

PROPAGACIÓN *IN VITRO* Y EN VIVERO DE *Baccharis incarum* PARA REVEGETACIÓN EN TALUDES DE CARRETERA SENKATA Y MANTECANI LA PAZ, BOLIVIA

In vitro and nursery propagation of *Baccharis incarum* for revegetation on slopes of the Senkata and Mantecani La Paz, Bolivia

Beatriz Mamani Sánchez¹, Virginia Chalco², Hilda Corina Pillco Tancara³, Máximo Nova Pinedo⁴

RESUMEN

La construcción de carreteras ocasiona cambios en el paisajismo del ecosistema, en casos extremos causa la erosión y pérdida de capacidad productiva del suelo. Para este tipo de proyectos, en las EEIA como medida de mitigación recomiendan revegetación del derecho de vía con especies nativas. En el caso de la construcción del tramo carretero Senkata y Mantecani, *Baccharis incarum*, entre otras, están identificadas para estos fines. En ese sentido, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la propagación *in vitro* desde la germinación, multiplicación, enraizamiento y aclimatación y evaluar la propagación por semillas en sustratos en condiciones de vivero. Las semillas fueron sembradas en medio MS, para la multiplicación se emplearon los T1 (0.2 mg L⁻¹ BAP); T2 (0.2 mg L⁻¹ BAP+0.01 mg L⁻¹ ANA); T3 (0.4 mg L⁻¹ BAP) y T4 (0.4 mg L⁻¹ BAP+0.01 mg L⁻¹ ANA). Para el enraizamiento se emplearon los T1 (75 % MS+30 g sacarosa); T2 (75 % MS+0.5 mg L⁻¹ AIB+30 g sacarosa); T3 (75 % MS+0.5 mg L⁻¹ AIB+50 g sacarosa) y T4 (75 % MS+0.5 mg L⁻¹ AIB+70 g de sacarosa). Durante la aclimatación se usó sustratos T1 (3:2:1) y T2 (3:2:2) de tierra negra, arena y humus de lombriz respectivamente. Para la siembra en vivero se empleó el sustrato T1. En condiciones *in vitro* a los 42 días presentó un 48.47 % de germinación, el T2, en la multiplicación obtuvo mayor número de brotes durante el segundo subcultivo (9.4) con 35.8 mm de longitud del brote. El T2 presentó mayor número de raíces (8.1) con menor longitud (29.7 mm). Los dos sustratos presentaron un 97 % de sobrevivencia. En condiciones de vivero un 30 % emergieron al cabo de 4 días de siembra.

Palabras clave: *Baccharis incarum*, germinación, multiplicación, enraizamiento, aclimatación.

ABSTRACT

The construction of roads causes changes in the landscape of the ecosystem, in extreme cases it causes erosion and loss of productive capacity of the soil. For this type of project, the EEIAs recommend revegetating the right-of-way with native species as a mitigation measure. In the case of the construction of the Senkata and Mantecani road section, *Baccharis incarum*, among others, are identified for these purposes. In this sense, the objective of this work was to evaluate the *in vitro* propagation from germination, multiplication, rooting and acclimatization and to evaluate the propagation by seeds in substrates under nursery conditions. The seeds were sown in MS medium, for the multiplication the T1 (0.2 mg L⁻¹ BAP) were used; T2 (0.2 mg L⁻¹ BAP+0.01 mg L⁻¹ ANA); T3 (0.4 mg L⁻¹ BAP) and T4 (0.4 mg L⁻¹ BAP+0.01 mg L⁻¹ ANA). For rooting, T1 (75 % MS+30 g sucrose) were used; T2 (75 % MS+0.5 mg L⁻¹ AIB+30 g sucrose); T3 (75 % MS+0.5 mg L⁻¹ AIB+50 g sucrose) and T4 (75 % MS+0.5 mg L⁻¹ AIB+70 g sucrose). During acclimatization, substrates T1 (3:2:1) and T2 (3:2:2) of black earth, sand and worm humus were used, respectively. For sowing in the nursery, the T1 substrate was used. Under *in vitro* conditions at 42 days it presented 48.47 % germination, T2, in the multiplication it obtained a greater number of shoots during the second subculture (9.4) with 35.8 mm of shoot length. T2 presented a greater number of roots (8.1) with less length (29.7 mm). The two substrates presented a 97 % survival. Under nursery conditions, 30 % emerged after 4 days of planting.

