



Instituto Nacional de  
Tecnología Agropecuaria  
Argentina

N.º 3

2024

ISSN ON

LINE

3008-7635

CARTILLA DE DIVULGACIÓN FORESTAL



GRUPO  
FORESTAL  
CÓRDOBA

## Nucleación aplicada, una alternativa para restaurar áreas degradadas

**Cora**, Amanda  
**Marraro Acuña**, Francisco  
**Bernasconi**, Javier

### Introducción

La restauración de ambientes alterados, disturbados o degradados es una preocupación que cobra cada vez mayor importancia a nivel mundial.

Las áreas degradadas se caracterizan por suelos empobrecidos y erosionados, con inestabilidad hidrológica, productividad primaria y diversidad biológica reducidas, lo que lleva al deterioro de la integridad ecológica y, en consecuencia, de los servicios que ese ecosistema puede brindar.

El fin principal de la restauración es mitigar la huella ecológica humana, procurando recuperar estructura y funciones de los ecosistemas, porque de la salud o integridad de los ecosistemas dependen los servicios que proporcionan. Esto es posible a través de acciones directas o indirectas tendientes a restablecer la funcionalidad del ecosistema.

---

Según la Society for Ecological Restoration International (1987), la restauración ecológica es “el proceso de asistir la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido” (SERI Primer 2004).

En sus inicios, los procesos de restauración de áreas boscosas tomaron como base las plantaciones forestales, prefiriendo la introducción de especies vegetales y plantaciones en líneas que uniformizan el área que será restaurada (Reis y Tres, 2007). Una alternativa a este modelo es la técnica de nucleación, como medio para lograr la restauración ecológica en extensos paisajes agrícolas. Aquí prima el rehacer procesos naturales de sucesión, aumentando la resiliencia y direccionando la comunidad para su integración con el paisaje que la rodea (Reis y Tres, 2007). La idea es superar barreras relacionadas con la dispersión y el establecimiento, y busca formar microhábitats que faciliten la regeneración natural y amplíen las interacciones entre organismos, promoviendo la sucesión ecológica (Día Triana et al, 2023).

La estrategia de restauración será más efectiva cuanto mayor sea la diversidad de formas y funciones de los núcleos, así como la combinación de técnicas (Reis *et al*, 2010). Las mismas pueden aplicarse solas o combinadas. Se mencionan como tales la transposición de suelo con bancos de semillas desde áreas naturales conservadas, instalación de perchas o posaderos artificiales, incorporación de refugios para fauna y la incorporación de plantines organizados en núcleos, entre otras. Esta última, consiste en la plantación de grupos, pequeños y densos, de árboles y arbustos nativos que aumentan la biodiversidad y promueven desencadenantes ecológicos para la formación de una variedad de caminos sucesionales alternativos. Con el paso del tiempo, los núcleos actuarán como fuente y sumidero de propágulos, alimento y refugio. Esto acelera el desarrollo de una comunidad vegetal más diversa y además facilita la creación de otros nichos de regeneración y colonización para otras especies. Los núcleos también actúan como corredores o trampolines ecológicos dentro de una perspectiva de manejo de los paisajes. La importancia del diseño de los núcleos está en la selección de especies. Reis *et al*. (2003) enfatizan sobre la capacidad diferencial de las especies para modificar factores ambientales.

La Reserva Natural Militar de La Defensa La Calera, ubicada en las laderas orientales de las Sierras Chicas de la provincia de Córdoba, ha mantenido parte de su estructura vegetal original debido a restricciones al ingreso por uso con fines militares. En el pasado, áreas de la zona baja, fueron desmontadas y destinadas a la producción de cultivos extensivos pero esta producción se interrumpió desde el año 2013. Con el objetivo de restaurar una de las chacras abandonadas, se implementó una práctica de nucleación. En esta primera instancia, se evaluaron la sobrevivencia y el crecimiento de árboles y arbustos nativos del espinal implantados como núcleos leñosos.

