



Chloris Chilensis

Revista chilena de flora y de vegetación

Año 29. Nº 1 (2026)

EVALUACIÓN DE LA DINÁMICA DE *METHARME LANATA* (ZYGOPHYLLACEAE) BAJO FACTORES AMBIENTALES Y TRATAMIENTOS DE RIEGO, FERTILIZACIÓN Y PROTECCIÓN CONTRA EL VIENTO, EN LA COMUNA DE POZO ALMONTE, REGIÓN DE TARAPACÁ, CHILE.

EVALUATION OF THE DYNAMICS OF METHARME LANATA (ZYGOPHYLLACEAE) UNDER ENVIRONMENTAL FACTORS AND IRRIGATION, FERTILIZATION AND WIND PROTECTION IN THE MUNICIPALITY OF POZO ALMONTE, TARAPACA REGION, CHILE.

Christian Troncoso G.^{1*}, Diego Moure², Daniela Vergara¹, Daniel Green², Emilio Díaz¹, Javier Nicul¹, Leslie Pizarro¹, Felipe Reinoso¹ & Luis Rivera³.

¹Teknoriego Soluciones Ambientales SPA

²Meristema Consultores

³Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi (CMDIC)

*E-mail: ctroncoso@teknoriego.cl

RESUMEN

Metharme lanata es un subarbusto xerófito, monotípico y endémico de Chile y en específico de la Región de Tarapacá (Teillier, 2001), cuya distribución geográfica se restringe a los ambientes áridos de la precordillera (1900–2560 m s.n.m.), donde crece sobre sustratos arenosos, en presencia de precipitaciones estivales muy irregulares. La especie presenta estrategias adaptativas singulares, destacando su marcada pubescencia, su arquitectura en cojín y estructuras subterráneas engrosadas que posibilitan una latencia prolongada durante los períodos de sequía (INIA, 2008). A pesar de su singularidad biológica, no existen estudios sobre su dinámica poblacional en condiciones naturales, por lo que este trabajo constituye un primer esfuerzo sistemático para caracterizar su respuesta ecológica y

de dinámica frente a algunas variables ambientales. En el presente estudio, se evaluó la dinámica poblacional de la especie mediante un experimento multifactorial que consideró condiciones de precipitación natural, riego, fertilización y protección contra viento, analizando sus efectos sobre la densidad, cobertura y fenología a escala de parcela. Los resultados mostraron diferencias significativas entre tratamientos de riego, con valores de densidad y cobertura hasta aproximadamente el doble en parcelas asociadas a eventos de precipitación natural (sin riego). En contraste, los tratamientos de exclusión de factores físicos no generaron incrementos significativos ni perceptibles en el análisis, presentando efectos variables y de baja magnitud. La fenología mostró una precocidad reproductiva respecto de su época habitual, asociada principalmente a pulsos de riego en comparación con la lluvia natural.

En conjunto, los resultados dan cuenta de una respuesta diferencial de *Metharme lanata* frente a los factores ambientales naturales y experimentales, donde destaca el rol de las precipitaciones naturales en la regulación de su dinámica poblacional. Este trabajo entrega los primeros antecedentes ecológicos sobre la especie en su ambiente natural, fundamentales para plantear esquemas de conservación y para el diseño de medidas compensatorias y de manejo en ecosistemas desérticos del norte de Chile.

Palabras clave: Zygophyllaceae, *Metharme lanata*; especies endémicas; ecosistemas áridos, precipitación natural, fenología vegetal, ecología de la conservación, tratamientos experimentales, dinámicas poblacionales.

ABSTRACT

Metharme lanata is a xerophytic, monotypic subshrub endemic to Chile, specifically to the Tarapacá Region (Teillier, 2001), whose geographic distribution is restricted to the arid environments of the precordillera (1900–2560 m a.s.l.), where it grows on sandy substrates under highly irregular summer precipitation regimes. The species exhibits distinctive adaptive strategies, notably pronounced pubescence, a cushion-forming growth habit, and thickened underground structures that enable prolonged dormancy during drought periods (INIA, 2008). Despite its biological singularity, no studies have addressed its population dynamics under natural conditions, making the present work a first systematic effort to characterize its ecological and dynamic response to selected environmental variables. In this study, the population dynamics of the species were evaluated through a multifactorial experiment considering natural precipitation, irrigation, fertilization, and wind-protection treatments, analyzing their effects on density, cover, and phenology at the plot scale. Results showed significant

differences among irrigation treatments, with density and cover values approximately twice as high in plots associated with natural precipitation events (unirrigated). In contrast, treatments excluding physical stress factors produced no significant or perceptible increases, showing variable effects of low magnitude. Phenology showed earlier-than-usual reproductive onset, primarily associated with irrigation pulses relative to natural rainfall.

*Taken together, these results reveal a differential response of *Metharme lanata* to natural and experimental environmental factors, highlighting the role of natural precipitation in regulating its population dynamics. This study provides the first ecological baseline data on the species in its natural habitat, essential for developing conservation frameworks and for designing compensatory and management measures in the desert ecosystems of northern Chile.*

Key words: *Zygophyllaceae, Metharme lanata, population dynamics, endemic species, arid ecosystems conservation, precipitation pulses, plant phenology, experimental treatments.*

INTRODUCCIÓN

Metharme lanata es un subarbusto caducifolio de la familia Zygophyllaceae, único representante de su género y endémico de la Región de Tarapacá, Chile (Teillier, 2001; MMA, 2023). Su distribución se restringe a la precordillera de dicha Región, entre los 1780 y los 2565 m s.n.m. (Compañía Minera Teck Quebrada Blanca S.A, 2021; MMA, 2023). Habita ambientes desérticos con precipitaciones estivales altamente variables y se desarrolla preferentemente sobre sustratos arenosos, donde suelen encontrarse los ejemplares de mayor tamaño; aunque también puede encontrarse en sectores con presencia superficial de gravilla o de grava (Compañía Minera Teck Quebrada Blanca S.A, 2021; MMA, 2023).