Keywords: *Baccharis incarum*, germination, multiplication, rooting, acclimatization.

¹  Departamento de Investigación y Proyectos, Unidad de Académica Campesina Carmen Pampa, Universidad Católica Boliviana "San Pablo", Bolivia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9513-6941>. beita.mamani@gmail.com

² Universidad Pública de El Alto, Bolivia. blueskyviki@yahoo.es

³ Unidad de Académica Campesina Carmen Pampa, Universidad Católica Boliviana "San Pablo", Bolivia. hildacorey@gmail.com

⁴ Unidad de Académica Campesina Carmen Pampa, Universidad Católica Boliviana "San Pablo", Bolivia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1104-6402>

INTRODUCCIÓN

La minería, la construcción de gaseoductos, líneas de ferrocarril y carreteras, causan graves daños en las zonas adyacentes, estas pueden ser gravemente afectadas por procesos como la colmatación de cauces, canales, o embalses y la pérdida de calidad de las aguas debido a los materiales erosionados, así como por el impacto paisajístico de la propia infraestructura y por la pérdida de las funciones del ecosistema que existía antes de la perturbación (Lieberman, 2010).

En zonas degradadas, por construcción de carreteras, por ejemplo, las pérdidas por erosión pueden llegar a ser 15 veces mayores que en las zonas agrícolas colindantes (Navarro y Jonte, 1996). Las elevadas tasas de erosión ponen en peligro las propias infraestructuras por pérdida, de soporte estructural o por la colmatación de los canales de drenaje de la propia carretera y también pueden poner en peligro a los usuarios de la infraestructura por el riesgo que supone para el tráfico la deposición de sedimentos sobre la vía. Si bien se tiene establecido un derecho de vía (modificación de 50 metros a ambos márgenes de la carretera), la construcción y operación de ésta, causa impactos negativos en el suelo (densidad, temperatura, contenido de agua, niveles de luz, polvo, aguas superficiales, patrones de escurrimiento y sedimentación) (Trombulak y Frissell, 2000). En taludes de carretera o de minas es común que se produzca colonización natural tanto de especies ruderales propias de ambientes alterados como de especies de matorral (Andrés et al., 1996; Andrés y Jorba, 2000). No obstante, este proceso de colonización es muy lento como para controlar la erosión y especialmente escaso en climas áridos (García-Fayos, 2004).

Bolivia, desde el 2006 destina recursos del Tesoro General de la Nación a proyectos de construcción de carreteras, rehabilitación y mantenimiento (Administradora Boliviana de Carreteras, 2011). Los Estudios de Evaluación de Impacto Ambiental (EEIA) en carreteras (que en Bolivia tienen calidad de Ley), toman en cuenta medidas para evitar la erosión mediante la recuperación de la cobertura vegetal o revegetación, estas medidas deben ser seguidas por las empresas contratistas. En este sentido, se tienen experiencias exitosas con hidrosiembra y siembra de macollos de gramíneas en la Carretera Cotapata-Santa Bárbara (La Paz) perteneciente a un ecosistema Yungueño (Daza, 2005). Sin embargo, no

sucede de la misma forma en climas áridos. Esto se debe a diversos factores: Primero, el proceso de revegetación es tomado en cuenta como una de las actividades finales de la etapa de construcción (generalmente durante la fase de mantenimiento) cuando debería llevarse a cabo durante el primer año (Servicio Nacional de Caminos, 2002). Segundo el EEIA establece las especies nativas que deben utilizarse, pero, al requerirse grandes cantidades, las empresas contratistas no pueden encontrarlas en el mercado. Debido a esto, no llevan a cabo la revegetación o eligen especies introducidas no adaptadas a las condiciones de la zona (Lieberman, 2010).

La carretera doble vía La Paz-Oruro es uno de los proyectos financiados por la Corporación Andina de Fomento (CAF). El tramo I, Senkata-Lekepampa se encuentra dentro de un ecosistema de puna semiárida y constituye el tramo con taludes de mayor pendiente (sobre los 50 grados). Después de un año de iniciadas las obras y tras una época de lluvias (diciembre a febrero) estos taludes (que comprenden 10 hectáreas) se encuentran desnudos y visiblemente erosionados con evolución hacia cárcavas.

