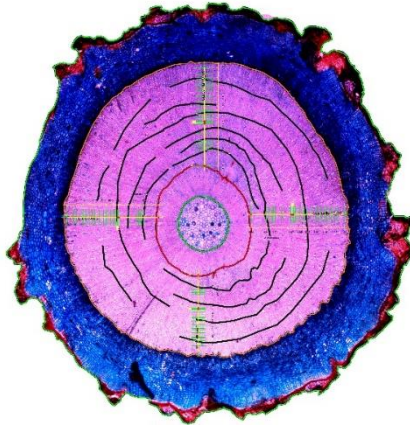
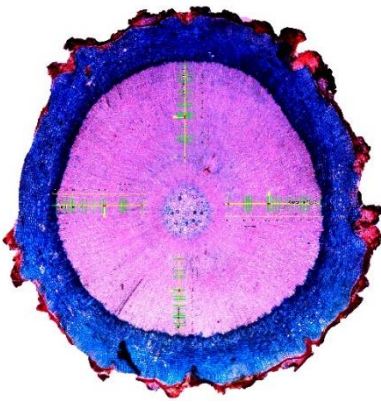


Testigo (T0)

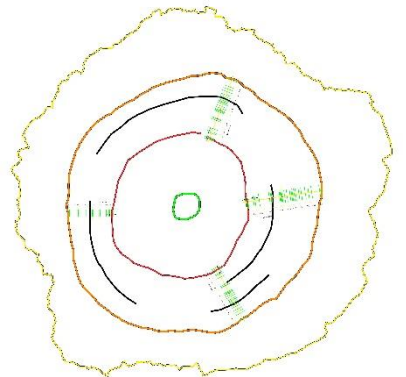
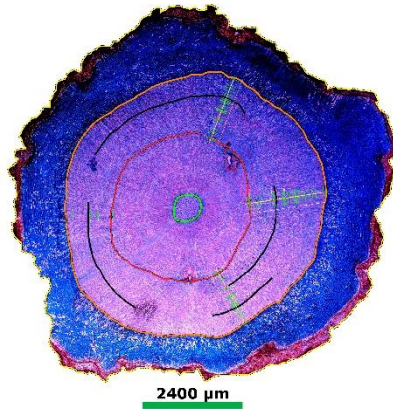
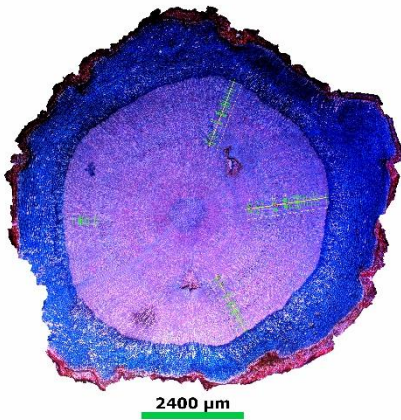
LoCoT_T0_04



