



Costos de plantación y siembra directa de *Prosopis flexuosa* var. *depressa* (Fabaceae) para restauración ecológica

Outplanting and direct seeding costs of *Prosopis flexuosa* var. *depressa* (Fabaceae) for ecological restoration

Daniel R. Pérez^{1,3} , Cristian Ceballos¹ , María Elena Oneto² 

Resumen:

Antecedentes y Objetivos: La capacidad para llevar a cabo una restauración ecológica en forma práctica requiere que sea considerada tanto la probabilidad de éxito en términos ecológicos como los costos económicos. Como aporte al estudio que integra dichos aspectos, los objetivos de este trabajo fueron: (i) estimar los costos directos de la siembra de semillas y la plantación de ejemplares de vivero de *P. flexuosa* var. *depressa*, una especie considerada “marco” o “fundante” de la restauración en zonas áridas del territorio biogeográfico del Monte de Argentina, (ii) evaluar la incidencia de los porcentajes de germinación y/o establecimiento de plántulas en los resultados, y (iii) comparar dos escenarios económicos, uno rural y otro petrolero.

Métodos: Los cálculos se efectuaron a partir de costos directos. Para determinar la incidencia en el porcentaje de establecimiento, se realizó una reducción a valores unitarios (una semilla o planta). Se apropiaron costos para cada insumo y/o actividad de siembra de semillas o plantación a estas unidades, considerando la mortalidad. Para obtener el costo total, se redujo a valor unitario (una semilla o plántula) la incidencia de cada actividad o insumo, y se multiplicó por la cantidad de ejemplares esperados por hectárea.

Resultados clave: Si bien el establecimiento en campo de plántulas de vivero de *P. flexuosa* var. *depressa* es muy superior al porcentaje de sobrevivencia a partir de siembras de semillas (91% vs. 11%), la siembra resultó en una reducción de costos de 40% en relación con la plantación. La diferencia muy notable de salarios de empresas privadas del sector hidrocarburífero vs. empleados rurales, genera un incremento de cuatro veces el valor directo en dólares en el escenario petrolero.

Conclusiones: Se concluye que la siembra directa debe recibir prioridad en investigación científica y asistencia técnico-económica para productores rurales.

Palabras clave: áreas degradadas, costo-efectividad, desertificación, plantación tecnificada, viveros, zonas áridas.

Abstract:

Background and Aims: The ability to carry out ecological restoration in a practical way requires considering not only the probability of success in ecological terms, but also the economic costs. As a contribution to the advancement of integrated ecological and economic studies in ecological restoration, the objectives of this work were to (i) estimate the direct costs of direct seeding and planting nursery specimens of *P. flexuosa* var. *depressa*, a species considered as “framework” of the restoration in arid zones of the Monte region in Argentina, (ii) evaluate the costs in relation to the percentages of germination and establishment in the results, and (iii) compare rural and petroleum economic scenarios.

Methods: Calculations were based on direct costs. To determine the incidence of the percentage of establishment in the cost of each activity, a reduction to unit values was made (a seed or plant). The direct costs of each input or activity of sowing seeds or planting were appropriated to these units, considering mortality and multiplied by the number of specimens expected per hectare.

Key results: Although the establishment in the field of nursery seedlings of *P. flexuosa* var. *depressa* is much higher than the percentage of survival in direct seeding (91% vs. 11,4%), direct seeding resulted in a cost reduction of 40% in relation to outplanting. The very notable difference in salaries in the hydrocarbon business sector vs. rural wages generates an increase of four times the total values in dollars.

Conclusions: It is concluded that direct seeding should receive priority in scientific research, and technical-economic assistance for rural producers.

Key words: arid lands, cost-effectiveness, degraded areas, desertification, nursery gardens, technified plantation.

¹Universidad Nacional del Comahue, Facultad Ciencias del Ambiente y la Salud, Laboratorio de Rehabilitación y Restauración de Ecosistemas Áridos y Semiáridos (LARREA), 8300 Neuquén, Argentina.

²Y-TEC (YPF TECNOLOGIA), Av. del Petróleo Argentino, 900-1198 Berisso, Buenos Aires, Argentina.

³Autor para la correspondencia: danielneuquen@gmail.com

Editor de sección: Moisés Méndez Toribio.

Recibido: 23 de abril de 2021.

Revisado: 28 de septiembre de 2021.

Aceptado por Moisés Méndez Toribio: 23 de noviembre de 2021.

Publicado Primero en línea: 13 de enero de 2022.

Publicado: Acta Botanica Mexicana 129 (2022).



Este es un artículo de acceso abierto bajo la licencia Creative Commons 4.0 Atribución-No Comercial (CC BY-NC 4.0 Internacional).

Citar como: Pérez, D. R., C. Ceballos y M. E. Oneto. 2022. Costos de plantación y siembra directa de *Prosopis flexuosa* var. *depressa* (Fabaceae) para restauración ecológica. Acta Botanica Mexicana 129: e1888. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm129.2022.1888>

e-ISSN: 2448-7589

Introducción

Las escasas, aleatorias y discontinuas lluvias, así como otras condiciones ambientales difíciles de superar para el establecimiento de la vegetación de las zonas hiperáridas, áridas y semiáridas (conocidas como tierras secas o *drylands*; Busso y Pérez, 2018), constituyen un gran desafío para los restauradores de estos tipos de vegetación a lo largo de todo el mundo (Abella y Newton, 2009; Kildisheva et al., 2016; Yirdaw et al., 2017; Pérez et al., 2019a). Hasta el momento, a nivel mundial, la principal manera de enfrentar estos problemas ha sido la plantación de especies nativas producidas en viveros (Bainbridge, 2007; Pérez et al., 2020; Fig. 1). Sin embargo, aún existe un amplio abanico de opciones promisorias y poco exploradas (Clewell y Aronson, 2013; Busso y Pérez, 2018).

En particular, la técnica de siembra directa de semillas se ha constituido recientemente como una alternativa de alto interés en la comunidad de restauradores a nivel mundial (Kildisheva et al., 2016; Kildisheva, 2019; Pedrini y Dixon, 2020; Fig. 1). Si bien los porcentajes de establecimiento de plántulas a partir de semillas de especies nativas en tierras secas y sin riego son bajos, es importante considerar que la capacidad para llevar a cabo la restauración ecológica en forma práctica requiere tomar en cuenta no solo la probabilidad de éxito en términos biológicos, sino también los costos económicos (James et al., 2013; Kildisheva et al., 2016). En las plantaciones en zonas áridas, la producción de plántulas de especies xerófitas con calidad suficiente para alcanzar altas supervivencias en campo puede consumir mucho tiempo, esfuerzo y gran erogación económica (Bainbridge y Virginia, 1990; Lovich y Bainbridge, 1999; Pérez et al., 2019a, b). Por ello, se ha comprobado que la relación costo-efectividad puede beneficiar la siembra en relación con la plantación, en aquellos casos en los que se pueda incrementar, en gran medida, el número de semillas sembradas por metro cuadrado y si se aplican procedimientos en el suelo para generar sitios seguros para el establecimiento de plántulas (Pérez et al., 2019b).

En la región árida de la Argentina denominada “Monte” (Roig et al., 2009), el arbusto *Prosopis flexuosa* DC. var. *depressa* F.A. Roig (Fabaceae; Álvarez y Villagra, 2009) es considerada una especie marco o fundante para la restauración, ya que logra los mejores resultados en relación con otras especies, tanto en supervivencia como en cobertura

del suelo (Pérez et al., 2020). A partir de la prioridad que cobra esta especie en restauración, en este trabajo se abordó un estudio de costos de siembra vs. plantación en el que se predijo que, aunque la siembra requiere mayor tiempo y esfuerzo para la colecta y procesamiento de semillas, podría ofrecer mejor relación costo-efectividad que la plantación.