Sobre su ecología, se ha descrito que sus poblaciones están formadas por ejemplares de distintas clases de tamaño y de rangos etarios (MMA, 2023). Asimismo, se han observado diferencias en el estado fenológico en un mismo sitio, a diferentes altitudes, lo que podría estar relacionado a variaciones en el suelo, condicionando el desarrollo de la especie, además de su establecimiento, (Compañía Minera Teck Quebrada Blanca S.A, 2021) sumado a emergencias o germinaciones heterogéneas.

En cuanto a la autoecología de *M. lanata*, ésta tiene la particularidad de entrar en receso vegetativo y permanecer latente en épocas de escasez hídrica, para volver a brotar cuando se producen lluvias y las condiciones ambientales son favorables, tal como las que se presentan durante algunos inviernos altiplánicos, por lo que sus poblaciones pueden pasar inadvertidas en épocas de receso (Teillier, 2001;

2012). Lo anterior le es posible, gracias a una estructura subterránea similar a un tubérculo o rizoma, que le permitiría ingresar al estado de latencia mencionado, situación también descrita e identificada durante campañas de rescate de la especie (Equipo Teknoriego, conversación personal, diciembre 2023), en donde las plantas rescatadas contaban con engrosamientos o con cuerpos similares a tubérculos, hasta una profundidad entre los 40 y los 60 cm. Esto sugiere que la especie emplea una estrategia de evasión como mecanismo de resistencia a la sequía, estrategia que le permite eludir tanto las condicionantes del invierno continental, caracterizado por la ausencia de precipitaciones líquidas en su distribución, como el incremento de las temperaturas que tiene lugar durante el inicio del invierno altiplánico; bajo este modelo, la especie sincroniza su emergencia respondiendo a señales de disponibilidad hídrica (Levitt, 1980). De igual manera, la referencia a una fase de receso vegetativo sugiere que podría existir una subestimación de la población catastrada a la fecha (MMA, 2023). La especie resulta interesante de estudiar ante los escasos antecedentes existentes, así como también debido a su capacidad para tolerar condiciones climáticas adversas, como las observadas en la precordillera de la Región de Tarapacá, ya que es capaz de desarrollarse ante sequías prolongadas y desenvolverse sin dificultades sobre suelos arenosos, incluso siendo cubierta por ello producto de la acción del viento (INIA, 2008).

En la actualidad se desconocen la longevidad y la dinámica regenerativa de la especie (MMA, 2023). Se ha sugerido que la regeneración está asociada a eventos esporádicos de precipitación estival. Si bien se ha reportado regeneración por semilla *in situ* sin datos precisos de abundancia o de localización, se han registrado observaciones locales que asocian el establecimiento natural a microhábitats específicos, tales como surcos de escurrimiento superficial esporádico con depósitos de arena (Pinto, 2009).

OBJETIVO

Este estudio tuvo como objetivo evaluar la respuesta de *M. lanata* frente a distintos regímenes de aporte hídrico, el efecto en la incorporación de protección contra el viento y aplicación de fertilización en comparación al desarrollo en condiciones naturales. De igual manera se pretende determinar posibles umbrales de requerimientos hídricos que permitan la emergencia masiva de la especie. Como hipótesis se plantea el que, dado que la dinámica de la especie parece estar estrechamente asociada a pulsos hídricos estacionales, una anticipación y aumento artificial de la disponibilidad de agua modificaría la emergencia, el crecimiento vegetativo y el estado fenológico de sus poblaciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se desarrolló en un sector de la precordillera de la Región de Tarapacá, Chile, entre los 2200 y los 2400 m s.n.m., en la localidad de Lipita, comuna de Pozo Almonte, en el polígono de compensación ambiental denominado MC8, camino Pintados. El área tiene suelos arenosos y un relieve desde plano hasta ligeramente ondulado. La vegetación alcanza una cobertura que no supera un 10 %, excepto durante los periodos posteriores a lluvias del verano. Entre las especies más frecuentes que forman la vegetación se encuentran dos o tres especies de *Tiquilia* (Boraginaceae), *Nolana tarapacana* (Solanaceae) y *Weberbauerella chilensis* (Fabaceae), entre otras (conversación personal, Teknoriego, 2023). Según la clasificación fitogeográfica de la vegetación de Chile propuesta por Gajardo (1994), el sitio se ubica en la región del Desierto, subregión ecológica del Desierto Andino, formación del Desierto de los Aluviones, la que incluye a formaciones vegetales que muestran una típica fisionomía de arbustos bajos extremadamente xerófitos, con una cobertura muy rala, encontrándose amplios sectores desprovistos de vegetación.

