

# Propagación de especies nativas de la microcuenca del río La Vega, Tunja, Boyacá, con potencial para la restauración ecológica

Angélica María Acero-Nitola<sup>1,\*</sup>, Francisco Cortés-Pérez<sup>1</sup>

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Grupo de Investigación en Ecología de Bosques Andinos Colombianos-EBAC, Tunja, Colombia

## Resumen

El objetivo de este trabajo fue identificar y propagar las especies nativas más importantes para la restauración ecológica de la microcuenca del río La Vega. Para identificar estas especies se usó una matriz de criterios con la que fueron seleccionadas las siguientes: *Xylosma spiculifera*, *Croton purdiei*, *Baccharis macrantha*, *Verbesina centroboyacana*, *Duranta mutisii*, *Lupinus bogotensis* y *Dodonaea viscosa*. Con estas especies se probaron dos técnicas de propagación, la de propagación sexual (semillas), en la cual se implementó un diseño en bloques completos al azar con dos tratamientos: el de control y el T1, consistente en aplicar enfriamiento a 5 °C durante 15 días, y la de rescate de plántulas, en la que se utilizaron plántulas de entre 20 y 40 cm de altura y se aplicaron tres tratamientos: el T0, es decir, control sin poda, el T1, con poda de raíces, y el T2, con poda foliar. En general, la propagación mediante el rescate de plántulas con poda fue más efectiva que la propagación mediante semillas.

**Palabras clave:** vegetación de alta montaña, propagación vegetal, semillas, rescate de plántulas, germinación, supervivencia.

## Propagation of native species from the basin of La Vega River, Tunja, Boyacá, with potential for ecological restoration

### Abstract

The main objective of this paper was to identify and propagate the most important native species for ecological restoration in the basin of La Vega River. Species were identified and selected by using a criteria matrix through which we obtained the following species: *Xylosma spiculifera*, *Croton purdiei*, *Baccharis macrantha*, *Verbesina centroboyacana*, *Duranta mutisii*, *Lupinus bogotensis* and *Dodonaea viscosa* on which two techniques of propagation were assayed. The first, a sexual propagation technique (seeds) where we used a random blocks design with two treatments: seeds cooled at 5 °C for 15 days, and the second, rescue of seedlings employing 20 to 40-cm high seedlings and three treatments: T0, seedling without pruning; T1, seedlings with root pruning, and T2, seedlings with leaf pruning. In general, propagation through seedling rescue with pruning proved to be more effective than the sexual propagation technique.

**Key words:** High mountain vegetation, plant propagation, seed, seedling rescue, germination, survival.

## Introducción

La restauración ecológica es el proceso que ayuda al restablecimiento de un ecosistema degradado, dañado, transformado o destruido con la meta de recuperar su salud, integridad y sostenibilidad (SER, 2004). La restauración ecológica en ecosistemas riparios y microcuencas busca restablecer las áreas de protección, aumentar la cobertura vegetal nativa, mantener las relaciones ecológicas y contribuir a la interacción de los componentes bióticos y abióticos. Un ejemplo de ello es la vegetación riparia de orillas de los ríos, que desempeña funciones ecológicas y ofrece servicios ambientales importantes en el ecosistema,

como son aumentar la cantidad y la calidad del agua, reducir los sedimentos que llegan al cauce, controlar y regular el flujo del agua, recuperar el hábitat para los animales, restablecer corredores biológicos de flora y fauna, recuperar las interacciones bióticas, aumentar la conectividad y contribuir al mejoramiento estético y visual del entorno (Morales, *et al.*, 2002; Jarro, 2004).

### \*Correspondencia:

Angélica María Acero-Nitola, angelmaraceno3@gmail.com

Recibido: 23 de abril de 2014

Aceptado: 11 de junio de 2014

Para la recuperación de ecosistemas degradados se han utilizado especies exóticas debido a su facilidad de propagación y rápido crecimiento, las cuales, sin embargo, presentan algunas desventajas a largo plazo como la desecación de la tierra por la extracción de agua, el reemplazo de especies nativas, la pérdida de hospederos y nichos para insectos y otra fauna (**Godínez & Flores, 1999; Segura, 2005**). Por el contrario, el uso de especies nativas, en particular las especies arbustivas pioneras, pueden ayudar en la formación posterior de un dosel arbóreo, así como a la creación de micrositios favorables para el establecimiento de especies tolerantes a la sombra, a la producción y acumulación de biomasa aérea y al recambio de nutrientes entre el suelo y la vegetación (**Cardona, 2008**), lo que permite mantener la estructura y la función de los ecosistemas (**Barrera, et al., 2010**).

La recuperación de la estructura y la función de los ecosistemas nativos en una microcuenca dependen de las estrategias de restauración ecológica que se puedan implementar. La identificación y propagación de especies nativas con potencial para la restauración ecológica es una fase previa que contribuye a la ejecución y al éxito de los proyectos de restauración de áreas degradadas (**Vargas & Lozano, 2008**).

En muchas especies la propagación por semillas es difícil o incierta, ya que está relacionada con la dispersión y la disponibilidad de sitios seguros para su establecimiento y desarrollo, sitios que pueden tener semillas de corta viabilidad que tienden a ser predadas rápidamente después de su dispersión o que tienen dificultades para permanecer en el ecosistema, y más aun si está intervenido (**Cardona, 2008**). En este sentido, la técnica de rescate de plántulas puede ser una alternativa, ya que con ella se extraen plántulas de bordes de camino o de interior de bosque, aunque teniendo cuidado de no afectar las poblaciones naturales de las especies, y se les da un manejo adecuado en el vivero para lograr su supervivencia y su crecimiento, con el fin de hacerlas útiles en los programas de restauración ecológica (**Vargas & Lozano, 2008**).

La microcuenca del río La Vega se encuentra afectada por la deforestación, la introducción de especies exóticas, el uso del suelo para la agricultura, la ganadería y el pastoreo, las explotaciones mineras a cielo abierto y la expansión y el crecimiento urbano en sus riberas. Estas actividades ocasionan graves alteraciones en el suelo, el agua, la vegetación y la fauna, generando cambios en la red de drenaje del suelo, aumento de la escorrentía superficial por procesos de compactación, pérdida de la capacidad de infiltración del agua, de la regulación hídrica y de las oscilaciones del caudal, pérdida de la cobertura vegetal nativa protectora de la ronda y contaminación del agua.

Estos usos del territorio de la microcuenca y las alteraciones que han causado han facilitado la ocurrencia de catástrofes naturales como los deslizamientos y el desbordamiento del río La Vega, incluidas las inundaciones del área urbana del municipio de Tunja en los años 2010 y 2011. Ello demuestra que hay relación entre el deterioro de los ecosistemas de la microcuenca del río La Vega y el impacto negativo en las especies, el suelo y la población humana, por lo que es necesario solucionar esta problemática mediante estrategias de restauración ecológica.