---

## Área de intervención

La experimentación se llevó a cabo en La Reserva Natural de la Defensa La Calera (31°26'19.22"S - 64°22'1.89"O), en el área correspondiente a la ecorregión del Espinal, Distrito Cordubense (Lewis *et al*, 2005; Karlin *et al*, 2014), dónde solo quedan parches aislados de bosque en una matriz de pastizal surgido luego del cese de la agricultura extensiva. Los suelos son de llanura, identificados como Haplustoles típicos en una fase calcárea por los elevados contenidos de carbonatos alcalinotérreos (5,5%) en superficie (Karlin *et al*, 2018).

La precipitación media anual del área es de 800 mm anuales, con distribución marcadamente estival (640 mm). La temperatura media anual es de 16 °C, con una máxima media anual de 24 °C y una mínima media anual de 10,1 °C. Las máximas absolutas alcanzan los 44 °C y las mínimas absolutas los -10 °C (Dalmasso *et al*, 1997).

En esta región, son propios los bosques xerófilos de quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho-blanco*) y algarrobos, con especies asociadas como tala (*Celtis ehrenbergiana*), espinillo (*Vachellia caven*), tusca (*Vachellia aroma*), sombra de toro (*Jodina rhombifolia*) y moradillo (*Schinus fasciculatus* var *fasciculatus*) (Karlin *et al*, 2014). Pero, en general, se presenta una mezcla de bosques y comunidades secundarias (Cabido *et al*, 2018) un una extensa matriz de agricultura y áreas urbanizadas. También proliferan especies exóticas invasoras leñosas como olmo, mora de papel, acacia negra, siempreverde, paraíso y mora, entre otras (Lewis *et al*, 2005, 2009; Giorgis and Tecco 2014).

## Diseño de la nucleación

En 1 hectárea, aproximadamente, se instalaron 16 núcleos de especies leñosas. Cada núcleo, estuvo compuesto por 25 plantines distribuidos de manera equidistante en una extensión de 100m<sup>2</sup> (10x10m), con una separación de 2,5m entre individuos de una misma línea. Los núcleos se distribuyeron en el terreno bajo un esquema de plantación acorde a lo sugerido por Benayes *et al* 2008 (Figura 1).

En cada núcleo se plantaron plantines de **algarrobo** (*Neltuma alba* (Griseb.) C.E. Hughes & G.P. Lewis), **tumiñico** (*Lycium cestroides* Schltdl.), **tala** (*Celtis ehrenbergiana* (Klotzsch) Liebm. var. *ehrenbergiana*), **espinillo** o **aromito** (*Vachellia caven* (Molina) Seigler & Ebinger), **tusca** (*Vachellia aroma* (Gillies ex Hook. & Arn.) Seigler & Ebinger) y **moradillo** (*Schinus fasciculata* (Griseb.) I.M. Johnst.).

La selección de las especies se realizó considerando sus características y algunos criterios ecológicos. Debían ser nativas, leñosas, tener la capacidad de desarrollar funciones como atrayentes para polinizadores y dispersores, servir de refugio para la fauna silvestre y mejorar el suelo, entre otros. Debiendo el conjunto de las

especies cumplir esas condiciones. Además, debían estar disponibles en el mercado para su adquisición.

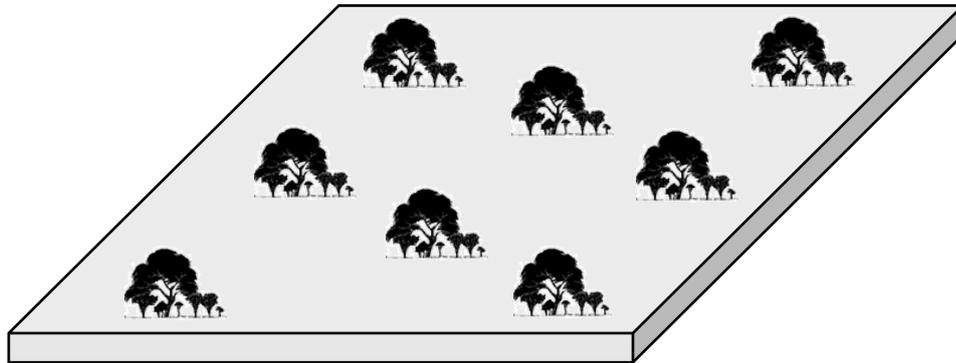


Figura 1. Diseño esquemático de la nucleación, donde se observa la distribución de los núcleos en el terreno.