Diseño experimental

En la Tabla 1 se muestra un resumen de la definición y codificación de los tratamientos, los que se han combinado en cinco cuadrantes divididos en cinco parcelas cada uno, con un total de 25 parcelas donde se han llevado a cabo los experimentos. El tratamiento testigo (**T0**) refiere a plantas que se desarrollaron fuera del área de compensación y que no recibieron ningún tipo de tratamiento (Figura 1), en tanto el tratamiento **T9** reunió a las plantas que crecían en el área de compensación y que contaron solamente con la protección de un cerco perimetral y no fueron sometidas a tratamientos de riego, fertilización ni protección contra el viento (Figura 1), los que agrupados se denominaron **R0** (sin riego) para facilitar análisis de riego.

En las parcelas de los cuadrantes ubicados dentro del sitio de protección (I1 a I5, Figura 1), se llevó a cabo un régimen de riego por goteo por lo que en total se regaron 25 parcelas y se dejaron los otros cinco cuadrantes y sus parcelas (I6 a I7, Figura 1) al interior del sitio de protección sin riego. La distribución de los tratamientos no se hizo totalmente al azar, ya que los tratamientos con riego, fertilización y protección contra el viento se concentraron en los cuadrantes I1 a I5 (Figura 1); sin embargo, dentro de los cuadrantes se consideró una distribución de tratamientos lo más sistemática

posible, de modo que estuvieran representadas al menos una vez, todas las combinaciones de tratamientos, a fin de cubrir la posible heterogeneidad microambiental existente del sitio.

Tratamientos de riego

La estimación de la curva de riego implementada se basó en antecedentes meteorológicos obtenidos de una estación meteorológica ubicada en la ciudad de Pica (Red Agrometeorológica de INIA, estación meteorológica de Pica). Se analizaron los registros de precipitación correspondientes al periodo 2018 – 2023, los que dan cuenta que las lluvias se concentran principalmente entre diciembre y marzo. Esta información fue utilizada como referencia para establecer las dosis y las frecuencias de riego aplicadas durante el ensayo. De acuerdo con estos antecedentes el riego se mantuvo durante todo el año, estableciendo tratamientos con riegos más y menos frecuentes que pudiesen promover la germinación, emergencia y brotación de los ejemplares. Los tratamientos de riego consideraron una dosis de agua equivalente a un promedio anual de 10 mm/mes, quedando establecidos de la siguiente manera:

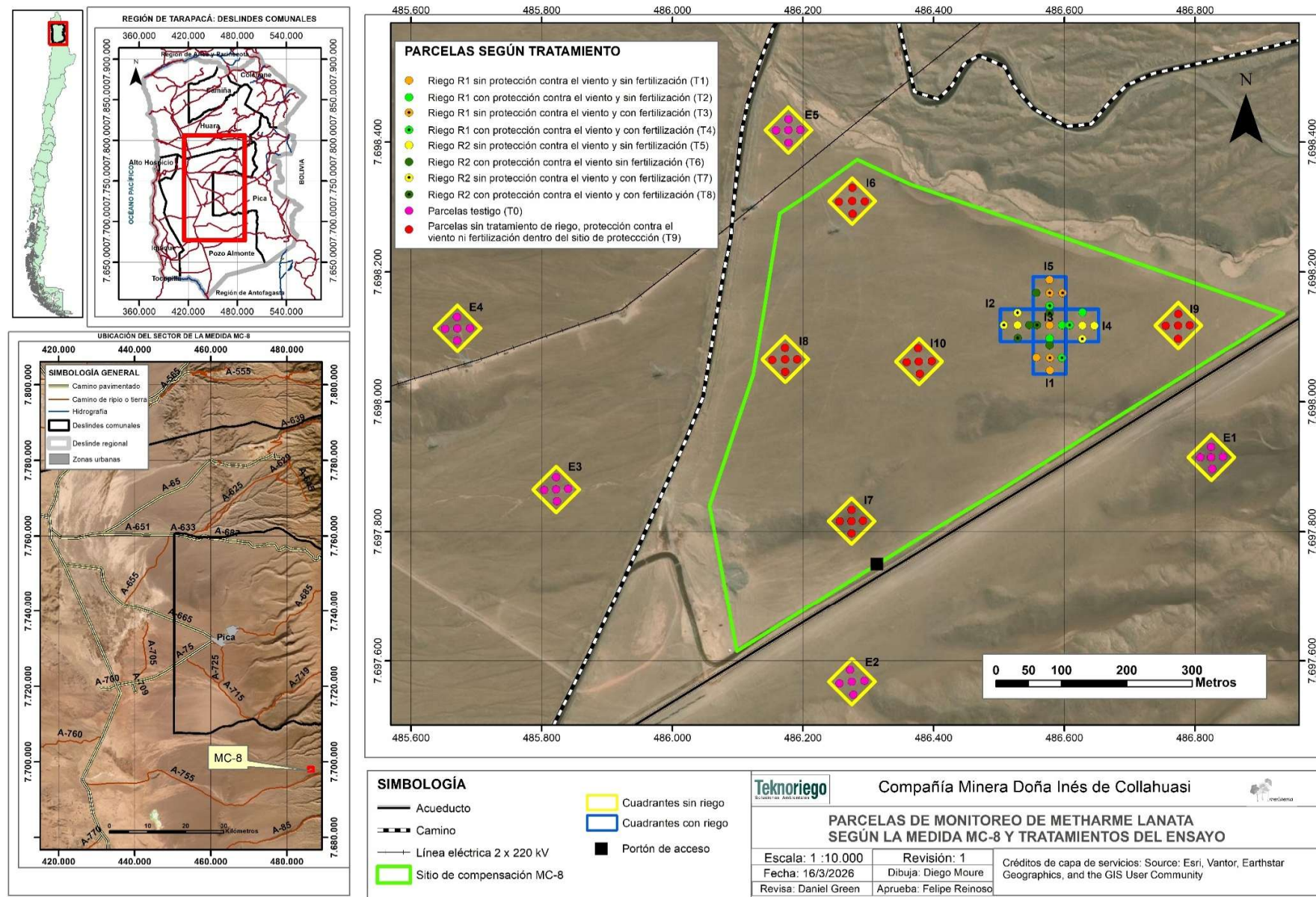
R1: un riego mensual en invierno y primavera (entre junio y noviembre) y un riego quincenal en verano y otoño (entre diciembre y mayo), con una dosis promedio mensual de 10 mm (10 L/m²).

