

RED DE ENSAYOS FORESTALES para la restauración de agroecosistemas

Informe de avance



I M B I V



Universidad
Nacional
de Córdoba



Grupo de Investigación en
Restauración de Agroecosistemas



I M A S L



Universidad
Nacional de San Luis



grupo de estudios ambientales



**RED DE ENSAYOS
FORESTALES**
para la restauración de agroecosistemas

Ministerio de
BIOAGROINDUSTRIA



GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE
CÓRDOBA



Equipo técnico

Grupo de Investigación en Restauración de Agroecosistemas (CONICET)

Dra. Georgina Conti

Dr. Esteban Kowaljow

Dr. Juan Whitworth Hulse

Dra. Alejandra Dip

Dr. Lucas Carbone

Dra. Valeria Falczuk

Federico Actis

María Pía Viada

Ministerio de Bioagroindustria

Biól. Luisina Battistón

Biól. Valentina Revol

Mayo 2025





Contenido

Resumen para tomadores de decisiones.....	6
1. Antecedentes y objetivos.....	7
2. Metodología.....	8
2.1. Establecimientos de la Red de Ensayos.....	8
2.2. Selección de especies con potencial para restauración.....	9
2.3. Metodología de plantación.....	9
2.4. Monitoreo del desempeño de las especies.....	13
2.5. Evaluación de las condiciones de sitio.....	13
2.6. Monitoreo de la biodiversidad asociada.....	14
3. Resultados.....	15
3.1. Evaluación del desempeño de las especies en el tiempo.....	15
3.2. Evaluación del efecto de las condiciones de sitio sobre el desempeño de las especies.....	19
3.3. Biodiversidad asociada a las plantaciones.....	19
4. Conclusiones.....	26



Resumen para tomadores de decisiones

1

La evaluación del desempeño de las especies consideradas mostró que las especies plantadas en bordes de cultivos sobrevivieron menos que las especies plantadas en zonas anegadas, siendo el cina cina y el algarrobo las que presentaron mayores valores de supervivencia.

2

A pesar de una menor supervivencia, las especies crecieron más en los bordes de cultivo, principalmente el cina cina.

3

Las condiciones de sitio afectaron el desempeño de las especies. En particular la salinidad del suelo redujo el crecimiento del cina cina, mientras que el algarrobo, chañar y espinillo mostraron mayor tolerancia.

4

Niveles intermedios de cobertura vegetal favorecieron el crecimiento de las especies generando protección contra la herbivoría y amortiguando condiciones climáticas extremas.

5

El muestreo de diversidad vegetal preliminar mostró una tendencia de aumento bajo los tratamientos de restauración evaluados, a ser monitoreada en muestreos periódicos en el tiempo.

Agradecimientos

Este trabajo no sería posible sin la colaboración activa de los propietarios de los establecimientos productivos donde se llevaron a cabo los ensayos de restauración: Flia. Whitworth Hulse, Flia. Pagan, Gustavo Bertone, Javier Liendo, Flia, Blangino, Enrique Marinsalda, Edgardo Rinaudo, Los Llanos S.R.L. y Cristian Font. También agradecemos a investigadores, técnicos de investigación, estudiantes y técnicos de campo por el apoyo en la labor de investigación y monitoreo. A la Fundación Internacional para la Restauración de Ecosistemas (FIRE) Argentina por hacer posible la plantación de los árboles en los ensayos.

1. Antecedentes y objetivos

En el marco de la Ley N° 10.467 denominada “Plan Provincial Agroforestal” y con el objetivo de generar lineamientos y recomendaciones para el establecimiento de plantaciones en sistemas agropecuarios, el Ministerio de Bioagroindustria, por intermedio de la Fundación Internacional para la Restauración de Ecosistemas (FIRE) y con el apoyo de investigadores del Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal (IMBIV -CONICET) y Grupo de Estudios Ambientales del Instituto de Matemática Aplicada de San Luis (IMASL-CONICET), establecen a principios del 2023 la **Red de Ensayos Forestales para la restauración de agroecosistemas** en predios productivos privados del centro sudeste de la provincia de Córdoba. El objetivo principal de la Red es la de evaluar en el tiempo el desempeño de especies leñosas nativas a condiciones de derivas de agroquímicos y salinidad/anegamiento en el suelo. Además propone analizar el efecto sobre la biodiversidad asociada y al potencial de fijación de carbono de las especies nativas consideradas.

Específicamente este convenio permitirá obtener resultados para:

- Evaluar comparativamente el desempeño de 9 especies leñosas nativas, en términos de supervivencia y crecimiento, para su uso en restauración ecológica en agroecosistemas del centro sudeste de Córdoba.
- Evaluar posibles condiciones de sitio que expliquen el desempeño de las especies seleccionadas.
- Evaluar el cambio en la biodiversidad asociada a los tratamientos de restauración en el tiempo.
- Evaluar el potencial de fijación de carbono de las especies seleccionadas.



2. Metodología

2.1 Establecimientos dentro de la RED de ensayos

Los sitios de muestreo se ubicaron al centro sudeste de la provincia de Córdoba, correspondiente a áreas de bosques de llanuras (transición entre Bosque Chaqueño, Espinal y Pampa). La Red se compone de 10 establecimientos productivos (Figura 1), cuya actividad principal es la agricultura, aunque algunos incluyen también actividades pecuarias. La elección de los sitios se llevó a cabo entre los productores interesados en participar a través de una encuesta semiestructurada donde se consultaba sobre sus principales intereses y problemáticas ambientales percibidas, actividades y manejos, así como facilidades logísticas que permitieran la plantación en el lapso estipulado.

De acuerdo a las características de los sitios y a los intereses de los productores, se implementaron dos tipos de diseño de plantación: **cortinas**, elementos lineales ubicados en los bordes de los predios, donde se evalúa el desempeño de las especies consideradas en respuesta a la deriva de agroquímicos; y **macizos**, módulos de árboles que no están dispuestos linealmente establecidos en zonas asociadas a áreas anegadas y/o salinizadas (Figura 2).