Por ejemplo, el algarrobo y el moradillo fueron seleccionadas por ser especies pioneras, rústicas, leñosas y nativas. La primera, arbórea y fijadora de nitrógeno, la otra generalmente arbustiva. Ambas atractivas de polinizadores y herbívoros, con posibilidad de ofertar polen, néctar, frutos, follaje y refugio a la fauna a mediano y largo plazo.

Otro ejemplo, el tumiñico, especie arbustiva, leñosa y nativa. Conocida por atraer aves e insectos por ofrecer alimento en forma de hojas, néctar y frutos. También el tala, especie arbórea, ofrece follaje, frutos y refugio.

### **Actividades realizadas**

La plantación se realizó en diciembre de 2019. Se utilizó hoyadora manual. Se impidió el ingreso de animales domésticos con alambrado tradicional. Se realizó un riego al momento de la plantación que no fue necesario repetir gracias a las precipitaciones. Se dejó una cazuela grande que posibilitó un riego abundante y la acumulación de agua de lluvia.

En noviembre de 2021, al finalizar la segunda temporada de crecimiento, se relevó la sobrevivencia de los individuos (0: muerto y 1: vivo). En noviembre de 2023, finalizada la cuarta temporada de crecimiento, se relevó sobrevivencia y altura de cada individuo. Se calculó la proporción de plantas vivas de cada especie en cada núcleo, a lo que se llamó índice de sobrevivencia (IS), y la altura promedio por especie. Se utilizó el software estadístico Infostat (Di Rienzo *et al*, 2020) para analizar las variables medidas.

### **Resultados**

El IS de todas las especies fue mayor en 2021 que en 2023, debido a la mortandad de individuos a lo largo del tiempo. Se destaca la pérdida total de talas y tumiñicos para el año 2023 (Figura 2), mientras que las otras especies presentaron valores

altos de IS, entre 0,78 y 0,98. Desde el año 2021 al 2023, la región experimentó una gran sequía, con precipitaciones muy por debajo de la media histórica. Fueron años climáticamente extremos, condiciones que no favorecieron al tala y al tumiñico en esta etapa temprana de crecimiento. Comparativamente, demostraron ser menos aptas bajo las condiciones descriptas.

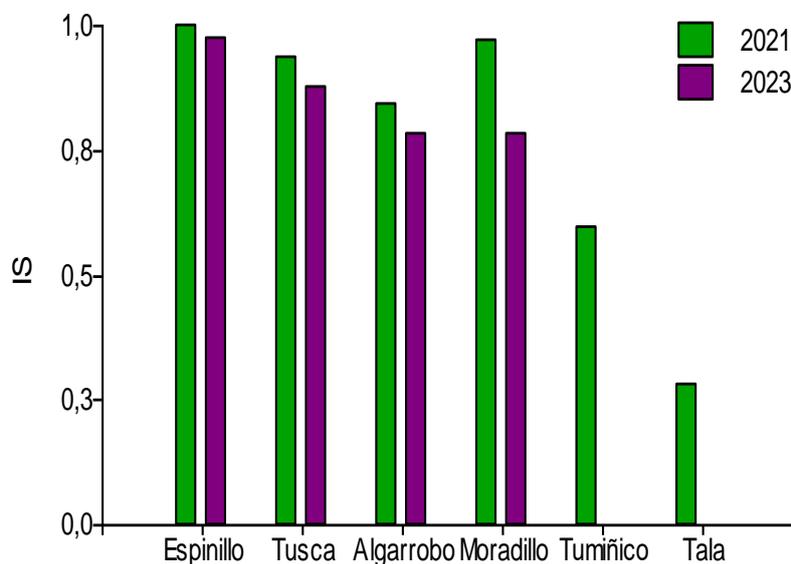


Figura 2. Índice de sobrevivencia (IS) para los años 2021 y 2023 de las especies evaluadas en los núcleos.