Para avanzar en el análisis de los contextos socioeconómicos de la restauración, los objetivos de este trabajo fueron: (i) estimar los costos directos de la siembra de semillas y la plantación de ejemplares de vivero de *P. flexuosa* var. *depressa*, (ii) evaluar la incidencia de los porcentajes de plántulas germinadas y/o establecidas, y (iii) comparar resultados según los posibles actores sociales que ejecuten la tarea en un escenario petrolero vs. un escenario de trabajo rural.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El territorio fitogeográfico denominado Monte, en Argentina, es el ecosistema más árido, extenso y desertificado del país (Morello, 1958). Se localiza a lo largo de 2400 km en una diagonal del noroeste al sureste, de 24°S a 44°S (Martínez Carretero, 2013; Fig. 2). La región sur de dicho territorio es conocida como Monte Austral (Roig et al., 2009; Busso y Bonvissuto, 2009). Entre 1999 y 2019 el promedio de precipitación anual en Monte Austral fue de 151.7 mm (EE ± 60.3; valor mínimo y máximo de 52 y 250 mm, respectivamente). Los periodos de lluvia son muy irregulares de acuerdo con los datos de la estación meteorológica “La Higuera” (AIC, 2020), con periodos de dos a cuatro meses de sequía que se reiteraron en forma frecuente en los últimos diez años. La temperatura media anual varía entre 10 y 18 °C y la vegetación se distribuye en parches ovales compuestos por diversos arbus-tos y plantas herbáceas separados por áreas sin vegetación, o con especies de herbáceas de baja cobertura denominadas interparches (Busso y Bonvissuto, 2009).

Rasgos morfológicos de *Prosopis flexuosa* var. *depressa*

Prosopis flexuosa var. *depressa* es un arbusto típico del Monte Austral (Pérez et al., 2010). Tiene 0.5 a 2.5 m de alto; ramas basales enterradas, semienterradas o reptantes; follaje caduco; espinas fuertes, frecuentemente largas; el fruto es una legumbre recta o curvada de 10-25 cm de largo, 0.7-

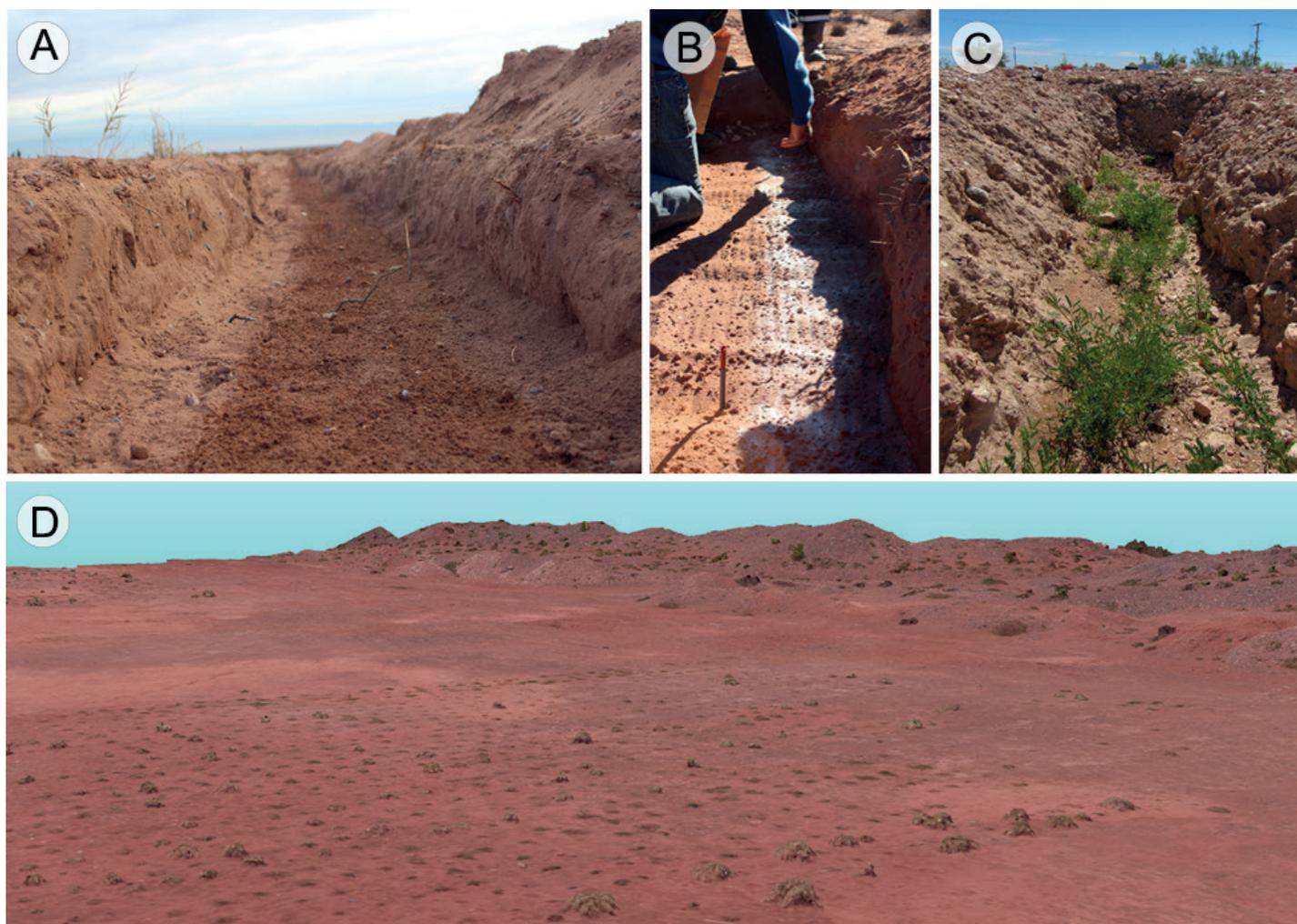


Figura 1: Ejemplos de siembra directa y plantación en áreas severamente degradadas en Monte Austral, Argentina. A. siembra directa de semillas: se muestran los surcos, cuya función es acumular agua y proteger a las semillas y plántulas del viento; B. siembra directa: previo a la siembra se coloca hidrogel, se hidrata y colocan las semillas; C. desarrollo de plántulas a partir de semillas luego del primer verano. Las imágenes A, B, y C corresponden a zonas ubicadas en proximidades de la ciudad de Añelo, Provincia de Neuquén, Argentina; D. parcela de plantación de ejemplares de vivero (990 ejemplares) en zona árida severamente degradada luego de cinco años (Ortoimagen de dron Inspire I a 20 m de altura en proximidades de Añelo, Provincia Neuquén, Argentina). Fotos: Daniel Pérez.

1.2 cm de ancho, color amarillo, jaspeada, de color violáceo con mesocarpo de sabor dulce, muy agradable (Steibel y Troiani, 2000). La germinación alcanza valores próximos a 90% cuando se aplican tratamientos mecánicos o químicos que degradan el tegumento de la semilla (Álvarez y Villagra, 2009; Rodríguez Araujo et al., 2017).

Cálculo de costos

En relación con la metodología de cálculo de costos, cabe aclarar que, entre tres alternativas, a saber: (i) opinión de expertos, (ii) documentos de consenso o, (iii) estudios

cuantitativos detallados de costos (Kimball et al., 2015), se optó por la última, dado que las dos primeras tienen como desventaja valores muy disímiles, ya que se basan exclusivamente en informantes del costo global que pueden tener alta carga de subjetividad. Todo el cálculo se realizó sobre costos directos en las etapas de producción de plántulas en vivero, siembra en vivero, en campo y en plantaciones, mientras que los indirectos no fueron considerados. Los costos directos son los implicados en cada etapa o proceso, mientras que los indirectos son aquellos que no pueden medirse ni asignarse, o apropiarse directamente a unidades

de costos en cada paso o actividad a un producto que es objeto de análisis (servicios de electricidad, agua, impuestos de la tierra; Sapag Chain, 2011).