LoCoT_T0_06

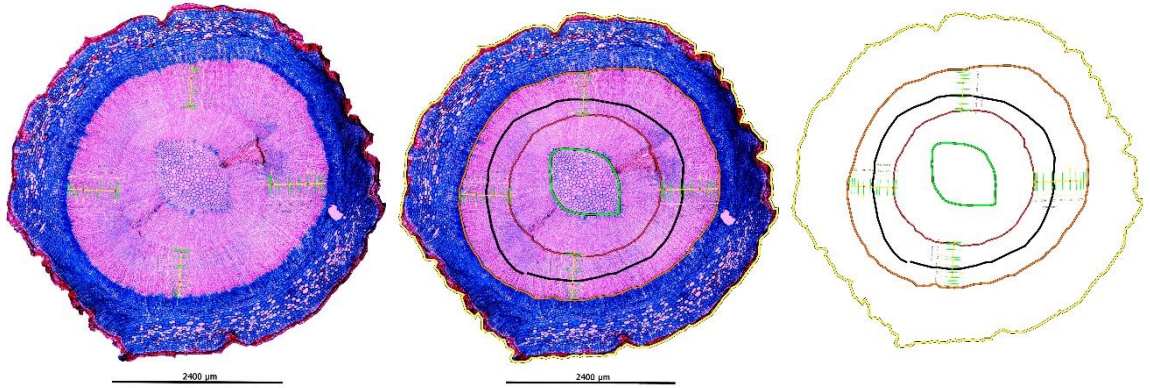


LoCoT_T0_07

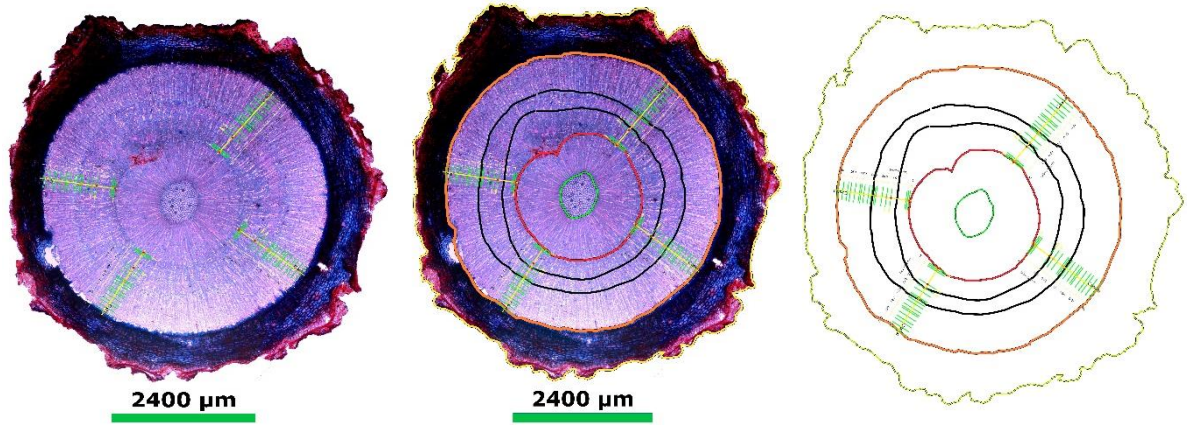


Estrés hídrico moderado (T1)