En la figura 3, se grafica la altura alcanzada por los individuos de cada especie en los núcleos y el resultado del análisis de comparación de medias (prueba LSD de Fisher). La de menor altura es la tusca, que se diferencia significativamente del resto de las especies. A terreno se observó que lo medido de esta especie fueron brotes nuevos crecidos después del último invierno, es decir que no acumuló crecimiento aéreo de la temporada pasada.

Si se analizan en conjunto las dos variables medidas, se puede arribar a algunas conclusiones respecto al desempeño de las especies utilizadas. El 88% de las tuscas sobrevivió para el 2023, su altura fue la menor de todas pero se destaca que resistió a temporadas climáticas muy adversas, y su presencia contribuye a la diversidad del sistema.

Los algarrobos, moradillos y espinillos se destacaron por su alta sobrevivencia y mayor altura. Los individuos de mayor tamaño estarían funcionando como perchas para aves, y brindando condiciones para iniciar procesos de colonización de otras especies vegetales dispersadas por aves o viento.

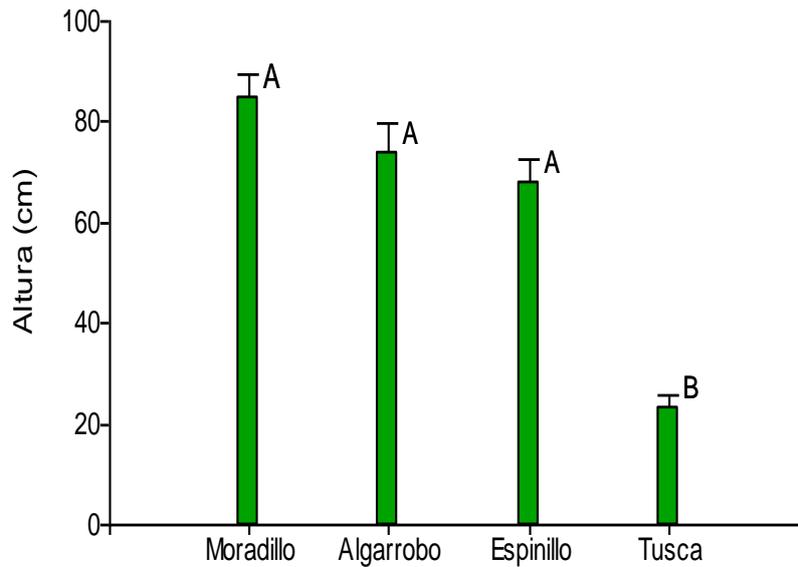


Figura 3. Media de altura por especie alcanzada en los núcleos. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

La práctica de nucleación propuesta da gran importancia a los procesos naturales de sucesión y representa una alternativa de restauración ambiental que puede ser usada en combinación con otros métodos. Es importante que los proyectos de restauración contemplen e integren las teorías ecológicas. Existen muchas otras especies vegetales e incontables combinaciones posibles que permitirían idear diseños según objetivos diversos.

## Bibliografía

**Benayas**, J. M. R.; **Bullock**, J. M.; **Newton**, A. C. 2008. Creating woodland islets to reconcile ecological restoration, conservation, and agricultural land use. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 6(6), 329-336.

**Cabido**, M.; **Zeballos**, S. R.; **Zak**, M.; **Carranza**, M. L.; **Giorgis**, M. A.; **Cantero**, J. J.; **Acosta**, A. T. 2018. Native woody vegetation in central Argentina: Classification of Chaco and Espinal forests. *Applied vegetation science*, 21(2), 298-311.