Las especies que son identificadas con fines de revegetación en la zona están *Parastrephia lepidophylla*, *P. lucida*, *P. quadrangularis*, *Baccharis incarum*, *B. boliviensis* (PCA Ingenieros Consultores, 2008). De las cuales no se tienen viveros que se dedican a la propagación masiva, ni siquiera con fines experimentales. *Baccharis incarum* comúnmente es conocida como ñak'a t'ula es un arbusto nativo, adaptado a estas características climáticas, presentan diversas funciones (conservación de los suelos, fuente de materia orgánica, medicinal, forrajera, leña (combustible) y tinturas). Sin embargo, se encuentran fuertemente amenazados por el sobre pastoreo, la extracción de leña y el avance de la frontera agrícola (Ventura y Bonifacio, 2018).

Otra alternativa de propagación de plantas de manera no convencional es a través de la micropropagación, estas es una técnica que permite el cultivo en condiciones físicas y químicas controladas, se obtiene altas tasas de multiplicación en espacios reducidos y es independiente de las condiciones ambientales. Hasta la fecha en reportes de trabajos en propagación *in vitro* en el género *Baccharis* se cuenta con un estudio en *B. tridentata* Vahl a partir de ápices de brotes, en medio MS, sin adición de fitoreguladores, permitiendo el establecimiento de un banco de plantas

homogéneas (Kajaki y Shepherd, 2006). Generalmente, se emplean medios de calidad químicamente puros como el Murashige y Skoog, Knudson C, entre otros. En ese sentido el presente trabajo tiene como objetivo evaluar la propagación convencional (sustratos) y medios alternativos a través de la micropopagación de *Baccharis incarum* a partir de semillas hasta la aclimatación con el fin revegetar taludes de las carreteras en climas áridos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de la zona de estudio

La colecta de muestras vegetales se realizó en el Municipio de Patacamaya geográficamente está situado entre las coordenadas 17°05' - 17°20' de latitud sur, 67°45' - 68°07' de longitud oeste se encuentra ubicada al centro de la provincia Aroma, a

una altitud promedio de 3 789 m s.n.m., base a información del Instituto Geográfico Militar.

Metodología

Fase de campo: seguimiento fenológico

En el municipio de Patacamaya en la zona de Patarani se encuentran poblaciones aisladas de *Baccharis incarum* asociadas con *Parastrephia lepidophylla*, *Adesmia miraflorensis*. Están alrededor de parcelas abandonadas de porte mediano y también están como límites naturales entre las parcelas del cultivo de quinua. En cuanto a parámetros fenológicos ambas especies en agosto del 2015 se encuentran con botones florales, en septiembre y octubre se hallan en floración, en noviembre presentaron dehiscencia de las semillas, las cuales fueron colectadas en sus inflorescencias.



Figura 1. Vista general de relictos de *Baccharis incarum* (principal), floración en la zona de Patarani (superior) y colecta de semillas (inferior)

Fase de laboratorio y vivero

El material colectado fue llevado a la Unidad de Biotecnología Vegetal del Instituto de Biología y

Biotecnología Molecular de la Universidad Mayor de San Andrés. Estas fueron secadas en bandejas hasta que se desprendan y posteriormente se seleccionaron las semillas (Figura 2).



Figura 2. Secado de semillas (Izq.), selección de semillas (Cent.) y almacenado de semillas en táper (Der.).

Prueba de germinación en cajas Petri

Para determinar de manera indirecta la viabilidad de las semillas se sembraron 50 semillas de *Baccharis incarum* utilizando como sustratos el papel absorbente con 10 repeticiones (caja petri).

Preparación de medio de cultivo

En un matraz Erlenmeyer se colocó agua destilada al

cual se añadió las soluciones stock de MS (A, B, C, D y E), luego se adicionó 30 g L⁻¹ de azúcar, el pH fue ajustando a 5.7±0.1 (con hidróxido de sodio 1 N y ácido clorhídrico 3 %), después se colocó 5 g L⁻¹ de agar, una vez hervido el medio dentro del horno de microondas, después se distribuyó en frascos de cultivo. Finalmente se colocó a una autoclave a 120 °C y 15 PSI durante un tiempo de 15 minutos.