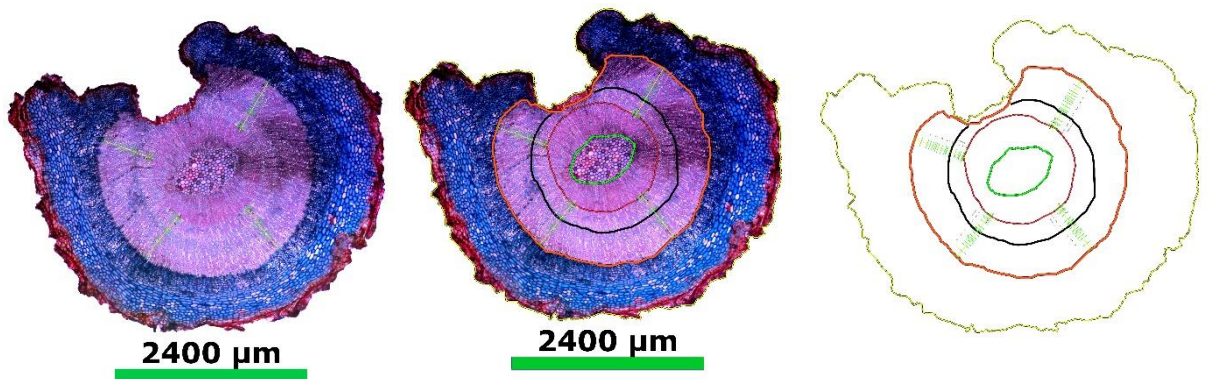
LoCoT_T1_03



LoCoT_T1_07

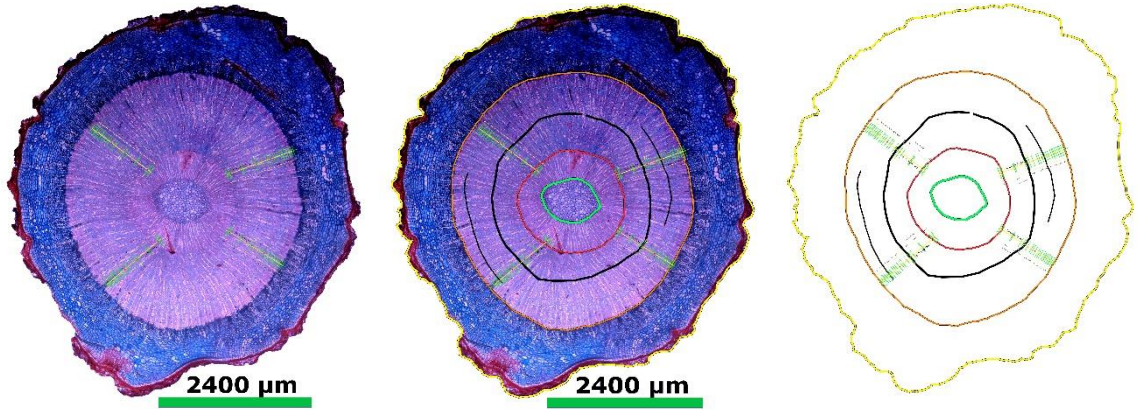


LoCoT_T1_12

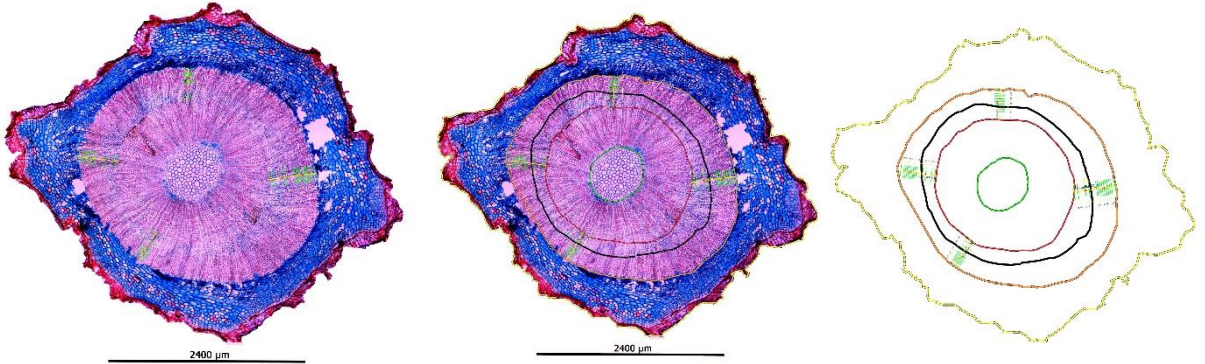


Estrés hídrico severo (T2)