El objetivo de la presente investigación fue identificar y propagar las especies nativas importantes para la restauración ecológica de la microcuenca del río La Vega. Igualmente, se propuso aportar conocimiento esencial para aprovechar las especies nativas, propagándolas en vivero, con la expectativa de incorporarlas a los ecosistemas del río La Vega, especialmente en sus áreas riparias, donde se requerirán otros componentes que ayuden a restaurar la estructura y las funciones de la microcuenca.

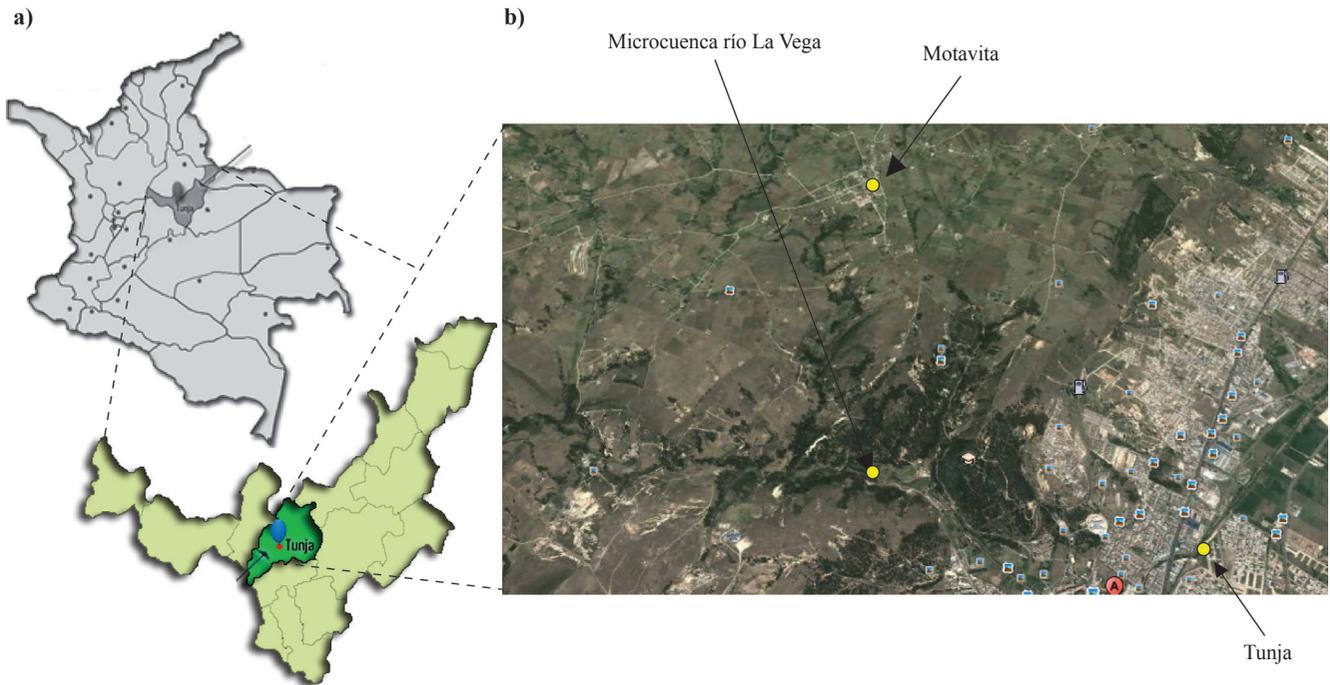
## **Materiales y métodos**

### *Área de estudio*

La microcuenca del río La Vega (Figura 1) se localiza en la cordillera oriental colombiana, en los municipios de Tunja y Motavita, departamento de Boyacá, entre los 2.000 y los 3.250 m de altitud y en las coordenadas 5° 36' 36" N y 73° 26' 24" O, las cuales corresponden a la zona de vida de bosque andino (**Rangel, 1997**). La temperatura media anual en el municipio de Tunja es de 13,2 °C, la humedad relativa de 80 % y la precipitación media anual de 702,9 mm, con un régimen bimodal que presenta picos en los meses de abril y mayo y de octubre y noviembre (Centro de Información Meteorológica, UPTC). El principal afluente de esta microcuenca es el río La Vega, que nace en la parte norte del municipio de Motavita, en la vereda El Frutillal, a 3.250 m de altitud.

### *Identificación de las especies más útiles en la restauración ecológica de la microcuenca*

Se hicieron recorridos en la microcuenca del río La Vega y se localizaron cuatro tipos de vegetación: matorral bajo, pastizal, plantaciones de especies exóticas y vegetación de ribera. Durante dichos recorridos se hallaron 136 especies de plantas vasculares, de las cuales 16 presentaron atributos vitales de potencial utilidad para la restauración ecológica (**Gutiérrez & Gómez, 2013**). Estas 16 especies se analizaron mediante una matriz de criterios de selección (**Cardona, 2008**), con la cual se evaluó la representación y cuatro atributos vitales: el ambiente, la competencia, la colonización y la persistencia, y se estableció el orden de importancia de las especies para los procesos de restauración (Tabla 1S, <http://www.racefyn.co/index.php/racefyn/article/downloadSuppFile/76/143>).



**Figura 1.** Localización del área de estudio: a) mapas de Colombia y el departamento de Boyacá y b) imagen satelital de la microcuenca del río La Vega (Google Earth, 2013).

Con base en este dato y la disponibilidad de las especies en campo, se seleccionaron siete de ellas para la aplicación de las técnicas a evaluar.

#### **Aplicación de las técnicas de propagación**

**Propagación sexual (semillas).** Para evaluar esta técnica se seleccionaron las especies *Croton purdiei*, *Duranta mutisii* y *Xylosma spiculifera*, de hábito arbóreo, y *Verbesina centroboyacana* y *Dodonaea viscosa*, de hábito arbustivo. De cada especie se tomaron frutos maduros de 2 a 10 individuos sanos de entre 2 y 5 metros de altura y 2 y 7,5 m<sup>2</sup> de cobertura, los cuales se guardaron en bolsas con cierre sellado etiquetadas con la fecha de recolección después de verificar su buen estado fitosanitario. En el laboratorio se extrajeron y se contaron las semillas de los frutos, y se hizo su descripción morfológica utilizando estereoscopio. Se seleccionaron las semillas que presentaban las mejores condiciones morfológicas y se evaluó su viabilidad con dos pruebas indirectas: la prueba de remojo y la prueba de observación del tamaño, la forma y el color (Mulawarman, et al., 2003).

Se estableció un diseño en bloques completos al azar con dos tratamientos y cuatro repeticiones de cada uno: un tratamiento de control (T0) o siembra directa y un tratamiento pregerminativo de enfriamiento (T1) aplicado a las semillas tratadas con vitavax® 300 a 5 °C durante 15 días. Cada repetición se hizo en lotes de 50 semillas para un total de 200

semillas por especie. El procedimiento de siembra se realizó en bandejas de germinación de 60 cm x 40 cm en sustrato de tierra negra y cascarilla en relación de tres a uno (Trujillo, 2009). Los semilleros se mantuvieron en condiciones de invernadero, a una temperatura de 18 a 24 °C y con riego diario. El seguimiento y la evaluación del porcentaje de germinación se hicieron observando la emergencia de la radícula y la aparición de plántulas semanalmente durante tres meses.