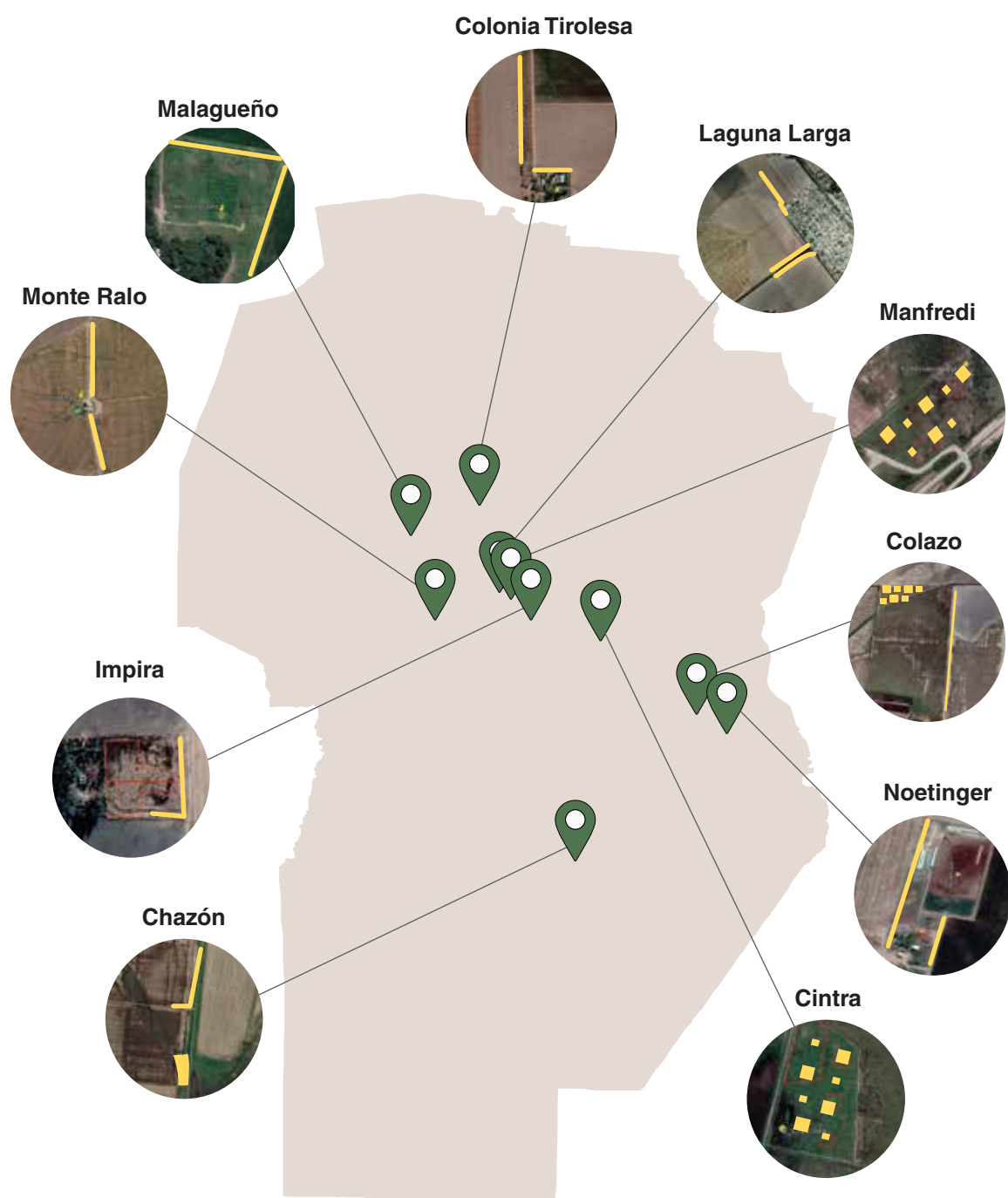


Figura 1. Ubicación de los establecimientos productivos dentro de la Red de Ensayos. Se resalta en cada uno la locación de las cortinas o los macizos, de acuerdo a la preferencia y condiciones de cada sitio.

A

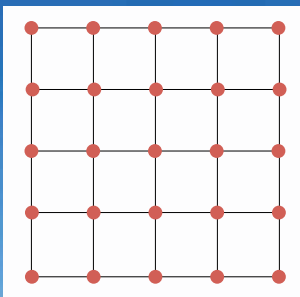
Cortinas

en bordes de alambrado o caminos

74 módulos



B



Macizos

en bajos anegados y/o salinizados

24 módulos



Figura 2. Diseños de muestreo establecidos: a) cortinas y b) macizos.

2.2 Selección de especies con potencial para restauración

Se seleccionaron 9 especies leñosas nativas de la provincia de Córdoba, tanto arbóreas como arbustivas, para evaluar su desempeño bajo las condiciones descriptas (Figura 3). Las especies se seleccionaron en base a su representación en la flora local, lo permitido por el Plan Provincial Agroforestal (Ley N° 10467), su disponibilidad en viveros de la región, y la percepción de los productores en relación a las especies seleccionadas. En el caso de las cortinas se evaluaron las siguientes ocho especies leñosas nativas: algarrobo blanco (*Neltuma alba*), cina cina (*Parkinsonia aculeata*), espinillo (*Vachellia caven*), moradillo (*Schinus fasciculata*), palo amarillo (*Aloysia gratissima*), lagaña de perro (*Erythrostemon gilliesii*), sen de campo (*Senna corymbosa*) y tala (*Celtis tala*). En los macizos se evaluó el desempeño de cuatro especies nativas: algarrobo blanco (*Neltuma alba*), cina cina (*Parkinsonia aculeata*), espinillo (*Vachellia caven*) y chañar (*Geoffroea decorticans*).

2.3 Metodología de plantación

En el momento de la plantación se siguieron una serie de lineamientos comunes:

- Marcado del diseño de plantación (cortina o macizo).
- Realización de cazuelas con motohoyadora.
- Riego de asiento (10 lt).
- Tamaño inicial de los plantines de ~45 cm.
- Toma de muestras de suelo.

Cada plantín se cubrió con un protector para reducir el efecto de la herbivoría y amortiguar los cambios térmicos. Se probaron protectores de cartón, silobolsa y madera para evaluar su persistencia y efecto a campo.



Figura 3. Especies leñosas nativas seleccionadas para evaluar su potencial para la restauración de agroecosistemas.

2.4 Monitoreo del desempeño de las especies en el tiempo

Al momento de la plantación se midió el diámetro inicial a la base del fuste, la altura máxima y el estado sanitario del plantín, como línea de base para monitorear su crecimiento en el tiempo.

Luego de los 6 meses de crecimiento (fase de establecimiento) se determinó supervivencia, crecimiento en diámetro y en altura, y estado sanitario del plantín. A partir de los 6 meses, el monitoreo de desempeño se llevó a cabo anualmente.

2.5 Evaluación de las condiciones de sitio

Se colectaron muestras de suelo asociadas a cada uno de los módulos donde se determinaron las siguientes variables físico-químicas: textura, densidad aparente (DA, g cm^{-3}), compactación, materia orgánica (MO, %), nitrógeno total (Nt, %), pH, cloruros (ppm), porcentaje de sodio intercambiable (PSI), capacidad de intercambio catiónico (CIC). En los establecimientos donde se plantaron macizos se instalaron, además, freáticos para monitorear el nivel de la napa freática en el tiempo.



2.6 Monitoreo de biodiversidad asociada

En cada establecimiento se llevaron a cabo censos florísticos de vegetación para determinar la identidad taxonómica y la abundancia de todas las especies vegetales presentes. Los censos florísticos se llevaron a cabo considerando los módulos de restauración activa (con plantación), restauración pasiva (espacio entre módulos sin plantación), cultivo bajo manejo tradicional (control) y bosque de referencia (parche de bosque nativo cercano al establecimiento).