En el escenario rural, el tiempo dedicado a los trabajos cotidianos generalmente no se incluyen en los cálculos (Pérez et al., 2019b). Sin embargo, en esta investigación fueron considerados *costos de oportunidad*; es decir, ingresos potenciales a los que una persona renuncia al elegir efectuar una tarea o tomar una decisión alternativa (Sapag Chain, 2011). Este costo laboral para el escenario rural surge del valor del salario asignado a empleados pertenecientes a la rama de actividad “Agricultura, ganadería, caza y silvicultura”, que para 48 horas semanales de trabajo indica un valor hora de 6.06 USD (MTEySS, 2017). En el escenario petrolero

se utilizó el salario de empleados pertenecientes a la rama de actividad “Explotación de minas y canteras”, que asigna para una jornada de 48 horas semanales un valor hora de 27 USD (MTEySS, 2017). El valor para este costo fue la hora laboral de acuerdo con normativas de la Argentina.

Se utilizaron 1600 plantas por hectárea como meta de restauración, como lo propone la disposición 226/11 de la Provincia de Neuquén (SMA, 2011; Busso y Pérez, 2018). Los valores de germinación y establecimiento de plántulas utilizados a partir de siembras y/o plantaciones para calcular el número de semillas por plántulas necesarias se basaron en resultados publicados para tierras secas (Pérez et al., 2020). Las etapas y actividades de cada técnica (siembra o plantación) considerada para el cálculo se presentan en

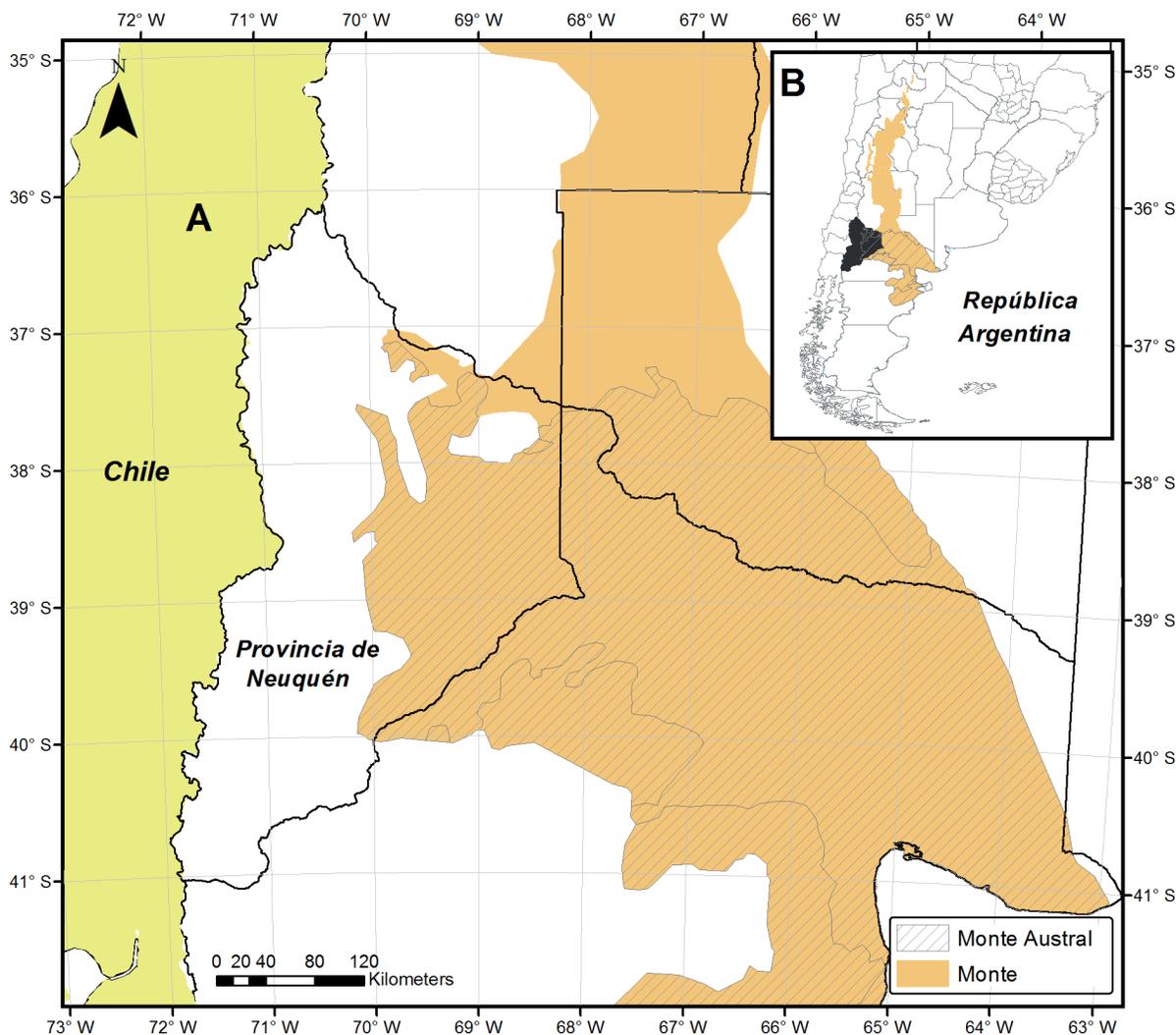


Figura 2: Ubicación del Monte y su región austral en la Argentina y la Provincia de Neuquén.

el Cuadro 1. Los cálculos de costos de adquisición de insumos se basaron en el menor precio entre tres presupuestos brindados por proveedores de servicios forestales en la Argentina.

Para la determinación de la incidencia del porcentaje de establecimiento en el costo directo total de cada actividad (p. ej. recolección de semillas, colocación de plantines), se efectuó una reducción a costos unitarios siguiendo

la metodología utilizada por Pérez et al. (2019b). Esto implicó reducir costos a una unidad (una semilla o planta de vivero según la técnica) y efectuar la apropiación de costos directos (ver Balanda, 2005) de cada insumo o actividad de plantación o siembra a estas unidades, considerando la mortalidad de plántulas en plantaciones, o el porcentaje de establecimiento de plántulas a partir de siembras reportadas en la literatura. Para obtener el costo directo total, se

Cuadro 1: Etapas, actividades e insumos para el cálculo del costo de producción de plántulas en viveros de *P. flexuosa* DC. var. *depressa* F.A. Roig, plantación de plántulas en el campo y siembra directa en Neuquén, Argentina.

Vivero	Actividades / Suministros
Recolección de semillas	Recolección de semillas
Procesamiento de semillas	Almacenamiento en banco de semillas Procesamiento y limpieza de semillas Tratamientos de pre-germinación
Preparación del sustrato	Ensamblaje de componentes sustratos Compostaje
Suministros	Tubos para plántulas Perlita Tierra de jardín
Siembra en vivero	Llenado de tubos con sustrato Siembra
Cuidado en vivero	Control de malezas Poda Riego Endurecimiento
Plantación en campo	Actividades / Suministros
Plantación	Colocación de plantines, hidrogel, etc.
Transporte	Transporte
Suministros	Protectores contra herbívoros Hidrogel Hoyadora (con mecha y combustible) Ropa de seguridad
Siembra directa	Actividades / Suministros
Recolección de semillas	Recolección de semillas Almacenamiento en banco de semillas
Procesamiento de semillas	Procesamiento y limpieza de semillas Tratamientos de pre-germinación
Siembra	Costos laborales
Transporte	Gastos de transporte (con combustible)
Suministros	Hidrogel Hoyadoras (con mecha y combustible) Ropa de seguridad

multiplica el valor unitario por la cantidad de ejemplares que se desean por hectárea (en este caso 1600 ejemplares). Los costos comparativos entre la producción en vivero y la siembra directa se calcularon en dólares estadounidenses (USD) por hectárea (según el tipo de cambio interbancario al 27 de noviembre de 2017: 17.84 pesos argentinos a 1 USD). Esto permitió comparar los resultados con costos de otras tres especies del Monte Austral (Pérez et al., 2019b).

Para la producción en vivero se consideraron las actividades que van desde la colecta de semillas hasta la culminación del período de rusticación o endurecimiento (Cuadro 1). Durante este, se somete la planta a estrés hídrico para que alcance la calidad necesaria, luego de nueve meses de viverización (Pérez et al., 2010). Los tiempos de colecta de semillas, así como los insumos de producción de plantines en vivero y plantación (fórmulas de sustrato, uso de hidrogeles, protectores contra herbívoros, etc.), se basaron en información provista por el vivero de la cooperativa Atriplex lampa que brinda servicio de venta de plantas nativas y restauración de zonas áridas para empresas petroleras, de ornamentación y organizaciones de educación ambiental (Pérez et al., 2019c).