**Propagación mediante la técnica de rescate de plántulas.** Para este experimento se seleccionó la especie *C. purdiei*, de hábito arbóreo, y *D. viscosa*, *V. centroboyacana*, *Baccharis macrantha* y *Lupinus bogotensis*, de hábito arbustivo. Se recolectaron plántulas sanas de entre 20 y 40 cm de altura, en bordes de camino y al interior de arbustales. La extracción y el traslado se hicieron teniendo cuidado de no afectar su sistema radicular y evitando una posible deshidratación (Lugano, 2002; Vargas & Lozano, 2008). Las plántulas se llevaron al vivero Puente Restrepo de la UPTC, donde se realizó el trasplante a bolsas de polietileno de 2 kilos, con tierra negra y cascarilla de arroz en relación de tres a uno.

Se estableció un diseño en bloques completos al azar con dos tratamientos y un control, T1: plántulas con poda del 30 % de la raíz, T2: plántulas con poda del 100 % del follaje, y el control T0, con trasplante directo de plántulas. Se emplearon de 10 a 15 individuos de cada especie por tratamiento para un

total de 175 individuos. Las plántulas se mantuvieron durante tres semanas en periodo de aclimatación, bajo condiciones de sombra y con riego cada dos días. Después del periodo de aclimatación se realizó una distribución aleatoria de cada plántula en un área de 26 m<sup>2</sup> y se evaluó su respuesta a las condiciones de trasplante mediante el seguimiento de la altura, tomada en centímetros desde la base hasta la yema terminal de la rama más alta de la plántula, de la cobertura, midiendo la copa de cada plántula y aplicando la fórmula de la elipse aproximada (Ramírez, 2006), y del estado fitosanitario según la categorización establecida por Rojas (2002). Se hizo seguimiento durante 65 días, registrando las variables cada tres semanas, es decir a los 22, 44 y 65 días. Durante este periodo las plántulas se mantuvieron cubiertas con polisombra al 65 % y con riego diario.

### Análisis de datos

**Probabilidad de supervivencia.** Con el programa PASW-Statistics Versión 18 (Nie, et al., 1968), se calculó la probabilidad de supervivencia de las plántulas rescatadas utilizando el método no paramétrico de Kaplan-Meier (Aguayo & Lora, 2007) para así estimar la probabilidad de supervivencia individual acumulada a lo largo del periodo de seguimiento comprendido entre la fase de aclimatación y la fase de respuesta al trasplante, o sea, a los 22, 44 y 65 días.

**Tasa de crecimiento relativo.** Con los datos de altura y cobertura de las plántulas rescatadas se calculó la tasa de crecimiento relativo (TCR) en sus dos componentes: la tasa de crecimiento relativo según la altura (TCRA) y la tasa de crecimiento relativo según la cobertura (TCRC), aplicando una modificación a la fórmula propuesta por Hastwell & Faccelli (2003):

$$TCR = \frac{Mt - M(t-1)}{t},$$

dónde Mt corresponde a la altura (cm) o cobertura final (cm<sup>2</sup>), M (t-1), a la altura (cm) o cobertura inicial (cm<sup>2</sup>) y t al tiempo (días) transcurrido entre la fase de aclimatación y cada medición.

Se utilizó el programa estadístico R, versión 3.0 (Guisande, et al., 2011), para hacer los análisis de varianza (ANOVA) de las medidas repetidas usando los datos de la TCRA y la TCRC registrados en los tres periodos de seguimiento (22, 44 y 65 días) y verificar si existía influencia del tiempo. Con los datos de la TCRA y la TCRC tomados a los 65 días se hicieron análisis estadísticos con el fin de establecer las diferencias significativas entre los tratamientos para cada especie y entre las especies para cada tratamiento. Se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk y la de Kolmogorov-Smirnov-Lilliefors para comprobar el supuesto de normalidad. En los casos en los que hubo normalidad, se aplicaron los ANOVA y en aquellos en que no, se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis.

### Evaluación del estado fitosanitario

Este se realizó considerando las categorías propuestas por Rojas (2002): estado fitosanitario 1 = plántula completamente sana sin ningún problema fitosanitario visible, de buen color y vigor; estado fitosanitario 2 = plántula relativamente sana, con alguna evidencia de problemas fitosanitarios, pero que no corre riesgo de morir al no presentarse en más de un 50 % del follaje ni haber provocado heridas graves en el tallo; estado fitosanitario 3 = plántula enferma, con problemas fitosanitarios que afectan su desarrollo normal tales como pérdida del eje dominante o del follaje y, en general, daños visibles en más del 50 % de la planta.

### Resultados

La tabla 1S muestra las 16 especies evaluadas aplicando los criterios de Cardona (2008), y el orden de prioridad para su uso en la restauración ecológica de la microcuena del río La Vega. Atendiendo a ese orden, y considerando la disponibilidad de material vegetal, se escogieron las siguientes especies: *X. spiculifera*, *C. purdiei*, *B. macrantha*, *V. centroboyacana*, *D. mutisii*, *L. bogotensis* y *D. viscosa*. Además de cumplir con los criterios anotados, las especies seleccionadas tienen otras características que influyeron en su escogencia: tener un grado de desaparición bajo, tener capacidad de adaptación a, por lo menos, dos o tres de los ecosistemas censados, presentar dispersión ornitócora o anemócora y tener la habilidad de persistir o de tolerar disturbios.

### Propagación sexual de plántulas

Las semillas de *D. viscosa*, *C. purdiei*, *D. mutisii*, *V. centroboyacana* y *X. spiculifera* son pequeñas y con testa dura, características que dificultan su germinación; además, algunas de las semillas de *D. viscosa*, *C. purdiei* y *D. mutisii* tenían hongos y larvas de insectos al momento de realizar su recolección en campo. Por otra parte, las pruebas de viabilidad indirecta mostraron que el 100 % de las semillas de *D. mutisii* eran viables, seguidas de las de *C. purdiei* (94 %), de *V. centroboyacana* (70 %) y de *D. viscosa* (25 %).

El seguimiento de la germinación de las plántulas de control y de las sometidas a tratamiento de enfriamiento se muestra en la Figura 1S, <http://www.raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/downloadSuppFile/76/139> para las especies *D. viscosa*, *C. purdiei*, *V. centroboyacana* y *D. mutisii*. El porcentaje de germinación total fue mayor en las plántulas de control (38 %) que en las sometidas al tratamiento de enfriamiento (14,5 %). En general, los porcentajes de germinación de las especies fueron bajos, siendo *D. viscosa* la que obtuvo el máximo porcentaje de germinación con 21 % en las plántulas de control y 10 % en las sometidas a tratamiento de enfriamiento.