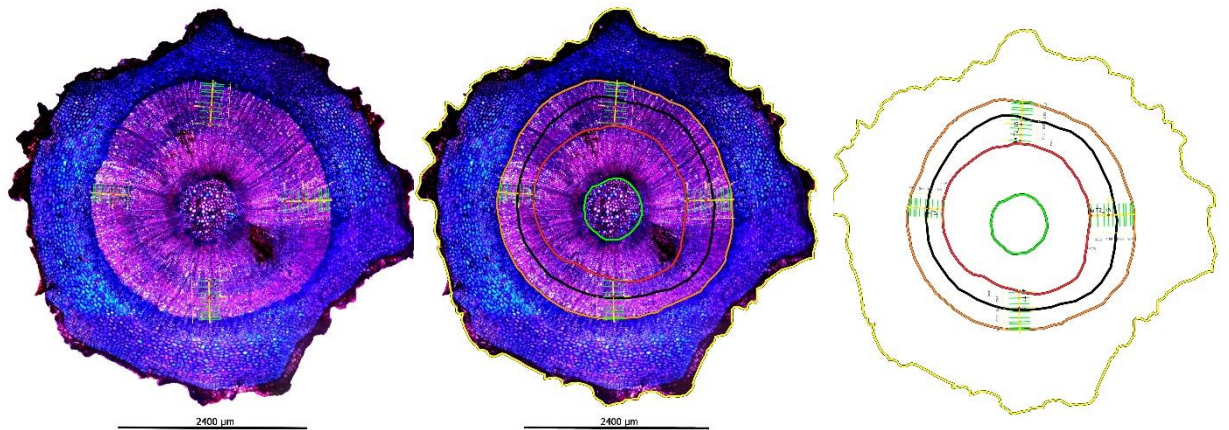
LoCoT_T2_12



LoCoT_T2_14

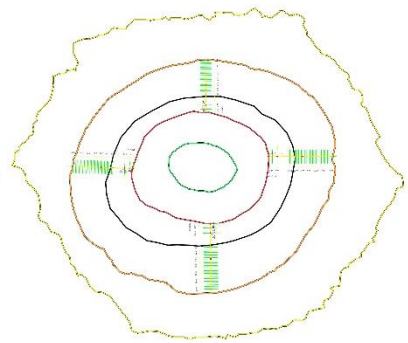
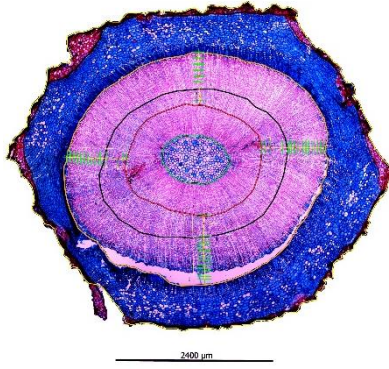
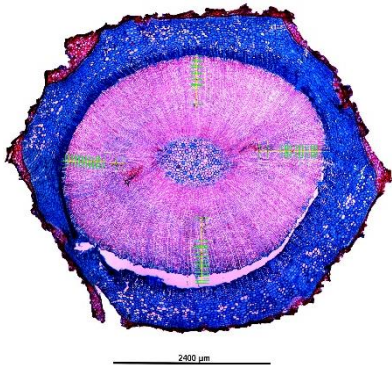


LoCoT_T2_15

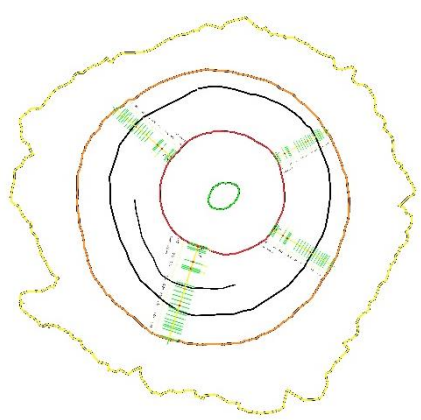
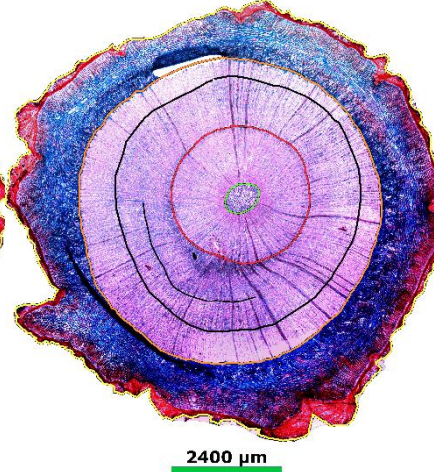
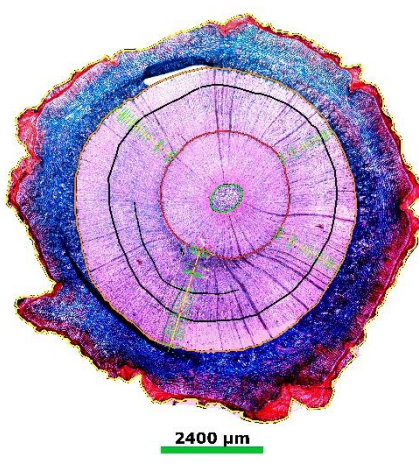