Para calcular costos de la siembra en vivero de *P. flexuosa* var. *depressa*, se empleó una tasa de germinación de 20% inferior a la reportada por Rodríguez Araujo et al. (2017), de aproximadamente 90%. Esto implica usar más semillas, pero evita resiembras, una tarea que insume mucho tiempo y costos. El valor del almacenamiento de semillas en el banco de germoplasma y el escarificado químico de semillas se calcularon sobre la base de presupuesto de servicio del banco de germoplasma “Banco del Árido” (Rodríguez Araujo et al., 2015).

Resultados

La plantación tuvo un costo de 2601.4 USD en el escenario rural, y 11724.0 USD en el escenario petrolero. La siembra tuvo un costo de 1536.1 USD en el escenario rural y 6911.9 USD en el escenario petrolero. De este modo la siembra redujo el costo en 1065 USD en el escenario rural y 4821.1 USD en el escenario petrolero (Cuadro 2, Apéndices 1, 2). Los valores de costo obtenidos para las etapas de producción en viveros, plantación como siembra se presentan en los Apéndices 1 y 2. La mayor incidencia en el costo de

producción de plántulas corresponden a cuidados en vivero (control de malezas, 42.68%; Apéndice 1). En cambio, otras tareas e insumos tuvieron una incidencia muy baja, próxima a 1% (p. ej., recolección de semillas, sustrato, perlita; ver Apéndices 1, 2).

En la plantación en campo, el mayor costo fue la mano de obra para la plantación (89.5%) y los insumos y otras actividades sumaron valores menores a 10% (p. ej. transporte, protectores contra herbívoros, hidrogel; Apéndices 1, 2). En la siembra directa de semillas, el costo con mayor incidencia fue el correspondiente a las tareas de colocación de semillas en el campo (47.30%) seguido por los tratamientos pre-germinativos y procesamiento de semillas (20.48% y 14.75% respectivamente; ver Apéndice 1). Otros componentes de la estructura de costos no superaron 7% (p. ej., colecta de semillas, hidrogel, transporte).

Discusión

Son muy escasos los estudios detallados sobre costos de plantación en zonas áridas y semiáridas. En ambientes con precipitaciones equivalentes al Monte Austral, Bainbridge y Virginia (1990) y Lovich y Bainbridge (1999) mencionan valores reales *ex post* (después de efectuado) de 15000 USD por hectárea para plantaciones que no consideraron porcentajes de supervivencia y explícitamente mencionan que no incluyeron garantía de éxito. En un trabajo precedente al presente para otras tres especies de Monte Austral de la Argentina (*Senecio subulatus* D. Don ex Hook. et Arn., *Atriplex lampa* (Moq.) D. Dietr. y *Hyalis argentea* Cabrera), con la misma metodología de cálculo y el mismo valor de relación dólar-peso argentino (Pérez et al., 2019b), los costos directos en siembras y plantaciones fueron respectivamente de 930 USD y 12557.2 USD; mientras que en el presente estudio la diferencia fue menor (1536.1 USD y 11724 USD). Debemos tener en cuenta que los valores de los insumos y mano de obra pueden variar a lo largo del tiempo de acuerdo con la inflación en dólares, la macroeconomía, cambios en costos de importación, nuevos impuestos o subsidios sobre algunos productos, economías de escala, mejoramientos de algunos procedimientos, o dificultades y facilidades locales de la técnica (p. ej., control de malezas, experiencia o prácticas de los viveros). Por ello, más que los valores totales y específicos en dólares o pesos, nuestra



Cuadro 2: Costo en la siembra directa y la plantación en campo (incluye costos de vivero), y los porcentajes de establecimiento y supervivencia para *P. flexuosa* DC. var. *depressa* F.A. Roig, en Neuquén, Argentina. Se incluyen ejemplos de datos publicados de costos de otras tres especies marco o fundantes (Pérez et al., 2019b). E: establecimiento. Se incluyen las diferencias de costos entre los costos de las dos técnicas. Δ: Diferencia, ER: escenario rural, EP: escenario petrolero, S: supervivencia, SD: siembra directa, P: plantación.

Especie	% S	Plantación		Siembra directa		Siembra directa vs. Plantación				
		Costo ER (USD)	Costo EP (USD)	% E	Costo ER (USD)	Costo EP (USD)	Δ ER (USD)	Δ EP (USD)	% del costo en SD en relación con P (ER)	% del costo en SD en relación con P (EP)
<i>Senecio subulatus</i> D. Don ex Hook. et Arn.	84	2783.6	12557.2	4.3	1014.5	5446.3	1769.1	7110.9	63.5	56.6
<i>Atriplex lampa</i> (Moq.) D. Dietr.	91	2672.8	12101.3	6.4	979.8	5399.8	1692.9	6701.5	63.3	55.3
<i>Hyalis argentea</i> Cabrera	89	2702.7	12224.2	22.3	930.7	5333.7	1772.0	6890.4	65.5	56.3
<i>Prosopis flexuosa</i> DC. var. <i>depressa</i> F.A. Roig	91	2601.4	11724.0	11.4	1.536.1	6911.9	1065.2	4812.1	40.9	41.0

atención y discusión sobre la importancia de la cuantificación de costos debe centrarse en las incidencias de cada actividad/suministro y costo de la siembra en comparación con la plantación (con el mismo valor de dólar y considerando porcentajes de germinación, supervivencia y la misma meta en términos de cantidad de plantas establecidas en campo).

En primer lugar, los resultados obtenidos en este trabajo confirman que el bajo establecimiento de plántulas en siembra directa en campo no es suficiente para descartar su uso como opción para la restauración ecológica. Se comprobó que la información ecológica (en este caso porcentajes de germinación y establecimiento de plántulas) es inseparable del estudio de costos para la toma de decisiones en intervenciones de restauración ecológica. Como se pudo observar en los resultados, a pesar de que el porcentaje de sobrevivencia en campo de las plántulas de vivero de *P. flexuosa* var. *depressa* fue mucho mayor que el porcentaje de sobrevivencia de plántulas a partir de siembra (Cuadro 2), para la misma meta de 1600 plantas por hectárea, el costo de la siembra directa fue 41% menor.

Por otra parte, en ambos escenarios económicos, la plantación de ejemplares de vivero de *P. flexuosa* var. *depressa* tuvo menor costo que otras tres especies arbusti-

vas del Monte Austral (*Senecio subulatus*, *Atriplex lampa* y *Hyalis argentea*) y, por el contrario, los costos de siembra directa en campo fueron mayores (Cuadro 2). De acuerdo con la fuente de información procedente del vivero mencionado en la metodología (Pérez et al., 2019c), *P. flexuosa* var. *depressa* por su crecimiento lento, requiere menos podas, y más tiempo de cuidado que otras especies. Por otra parte, en relación a la siembra directa, si bien la variedad *depressa* de la especie facilita la colecta por la baja altura a la que se encuentran los frutos, la tarea genera mayores costos que otras especies anteriormente estudiadas, debido a: (i) dificultades que imponen las espinas para extraer los frutos y la mayor adhesión de los mismos a las ramas, (ii) mayor dificultad para extraer las semillas del interior del fruto y (iii) necesidad de escarificación como tratamiento pre-germinativo.

Se debe considerar que, en diferentes zonas áridas, o en regiones húmedas, la producción de plántulas de vivero puede demandar diferentes procedimientos, tiempos e incluso no requerir labores culturales como las podas y desmalezamiento, con lo cual el costo de la plantación puede aproximarse al de siembra. Es importante destacar que, cuanto mayor sea el costo directo de la tarea de recolección (semillas ubicadas a grandes alturas en árboles, grandes

distancias entre los ejemplares a colectar, presencia de espinas u obstáculos propios de la arquitectura de la especie que dificultan la colecta, etc.), las posibilidades de contar con gran número de semillas para compensar mortalidades disminuirá, y con ello los costos directos de siembra se irán aproximando a los valores de plantación de ejemplares de vivero (como se observa en este caso).