Las líneas de tendencia muestran que con el tratamiento de enfriamiento aplicado a *D. viscosa* se explica ( $R^2=0,87$ ) mejor el porcentaje de germinación según la relación lineal de su tiempo de germinación con el tratamiento de control. Con el tratamiento de control de *C. purdiei*, *V. centroboyacana* y *D. mutisii* se explica más claramente ( $R^2=0,83$ ,  $R^2=0,72$  y  $R^2=0,79$ ) el porcentaje de germinación según la relación lineal de su tiempo de germinación con el tratamiento de enfriamiento. La germinación de las semillas con siembra directa ocurrió durante los primeros 15 días, lo que en el caso de *D. mutisii* continuó hasta los 71 días. La germinación de las semillas con el tratamiento de enfriamiento (T1) ocurrió a partir de los 28 días y se detuvo a los 43 días. El porcentaje de germinación de las semillas de *X. spiculifera* fue el más bajo, con 0,5 % con los dos tratamientos (ver Anexo 1S, <http://www.racefyn.co/index.php/racefyn/article/downloadSuppFile/76/137>).

### **Propagación por la técnica de rescate de plántulas**

**Supervivencia.** La probabilidad de supervivencia global obtenida al finalizar el periodo de seguimiento (65 días) fue de 0,91 (91,45 %), con 160 plántulas vivas de las 175 rescatadas. La figura 2S a, b, c, d, <http://www.racefyn.co/index.php/racefyn/article/downloadSuppFile/76/140> muestra la supervivencia de las especies con cada tratamiento. En el tratamiento de control se obtuvo una probabilidad de supervivencia global de 0,96 (96,2 %), siendo *B. macrantha*, *C. purdiei* y *D. viscosa* las especies que tuvieron la mayor probabilidad de supervivencia (100 %), seguidas de *V. centroboyacana* con 0,95 (95 %) y *L. bogotensis* con 0,85 (85,4 %) (Figura 2S a). Con el T1 (poda de raíces), la probabilidad de supervivencia global fue de 1 (100 %), por lo que no se graficó. Con el T2 (poda de hojas), la probabilidad de supervivencia global fue de 0,94 (94,7 %), siendo *C. purdiei* la especie que obtuvo la mayor probabilidad de supervivencia (100 %), seguida de las especies *D. viscosa* y *V. centroboyacana* con 0,97 (97,5 %), *B. macrantha* con 0,96 (96,4 %) y *L. bogotensis* con 0,81 (81,2 %) (Figura 2S b).

La figura 2S c, d y e muestra de manera global los tratamientos en los que hubo mortalidad de las plántulas de cada especie. Así, *B. macrantha* y *D. viscosa* solo registraron mortalidad en el T2, lo que supone una probabilidad de supervivencia de 0,96 (96,4 %) y 0,97 (97,5 %), respectivamente (Figura 2S c). *L. bogotensis* presentó mortalidad en T0 y T2, con una probabilidad de supervivencia de 0,85 (85,4 %) y 0,81 (81,3 %), respectivamente (Figura 2S d), y una supervivencia global de 0,83 (83,3 %), en tanto que *V. centroboyacana* presentó mortalidad con los mismos tratamientos, con una probabilidad de supervivencia de 0,95 (95 %) y 0,97 (97 %), respectivamente (Figura 2S e), y una supervivencia global de 0,96 (96,3 %).

**Crecimiento.** El ANOVA de medidas repetidas indicó diferencias significativas en la tasa de crecimiento relativo en altura a lo largo del periodo entre los 22 y 44 días ( $p=0,014$ ) y entre los 22 y los 65 días de seguimiento ( $p=0,005$ ). La tasa de crecimiento relativo en altura no presentó diferencias significativas entre especies ( $p=0,675$ ) ni entre tratamientos ( $p=0,926$ ) a lo largo del tiempo. La tasa de crecimiento en cobertura presentó diferencias a lo largo del periodo entre los 22 y los 44 días ( $p=0,032$ ) y entre los 22 y los 65 días ( $p=0,013$ ). La tasa de crecimiento en cobertura presentó diferencias entre especies ( $p=2,17e-05$ ), pero fue igual entre tratamientos ( $p=0,225$ ).

El análisis de varianza simple mostró que solo hubo diferencias significativas entre tratamientos en la especie *C. purdiei* ( $p=0,028$ ), siendo mayor la tasa de crecimiento relativo en cobertura (TCRC) en el tratamiento con poda foliar (T2) que en el tratamiento con poda de raíces (T1) ( $p=0,022$ ). La diferencia entre los tratamientos de control y con poda de raíces (T1) no fue significativa ( $p=0,058$ ) en cuanto al crecimiento en altura de la especie *C. purdiei*, sin embargo, se acercó al límite de significación ( $p=0,05$ ), lo que indica que con el tratamiento de control se presentó un mayor crecimiento en altura que en el tratamiento con poda de raíces (T1). El valor de  $p$  para la especie *L. bogotensis* ( $p=0,066$ ) se acercó al límite de significación, indicando que el crecimiento en cobertura fue mayor con el tratamiento de poda de raíces que con el de poda foliar (Tabla 2S, <http://www.racefyn.co/index.php/racefyn/article/downloadSuppFile/76/144>).

La prueba de Kruskal-Wallis indicó que las tasas de crecimiento relativo en altura y cobertura fueron diferentes entre las especies con cada uno de los tratamientos (Tabla 3S, <http://www.racefyn.co/index.php/racefyn/article/downloadSuppFile/76/145>).

Los análisis de varianza mostraron que *L. bogotensis* tuvo mayor crecimiento en altura con el tratamiento control (T0) y con los tratamientos (T1) y (T2) comparada con las otras especies (Figura 3S a, <http://www.racefyn.co/index.php/racefyn/article/downloadSuppFile/76/141>), así como mayor crecimiento en cobertura con el control (T0) y con el tratamiento de poda foliar (T2) que las demás especies. Los valores de  $p$  que aparecen encima de cada barra en la figura 3S a y b se muestra que las diferencias de crecimiento de *L. bogotensis* frente a las otras especies fueron altamente significativas y, además, que *C. purdiei* presentó mayores tasas de crecimiento en cobertura con poda foliar (T2) que *D. viscosa* (Figura 3S b). La comparación entre las demás especies no mostró diferencias significativas en las tasas de crecimiento.

**Estado fitosanitario.** Durante el periodo de aclimatación (tres semanas) las 175 plántulas rescatadas no evidenciaron ningún problema fitosanitario y durante los 65 días de seguimiento

los porcentajes de plántulas enfermas o con algún problema fitosanitario fueron bajos (Figura 4S, <http://www.raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/downloadSuppFile/76/142>). A medida que transcurrió el tiempo todas las especies estudiadas mejoraron su estado fitosanitario, presentándose los mayores porcentajes en la categoría 1 a los 65 días (Figura 4S) (ver el Anexo 2S, <http://www.raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/downloadSuppFile/76/138>).