R2: un riego bimestral en invierno y primavera (entre junio y noviembre) y un riego mensual en verano y otoño (entre diciembre y mayo), con una dosis promedio mensual de 10 mm (10 L/m²).

Tabla 1. Tratamientos y repeticiones de cada tratamiento del ensayo asociado *Metharme lanata*.

Protección cerco perimetral	Riego	Fertilización	Protección contra viento	
			Sin protección (P0)	Con protección (P1)
Con cerco (dentro del área de compensación)	R1	Sin fertilización (F0)	T1 = 4 repeticiones	T2 = 3 repeticiones
		Con fertilización (F1)	T3 = 3 repeticiones	T4 = 3 repeticiones
	R2	Sin fertilización (F0)	T5 = 3 repeticiones	T6 = 3 repeticiones
		Con fertilización (F1)	T7 = 3 repeticiones	T8 = 3 repeticiones
	Sin riego, fertilización ni protección contra el viento (T9) = 25 repeticiones			
Sin cerco (fuera del área de compensación)	Testigo/Control (T0) = 25 repeticiones			
Agrupación Sin Riego	Sin riego, fertilización ni protección contra el viento (T9) + Testigo/Control (T0) = R0			
TOTAL	75 repeticiones			

Figura 1. Ubicación de los cuadrantes, parcelas y tratamientos las plantas de *Metharme lanata*.



Evaluación de la densidad

La metodología consideró la comparación de la densidad de *M. lanata* en cuadrantes dentro y fuera del área de compensación ambiental. El efecto de los tratamientos se evaluó mediante la obtención de la densidad poblacional estimada como el cociente entre la cantidad total de ejemplares de la especie en cada parcela y su respectiva superficie. Para lo anterior, se realizó un monitoreo anual de los ejemplares presentes en las parcelas permanentes con y sin tratamientos, donde se contabilizó el número de ejemplares y se estimó el porcentaje de plantas vivas.

Cobertura y diámetro de copa promedio

Para la determinación de la cobertura se midió el diámetro de copa de cada ejemplar en dos ejes ortogonales orientados según los puntos cardinales (N-S y E-O). A partir del diámetro promedio, se calculó el área de cobertura de la copa de cada planta. Finalmente, la cobertura por parcela se estimó mediante el cociente entre la sumatoria de las áreas de copa y la superficie de la parcela (100 m²), expresando el resultado en porcentaje.

Altura

Se midió la altura de cada ejemplar de *M. lanata*, lo que se llevó a cabo mediante el uso de una huincha retráctil desde la base de la planta hasta la hoja más alta. Las mediciones se redondearon a 0,5 cm.

Estado fenológico

Se registró la proporción de ejemplares en distintos estados fenológicos. Las etapas consideradas fueron: crecimiento vegetativo, presencia de botones florales o flores (etapa reproductiva), generación de frutos/semilla (dispersión) y ausencia de tejido fotosintético o planta inactiva (receso vegetativo o latencia).

Procesamiento estadístico

Para las variables cuantitativas evaluadas al nivel de cada planta, tales como la altura y el diámetro de copa, así como para las variables asociadas a grupos de plantas, tales como proporción de plantas con flor o fruto y densidad de plantas, se llevó a cabo un análisis de varianza factorial para comparar la influencia de cada factor y de cada tratamiento, así como su combinación y, posteriormente, se procedió con la prueba de comparaciones múltiples de Dunn; siempre y cuando los datos pudieran ser considerados como paramétricos, para lo cual previamente se evaluaron los supuestos de normalidad y homocedasticidad. En caso de corroborarse el no cumplimiento de alguno de estos supuestos para uno de los tratamientos, se procedió a hacer un análisis no paramétrico mediante la prueba de suma de rangos de Wilcoxon, para cada factor por separado cuando corresponde comparar entre dos

tratamientos, mientras que cuando dicha comparativa se hace entre más de dos tratamientos, se utiliza la prueba de Kruskal Wallis y *a posteriori*, la prueba de comparaciones múltiples de Dunn (Morales, 2005). Para todos los procesos se utilizó un nivel de confianza del 95 % (alfa crítico de 5 %) y el *software* estadístico implementado correspondió a XLSTAT.