La mayor diferencia en costos directos en los escenarios estudiados, tanto en la técnica de plantación de ejemplares de vivero como en la de siembra directa, se originó en la incidencia del componente de mano de obra. La diferencia en la valorización de la mano de obra genera costos extremadamente diferentes en cada escenario (cuatro veces mayor en el escenario petrolero), lo que llama a la reflexión sobre los motivos por los cuales la sociedad asigna, para una misma tarea, valores tan discímiles (Benini y Adeodato, 2017). En el escenario petrolero o de empresas, que cuentan con grandes ingresos o subsidios económicos, una alternativa para reducir costos es la siembra o plantación tecnificada en altas escalas (Masarei et al., 2019). En estos casos se deben tener en cuenta las economías de escala por la disminución de variables de costos por un volumen mayor, como las deseconomías de escala, por el aumento, por ejemplo, de costos de administración, entre otros. Aún en estos casos, consideramos que la siembra brindará mejor relación costo-efectividad ya que no se requiere la etapa de viverización.

El tema del almacenaje de las semillas merece una consideración especial. Cualquier proyecto de siembra directa requiere de colecta y almacenaje de grandes cantidades de semillas (mayor cantidad que en siembras en vivero), por lo que se requerirán bancos de semillas con suficiente capacidad y garantía de preservación del material. La recolección y almacenaje de frutos como los de *P. flexuosa* var. *depressa* en la medida que se retardan luego de la maduración, corren mayor riesgo de infección de insectos (como los de la familia *Bruchidae*; Muñoz Llancafilo, 2007). El tiempo de colecta y almacenamiento repercutirán en los costos, si el cuidado de las semillas es ofrecido por empresas que cobran este servicio (Pedrini y Dixon, 2020).

Los valores de establecimiento de plántulas de especies nativas en tierras secas a partir de siembras de semillas son bajos (Shackelford et al., 2021). Sin embargo, es impor-

tante señalar que nuevos protocolos proponen mejorar la calidad de las semillas (p. ej., peletización), posiblemente permitirán en un futuro cercano la mejora en la sobrevivencia de las plántulas (Kildisheva, 2019; Masarei et al., 2019; Pedrini y Dixon, 2020).

Consideramos que estudios de costos directos, cuantitativos, segmentados por etapas y actividades, y vinculados a valores estimados de establecimiento de plántulas, una vez obtenidos, constituyen una herramienta para la toma de decisiones y gestión de proyectos de restauración. La decisión de innovar en las técnicas (p. ej., colecta de semillas, de riego, podas, control de malezas, movimiento de suelos), puede analizarse con base en los costos directos que se pueden obtener, de acuerdo con proveedores, tecnología disponible y vida útil de los equipamientos (Robbins y Daniels, 2012; James et al., 2013; Iftekhar et al., 2017). Asimismo, los datos o componentes de la estructura de costos se podrían integrar a índices o modelos de costo-efectividad para comparar técnicas y resultados de campo como lo proponen James et al. (2013) en zonas áridas y Martínez-Ramos y García-Orth (2007) en selvas húmedas. Estos modelos pueden variar mucho de acuerdo con el contexto, ya que, por ejemplo, en algunas zonas áridas, variables como la remoción de malezas en campo durante la siembra o la plantación pueden no ser necesarias, como lo muestran experiencias en zonas áridas (Pérez et al., 2020). En cambio, la cantidad de semillas por metro cuadrado en la siembra directa podría ser una variable fundamental para considerar (Shackelford, 2021).

En toda la extensión del Monte de la Argentina, la investigación sobre plantaciones y siembras ha avanzado en gran medida con el impulso de redes de trabajo establecidas en *talleres de rehabilitación y restauración en la diagonal árida* (Pérez et al., 2013; Martínez Carretero y Dalmasso, 2015; Massara Paletto et al., 2018). Consideramos que la continuidad del intercambio en redes de restauración ecológica (Pérez et al., 2018) y nuevas investigaciones podrán permitir la innovación en técnicas que tengan cada vez mejor relación costo-efectividad.

La innovación y optimización de costos en restauración ecológica también está siendo promovida desde organismos de crédito mundial, como el Banco Mundial y la Corporación Financiera Internacional, que han emitido guías



para el otorgamiento de dinero a empresas que requieren la presentación de planes de rehabilitación y restauración creíbles y convincentes (IFC, 2020). Finalmente, un gran impulso puede surgir del avance en las normativas, programas de restauración ecológica y subsidios de innovación tecnológica de los gobiernos nacionales (PNRB, 2018). En este marco, la mejor relación costo directo-efectividad de la siembra puede constituir un foco de interés para avanzar en la restauración de grandes escalas de trabajo en zonas rurales. Los resultados y nuestro análisis permiten concluir que la siembra directa constituirá una alternativa viable para campesinos en extensas zonas áridas severamente desertificadas del planeta, en las que se deberán invertir grandes esfuerzos en las próximas décadas.

Contribución de autores

DRP diseñó la investigación y analizó datos. CC analizó datos y junto con DRP y MEO redactó el documento final. Todos los autores contribuyeron a la discusión y aprobación del manuscrito final.

Financiamiento

Este trabajo fue financiado por el proyecto de investigación 04, U021 de la Universidad Nacional del Comahue, Argentina.

Agradecimientos

A YPF Tecnología, S. A., por su apoyo a investigadores mediante becas de doctorado y ensayos de campo. A Patricia Yasmín Mayoral Loera, Marie-Stéphanie Samain y Moisés Mendez Toribio por su gran aporte a la edición de este trabajo.

Literatura citada

Abella, S. y A. Newton. 2009. A systematic review of species performance and treatment effectiveness for revegetation in the Mojave Desert, USA. In: Fernandez-Bernal, A. y M. A. de la Rosa (eds.). Arid environments and wind erosion. Nova Science Publishers. New York, USA. Pp. 45-76.

AIC. 2020. Informes hidrometeorológicos. Autoridad Interjurisdiccional de Cuencas (AIC). Neuquén, Argentina. <http://www.aic.gov.ar/aic/publicaciones.aspx> (consultado abril de 2021).

Álvarez, J. A. y P. Villagra. 2009. *Prosopis flexuosa* DC. (Fabaceae, Mimosoideae). Kurtziana 35: 49-63.

Bainbridge, D. A. 2007. A guide for desert and dryland restoration: new hope for arid lands. Island Press. Washington, D.C., USA. 416 pp.

Bainbridge, D. A. y R. A. Virginia. 1990. Restoration in the Sonoran desert of California. Restoration and Management Notes 8: 3-13.

Balanda, A. T. 2005. Contabilidad de costos. Facultad de Ciencias Económicas. Universidad Nacional de Misiones. Posadas, Argentina. https://editorial.unam.edu.ar/images/documentos_digitales/Contabilidad_de_Costos-Alberto_Balanda.pdf (consultado octubre de 2021).

Benini, R. M. y S. Adeodato. 2017. Economía da restauração florestal. The Nature Conservancy. San Pablo, Brasil. 136 pp.

Busso, C. A. y G. L. Bonvissuto. 2009. Structure of vegetation patches in northwestern Patagonia, Argentina. Biodiversity and Conservation 18(11): 3017-3041. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10531-009-9622-6>

Busso, C. A. y D. R. Pérez. 2018. Opportunities, limitations and gaps in the ecological restoration of drylands in Argentina. Annals of Arid Zone 57(3-4): 191-200.

Clewell, A. F. y J. Aronson. 2013. Ecological restoration: principles, values, and structure of an emerging profession. Island Press. Washington, D.C., USA.

IFC. 2020. A Guide to Biodiversity for the Private Sector. International Finance Corporation (IFC). Washington, USA. <https://thedocs.worldbank.org/en/doc/916781601304630850-0120022020/original/FinanceforNature28Sepwebversion.pdf> (consultado abril de 2021).