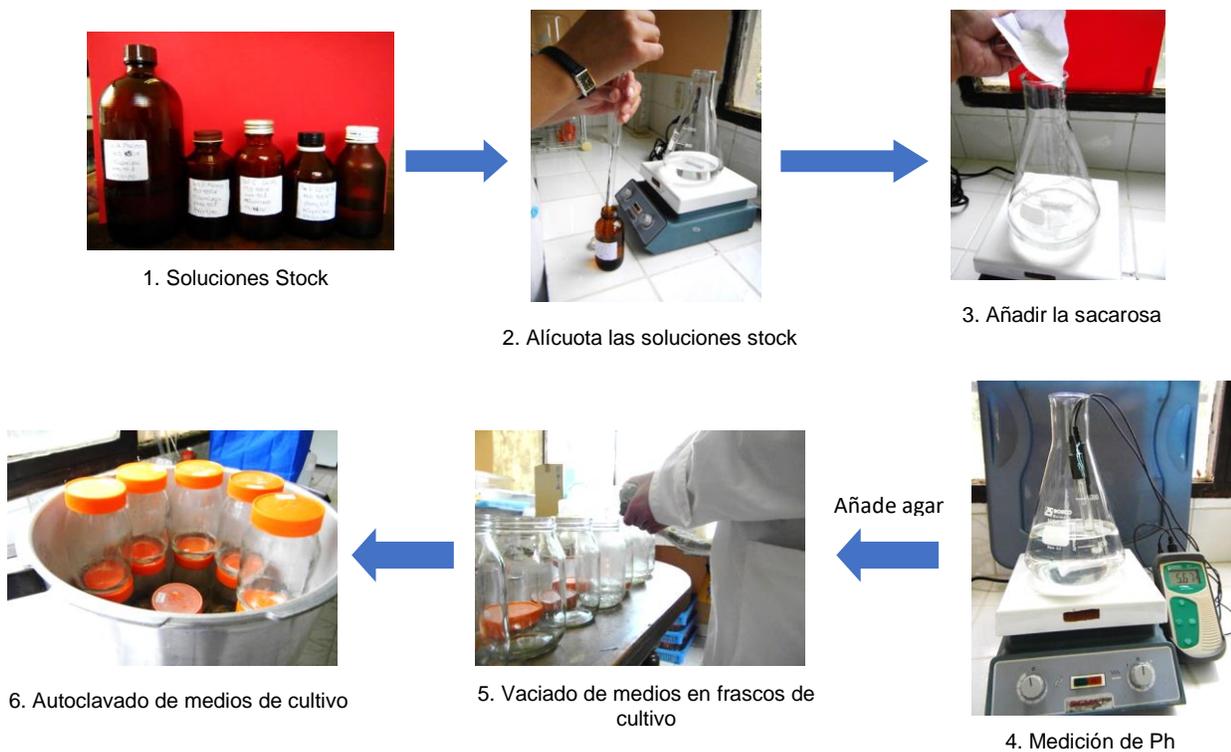


Figura 3. Esquema de preparación de medio de cultivo.

Siembra de las semillas

Las semillas fueron desinfectadas con alcohol al 70 % por 1 minuto y después se desinfectaron en: T1 (1 % de NaClO durante 15 min), T2 (0.8 % de NaClO

durante 15 min) y T3 (0.8 % de NaClO durante 10 min). Seguidamente, dentro de la cámara de flujo laminar se enjuagó las semillas en el aparato de filtración con agua destilada esterilizada y sembradas en los medios de cultivo de MS.



Figura 4. Procedimiento de desinfección de las semillas.

Fase de multiplicación

Los brotes establecidos fueron sembrados en diferentes medios de multiplicación donde se variaron concentraciones de Bencilaminopurina (BAP) (Tabla 1).

Tabla 1. Tratamientos para la etapa de multiplicación de *Baccharis incarum*.

| Tratamientos | Medios de cultivo |
|--------------|---|
| T1 | MS + 0.2 mg L ⁻¹ BAP |
| T2 | MS + 0.2 mg L ⁻¹ BAP + 0.01 mg L ⁻¹ ANA |
| T3 | MS + 0.4 mg L ⁻¹ BAP |
| T4 | MS + 0.4 mg L ⁻¹ BAP + 0.01 mg L ⁻¹ ANA |

Fase de enraizamiento

Los brotes establecidos fueron sembrados en diferentes medios de enraizamiento de ácido indolbutírico (AIB) y variando concentraciones de sacarosa (Tabla 2).