Para cada especie se determinó el porcentaje de cobertura, así como la altura y cobertura promedio de los diferentes estratos de vegetación (arbóreo, arbustivo y herbáceo) y el porcentaje de suelo desnudo.





4. Resultados

3.1 Evaluación del desempeño de las especies



A. SUPERVIVENCIA

En términos generales la mayoría de las especies mostraron una alta supervivencia (> 50%) durante los primeros 6 meses luego de la plantación, exceptuando sen de campo y lagaña de perro con valores inferiores en las cortinas. En los macizos la supervivencia fue aún mayor que en las cortinas para este período, siendo en ambos casos el cina cina el que presentó mayores valores de supervivencia.

A los 18 meses luego de la plantación la supervivencia se redujo a valores promedios de 45% en el caso de las cortinas, mientras que en los macizos se mantuvo en valores similares (78%) (Figura 4).

B. CRECIMIENTO

Luego de 18 meses de plantación, la especie que mostró un mayor crecimiento tanto en altura como en diámetro en las **cortinas** fue el cina cina, seguido de lagaña de perro, algarrobo y moradillo; mientras que especies como tala, espinillo, palo amarillo y sen de campo, mostraron un menor crecimiento. En los **macizos**, si bien las especies implantadas presentaron una alta supervivencia, el crecimiento de las especies fue similar entre ellas y menor al de las cortinas en todos los casos (Figura 5).

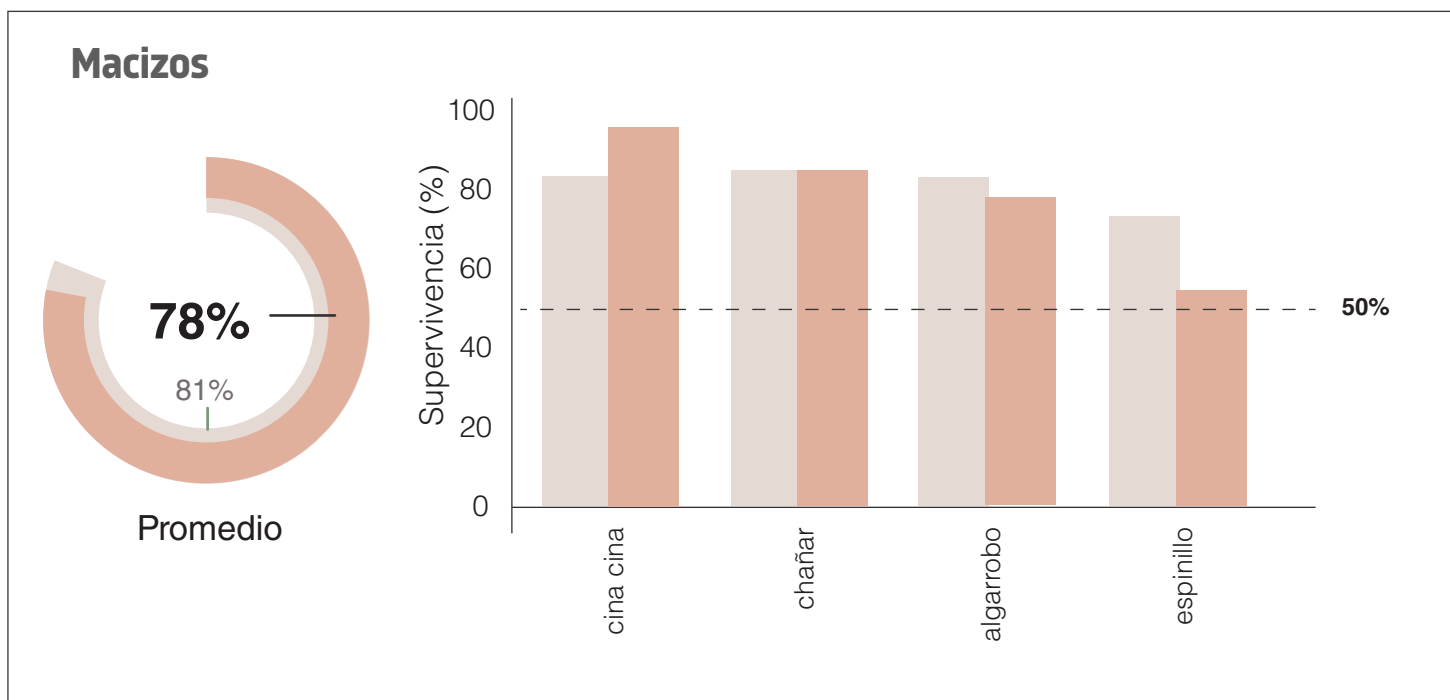
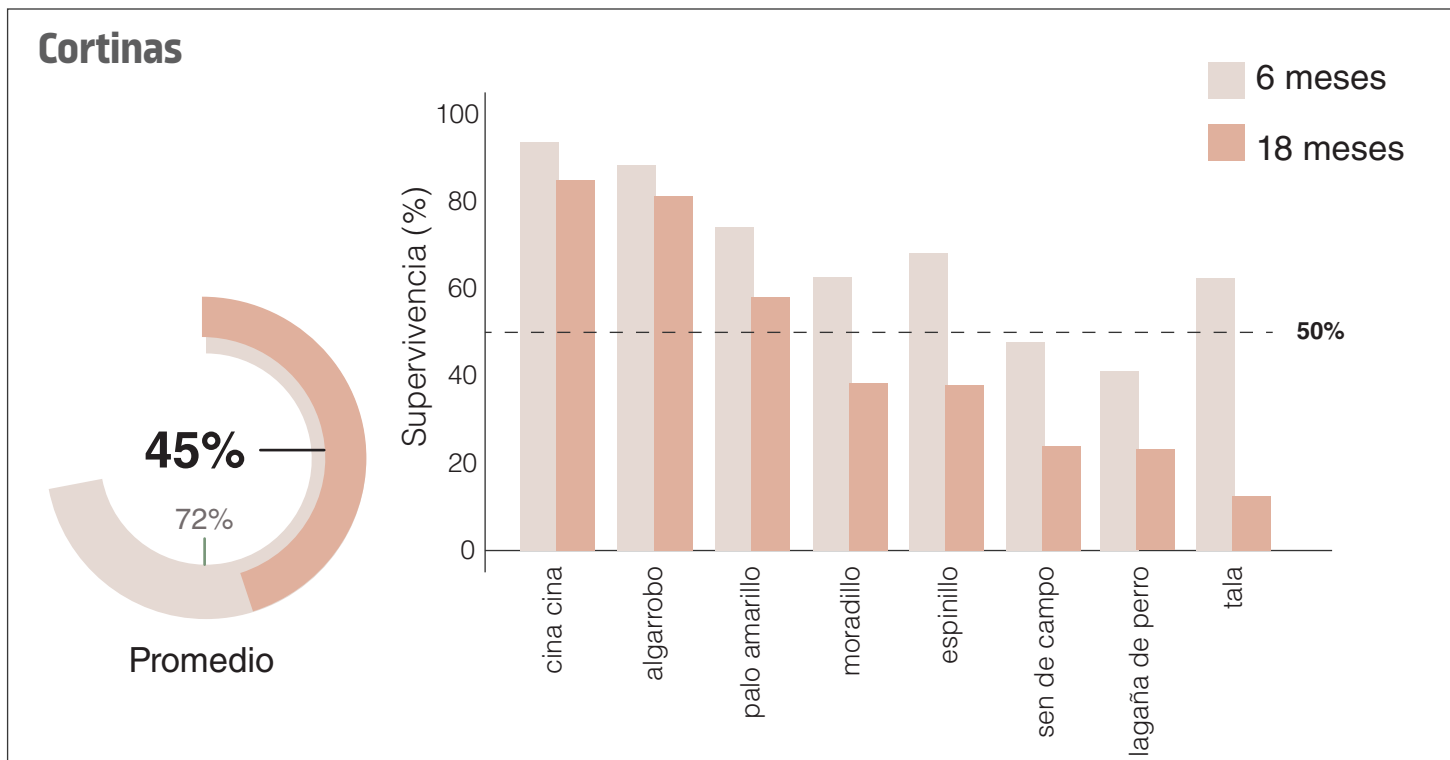