**Corbin**, J. D. and **Holl**, K. D. 2012. Applied nucleation as a forest restoration strategy. *Forest Ecology and Management*, 265, 37-46.)

**Dalmasso**, A.; **Candia**, R.; **Llera**, J. 1997. La vegetación como indicadora de la contaminación por polvo atmosférico. *Muldequina*(6): 85-91.

**Díaz Triana**, J. E.; **Vargas Ríos**, O.; **Rodríguez Eraso**, N. 2023. La nucleación: Una alternativa para la restauración ecológica de bosques neotropicales. *Ecología Austral*, 33(3): 867-886.

---

**Giorgis, M. A.; Tecco, P. A.** 2014. Árboles y arbustos invasores de la Provincia de Córdoba (Argentina): una contribución a la sistematización de bases de datos globales. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 49(4):581-603.

**Karlin, M. S.; Ontibero, F.; Arnulphi, S.; Bernasconi Salazar, J.** 2018. Caracterización edafológica de la Reserva Natural de la Defensa La Calera, Córdoba (Argentina). *Multequina*, 27(1), 05-22.

**Karlin, M. S.; Schneider, C.; Rufini, S.; Bernasconi, J. R.; Accietto, R.; Karlin, U.; Ferreyra, Y.** 2014. Caracterización florística de la Reserva Natural Militar Estancia La Calera. *J Nat Conserv* 7(1):6-18.

**Lewis, J. P.; Noetinger, S.; Prado, E.; Barberis, I. M.** 2009. Woody vegetation structure and composition of the last relicts of Espinal vegetation in subtropical Argentina. *Biodivers conserv* 18:3615–3628.

**Lewis, J. P.; Prado, D. E.; Barberis, I. M.** 2005. Los remanentes de bosques del Espinal en la Provincia de Córdoba. Páginas 254-260 en Brown, U., A. Martínez Ortiz, M. Acerbi, and J. Corcuera. 2005. *La Situación Ambiental Argentina*. Fundación Vida Silvestre Argentina.

**Reis, A.; Bechara, F. C.; Espindola, M. B.; Vieira, N. K.; Souza, L. L.** 2003. Restoration of damaged land areas: using nucleation to improve successional processes. *Natureza & Conservação*, 1(1), 85-92.

**Reis, A and Tres, D. R.** 2007. La nucleación como propuesta para la restauración de la conectividad del paisaje. In II Simposio Internacional sobre restauración ecológica.

### **Financiamiento**

INTA - Proyecto Local Proyecto local (6162-342) regiones pampeana y espinal de la provincia de Córdoba.  
Asociación Civil El Cuenco Equipo Ambiental.

### **Agradecimientos**

Bomberos voluntarios de La Calera.  
Bomberos voluntarios Malagueño.

### **Filiación autores**

Cora, Amanda: INTA - EEA Manfredi.  
Marraro Acuña, Francisco: INTA - EEA Manfredi.  
Bernasconi, Javier: El Cuenco Equipo ambiental

### **Para más información:**

Biól. Mgter. Amanda Cora  
[cora.amanda@inta.gob.ar](mailto:cora.amanda@inta.gob.ar)  
Grupo forestal Córdoba - EEA Manfredi - INTA

---

**Abril 2024**

Para suscribirse al boletín envíe un email a: [cora.amanda@inta.gob.ar](mailto:cora.amanda@inta.gob.ar)  
Para CANCELAR su suscripción envíe un email a: [cora.amanda@inta.gob.ar](mailto:cora.amanda@inta.gob.ar)

ISSN on line: 3008-7635

Este boletín es editado en INTA - EEA Manfredi

Ruta Nacional N° 9 Km. 636 (5988) - MANFREDI,  
Provincia de Córdoba, República Argentina.

Tel.: 03572-493053/58/61

Cel.: 3572-437437

Web: [inta.gob.ar/manfredi](http://inta.gob.ar/manfredi)

Responsable editor y literario: Amanda Cora

*(c) Copyright 2001 INTA - Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Todos los derechos*