RESULTADOS

Variación de la densidad de ejemplares emergidos de *Metharme lanata*

En la Figura 2, se presenta un resumen comparativo de la respuesta al aporte hídrico entre los resultados obtenidos de la estimación de la densidad de las plantas de *M. lanata* obtenidas en el tratamiento con riego y la densidad en las parcelas que no recibieron riego, **T9** y **T0**, tratadas en conjunto como **R0**. Hasta enero de 2025 no se registraron eventos de lluvia y la densidad de ejemplares en las parcelas sin riego (**R0**) era de 0 pl./ha (Figura 2); luego de las precipitaciones de febrero y marzo de 2025 (38,6 mm en total, estación meteorológica propia con registros a partir de octubre 2024), se obtuvo una alta densidad de plantas en varias de estas parcelas (**R0**), llegándose a una densidad promedio de 7.526 pl./ha en abril 2025. Estos registros fueron mayores que la densidad promedio de las plantas en las parcelas que recibieron riego, la que alcanzó a 2269 pl./ha para el tratamiento de riego **R1** y a 675 pl./ha en el tratamiento **R2**. Las diferencias que se muestran son estadísticamente significativas (valor $P < 0,001$ en prueba de Kruskal Wallis) al comparar entre las parcelas sin riego respecto de las con riego **R1** y **R2**, entre estas últimas no se registraron diferencias hasta abril de 2025.

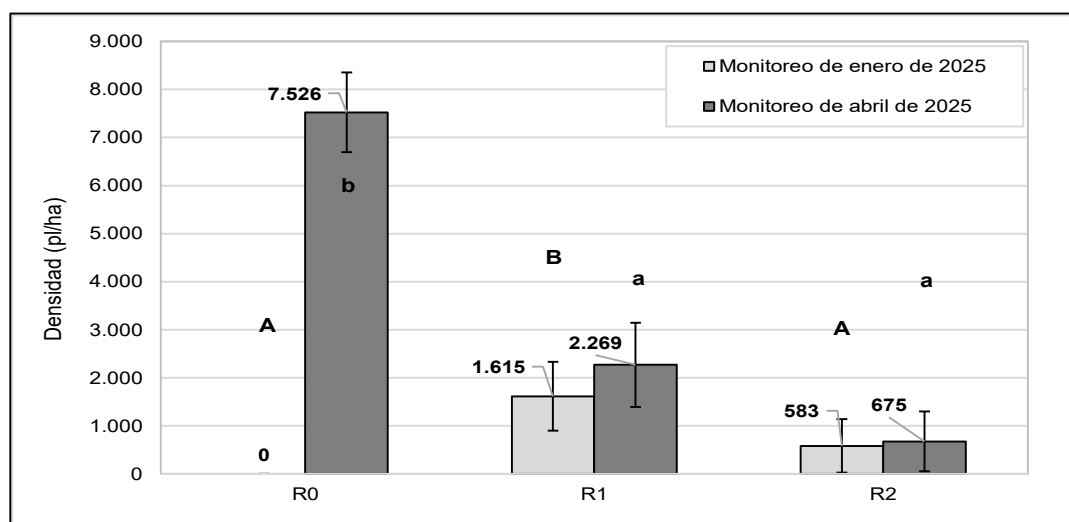
Protección contra el viento

Respecto del posible efecto de la malla corta viento, no se registraron diferencias significativas entre las densidades de las parcelas con o sin protección contra el viento dentro del área de compensación (Figura 1).

Aplicación de fertilización

Es relevante mencionar que, no se registraron diferencias significativas entre las densidades en aquellas parcelas que contaban con aplicación de fertilización foliar mensual (Basfoliar® 10-4-7 SL) y las parcelas que no contaron con fertilización (**T9** y **T0**, en Figura 1).

Figura 2. Densidad promedio de plantas emergidas de *M. lanata* (pl./ha) comparando entre tratamientos de riego (R1 y R2) y precipitación (R0).



Las barras de error simbolizan el error estándar.

Las letras minúsculas representan los grupos homogéneos obtenidos mediante la prueba de comparaciones múltiples de Dunn para los datos obtenidos en el monitoreo de abril.

Las letras mayúsculas representan los grupos homogéneos obtenidos mediante la prueba de comparaciones múltiples de Dunn para los datos obtenidos en el monitoreo de enero.

Cobertura y diámetro de copa promedio

En términos de la cobertura, se verifica que existen diferencias estadísticamente significativas entre las dosis de riego probadas (valor $P = 0,017$ en ANDEVA paramétrico), siendo el tratamiento de riego **R1** el que generó una mayor cobertura de *M. lanata*, no habiendo diferencias significativas entre el tratamiento sin riego **R0** y el riego **R2** (Tabla 2). Para el diámetro de copa promedio (Tabla 2) los resultados indican que ambos tratamientos de riego (**R1** y **R2**) influyeron significativamente en el crecimiento del diámetro de copa de los ejemplares de *M. lanata*, ya que dichos promedios fueron significativamente mayores a los reportados en las parcelas sin riego (**R0**) (valor $P < 0,001$ en de ANDEVA paramétrico). Cabe destacar que las parcelas con riego (**R1** y **R2**) ya albergaban plantas de *M. lanata* que habían emergido antes ya que el riego inicio antes (octubre 2024) que las lluvias estivales (febrero 2025) y por ende era esperable que por su “edad” sus dimensiones hayan sido mayores.

Tabla 2. Resumen de resultados de cobertura y diámetro de copa promedio según tratamiento de riego en *Metharme lanata*.