LoCoT_T3_07

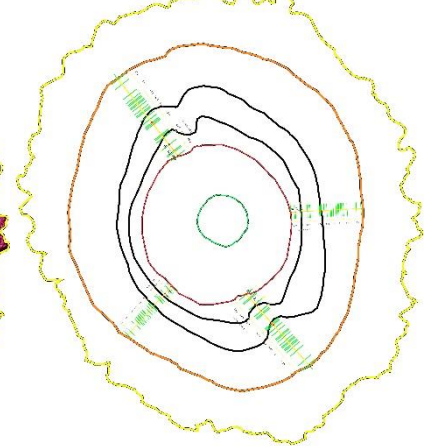
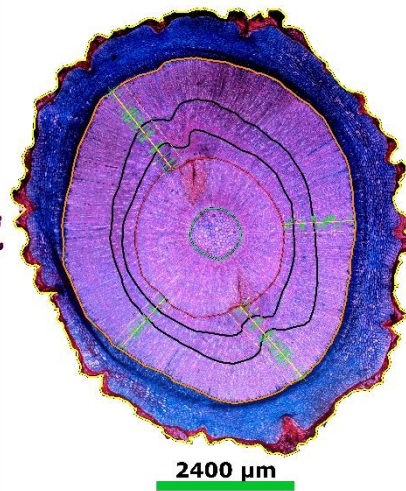
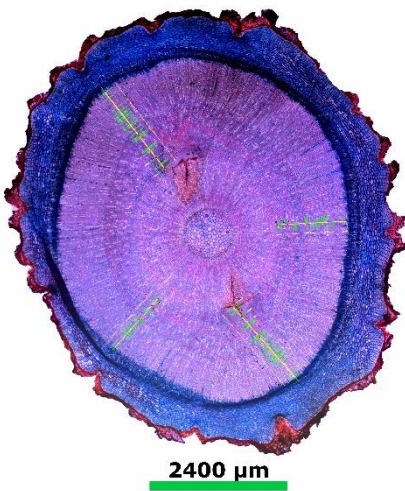
Estrés hídrico moderado (T3)