## Discusión

### *Identificación de las especies más importantes para su uso en la restauración ecológica de la microcuenca del río La Vega*

Las especies nativas que mostraron mayor eficacia para la restauración ecológica en la microcuenca del río La Vega fueron *X. spiculifera*, *C. purdiei*, *B. macrantha*, *V. centroboyacana*, *D. mutisii*, *L. bogotensis* y *D. viscosa*. En el estudio realizado en los alrededores del embalse de Chisacá, **Cardona** (2008) utilizó la misma matriz de criterios y obtuvo otras especies como *Escallonia paniculata*, *Hesperomeles goudotiana*, *Oreopanax mutisianum*, *Pentacalia ledifolia* y *Vallea stipularis*. Las especies registradas en cada sitio son diferentes, pero pueden compartir atributos que las hacen útiles en procesos de restauración; en este caso, las especies encontradas en este estudio y en el del **Cardona** (2008) tienen buena capacidad de adaptación a los diferentes tipos de vegetación, habilidad para competir por espacio, luz y nutrientes, así como para atraer agentes dispersores y persistir y tolerar disturbios en los sitios bajo estudio.

Según **Cardona** (2008), la identificación y la selección de las especies nativas es uno de los primeros pasos de la restauración ecológica, lo que logra conociendo los rasgos de la historia de vida de las especies tal como lo ratifican **Cárdenas & Vargas** (2008), **Montenegro & Vargas**, (2008), **Arroyave, et al.**, (2011) y **Gómez & Vargas** (2011), quienes indican que los rasgos de la historia de vida permiten un mejor entendimiento de las características ecológicas de las especies de interés y una mayor comprensión de cómo se agrupan, interactúan y funcionan en comunidades. **Vázquez, et al.**, (1999) amplían estos conceptos, señalando que las especies útiles en restauración ecológica deben tener características como el rápido crecimiento, la fácil propagación, la resistencia a condiciones limitantes y la buena producción de materia orgánica; así mismo, deben permitir el establecimiento de otras especies de flora y fauna nativas y reducir el de las especies invasoras (**Scott, et al.**, 2012). En este trabajo se encontró que el uso de *B. macrantha*, *L. bogotensis* y *D. viscosa* en la microcuenca del río La Vega sería apropiado porque dichas especies presentan las características con las que podrían alcanzarse las metas de restauración de las áreas degradadas, coincidiendo en esto con **Mahecha, et al.**, (2004) y **Barrera, et al.**, (2010), quienes

también subrayan la importancia de utilizar estas especies en áreas disturbadas, destacando los aspectos ecológicos y los usos que podrían favorecer el ecosistema afectado.

La identificación de estas especies es una herramienta útil para el éxito de proyectos futuros si se emplean en estrategias de plantación como lo indican **Annick, et al.**, (2013), quienes mencionan que la siembra directa de árboles con características útiles en restauración es apropiada en campos abandonados. **Vargas & Lozano** (2008) señalan que después de la identificación de las especies es importante considerar la cantidad de material vegetal necesario, recurriendo a técnicas de propagación con las que se obtenga menor pérdida y mayores tasas de germinación y desarrollo de las plántulas.

### *Propagación sexual de plántulas*

En general, las semillas de las especies que se seleccionaron para los ensayos de germinación son de tamaño pequeño. A este respecto, en un estudio llevado a cabo en Quebec, Canadá, **Annick, et al.**, (2013) concluyeron que el tamaño de las semillas era un factor que influía en la tasa de germinación de las especies, pues las semillas de tamaño grande como las de *Quercus rubra* tuvieron un mayor porcentaje de germinación (57 %) en relación con las semillas pequeñas; además, indican que la emergencia de las plántulas disminuye por la falta de humedad en el suelo y que las semillas más grandes pueden germinar en una gama más amplia de temperaturas que las especies de semillas más pequeñas. Probablemente los factores mencionados también influyeron en la germinación de las semillas en el presente estudio; además, es posible que el riego suministrado no haya sido suficiente y las plántulas estuvieron sometidas a temperaturas mayores en el invernadero.

Algunas de las semillas que se recolectaron en este trabajo estaban afectadas por larvas de insectos y hongos, por lo que no se utilizaron en los ensayos. Esto es similar a lo encontrado por **Godínez & Flores** (1999), quienes mencionan que a pesar de que las condiciones eran óptimas para la mayoría de las semillas de las 32 especies con utilidad para la restauración ecológica de la costa de Guerrero, en Petacalco, México, algunas estaban afectadas por insectos, incluso infestadas de insectos depredadores. En este estudio se verificó la calidad de las semillas, pero aun así, los porcentajes de germinación fueron bajos. Por otro lado, **Hauser** (1994) menciona que la presencia de brúquidos en las semillas favorece la germinación, pues hacen un orificio en la testa que propicia la emergencia rápida de la radícula, lo cual puede ser cierto para las semillas que tienen testa dura, pero no para las de testa blanda, ya que en ellas podrían ocasionar daños en el embrión, como se observó en algunas semillas de testa blanda (*D. viscosa*) desechadas en nuestro estudio.

Las pruebas de viabilidad indirecta mostraron mayores porcentajes de germinación con respecto a lo obtenido experimentalmente (Figura 2S). **Pérez, et al.**, (2011) emplearon las pruebas de flotación y de observación de daño visible recomendadas por **Mulawarman, et al.**, (2003) porque con estas aumenta la posibilidad de usar semillas viables y obtener buenos porcentajes de germinación; sin embargo, estos autores indican que las pruebas indirectas dan una estimación mayor de lo obtenido con la germinación. **Socolowski, et al.**, (2012) evaluaron la viabilidad de las semillas de *Xylopia aromatica*, especie nativa de Brasil, utilizando rayos X y pruebas de tetrazolio, y determinaron que dichas pruebas permiten evaluar el potencial fisiológico y el tipo de dormancia de las semillas, ya que se pueden mostrar embriones con latencia morfofisiológica.

El porcentaje de germinación de las semillas ensayadas fue muy bajo, inferior al 22 %, lo que hace que esta técnica sea más difícil de implementar en la propagación de especies nativas; un ejemplo de esta limitación lo dan **Ramos, et al.**, (2012), quienes indican que especies como *D. viscosa* son muy difíciles de propagar por semilla. En el mismo sentido, **Muszyńska, et al.**, (2013) indican que la contaminación por metales pesados en los órganos generativos de las semillas dificulta su germinación, reduciendo el éxito reproductivo, y que ello ocurre en ambientes perturbados; sin embargo, es improbable que esto esté ocurriendo en el área de estudio porque no hay reportes de la presencia de metales pesados en dichos ecosistemas. Probablemente, los bajos porcentajes de germinación de las otras especies probadas indican que su propagación por semillas no es efectiva con los tratamientos aplicados, por lo que en próximos estudios se deberían considerar otros aspectos como la época de recolecta de los frutos y el tipo de latencia de las semillas de las especies estudiadas, así como comprobar la aplicación de tratamientos pregerminativos que incluyan la escarificación mecánica o ácida, como lo hicieron **Martínez, et al.**, (2006) con buenos resultados en los porcentajes de germinación.