Iftekhhar, M. S., M. Polyakov, D. Ansell, F. Gibson y G. M. Kay. 2017. How economics can further the success of ecological restoration. Conservation Biology 31(2): 261-268. DOI: <https://doi.org/10.1111/cobi.12778>

James, J. J., R. L. Sheley, T. Erickson, K. S. Rollins, M. H. Taylor y K. W. Dixon. 2013. A systems approach to restoring degraded drylands. Journal of Applied Ecology 50(3): 730-739. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12090>

Kildisheva, O. A. 2019. Improving the outcomes of seed-based restoration in cold and hot deserts: An investigation into seed dormancy, germination, and seed enhancement. PhD Thesis. School of Biological Sciences, The University of Western Australia. Perth, Australia. 203 pp.

- Kildisheva, O. A., T. E. Erickson, D. J. Merritt y K. W. Dixon. 2016. Setting the scene for dryland recovery: an overview and key findings from a workshop targeting seed-based restoration. *Restoration Ecology* 24(S2): S36-S42. DOI: <https://doi.org/10.1111/rec.12392>
- Kimball, S., M. Lulow, Q. Sorenson, K. Balazs, Y.-C. Fang, S. J. Davis, M. O'Connell y T. E. Huxman. 2015. Cost-effective ecological restoration. *Restoration Ecology* 23(6): 800-810. DOI: <https://doi.org/10.1111/rec.12261>
- Lovich, J. E. y D. Bainbridge. 1999. Anthropogenic degradation of the southern California desert ecosystem and prospects for natural recovery and restoration. *Environmental Management* 24(3): 309-326. DOI: <https://doi.org/10.1007/s002679900235>
- Martínez Carretero, E. 2013. La diagonal árida argentina: entidad bio-climática. In: Pérez, D. R., A. E. Rovere y M. E. Rodríguez Araujo (eds.). *Restauración ecológica en la diagonal árida de la Argentina*. Vázquez Mazzini Editores. Buenos Aires, Argentina. Pp. 14- 31.
- Martínez Carretero, E. y A. Dalmasso. 2015. *Restauración ecológica en la diagonal árida de la Argentina 2*. Editorial IADIZA. Mendoza, Argentina. 400 pp.
- Martínez Ramos, M. y X. García Orth. 2007. Sucesión ecológica y restauración de las selvas húmedas. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 80: 69-84. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.1758>
- Masarei, M., A. L. Guzzomi, D. J. Merritt y T. E. Erickson. 2019. Factoring restoration practitioner perceptions into future design of mechanical direct seeders for native seeds. *Restoration Ecology* 27(6): 1251-1262. DOI: <https://doi.org/10.1111/rec.13001>
- Massara Paletto, V., M. Rostagno, G. Buono, C. González y N. Ciano. 2018. *Restauración ecológica en la diagonal árida de la Argentina 3*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Puerto Madryn, Argentina. 372 pp.
- Morello, J. 1958. La provincia fitogeográfica del Monte. *Opera Lilloana* II: 5-155.
- Muñoz Llancafilo, D. 2007. Evaluación de la supervivencia en el período pregerminativo, germinativo y post-germinativo de *Prosopis flexuosa* var. *depressa* en el Monte Austral. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias del Ambiente y la Salud, Universidad Nacional del Comahue. Neuquén, Argentina. <https://faciasweb.uncoma.edu.ar/?q=node/88> (consultado abril de 2021).
- MTEySS. 2017. Situación y evolución del trabajo asalariado en el sector privado, principales resultados de noviembre 2017. Ministerio de Trabajo. Buenos Aires. Argentina. <http://www.trabajo.gob.ar/downloads/estadisticas/trabajadoresregistrados/totaldetrabajadoresSIPA-Noviembre2017.pdf> (consultado abril de 2021).
- Pedrini, S. y K. S. Dixon. 2020. International principles and standards for native seeds in ecological restoration. *Restoration Ecology* 28(S3): S286-S303 DOI: <https://doi.org/10.1111/rec.13155>
- Pérez, D. R., F. M. Farinaccio y J. Aronson. 2019a. Towards a dryland framework species approach. Research in progress in the Monte Austral of Argentina. *Journal of Arid Environments* 161: 1-10. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2018.09.001>
- Pérez, D. R., A. E. Rovere y F. M. Farinaccio. 2010. Rehabilitación en el desierto. Ensayos con plantas nativas en Aguada Pichana, Neuquén, Argentina. Vázquez Mazzini Editores. Neuquén, Argentina. 80 pp.
- Pérez, D. R., A. E. Rovere y M. E. Rodríguez Araujo. 2013. *Restauración ecológica en la diagonal árida de la Argentina*. Vázquez Mazzini Editores. Neuquén, Argentina. 520 pp.
- Pérez, D. R., F. González, C. Ceballos, M. E. Oneto y J. Aronson. 2019b. Direct seeding and outplantings in drylands of Argentinean Patagonia: estimated costs, and prospects for large-scale restoration and rehabilitation. *Restoration Ecology* 27(5): 1105-1116. DOI: <https://doi.org/10.1111/rec.12961>
- Pérez, D. R., F. González, M. E. Rodríguez Araujo, D. A. Paredes y E. Meinardi. 2019c. Restoration of society-nature based on education: A model and progress in Patagonian drylands. *Ecological Restoration* 37(3): 182-191. DOI: <https://doi.org/10.3368/er.37.3.182>
- Pérez, D. R., C. Pilustrelli, F. M. Farinaccio, G. Sabino y J. Aronson. 2020. Evaluating success of various restorative interventions through drone- and field-collected data, using six putative framework species in Argentinian Patagonia. *Restoration Ecology* 28(S1): A44-A53. DOI: <https://doi.org/10.1111/rec.13025>
- Pérez, D. R., P. Meli, D. Renison, F. Barri, A. Beider, G. Burgueño, A. Dalmasso, S. Dardanelli, M. de Paz, F. Farinaccio, G. Papazian, M. Sirombra y R. Torres. 2018. La red de restauración





- ecológica de la Argentina (REA): Avances, vacíos y rumbo a seguir. *Ecología Austral* 28(2): 353-360. DOI: <https://doi.org/10.25260/EA.18.28.2.0.659>
- PNRB. 2018. Plan nacional de restauración de bosques nativos (PNRB). Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Argentina. Buenos Aires, Argentina. <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/bosques/plan-nacional-restauracion> (consultado abril de 2021).
- Robbins, A. S. T. y J. M. Daniels. 2012. Restoration and economics: a union waiting to happen? *Restoration Ecology* 20(1): 10-17. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2011.00838.x>
- Rodríguez Araujo, M. E., N. Turuelo y D. R. Pérez. 2015. Banco de semillas de especies nativas de Monte y Payunia para restauración ecológica. *Multequina* 24: 75-82.
- Rodríguez Araujo, M. E., D. R. Pérez y G. L. Bonvissuto. 2017. Seed germination of five *Prosopis* shrub species (Fabaceae-Mimosoideae) from the Monte and Patagonia phytogeographic provinces of Argentina. *Journal of Arid Environments* 147: 159-162. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2017.07.019>
- Roig, F. A., S. Roig-Juñent y V. Corbalán. 2009. Biogeography of the Monte desert. *Journal of Arid Environments* 73(2): 164-172. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2008.07.016>
- Sapag Chain, N. 2011. Proyectos de inversión. Formulación y evaluación, 2a ed. Pearson Educación. Santiago de Chile, Chile. 544 pp.
- Shackelford, N., G. B. Paterno, D. E. Winkler, T. E. Erickson, E. A. Leger, L. N. Svejcar, M. F. Breed, A. M. Faist, P. A. Harrison, M. F. Curran, Q. Guo, A. Kirmer, D. J. Law, K.Z. Mganga, S. M. Munson, L. M. Porensky, R. E. Quiroga, P. Török, C. E. Wainwright, A. Abdullahi, M. A. Bahm, E. A. Ballenger, Nichole Barger, O. W. Baughman, C. Becker, M. E. Lucas-Borja, C. S. Boyd, C. M. Burton, P. J. Burton, E. Calleja, P. J. Carrick, A. Caruana, C. D. Clements, K. W. Davies, B. Deák, J. Drake, S. Dullau, J. Eldridge, E. Espeland, H. L. Farrell, S. E. Fick, M. Garbowski, E. G. de la Riva, P. J. Golos, P. A. Grey, B. Heydenrych, P. M. Holmes, J. J. James, J. Jonas-Bratten, R. Kiss, A. T. Kramer, J. E. Larson, J. Lorite, C. Ellery Mayence, L. Merino-Martín, T. Migléc, S. J. Milton, T. A. Monaco, A. M. Montalvo, J. A. Navarro-Cano, M. W. Paschke, P. L. Peri, M. L. Pokorny, M. J. Rinella, N. Saayman, M. C. Schantz, T. Schroeder, E. W. Seabloom, K. L. Stuble, S. M. Uselman, O. Valkó, K. Veblen, S. Wilson y M. Wong. 2021. Drivers of seedling establishment success in dryland restoration efforts. *Nature Ecology and Evolution* 5(9): 1283-1290. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41559-021-01510-3>
- SMA. 2011. Sobre disposición de suelos remediados. Boletín oficial de la Secretaría de Medio Ambiente y desarrollo sustentable de la Provincia de Neuquén (SMA). Neuquén, Argentina. <https://vdocuments.mx/disp-2262011-secretaria-de-ambiente-y-desarrollo-sostenible-de-neuquen.html> (consultado abril de 2021).
- Steibel, P. y H. O. Troiani. 2000. El género *Prosopis* (Leguminosae) en la Provincia de La Pampa (República Argentina). *Revista Facultad Agronomía, Universidad Nacional La Pampa* 10: 25-48.
- Yirdaw, E., M. Tigabu y A. Monge. 2017. Rehabilitation of degraded dryland ecosystems-review. *Silva Fennica* 51(1B): 1-31. DOI: <https://doi.org/10.14214/sf.1673>