Figura 4. Supervivencia de especies leñosas nativas seleccionadas luego de 6 (rosa claro) y 18 meses (rosa oscuro) de plantación. El panel superior muestra los valores comparativos de ambas fechas para las **cortinas**, mientras que el panel inferior muestra los valores comparativos de ambas fechas para los **macizos**. Los círculos reflejan los valores promedio de supervivencia para el conjunto de especies evaluadas.

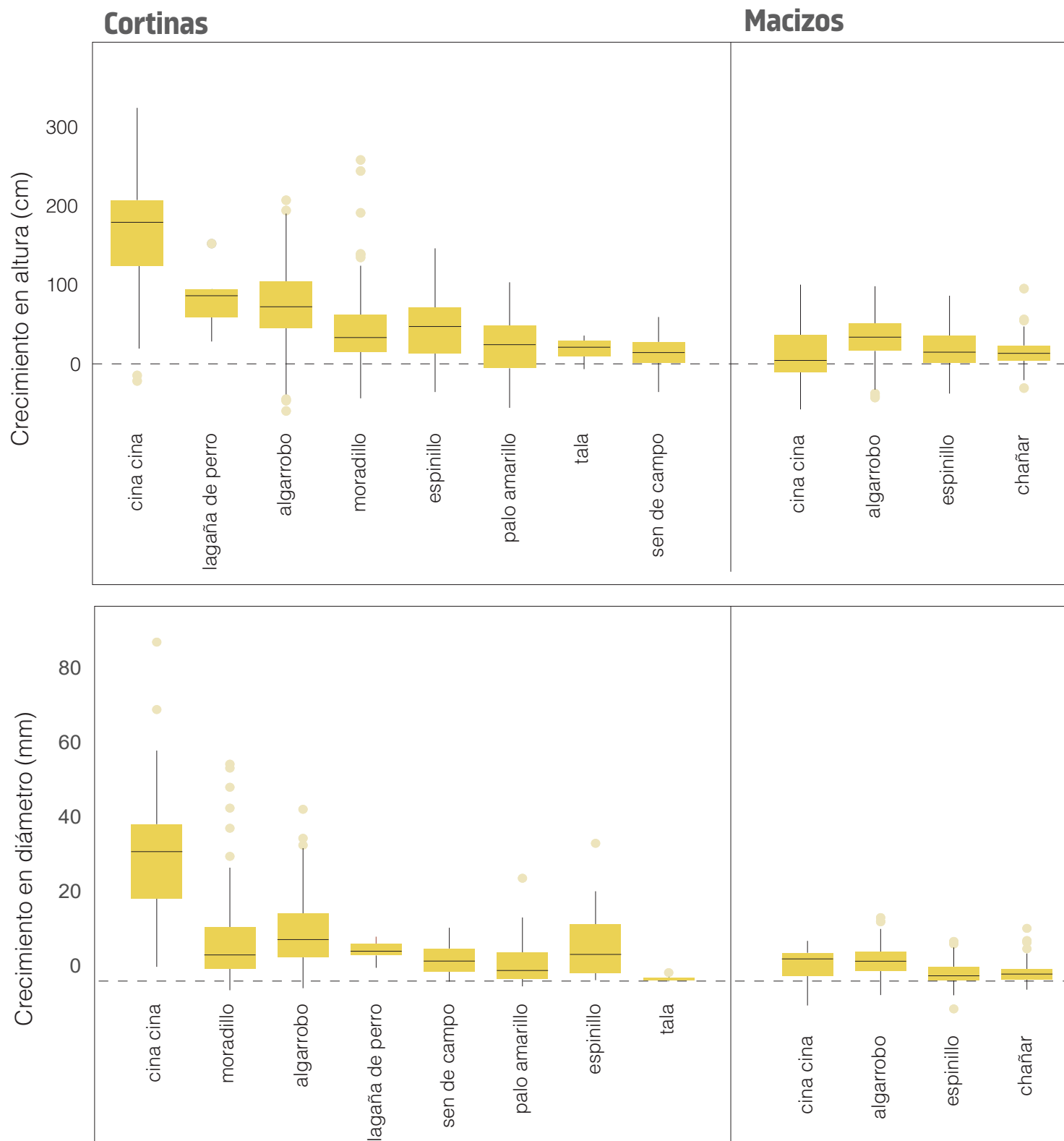


Figura 5. Crecimiento de especies leñosas nativas seleccionadas durante los primeros 18 meses luego de la plantación. El panel superior muestra los valores comparativos de **crecimiento en altura** (cm) entre especies, mientras que el panel inferior muestra los valores comparativos de **crecimiento en diámetro** (mm) entre especies. A la izquierda de cada panel se muestran los resultados para las **cortinas**, y a la derecha los resultados para los **macizos**.



3.2 Evaluación del efecto de las condiciones de sitio sobre el desempeño de las especies

A) CONDICIONES DE SITIO

Las variables de suelo medidas determinaron un rango ambiental donde poner a prueba el desempeño de las especies plantadas. Los suelos fueron relativamente homogéneos en términos de N total, C orgánico, DA, pH y textura tanto en cortinas como en macizos (Figuras 6 y 7). Los macizos, como era esperado, mostraron una gran variación en variables como CIC, concentración de cloruros y PSI (porcentaje de sodio intercambiable) dado que se establecieron conformando un gradiente de condiciones de anegamiento y salinidad (Figura 7).

B) EFECTO DE LAS CONDICIONES DE SITIO SOBRE EL DESEMPEÑO

La Fig. 8 muestra el desempeño de los individuos plantados de las distintas especies a lo largo de un gradiente de salinidad en macizos, evidenciando la tolerancia de algunas especies como el algarrobo y el chañar a estas condiciones, mientras que otras especies con un buen desempeño bajo condiciones no salinas, no toleran este rango de variación (p.e., cina cina).