Con el tratamiento de control, es decir, la siembra directa de *D. viscosa*, *C. purdiei*, *V. centroboyacana* y *D. mutisii*, se obtuvieron los mejores porcentajes de germinación y en un tiempo menor comparado con el tratamiento de enfriamiento; no obstante, consideramos que los porcentajes de germinación de este último tratamiento podrían mejorar porque la altitud de la microcuenca del río La Vega (2.800 m) estaría regulando la fisiología reproductiva de las semillas mediante una disminución del nivel de ácido abscísico, tal como lo confirma **Pérez** (2002). Sin embargo, el choque térmico inhibió o retardó el proceso de germinación de las semillas en nuestros ensayos. **Godínez & Flores** (1999), **Castañeda, et al.**, (2007), **Navarro & González** (2007), **Hermosillo, et al.**, (2008) y **Rodríguez, et al.**, (2012) mencionan que

es necesario implementar un tratamiento pregerminativo para obtener mejores porcentajes de germinación y que, igualmente, se debe considerar el tamaño de la semilla, la dureza de la testa y la fisiología de las semillas para activarlas por diferencias de temperatura, así como tener información sobre la biología de las especies para romper el tipo de latencia que pueda estar presente. Los resultados obtenidos en el presente estudio fueron similares a los de **Godínez & Flores** (1999), debido a que la aplicación del tratamiento de enfriamiento no fue efectiva para romper una probable latencia fisiológica de las semillas en especies de la familia Leguminosae y Asteraceae. Dadas las bajas tasas de germinación logradas, es necesario aplicar otros tratamientos que puedan estimular la germinación de las semillas (**Martínez, et al.**, 2006), así como realizar ensayos con diferentes sustratos, aplicar inoculantes fúngicos que promuevan la germinación de las semillas, como lo indican **Delgado, et al.**, (2013), o realizar la siembra directa en campo como lo hicieron **Pérez, et al.**, (2011), para conocer la influencia de otros factores en condiciones *in situ*.

#### **Propagación mediante la técnica de rescate de plántulas**

La elevada supervivencia de las plántulas rescatadas (91,45 %) fue de un nivel similar al obtenido por **Vargas & Lozano** (2008), en cuyo estudio se alcanzó una supervivencia promedio de las plántulas rescatadas de 90,39 %. La supervivencia obtenida en este estudio se asoció al cuidado que se tuvo para no afectar el sistema radicular de las plántulas durante su extracción y trasplante a bolsa. A pesar de que la mortalidad fue baja, se deben incrementar los cuidados de vivero para fomentar la resistencia al estrés, incluida la inoculación de hongos micorrízicos, la aplicación de reguladores de crecimiento, el uso de fertilizantes y el manejo del riego, entre otros, todo lo cual reduce la mortalidad de las plántulas, como lo mencionan **Lui, et al.**, (2012).

En el presente trabajo la técnica de rescate de plántulas resultó efectiva en la propagación de *C. purdiei*, *D. viscosa*, *V. centroboyacana*, *B. macrantha* y *L. bogotensis*. **Gil & Pardo** (1997) indican que el trasplante de plántulas a raíz desnuda genera una situación de estrés en la planta porque con su extracción ocurren daños mecánicos de la raíz, hay cambios en la temperatura y la radiación y se suprime temporalmente el aporte de agua, además de que puede verse afectada por bacterias o parásitos que penetran en la raíz debido a los traumatismos que haya podido sufrir. Sin embargo, se encontró que, a pesar de que la extracción y el trasplante a bolsa son procesos en los que la planta sufre cambios a nivel morfológico y fisiológico, las plántulas de las especies ensayadas respondieron favorablemente al estrés durante el periodo de aclimatación y acondicionamiento en vivero.

El tratamiento con poda de raíces fue el más efectivo en la supervivencia de las plantas que rescatamos. **Grossnickle** (2005) indica que el crecimiento de las raíces es fundamental en el establecimiento de las plántulas y que, por lo tanto, es importante que aun antes de realizar la siembra en el sitio definitivo, las plántulas logren desarrollar un buen sistema radicular en vivero para evitar el estrés y mantener un adecuado equilibrio hídrico. El tratamiento con poda de raíces influyó en el nuevo crecimiento de raíces, el cual es importante en la supervivencia de las plántulas, como lo confirman **Gil & Pardos** (1997) y **Grossnickle** (2005).

Según **Gil & Pardos** (1997), cuando la transpiración supera el proceso de absorción, se altera el balance hídrico, las raíces detienen su crecimiento, los pelos radiculares mueren y se reduce la capacidad meristemática de generar nuevos ápices radiculares, lo que conduce a una baja absorción de agua y de nutrientes. Esto puede ocurrir cuando se realiza poda de raíces, porque se genera un desequilibrio entre las masas radicular y foliar; sin embargo, se encontró aquí que la poda de raíces en un 30 % por plántula estimuló la supervivencia y permitió superar el estrés inicial como lo confirmó el mejoramiento del estado fitosanitario.

El tratamiento con poda de hojas fue efectivo en la supervivencia y el crecimiento de la mayoría de las plántulas de *C. purdiei*, *D. viscosa* y *V. centroboyacana*, ya que como lo señalan **Casanova, et al.**, (2010), el aumento de la biomasa aérea por el efecto de poda podría estar asociado con un estímulo en el cambio de asignación de recursos para la formación de rebrotes. Además, la eliminación de las hojas provoca que durante el desarrollo de nuevos folíolos se disminuya en la planta el proceso de transpiración y el sistema radicular continúe su crecimiento para mantener posteriormente el equilibrio hídrico (**Falcón, et al.**, 2013). Con la poda de hojas se reduce la transpiración y disminuye el proceso fotosintético, la planta no usa las reservas de hidratos de carbono, sino que las almacena para utilizarlas cuando se forme el sistema foliar requerido para emplearlas, y se dedica a la formación del sistema radicular (**Gil & Pardos**, 1997).

El crecimiento en altura y cobertura de las plántulas fue notorio a partir de los 22 días del trasplante a bolsa; los tratamientos no implicaron ninguna diferencia en el crecimiento de las plántulas, pero las especies sí presentaron un crecimiento diferente, lo que indica que cada una responde de maneras diferentes a las condiciones en vivero, como lo indican **Vargas & Lozano** (2008).

A pesar de que no hubo diferencias significativas entre tratamientos en lo referente al crecimiento de las especies, algunas de ellas, como *L. bogotensis*, presentaron mayor crecimiento en cobertura con la poda de raíces, y otras, como *C. purdiei*, con la poda de hojas. La poda de raíces, que se hizo sin afectar los nódulos de *L. bogotensis*, estimuló el crecimiento de las plántulas, ya que estos nódulos permiten que la planta asimile mayor cantidad de nitrógeno para proporcionar un rápido crecimiento a la planta (**Ávila & Vargas**, 2009). Respecto a *C. purdiei*, esta es una especie de la que se conoce poco, sin embargo, fue la que presentó el más rápido desarrollo de rebrotes y de nuevas hojas entre las especies que se ensayaron.

La técnica de rescate de plántulas tratadas con poda de raíces y con poda de hojas resultó muy efectiva en este trabajo y podría ser muy útil en investigaciones posteriores con otras especies útiles en la restauración ecológica; sin embargo, se deben tener en cuenta las consecuencias que esto puede tener sobre el equilibrio de los bosques y las poblaciones de las especies con baja densidad o de aquellas con hábitos muy específicos, como lo mencionan **Vargas & Lozano** (2008).