Apéndice 1: Costo de cada una de las etapas necesarias para la implementación de plantaciones de ejemplares de vivero de *P. flexuosa* DC. var. *depressa* F.A. Roig en el escenario rural en Neuquén, Argentina. Se señalan las consideraciones para el cálculo, el resultado del cálculo de costo por unidad, el porcentaje de incidencia de cada costo y el valor en dólares de estos. Los costos de tiempo de trabajo, transporte y suministros en la siembra directa no varían con la cantidad de semillas utilizadas. El costo por unidad se presenta con dos decimales, por lo que algunas actividades o suministros tienen valor de muy mínima influencia en el costo y aparecen con cero. Cuando el tercer decimal fue mayor que cinco se redondeó al valor más alto el segundo.

Costo directo total y por actividad de la plantación de ejemplares viverizados de <i>Prosopis flexuosa</i> DC. var. <i>depressa</i> F.A. Roig en el escenario rural						
Etapas de producción en viveros	Actividades/suministros	Consideraciones para el cálculo	Unidad de apropiación del costo	Costo por unidad (USD)	Costos totales (USD/ha)	Incidencia en el costo total (%)
1. Recolección de semillas	Recolección de semillas	(a) Tiempo en minutos requerido para la recolección de semillas, (b) Porcentaje de germinación	Semillas/porcentaje de germinación 20%	0.01	8.07	0.64
	Almacenamiento en banco de semillas	Mantenimiento de semillas a 4 °C durante 9 meses.	Semillas/porcentaje de germinación 20%	0	3.92	0.31
2. Procesamiento de semillas	Procesamiento y limpieza de semillas.	(a) Tiempo en minutos necesario para la limpieza, (b) minutos necesarios para el procesamiento	Semillas/porcentaje de germinación 20%	0.02	32.3	2.56
	Tratamientos de pre-germinación	(a) Costos de evaluación de viabilidad en laboratorio, (b) Costos de pre-tratamiento.	Semillas/porcentaje de germinación 20%	0.02	35.87	2.84
3. Preparación de sustrato	Ensamblaje de componentes sustratos	Tiempo en minutos para el ensamblaje de los componentes.	270 cm ³ de sustrato	0.01	13.08	1.04
	Compostaje	Tiempo en minutos para preparar el sustrato.	Horas de trabajo	0.05	87.2	6.91
4. Suministros	Tubos para plántulas	(a) Contenedores de cultivo de 270 cm ³ , (b) Tiempo de utilidad del contenedor	Tubo de 270 cm ³	0.01	13.58	1.08
	Perlita	Cantidad (g)	Necesidad de perlita para 270 cm ³ de sustrato	0	0.22	0.02
	Tierra de jardín (sustrato limoso)	Cantidad (g)	Necesidad de tierra de jardín necesario para 270 cm ³ de sustrato	0	3.63	0.29
5. Siembra en vivero	Llenado de tubos con sustrato	Tiempo en minutos para el llenado de tubos de 270 cm ³	Minutos necesarios para llenado de tubos de 270 cm ³ de sustrato.	0.02	26.91	2.13
	Siembra	Tiempo en minutos de siembra en tubos	Siembra de semillas de acuerdo con el porcentaje de germinación	0.07	107.65	8.54
6. Cuidado en vivero	Control de malezas	Tiempo en minutos de control de malezas por plántula	Control de malezas por plántula	0.34	538.26	42.67
	Poda	Tiempo en minutos de poda por plántula	Poda por plántula	0.05	86.12	6.83

Apéndice 1: Continuación.

	Riego	Tiempo en minutos de riego por plántula	Riego por plántula	0.18	290.66	23.05
	Rustificación (endurecimiento)	Tiempo en minutos para tarea de rustificación por plántula	Rustificación por plántula	0.01	13.46	1.07
Costo total, producción en vivero				0.79	1260.95	100
Etapa plantación en campo	Actividades / suministros	Consideraciones para el cálculo	Unidad de apropiación del costo	Costo por unidad (USD)	Costos totales (USD/ha)	Incidencia en el costo total (%)
1. Plantación	Costos laborales	(a) Tiempo en minutos ocupados por plántula, (b) porcentaje de supervivencia	Plantación por plántula/Porcentaje de supervivencia 91%	0.75	1197.79	89.35
2. Transporte	Transporte	Costo de transporte por plántula	Transporte por plántula	0.01	11.21	0.84
	Protectores contra herbívoros	Costos por malla metálica protectora	Malla por plántula/Porcentaje de supervivencia 91%	0.03	53.23	3.97
	Hidrogel	Gramos de hidrogel por plántula	Hidrogel por plántula/Porcentaje de supervivencia 91%	0.02	35.78	2.67
3. Suministros	Perforadora (con mecha y combustible)	(a) Costos por agujero, (b) Durabilidad de la mecha y máquina	Hoyo por plántula/Porcentaje de supervivencia 91%	0.02	31.5	2.35
	Ropa de seguridad	(a) Costo por persona, (b) Durabilidad	Costo por persona/Porcentaje de supervivencia 91%	0.01	10.99	0.82
Costo total plantación en campo				0.84	1340.5	100
Costo directo total y por actividad de la siembra de semillas de <i>Prosopis flexuosa</i> DC. var. <i>depressa</i> F.A. Roig en el escenario rural						
Etapa siembra de semillas en campo	Actividades/suministros	Consideraciones para el cálculo	Unidad de apropiación del costo	Costo por unidad (USD)	Costos totales (USD/ha)	Incidencia en el costo total (%)
1. Recolección de semillas	Recolección de semillas	(a) Tiempo en minutos de recolección de semillas, (b) Porcentaje de establecimiento	Semillas/Porcentaje de establecimiento 11.04%	0.04	56.66	3.67
	Almacenamiento en banco de semillas	Mantenimiento de semillas a 4 °C durante 9 meses	Semillas/Porcentaje de establecimiento 11.04%	0.02	27.54	1.79%
2. Procesamiento de semillas	Procesamiento y limpieza de semillas	(a) Tiempo en minutos para la limpieza, (b) Tiempo en minutos para el envasado de sobres	Semillas/Porcentaje de establecimiento 11.04%	0.14	226.64	14.75
	Tratamientos de pre-germinación	(a) Costos de evaluación de viabilidad en laboratorio, (b) Costos de pre-tratamiento.	Semillas/Porcentaje de establecimiento 11.04%	0.2	314.69	20.48
3. Semillas sembradas	Costos laborales	Tiempo de siembra en campo	Plántula	0.45	726.66	47.3
4. Transporte	Gastos de transporte	Transporte por plántulas establecidas	Plántula	0.01	17.94	1.17