LoCoT_T3_17

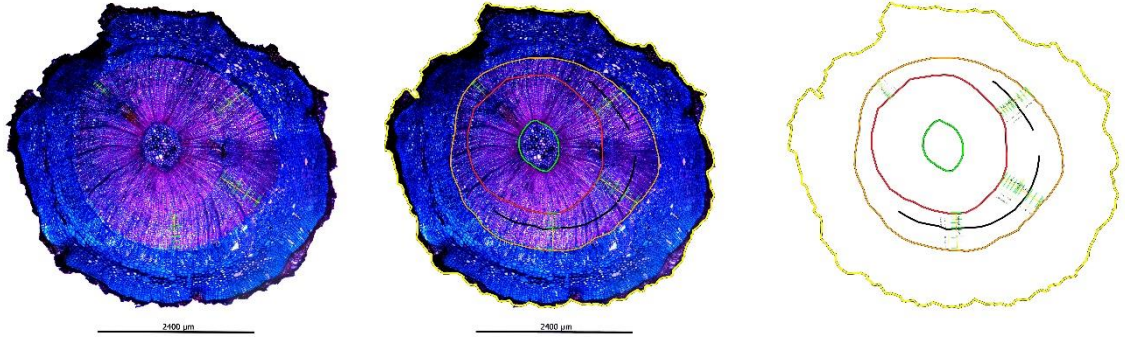


LoCoT_T3_19

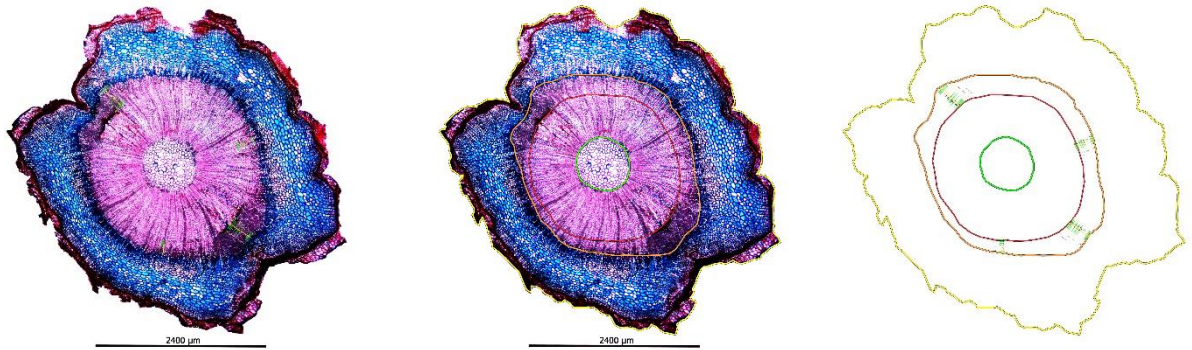


Estrés hídrico severo (T4)

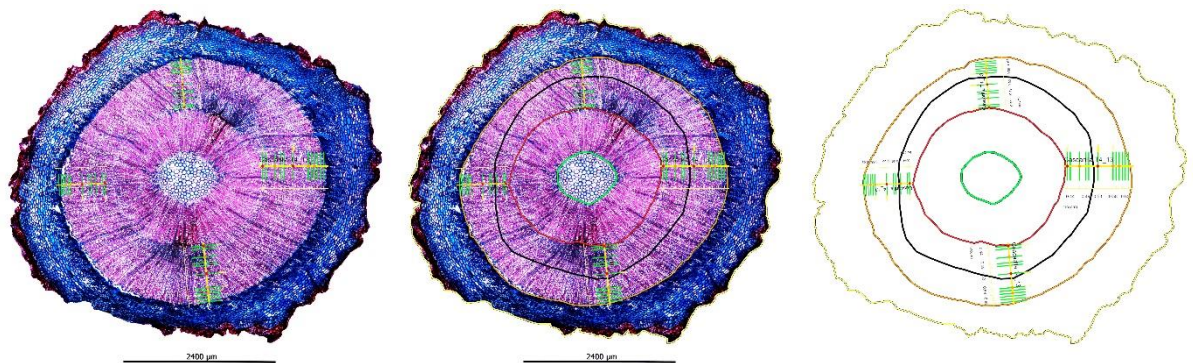
LoCoT_T4_01



LoCoT_T4_09




LoCoT_T4_13





Anexo 12

Certificado de traducción



**Municipio
de Loja**



ESCUELA DE EDUCACIÓN BÁSICA MUNICIPAL "LA PRADERA"
"SABIDURÍA DISCIPLINA EQUIDAD"

CÓDIGO AMIE: 11H00111 AÑO LECTIVO: 2023-2024 RÉGIMEN: SIERRA
OFERTA ACADÉMICA: INICIAL/ PREPARATORIA / BÁSICA ELEMENTAL Y MEDIA
GRADO: INICIAL II A SÉPTIMO GRADO


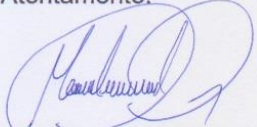
Loja, 25 de agosto del 2023

CERTIFICADO DE TRADUCCIÓN ESPAÑOL-INGLÉS

Yo, **MICHAEL ALESSANDRO GRANDA PINTA**, con C.I. 1105158255, docente de inglés como lengua extranjera en la Escuela de Educación Básica Municipal "La Pradera" **CERTIFICO**: haber traducido el resumen del idioma español al idioma inglés de la tesis de pregrado denominada **"CAMBIOS MORFOLÓGICOS Y FORMACIÓN DE ANILLOS DE CRECIMIENTO POR ESTRÉS HÍDRICO BAJO CONDICIONES CONTROLADAS EN PLANTAS DE ACACIA MACRACANTHA WILD. Y CINCHONA OFFICINALIS L. EN EL CANTÓN LOJA, ECUADOR"**, para el Señorita **TANIA ESTEFANÍA VERDESOTO TIGREROS**, estudiante de la carrera de Ingeniería Forestal en la Universidad Nacional de Loja.

Lo certifico en honor a la verdad y autorizo al interesado hacer uso de éste en lo que estime conveniente.

Atentamente,



Mgtr. Michael Alessandro Granda Pinta.
N° de Registro Senecyt 1031-2020-2243621