Otras variables bióticas, como la cobertura vegetal, afectaron el crecimiento de las especies plantadas, con efectos negativos en los extremos de baja cobertura y alta cobertura, y efectos positivos a coberturas intermedias.

3.3 Biodiversidad asociada a las plantaciones

Los primeros muestreos de biodiversidad permitieron definir una línea de base para comparar el efecto de los distintos tratamientos sobre la biodiversidad asociada a la restauración activa y pasiva. En términos de composición de especies, en las cortinas se mostró un patrón de riqueza de especies en sentido cultivo, restauración pasiva (RP), restauración activa (RA), y sistema de referencia que se confirmará con monitoreos en el tiempo (Figura 9).

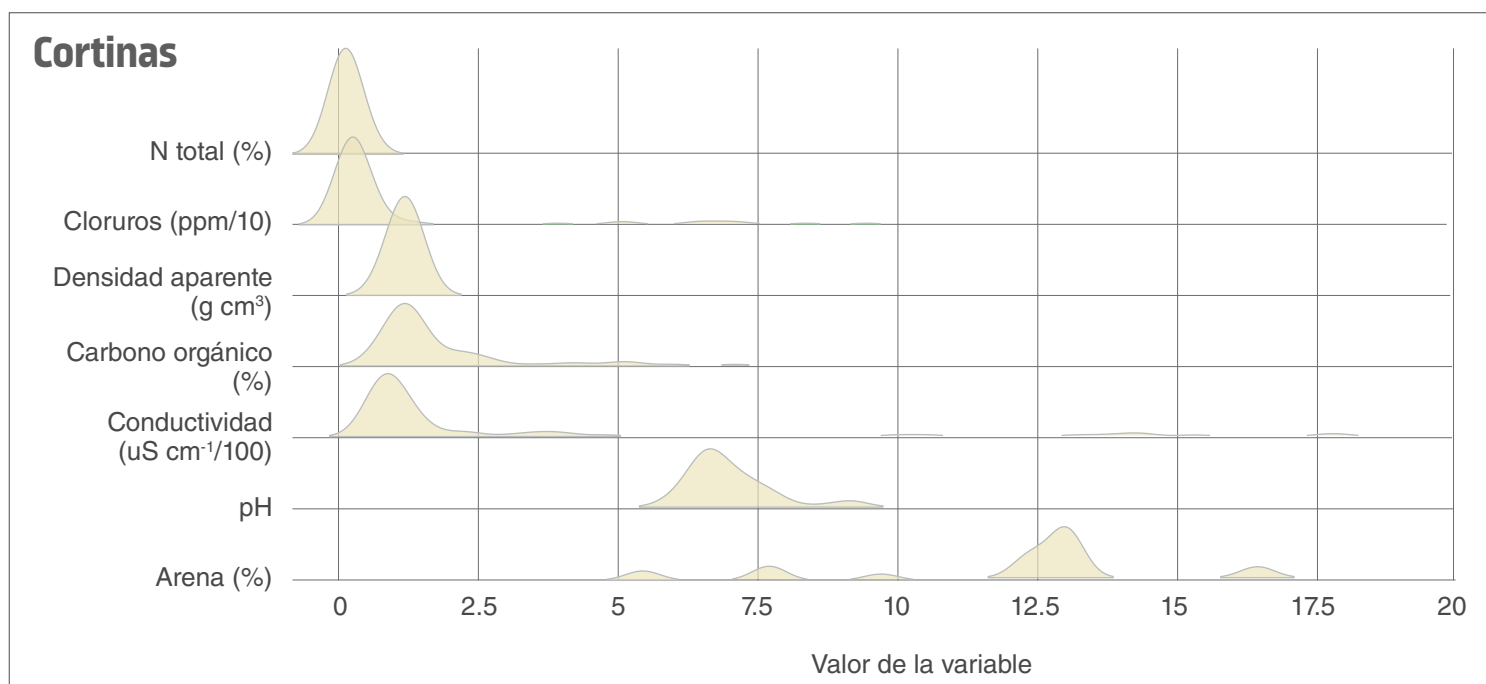


Figura 6. Distribución de las **variables de suelo** de las **cortinas** plantadas a lo largo del gradiente ambiental definido por los sitios de la red de ensayos.