Así pues, el procedimiento mencionado fue el más efectivo en la propagación de especies potenciales para la restauración ecológica en la microcuena del río La Vega. *C. purdiei* y *L. bogotensis* fueron las especies con mejor desempeño en los experimentos, pues la primera obtuvo los mejores indicadores en supervivencia, la mayor cobertura con poda foliar y el mayor número de plántulas sanas, y la segunda, la mayor tasa de crecimiento relativo en altura y cobertura con poda de raíces. Por esto, se recomiendan para su propagación y potencial uso en proyectos de restauración ecológica en esta microcuena.

---

### Información suplementaria

---

**Tabla 1S.** Valoración de los criterios de selección para establecer el nivel de prioridad de las especies útiles en procesos de restauración ecológica de la microcuena del río La Vega (Cardona, 2008)

**Figura 1S.** Porcentaje de germinación a) *D. viscosa* control= 21% ±1,78 T1=10% ± 1,69 b) *C. purdiei* control=8%

±1,24, T1=2% ±0,36 c) *V. centroboyacana* control=3% ±0,52 T1=0% ±0 d) *D. mutisii* Control= 5,5% ± 0,77 T1=2% ± 0,32

**Anexo 1S.** Seguimiento de la emergencia de plántulas

**Figura 2S.** Curvas de supervivencia no paramétricas obtenidas por el método Kaplan-Meier. a) De las especies en el control. b)

De las especies en el T2. c) De los tratamientos en donde hubo mortalidad de *B. macrantha* y *D. viscosa*. d) De los tratamientos en donde hubo mortalidad de *L. bogotensis* e) De los tratamientos en donde hubo mortalidad de *V. centroboyacana*

**Tabla 2S.** Valores de significancia (*p*-valor) según las tasas de crecimiento en altura y cobertura obtenidas para cada especie (comparación entre tratamientos)

**Tabla 3S.** Valores de significancia (*p*-valor) según las tasas de crecimiento en altura y cobertura obtenidas para cada tratamiento (comparación entre especies)

**Figura 3S.** Tasa de crecimiento relativo a) *altura* y b) *cobertura* con los valores de *p* para las combinaciones de especies que presentaron diferencias significativas en cada tratamiento.

**Figura 4S.** Porcentaje de plántulas en estado fitosanitario 1, 2 y 3 durante el periodo de seguimiento.

**Anexo 2S.** Plántulas después de 65 días del trasplante a bolsa.

## Agradecimientos

Al programa de Jóvenes Investigadores e Innovadores “Virginia Gutiérrez de Pineda” de Colciencias, por la cofinanciación de esta investigación. A la Dirección de Investigaciones de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, por su colaboración. A la Secretaría de Desarrollo Rural de la Alcaldía Municipal de Tunja, por el aporte en materiales y herramientas utilizadas en la investigación. A los integrantes del Grupo de Investigación en Ecología de Bosques Andinos Colombianos, por su colaboración, asesoría y acompañamiento durante el trabajo de campo. A los biólogos Daniel Humberto Galindo y Oscar Mauricio Roa Casas por su asesoría y colaboración en el manejo estadístico de los datos. Al coordinador Pedro Chaparro y a los operarios del vivero Puente Restrepo de la UPTC.

## Conflicto de interés

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés

## Referencias

- Aguayo, C. & Lora, M.** 2007. Cómo hacer “paso a paso” un Análisis de Supervivencia con SPSS para Windows. DOCUWEB FABIS-Fundación Andaluza Beturia para la investigación en salud.
- Annick, D., Messier, C. & Kneeshaw, D.** 2013. Seed Size, the Only Factor Positively Affecting Direct Seeding Success in an Abandoned Field in Quebec, Canada. *Revista Forests* **4**: 500-516.
- Arroyave M. P., Uribe, D.M. & Posada, M. I.** 2011. Restauración ecológica de la zona de ribera del río La Miel (Departamento De Caldas, Colombia. En Vargas, O. (ed.). *La restauración ecológica en la Práctica: Memorias del I Congreso Colombiano de Restauración Ecológica*: 252-259. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Ávila, L. & Vargas, O.** 2009. Formación de núcleos de restauración de *Lupinus bogotensis* dentro de claros en plantaciones de *Pinus patula* y *Cupressus lusitanica*. En: Vargas, O., León & Díaz, A. (Eds.) *Restauración ecológica en zonas invadidas por retamo espinoso y plantaciones forestales de especies exóticas*: 234-262. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Barrera, J. I., Contreras, S. M., Garzón, N., Moreno, A. C., Montoya, S.P.** 2010. Manual para la restauración ecológica de los ecosistemas disturbados del distrito capital. Primera Edición. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- Cárdenas, G. & Vargas, J. O.** 2008. Rasgos de historia de vida de especies en una comunidad vegetal alterada en un páramo húmedo (Parque Nacional Natural Chingaza). *Caldasia* **30**: 245-264.
- Cardona, A.** 2008. Propagación vegetativa de cinco especies potencialmente importantes para la restauración ecológica del bosque altoandino. En: Vargas, O. (ed.). *Restauración ecológica del bosque altoandino. Estudios diagnósticos y experimentales en los alrededores del Embalse de Chisacá (Localidad de Usme, Bogotá D.C.)*: 497-516. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Casanova, F., Ramírez, L. & Solorio, F.** 2010. Efecto del intervalo de poda sobre la biomasa foliar y radical en árboles forrajeros en monocultivo y asociados. *Journal Tropical and Subtropical Agroecosystems*, **12**: 657 -665.
- Castañeda, S., Garzón, Á., Cantillo, M., Torres, M. & Silva, L.** 2007. Análisis de la respuesta de ocho especies nativas del bosque alto andino ante dos métodos de propagación. *Revista Colombia Forestal* **10**: 79-90.
- Delgado, P., Jiménez, J., Guerrero, M., & Flores, J.** 2013. Effect of fungi and light on seed germination of three *Opuntia* species from semiarid lands of central Mexico. *Revista Plant Research* **126**:643–649.
- Falcón, E., Riera, M. & Rodríguez, O.** 2013. Efecto de la inoculación de hongos micorrizógenos sobre la producción de posturas forestales en dos tipos de suelos. *Revista Cultivos Tropicales* **34**: 32-39.
- Gil, L. & Pardos, J.** 1997. Aspectos funcionales del arraigo. La calidad fisiológica de la planta forestal. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales* **4**: 27-33.