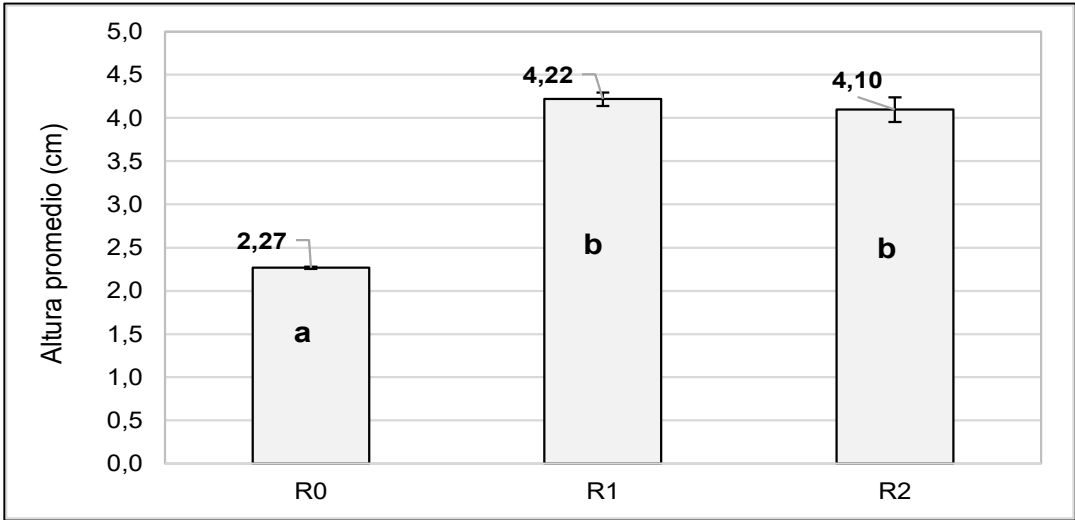
RIEGO	Cobertura (%)		Diámetro de copa promedio (cm)	
	Promedio	Error estándar	Promedio	Error estándar
R0	0,35 a	0,10	5,07 a	0,29
R1	1,15 b	0,49	21,65 b	1,51
R2	0,22 a	0,19	21,79 b	2,84
TOTAL	0,47	0,12	8,90	0,23

(1) Letras equivalentes simbolizan los grupos homogéneos de la prueba de comparaciones múltiples de Duncan.

Altura

La altura de las plantas de *M. lanata* emergidas durante el ensayo, cuentan con un promedio de altura de 3 cm con un rango que va desde 0,5 hasta 20,5 cm. Los registrados obtenidos indican que, existen diferencias estadísticamente significativas entre las dosis de riego probadas (valor $P < 0,001$ en prueba de Kruskal Wallis), siendo los tratamientos de riego **R1** y **R2** los que generaron un mayor desarrollo de la altura de los ejemplares de *M. lanata* respecto de las parcelas que no recibieron riego (**R0** en la Figura 3).

Figura 3. Altura promedio de plantas de *M. lanata* según tratamiento de riego.



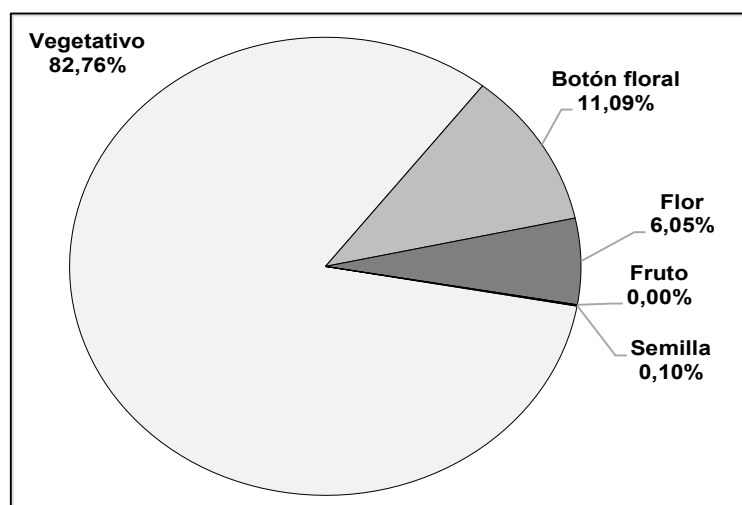
- (1). Barras de error simbolizan el error estándar.
- (2) Letras equivalentes simbolizan los grupos homogéneos de la prueba de comparaciones múltiples de Dunn.

El diámetro de copa y la altura de ejemplares de *M. lanata*, registraron resultados superiores en las parcelas regadas; sin embargo, es importante establecer que las parcelas con riego albergaban plantas de *M. lanata* que habían emergidos en diciembre 2025 por lo cual presentaban un mayor desarrollo al momento de la evaluación.

Estado fenológico

Al nivel general, se registró una proporción de 24,5 % de plantas de *M. lanata* con presencia de flores, frutos y/o semillas, predominando la presencia de flores por sobre la de frutos y semillas en dispersión. En la Figura 1, se presenta el detalle a nivel de la proporción de plantas según estado fenológico, pudiéndose verificar que dentro de las plantas que presentan algún órgano reproductivo, la floración en estado de botón es el estado fenológico dominante (11,1 %) y seguido por la floración con flores abiertas (6,1 %), mientras que la proporción de plantas con fruto y/o semillas en dispersión es de 0,1 %.