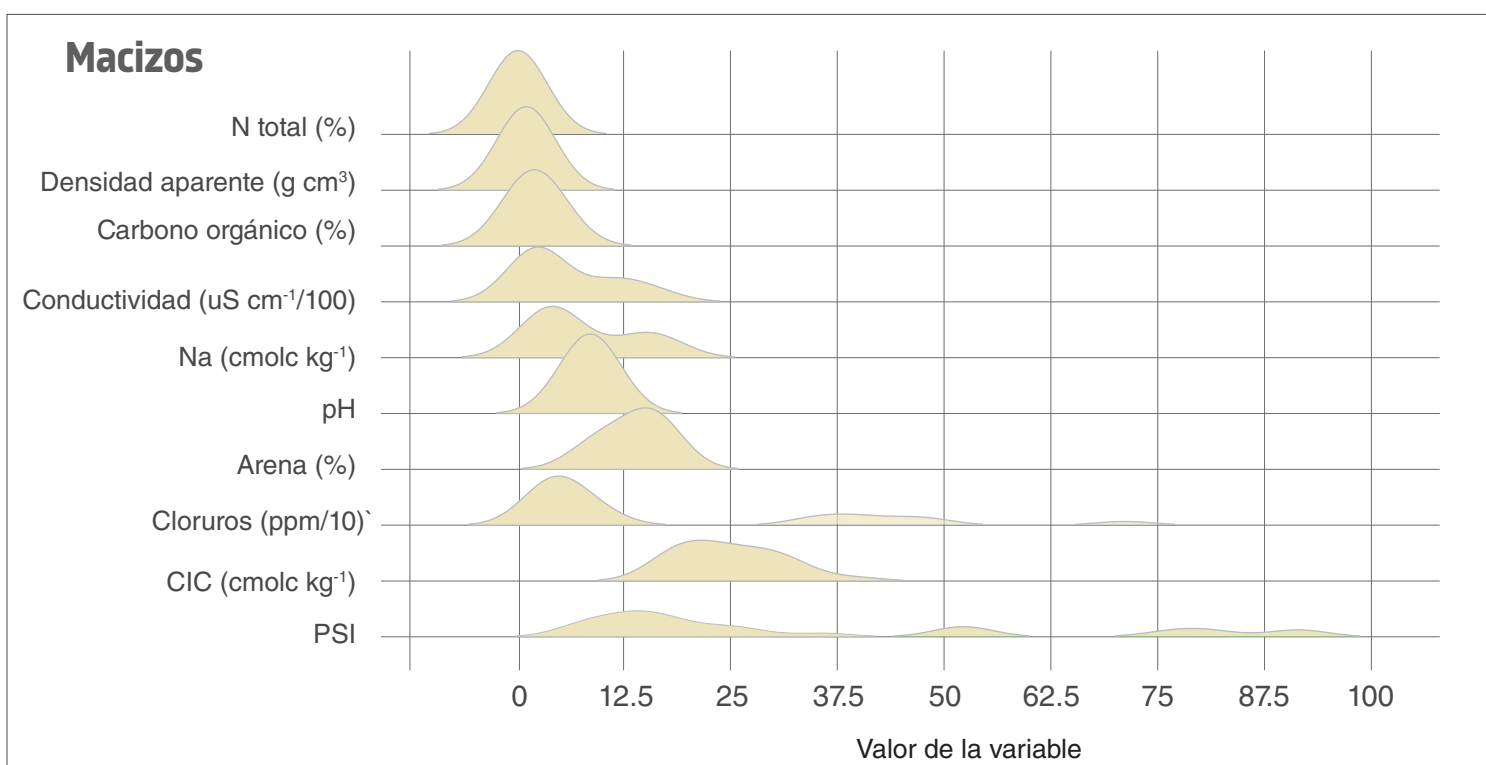


Figura 7. Distribución de las **variables de suelo** de los **macizos** plantados a lo largo del gradiente ambiental definido por los sitios de la red de ensayos.

Macizos

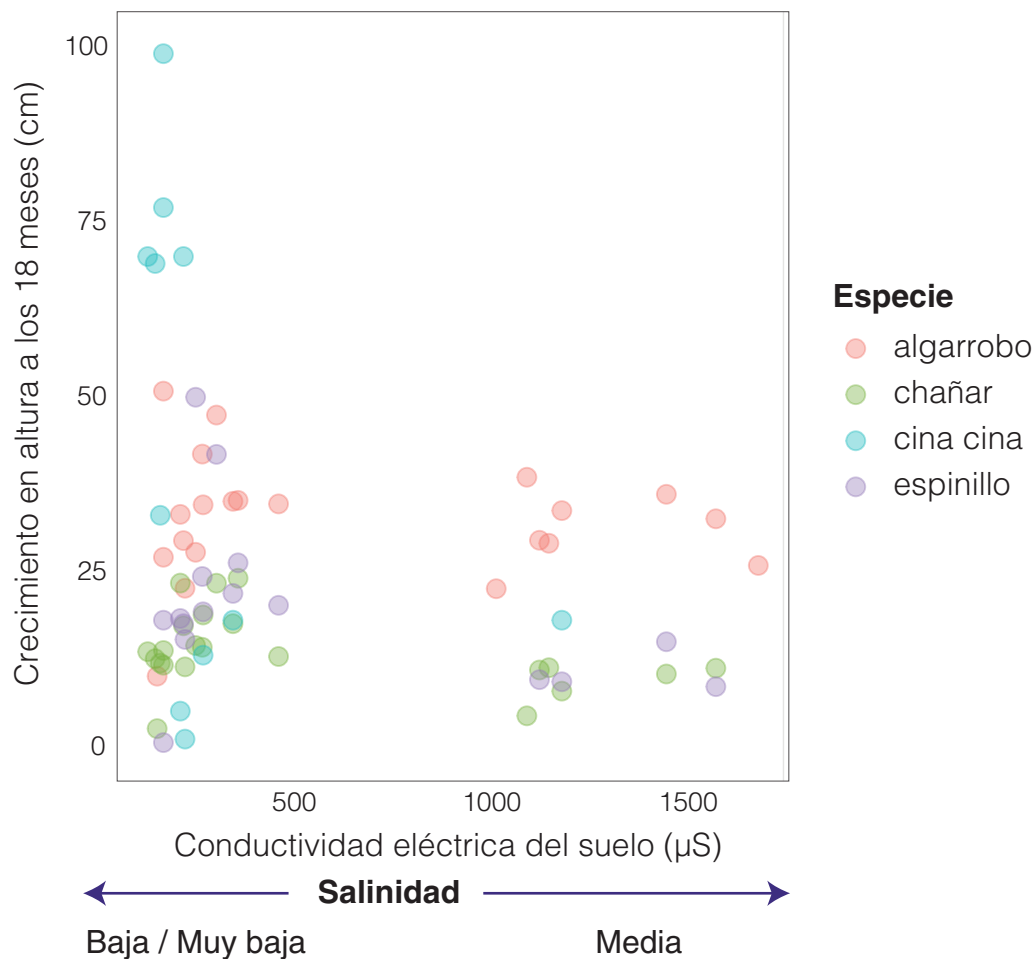


Figura 8. Crecimiento en altura de individuos plantados en distintas condiciones de **salinidad** (baja a media) durante 18 meses luego de la plantación en macizos.