- Godínez, H. & Flores, A.** 1999. Germinación de semillas de 32 especies de plantas de la costa de Guerrero: su utilidad para restauración ecológica. *Polibotánica* **11**: 1-19.
- Gómez, P & Vargas O.** 2011. Grupos funcionales de especies promisorias para la restauración ecológica con base en sus rasgos de historia de vida en la Reserva Natural Ibanasca (Ibagué, Tolima, Colombia). En: Vargas O. & Reyes S. (eds.). *La restauración ecológica en la práctica: Memorias del I Congreso Colombiano de Restauración Ecológica y II Simposio Nacional de Experiencias en Restauración Ecológica*: 239-247. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Grossnickle, S.** 2005. Importance of root growth in overcoming planting stress. *Revista New Forests* **30**: 273–294.
- Guisande, C., Vaamonde, A. & Barreiro, A.** 2011. Tratamiento de datos con R, Estadística y SPSS. Ediciones Díaz de Santos. Madrid- España.
- Gutiérrez, G. E. & Gómez, N. L.** 2013. Aplicación de compost para la inducción de la sucesión vegetal en un área afectada por minería a cielo abierto en la microcuenca del río La Vega, Tunja Boyacá. Manuscrito inédito. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja Colombia.
- Hastwell, G. T. & Facelli, J. M.** 2003. Differing effects of shade-induced facilitation on growth and survival during the establishment of a chenopod shrub. *Journal of Ecology*: **91**: 941–950.
- Hauser, P.T.** 1994. Germination, predation and dispersal of *Acacia albida* seeds. *OIKOS*, **71**: 421-426.
- Hermosillo, Y., Aguirre, J., Rodríguez, R., Aguirre, C., Gómez, A. & Magaña R.** 2008. Métodos inductivos para maximizar la germinación de semilla de germoplasma nativo en vivero para sistemas silvopastoriles en Nayarit, México. *Revista Zootecnia Tropical* **26**: 355-358.
- Jarro, E.** 2004. Conceptos generales. En: Montoya, S. (ed.). *Guía técnica para la restauración de áreas de rondas y nacederos del Distrito Capital*: 7-13. Bogotá, Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente (Dama).
- Liu, Y., Bai, S., Zhu, Y., Li, G. & Jiang, P.** 2012. Promoting seedling stress resistance through nursery techniques in China. *Revista New Forests* **43**: 639–649.
- Lugano, L.** 2002. Cosecha de plantines para forestar. Manuscrito inédito. Núcleo de Extensión Forestal Patagonia Proyecto Forestal de Desarrollo SAGP y A – BIRF Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Mahecha, G., Ovalle, E., Escobar, A., Camelo, D., Rozo, A. & Barrero, D.** 2004. Vegetación del Territorio CAR-450 especies de sus llanuras y montañas. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca-CAR.
- Martínez, G., Orozco, A. & Martorell, C.** 2006. Efectividad de algunos tratamientos pre-germinativos para ocho especies leñosas de la Mixteca Alta oaxaqueña con características relevantes para la restauración. *Boletín de la Sociedad Botánica de México. Sociedad Botánica de México* **79**: 9-20.
- Montenegro A. L. & Vargas O.** 2008. Atributos vitales de especies leñosas en bordes de bosque altoandino de la Reserva Forestal de Cogua (Colombia). *Rev. Biología Tropical* **56**: 705-720.
- Morales, J., Carneiro, C. M. & Serrano, O.** 2002. Estado de la información forestal en Colombia. Comisión Europea, Organización de las Naciones para la agricultura y la alimentación. Santiago de Chile.
- Mulawarman, JM Roshetko, SM Sasongko and D Irianto.** 2003. How to measure seed quality? En: Mulawarman, JM Roshetko, SM Sasongko and D Irianto (eds.). *Tree Seed Management – Seed Sources, Seed Collection and Seed Handling: A Field Manual for Field Workers and Farmers*. International Centre for Research in Agroforestry (ICRAF) and Winrock International: 42-44. Bogor, Indonesia.
- Muszyńska, E., Hanus, E. & Ciarkowska K.** 2013. Evaluation of Seed Germination Ability of Native Calamine Plant Species on Different Substrata. *Pol. J. Environ. Stud* **22**: 1775-1780.
- Navarro, M. & González, E.** 2007. Efecto de la Escarificación de Semillas en la Germinación y Crecimiento de *Ferocactus robustus* (Pfeiff.) Britton & Rose (Cactaceae). *Revista Zonas Áridas* **11**: 195-205.
- Nie, N. H., Hadlai, C. y Bent, D. H.** 1968. *Pasw-Statistics Versión 18*. IBM SPSS. National Opinion Research Center. Chicago. URL: <http://www.ibm.com/spss>.
- Pérez, F.** 2002. Germinación y Dormición de Semillas. En: Sánchez, A., Arroyo, M.; Navarro, R. (Eds.) *Material Vegetal de Reproducción: Manejo, Conservación y Tratamiento*: 177-200. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. Sevilla, España.
- Pérez, I., Ochoa, S., Vargas, G., Mendoza, M. & González, N.** 2011. Germinación y supervivencia de seis especies nativas de un bosque tropical de Tabasco, México. *Madera y Bosques* **17**: 71-91.
- Ramírez, A.** 2006. *Ecología métodos de muestreo y análisis de poblaciones y comunidades*. 1ª Edición. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- Ramos, R., Orozco, A., Sánchez, M. & Barradas V.** 2012. Vegetative propagation of native species potentially useful in the restoration of Mexico City's vegetation. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **83**: 809-816.
- Rangel, O. Lowy P., Aguilar, M. & Garzón A.** 1997. Tipos de vegetación en Colombia. En Rangel O., (Ed.). *Diversidad Biótica II Tipos de vegetación en Colombia*: 89-381. Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales - Universidad de Colombia.
- Rodríguez, J., Valdés, Y. & Rodríguez, R.** 2012. Tratamientos a semillas para mejorar la germinación de *Colubrina ferruginosa* Brong. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* **18**: 27-31.

- Rojas, F.** 2002. Metodología para la evaluación de la calidad de plántulas de ciprés (*Cupressus lusitanica* Mill.) en vivero. Revista Chapingo **8**: 75-81.
- Segura, B.** 2005. Las especies introducidas, ¿son benéficas o dañinas? - En: www.conabio.gob.mx.
- Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group.** 2004. The SER International Primer on Ecological Restoration & Tucson: Society for Ecological Restoration International. Recuperado de: www.ser.org
- Scott, A., Craig, D., Smith, D. and Newton, A.** 2012. Identifying Native Vegetation for Reducing Exotic Species during the Restoration of Desert Ecosystems. Restoration Ecology **20**: 781–787.
- Socolowski, F., Moure & S., Mascia, D.** 2012. Viability of recently harvested and stored *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. (Annonaceae) seeds. Revista Brasileira de Sementes **34**: 408 – 415.
- Trujillo, N. E.** 2009. Guía de reforestación 2da Edición, ilustrada aumentada y actualizada.
- Vargas, W. & Lozano, F.** 2008. El papel de un vivero en un proyecto de restauración en paisajes rurales andinos. Establecimiento del corredor Barbas – Bremen. En: Barrera, J.I., Aguilar, M. & Rondón, D. (eds.). Experiencias de restauración ecológica en Colombia “Entre la sucesión y los disturbios”: 67-82. Escuela de Restauración Ecológica ERE. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- Vázquez, C., Batis, A. I., Alcocer, M. I., Gual, M. & Sánchez, C.** 1999. Árboles y Arbustos Nativos Potencialmente Valiosos para la Restauración Ecológica y la Reforestación. Proyecto J-084 – Conabio. México: Universidad Autónoma de México.