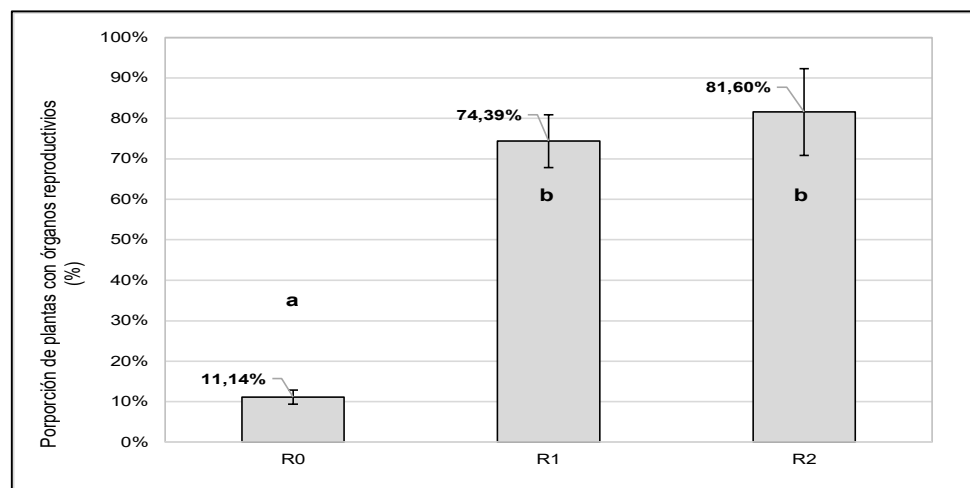
Figura 1. Proporción general de plantas de *M. lanata* según estado fenológico.



Al comparar entre los tratamientos de riego, la proporción de plantas con presencia de órganos reproductivos registra que sí hay una influencia significativa del riego (valor $P < 0,001$ en ANDEVA paramétrico), ya que en ambos tratamientos de riego (**R1** y **R2**), la proporción de plantas con presencia de órganos reproductivos es significativamente mayor, (74,4 % y 81,6 %), lo que podría indicar que las plantas sometidas a riego necesitan entre 3 a 4 meses para llegar a un estado de madurez reproductiva desde su emergencia (diciembre del 2024). Por otra parte, en las parcelas que solo recibieron precipitaciones (**R0**), la proporción de plantas con órganos reproductivos llegó a 11,1 % en promedio (Figura 2). Esto podría reflejar una proyección similar de tiempo (3 a 4 meses) para llegar a la etapa reproductiva masiva de las plantas sin tratamiento de riego. Es importante recalcar, que los tratamientos de riego **R1** y **R2** iniciaron en octubre del 2024, por lo que es esperable que estas plantas

presenten estados fenológicos más avanzados en comparación a las plantas del tratamiento **R0** que recibieron las primeras lluvias en febrero del 2025.

Figura 2. Proporción de plantas de *M. lanata* con algún órgano reproductivo según tratamientos de riego.



(1) Letras equivalentes simbolizan los grupos homogéneos de la prueba de comparaciones múltiples de Dunn.

DISCUSIÓN

La amplitud que se registró en la variación de la densidad de las plantas de *M. lanata*, entre parcelas, (0 y 9700 pl./ha), es consistente con lo reportado sobre su distribución en parches (Compañía Minera Teck Quebrada Blanca S.A, 2021; MMA, 2024). La variación registrada es incluso mayor que los rangos que han sido reportados por el MMA (2024) donde se hace referencia a poblaciones de la Región de Tarapacá con densidades de 1080-6460 pl./ha.

Los resultados confirman la estrecha relación que existe entre la emergencia de los ejemplares de *M. lanata* y las precipitaciones estivales los que respalda la hipótesis de que esta especie varía en su emergencia en función de los aportes hídricos y que, de igual manera, utiliza una estrategia de persistencia local asociada a las estructuras subterráneas de las plantas que permanecen en reposo o en latencia vegetativa durante los periodos de restricción hídrica (Teillier, 2001; Compañía Minera Teck Quebrada Blanca S.A, 2021; MMA, 2024).

A pesar de que las parcelas regadas recibieron un aporte adicional previo a las precipitaciones de 2025, las mayores densidades se registraron en aquellas parcelas que sólo recibieron el riego natural de las precipitaciones estivales. Este resultado sugiere que la respuesta de emergencia está asociada no solamente a la disponibilidad hídrica, sino que también a un umbral relacionado con la magnitud y la intensidad de los eventos de precipitación. Las precipitaciones entre febrero y marzo de 2025

alcanzaron a 38,6 mm en un periodo breve (datos de una estación meteorológica propia), mientras que el riego consistió en aplicaciones periódicas equivalentes a 10 mm de precipitaciones mensuales. En consecuencia, es posible que los pulsos naturales de precipitaciones concentrados en un periodo corto y con un volumen mínimo de agua caída (> 10 mm), generen condiciones más favorables para activar las estructuras subterráneas latentes de las plantas que los aportes graduales de agua extendidos en el tiempo. Respecto de lo mismo, el requerimiento de un volumen mínimo de precipitaciones en un período breve, pudiese ser similar a lo que sucede durante el fenómeno del desierto florido conocido de las regiones administrativas de Atacama y Coquimbo, para el que algunos autores señalan que la emergencia y el despertar del letargo de rizomas y bulbos, así como la masiva germinación de semillas, se produce durante un periodo de 15-30 días, junto a la acumulación mínima de 20 mm de precipitaciones (Cerdeira *et al.*, 2020) o cercana al rango de 12-16 mm (Céspedes, 2018). Aunque el ensayo logró generar una emergencia masiva de plantas, esta no fue tan significativa como el efecto de las precipitaciones registradas entre febrero y marzo del 2025, por lo que se requieren evaluaciones suplementarias para determinar el nivel mínimo de precipitación capaz de inducir respuestas significativas en *M. lanata*.