Tabla 2. Tratamientos para la etapa de enraizamiento de *Baccharis incarum*.

| Tratamientos | Medios de cultivo |
|--------------|--|
| T1 | 75 % MS + 30 g sacarosa |
| T2 | 75 % MS + 0.5 mg L ⁻¹ AIB + 30 g sacarosa |
| T3 | 75 % MS + 0.5 mg L ⁻¹ AIB + 50 g sacarosa |
| T4 | 75 % MS + 0.5 mg L ⁻¹ AIB + 70 g sacarosa |

Fase de aclimatación

Para la aclimatación de las vitroplantas de *Baccharis incarum* se sembraron en dos diferentes sustratos compuestos por T-1 (3 tierra negra, 2 arena y 1 de humus de lombriz) y T-2 (3 tierra negra, 2 arena y 2 de humus de lombriz). El procedimiento de la aclimatación consistió: a) día antes de realizar la aclimatación se extrajo las tapas de los envases que contenían las vitroplantas, y fueron sometidas a altas intensidad lumínica dentro de la cámara de crecimiento, con la finalidad que las vitroplantas no sufran cambios drásticos durante la aclimatación, b) seguidamente, se sacaron las vitroplantas de los tubos de ensayo y fueron lavados con agua de grifo, c) luego las vitroplantas se colocaron por 10 segundos a 1 % de benomil d) fueron enjuagados y sembrados en los sustratos estériles (con agua hervida) y e) se cubrió con un plástico por completo para evitar las pérdida de agua y de manera gradual se abrió y después de 15 días se descubrió por completo.

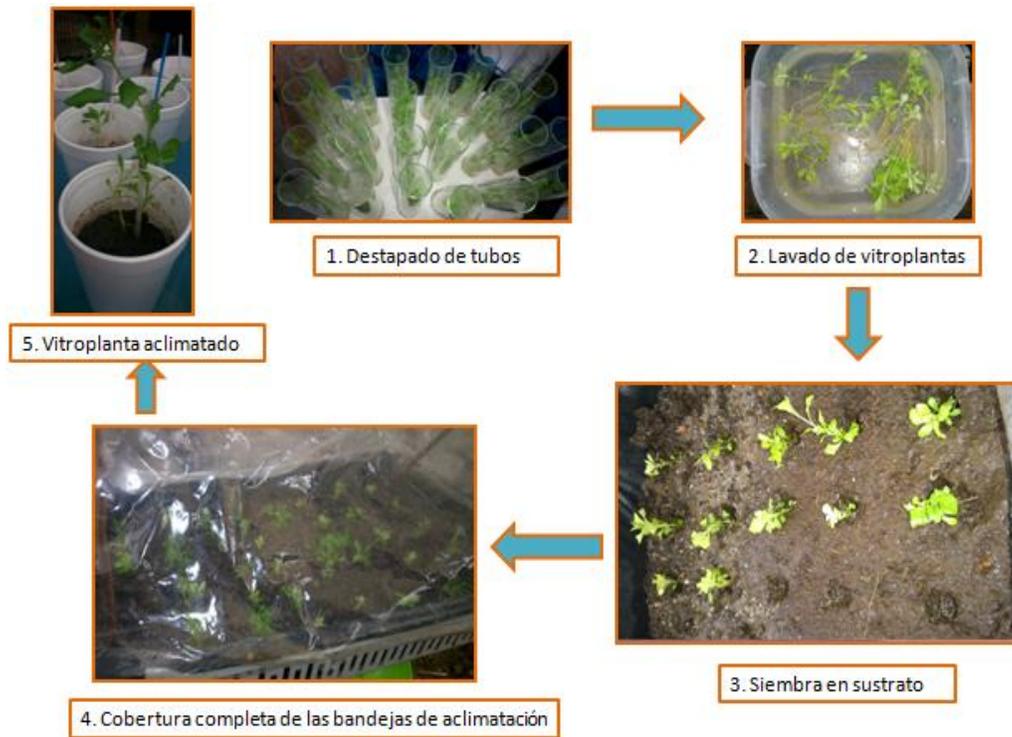


Figura 5. Esquema de aclimatación de *Baccharis incarun*.