**Apéndice 1:** Continuación.

5. Suministros	Hidrogel	Porcentaje de hidrogel por unidad de área (zanjas)	Plántula	0.07	104.18	6.78
	Hoyadoras (con mecha y combustible)	(a) Tiempo en minutos de uso de la máquina perforadora, (b) Durabilidad de la máquina perforadora	Hoyadora	0.03	45.87	2.98
	Ropa de seguridad	(a) Costo por persona, (b) Durabilidad	Plántula	0.01	16	1.04
Costo total siembra directa				96	1536.16	100



Apéndice 2: Costo de cada una de las etapas necesarias para la implementación de plantaciones de ejemplares de vivero de *P. flexuosa* DC. var. *depressa* F.A. Roig en el escenario petrolero en Neuquén, Argentina. Se señalan las consideraciones para el cálculo, el resultado del cálculo de costo por unidad, el porcentaje de incidencia de cada costo y el valor en dólares de estos. Los costos de tiempo de trabajo, transporte y suministros en la siembra directa no varían con la cantidad de semillas utilizadas. (b) El costo por unidad se presenta con dos decimales, por lo que algunas actividades o suministros tienen valor de muy mínima influencia en el costo y aparecen con cero. Cuando el tercer decimal fue mayor que cinco se redondeó al valor más alto el segundo.

Costo directo total y por actividad de la plantación de ejemplares viverizados de *Prosopis flexuosa* D.C. var. *depressa* F.A. Roig en el escenario petrolero

Etapas producción en viveros	Actividades / suministros	Consideraciones para el cálculo.	Unidad de apropiación del costo	Costo por unidad (USD)	Costos totales (USD/ha)	Incidencia en el costo total (%)
1. Recolección de semillas	Recolección de semillas	(a) Tiempo en minutos requerido para la recolección de semillas, (b) Porcentaje de germinación	Semillas/Porcentaje de germinación 20%	0.02	35.99	0.64
	Almacenamiento en banco de semillas	Mantenimiento de semillas a 4 ° C durante 9 meses	Semillas/Porcentaje de germinación 20%	0.00	3.92	0.07
2. Procesamiento de semillas	Procesamiento y limpieza de semillas	(a) Tiempo en minutos necesario para la limpieza, (b) Minutos necesarios para el procesamiento	Semillas/Porcentaje de germinación 20%	0.09	143.97	2.56
	Tratamientos de pre-germinación	a) Costos de evaluación de viabilidad en laboratorio, b) Costos de pre-tratamiento	Semillas/Porcentaje de germinación 20%	0.02	44.84	0.80
3. Preparación de sustrato	Ensamblaje de componentes sustratos	Tiempo en minutos para el ensamblaje de los componentes	270 cm ³ de sustrato	0.03	58.31	1.04
	Compostaje	Tiempo en minutos para preparar el sustrato	Horas de trabajo	0.24	388.73	6.91
4. Suministros	Tubos para plántulas	(a) Contenedores de cultivo de 270 cm ³ , (b) Tiempo de utilidad del contenedor	Tubo de 270 cm ³	0.12	206.28	3.67
	Perlita	Cantidad (g)	Necesidad de perlita para 270 cm ³ de sustrato	0.00	0.22	0.00
	Tierra de jardín	Cantidad (g)	Necesidad de jardín necesario para 270 cm ³ de sustrato	0.00	3.63	0.06
5. Siembra en vivero	Llenado de tubos con sustrato	Tiempo en minutos para el llenado de tubos de 270 cm ³	Minutos necesarios para llenado de Tubos de 270 cm ³ de sustrato	0.07	119.98	2.13
	Siembra	Tiempo en minutos de siembra en tubos	Siembra de semillas de acuerdo con el porcentaje de germinación	0.30	479.91	8.53

Apéndice 2: Continuación.

6. Cuidado en vivero	Control de malezas	Tiempo en minutos de control de malezas por plántula	Control de malezas por plántula	1.50	2399.57	42.66
	Poda	Tiempo en minutos de poda por plántula	Poda por plántula	0.24	383.93	6.82
	Riego	Tiempo en minutos de riego por plántula	Riego por plántula	0.81	1295.77	23.03
	Rustificación (endurecimiento)	Tiempo en minutos de rustificación por plántula	Rustificación por plántula	0.04	59.99	1.07
Costo total, producción de viveros				3.52	5625.06	100
Etapas de plantación en campo	Actividades/suministros	Consideraciones para el cálculo	Unidad de apropiación del costo	Costo por unidad (USD)	Costos totales (USD/ha)	Incidencia en el costo total (%)
1. Plantación	Costos laborales	(a) Tiempo en minutos ocupados por plántula, (b) Porcentaje de supervivencia	Plantación por plántula/ Porcentaje de supervivencia 91%	3.33	5339.70	87.55
2. Transporte	Transporte	Costo de transporte por plántula	Transporte por plántula	0.39	627.80	10.29
3. Suministros	Protectores contra herbívoros	Costos por malla metálica protectora	Malla por plántula/Porcentaje de supervivencia 91%	0.03	53.23	0.87
	Hidrogel	Gramos de hidrogel por plántula	Hidrogel por plántula/Porcentaje de supervivencia 91%	0.02	35.78	0.59
	Perforadora (con mecha y combustible)	(a) Costos por agujero, (b) Durabilidad de la mecha y máquina	Hoyo por plántula/Porcentaje de supervivencia 91%	0.02	31.50	0.52
	Ropa de seguridad	(a) Costo por persona, (b) Durabilidad	Costo por persona/Porcentaje de supervivencia 91%	0.00	10.99	0.18
Costo total plantación en campo				3.81	6099.01	100

Apéndice 2: Continuación.

Costo directo total y por actividad de la siembra de semillas de *Prosopis flexuosa* D.C. var. *depressa* F.A. Roig en el escenario petrolero

Etapa siembra de semillas en campo	Actividades/suministros	Consideraciones para el cálculo	Unidad de apropiación del costo	Costo por unidad (USD)	Costos totales (en USD / ha)	Incidencia en el costo total (%)
1. Recolección de semillas	Recolección de semillas	(a) Tiempo en minutos de recolección de semillas; (b) Porcentaje de establecimiento	Semillas/Porcentaje de establecimiento 11.04%	0.16	252.59	3.65
	Almacenamiento en banco de semillas	Mantenimiento de semillas en cámara a 4 °C durante 9 meses	Semillas/Porcentaje de establecimiento 11.04%	0.02	27.54	0.40
2. Procesamiento de semillas	Procesamiento y limpieza de semillas	(a) Tiempo en minutos para la limpieza, (b) Tiempo en minutos para el envasado de sobres	Semillas/Porcentaje de establecimiento 11.04%	0.63	1010.35	14.62
	Tratamientos de pre-germinación	(a) Costos de evaluación de viabilidad en laboratorio, (b) Costos de pre-tratamiento.	Semillas/Porcentaje de establecimiento 11.04%	0.20	314.69	4.5528
3. Semillas sembradas	Costos laborales	Tiempo de siembra en campo	Plántula	2.02	3239.42	46.87
4. Transporte	Gastos de transporte	Transporte por plántulas establecidas	Plántula	1.19	1901.35	27.50
5. Suministros	Hidrogel	Porcentaje de hidrogel por unidad de área de zanjas	Plántula	0.06	104.18	1.50
	Hoyadoras (con mecha y combustible)	(a) Tiempo en minutos de uso de la máquina perforadora, (b) Durabilidad de la máquina perforadora	Hoyadora	0.03	45.87	0.66
	Ropa de seguridad	(a) Costo por persona, (b) Durabilidad	Plántula	0.01	16.00	0.23
Costo total siembra directa				4.32	6911.96	100