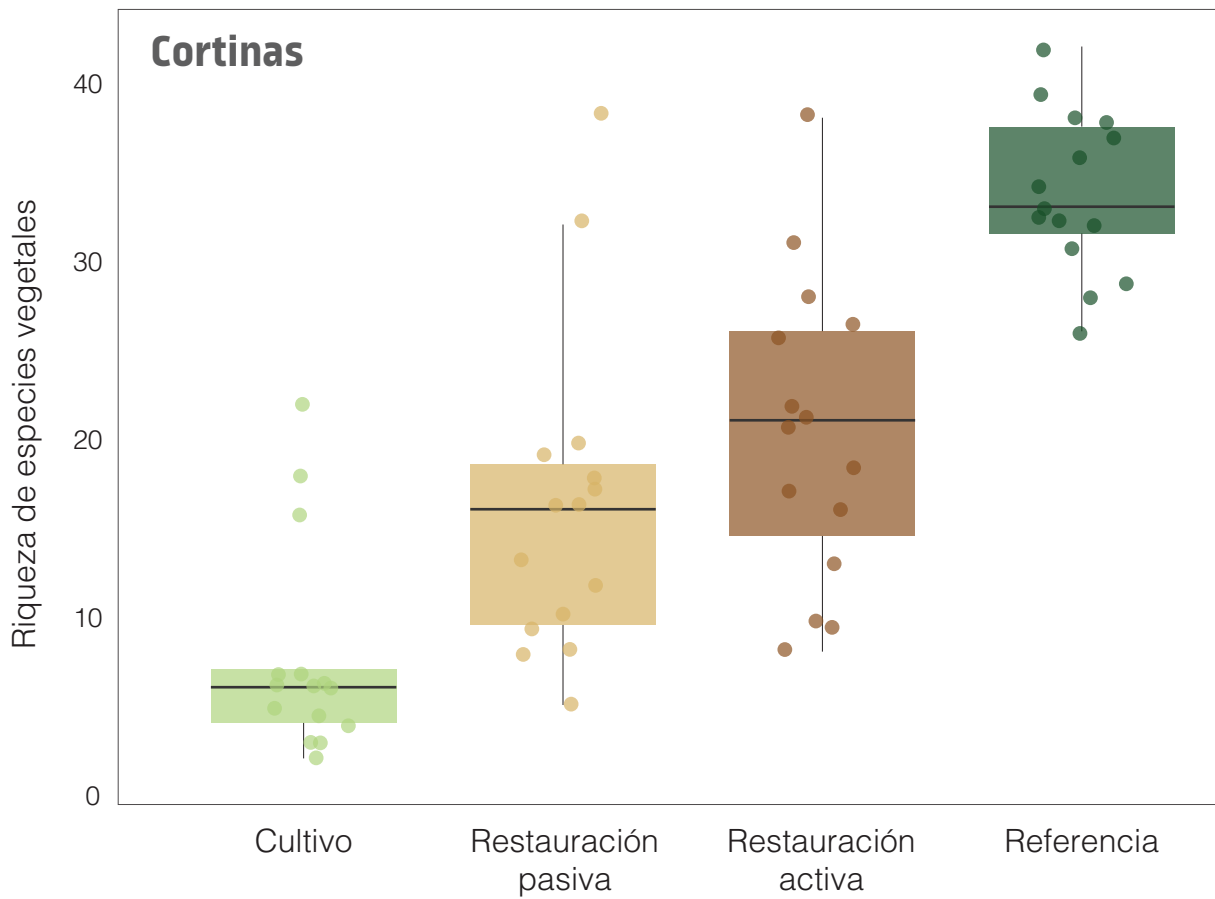


Figura 9. Riqueza de especies vegetales de los distintos tratamientos establecidos en **cortinas**.

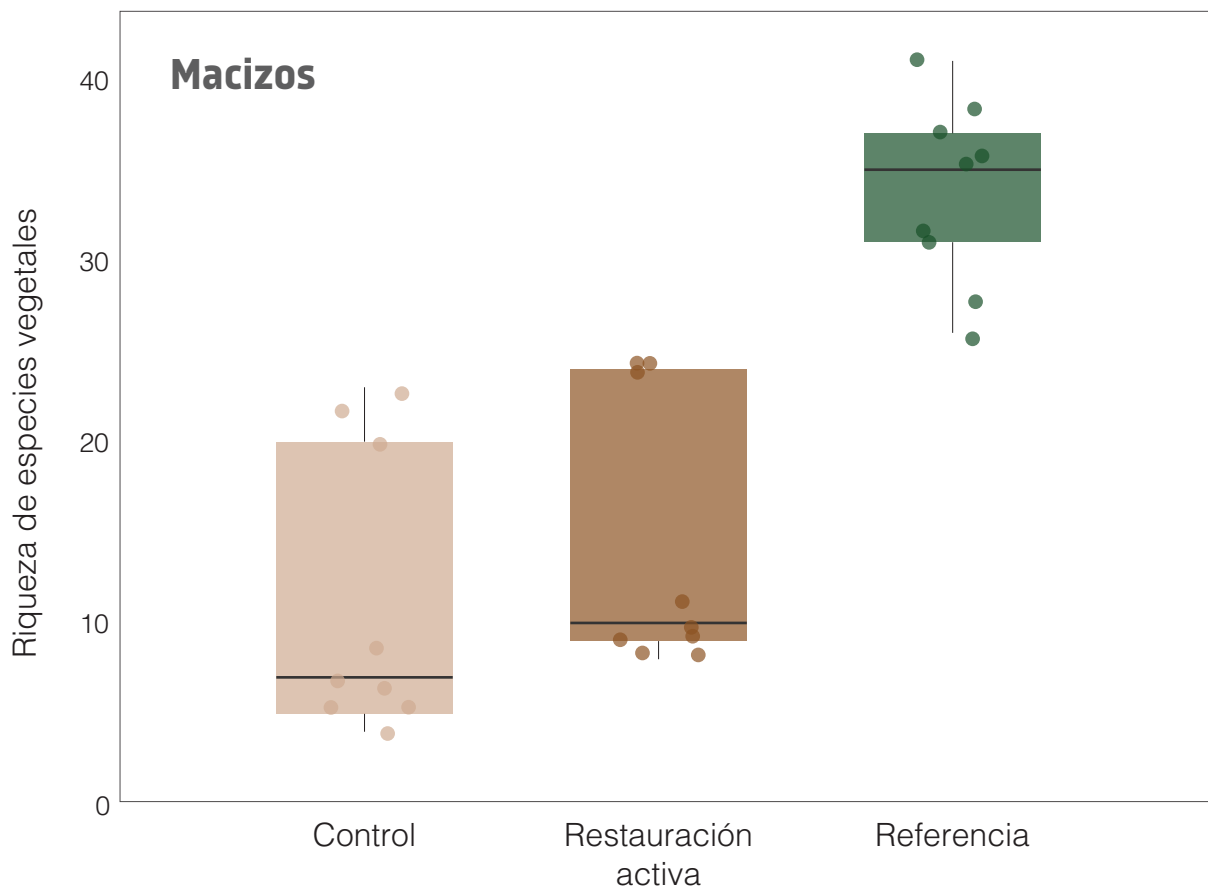


Figura 10. Riqueza de especies vegetales de los distintos tratamientos establecidos en **macizos**.