La proporción de plantas que tenían estructuras reproductivas estuvo influida por la edad de las plantas o, más bien, por el tiempo que transcurrió entre su emergencia y el monitoreo. Esto puede ser el factor principal que explique que las parcelas con riego (**R1** y **R2**) albergaran una mayor proporción de plantas de *M. lanata* con flores, frutos o dispersando las semillas, por lo que es esperable que su madurez sexual estuviese más avanzada por haber emergido hacía mayor tiempo. En términos generales, los resultados sugieren que *M. lanata* presenta el siguiente ciclo fenológico: la emergencia se inicia un mes después de las primeras precipitaciones o del comienzo del riego; luego tiene lugar el crecimiento vegetativo que toma dos a tres meses, luego del que se produce un estado de maduración reproductiva; el ciclo culmina entre el quinto y sexto mes con la activación del estado de latencia.

CONCLUSIONES

Los resultados respaldan la hipótesis de que la dinámica poblacional de *M. lanata* está estrechamente asociada a la disponibilidad hídrica y, particularmente, a las precipitaciones estivales que tienen la característica de concentrarse en breves periodos de tiempo. A este respecto, las precipitaciones registradas entre febrero y marzo del 2025 promovieron una emergencia masiva de los ejemplares en las parcelas donde no se observaban ejemplares. Los tratamientos con riego asistido se asocian con

mayores valores de altura y diámetro de copa de las plantas. Por su parte, los tratamientos de fertilización y de protección contra viento no generaron una respuesta significativa y detectable en términos de su densidad, cobertura o tamaño (altura). Los tratamientos con riego asistido incrementaron la proporción de ejemplares con estructuras reproductivas, dando cuenta de que el riego promueve el desarrollo vegetativo y reproductivo de las plantas emergidas durante la época estival. Los resultados en cuanto a la fenología de la especie sugieren que el ciclo de vida de *M. lanata* desde su emergencia hasta la latencia toma unos cinco a seis meses.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se desarrolló en el contexto del cumplimiento de medidas ambientales del proyecto “Desarrollo de infraestructura y mejoramiento de la capacidad productiva de la Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi SCM”, medidas de compensación ambiental MC8 y MC9.

La concepción, implementación, desarrollo, seguimiento y análisis de los trabajos son de la autoría de Teknoriego Soluciones Ambientales SPA y Meristema.

Agradecemos el apoyo de la empresa GHD S.A. por la gestión, así como también a la participación de Jeremy Gallardo, Manuel Apala, Edgar Marce, Reynaldo Valerio, Hugo Apala, Siboney Samit, Héctor Castro, Lysette Mersey, Yerko Salas, Nahum Herbas y Mauricio Farias.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CERDA-MEDINA, I., & MERCADER-ARRIAGADA, F. 2020. Expresiones del desierto florido. Exploración fotográfica al desierto costero de la provincia del Huasco, Región de Atacama.

CÉSPEDES, R. 2018. Desierto florido: una explosión de vida en la aridez más extrema. Ministerio de las Culturas, las Artes y el Patrimonio. URL: https://www.patrimoniodechile.cl/688/w3-article-84430.html?_noredirect=1.

COMPAÑÍA MINERA DOÑA INÉS DE COLLAHUASI. 2020. Desarrollo de infraestructura y mejoramiento de capacidad productiva de Collahuasi – Región de Tarapacá.

COMPAÑÍA MINERA TECK QUEBRADA BLANCA S.A. 2021. Informe preliminar “Resultado campaña prospección de *Metharme lanata*”. RCA N°74/2018, Proyecto Quebrada Blanca, Fase 2.

GAJARDO, R. 1994. La vegetación natural de Chile. Clasificación y distribución geográfica. Editorial Universitaria.

INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA (INIA). 2008. Fichas de especies, Banco Base de Semillas INIA. Ana Sandoval, Región de Coquimbo, comuna de Vicuña, Chile.

LEVITT, J. 1980. Responses of plants to environmental stresses. 2nd. edition. V 1: chilling, freezing and high temperature stresses. V2: water stress, dehydration and drought injury. Academic Press 607 p.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (MMA). 2023. Ficha de participación ciudadana de antecedentes de la especie *Metharme lanata* Phil. ex Engler. 19° Proceso de clasificación de especies.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (MMA). 2024. Nómina de especies según estado de conservación en Chile. Actualizado_18moProcesoRCE_rev12ene2024.

MORALES, E. H. 2005. Diseño experimental a través del análisis de varianza y modelo de regresión lineal. Consultora Carolina. 248 p.

PINTO, R. 2009. Informe final. Evaluación de las poblaciones de *Metharme lanata*, Región de Tarapacá. Comisión Nacional del Medio Ambiente (Conama).

TEILLIER, S. 2001. Hallazgo de *Metharme lanata* Phil. (Zygophyllaceae), en la precordillera de la Región de Tarapacá (I), Chile. Chloris Chilensis. Año 4 N°1. URL: <http://www.chlorischile.cl>.

TEILLIER, S. 2012. Noticia de *Metharme lanata* (Zygophyllaceae) en la Región de Tarapacá (I) después de las lluvias del verano de 2012. Chloris Chilensis Año 15: N° 1. URL: <http://www.chlorischile.cl>.

Citar este artículo como:

Troncoso, Ch., D. Moure, D. Vergara, D. Green, E. Díaz, J. Nicul, L. Pizarro, F. Reinoso & L. Rivera. 2026. Evaluación de la dinámica de *Metharme lanata* (Zygophyllaceae) bajo factores ambientales y tratamientos de riego, fertilización y protección contra el viento en la comuna de Pozo Almonte, Región de Tarapacá, Chile. Chloris Chilensis Año 29; 1: 52-67. URL: www.chlorischile.cl