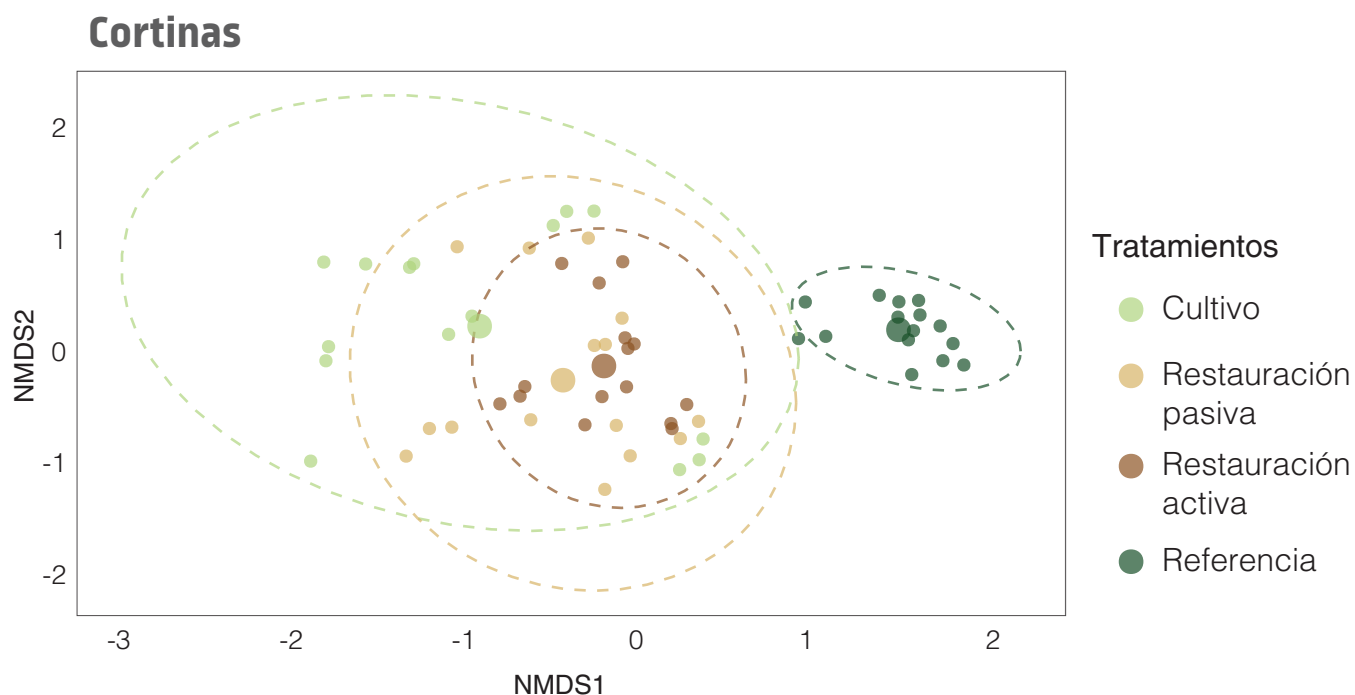


Figura 11. Distribución de la **composición de especies vegetales** entre los distintos tratamientos establecidos en **cortinas**.

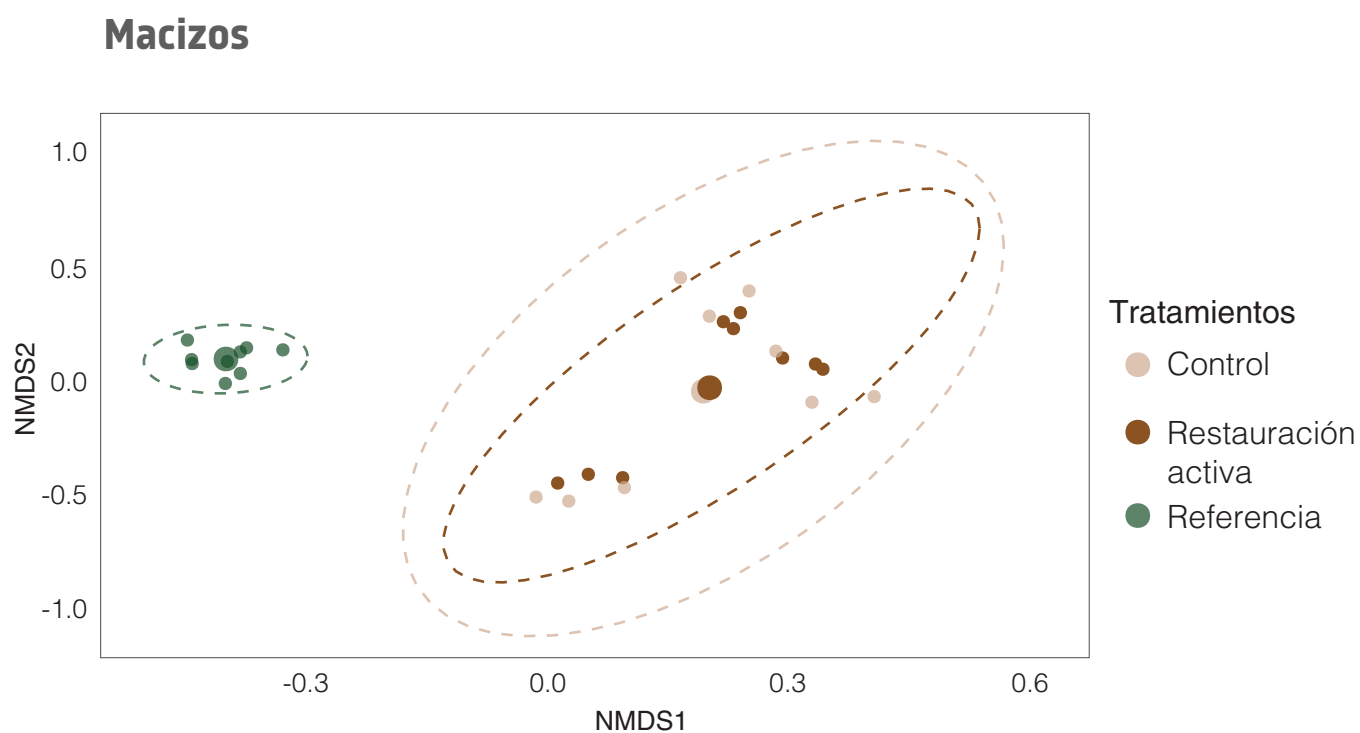


Figura 12. Distribución de la **composición de especies vegetales** entre los distintos tratamientos establecidos en **macizos**.

En el caso de los macizos, el patrón es menos claro, dado que en este monitoreo inicial el control y el tratamiento solo difieren por la incorporación de las especies plantadas (Figura 10).

Los análisis de composición vegetal, por otra parte, muestran un patrón similar, con una composición similar de especies entre tratamientos de restauración y los cultivos asociados, y una composición diferente de los bosques de referencia (Figura 11). En el caso de los macizos, la composición de especies vegetales entre tratamientos control y de restauración activa no difieren entre sí, pero lo hacen con el sistema de referencia (Figura 12).





4. Conclusiones



4.1 Evaluación del desempeño de las especies

A lo largo de los primeros 18 meses de plantación, las especies mostraron una mayor supervivencia promedio en los macizos en relación a las cortinas, con valores cercanos al 80%. En las cortinas, las especies que mostraron mayor supervivencia fueron el cina cina y el algarrobo.

En contraste, las especies que sobrevivieron mostraron mayor crecimiento en cortinas que en macizos siendo el cina cina la especie que más creció. En macizos las especies crecieron lentamente y de manera similar entre las especies plantadas.

4.2 Efecto de las condiciones de sitio sobre el desempeño

Las distintas condiciones de sitio tanto abióticas como bióticas afectan el desempeño de las especies plantadas, algunas de las cuales muestran mayor tolerancia a ciertas condiciones ambientales que otras. En particular en macizos donde hay condiciones de salinidad variable, el algarrobo, el espinillo y el chañar mostraron un buen desempeño en comparación con el cina cina que se vio afectado negativamente por esta condición del suelo.

La cobertura vegetal asociada afectó positivamente el crecimiento a coberturas intermedias donde la competencia no llega a afectar el crecimiento de los plantines y cumple una función de amortiguación de la herbivoría y condiciones climáticas extremas.

4.3 Biodiversidad asociada a las plantaciones

Si bien los valores son todavía incipientes (2 años post plantación) se identifica un patrón en cuanto a la riqueza y composición de especies observada en los distintos tratamientos, principalmente en cortinas. Estos datos constituyen la línea de base para el monitoreo de los cambios en la diversidad asociada a los tratamientos de restauración en el tiempo.