Diseño Experimental

El diseño aplicado para determinar el efecto de los medios de cultivo en las fases de multiplicación y enraizamiento fue un diseño completo al azar (DCA), las cuales contaban con una batería de tratamientos en cada fase de evaluación (Tabla 1 y 2). Para la aclimatación se usó la prueba de T-Student, cada tratamiento está dado por 25 repeticiones. En caso de encontrarse diferencias significativas se aplicó la prueba Duncan al 0.05 %. Para su análisis estadístico se empleó el paquete Info Stat Versión 2018.

Variables de respuesta

Las variables evaluadas en el laboratorio fueron: porcentaje de viabilidad. a) en la fase de introducción: porcentaje de contaminación y porcentaje de germinación, b) en la fase de multiplicación: número y altura de brotes, c) en la fase de enraizamiento: longitud del brote, número de hojas, número y longitud de raíces, d) en la fase de aclimatación: porcentaje de sobrevivencia. Las variables evaluadas en vivero fue el porcentaje de emergencia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Germinación en cajas Petri

Al cabo de 42 días de evaluación las semillas procedentes de *Baccharis incarun* germinaron en un 41 % (Figura 6).



Figura 6. Semillas de *Baccharis incarun* que germinaron en cajas Petri.

Germinación in vitro

El T1 (1 % de NaClO durante 15 min) presentó menor porcentaje de contaminación (40 %), en relación a T2 (0.8 % de NaClO durante 15 min) y T3 (0.8 % de NaClO durante 10 min) que presentaron 70 % de contaminación, ocasionado por hongos (Figura 7). Entre T1 y T2 se denota una diferencia en la concentración que favorece en menos pérdida por contaminación, el T1. El hipoclorito es uno de desinfectantes usados en la desinfección en relación a otros productos, que es de fácil acceso y bajo costo, en un estudio que realizó Borges et al. (2009) en explantes de *Dioscorea alata* determina que a medida que se incrementa la concentración de NaClO la desinfección fue más efectiva. Durante la introducción de *B. incarum* los microorganismos ocasionan pérdidas del material vegetal en un 40 % esto probablemente se deba al tipo de semillas, estas tienen pubescencia los cuales haya impedido una mejor desinfección. Sin embargo, la estrategia de este tipo de semillas que cuentan con cipselas (pubescencia) facilita la dispersión por el viento (Tucat et al., 2022).



Figura 7. Vitroplantas de *B. incarum* que germinaron al cabo de 42 días de siembra.

En la Figura 8 se observa que porcentaje de germinación *B. incarum* aumenta progresivamente hasta un 48.47 % a los 42 días. El porcentaje de

germinación en condiciones *in vitro* esta dada por factores intrinsicos y extrinsicos, entre los intrinsicos esta la viabilidad, para este stock de semillas su potencial de germinación fue de 41 %, que esta muy cercano a 48.47 % de germinación. Entre factores extrinsicos estan la temperatura, humedad, el desinfectante hipoclorito, este ultimo si esta en altas concentraciones puede ocasionar la muerte del embrión. Con relacion a la tempetarura Manfreda et al. (2020) señalan en la especie, *B. ulicina* un rango de temperatura de 20 a 28 °C es óptima para la germinación, lo cual en condiciones *in vitro* la temperatura promedio de la sala de crecimiento estaba en 25.2 °C.

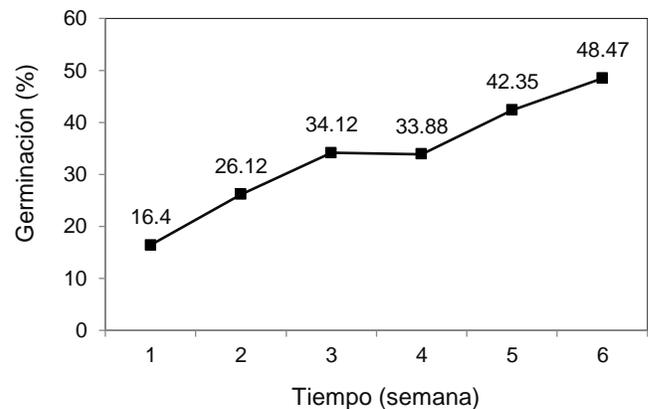


Figura 8. Variación semanal de la germinación de *B. incarum*.

Multiplicación in vitro en *Baccharis incarum*

Número y altura de brotes primer y segundo subcultivo

Según el análisis de varianza para el número de brotes del primer y segundo subcultivo por efecto de los diferentes medios empleados muestra diferencias significativas ($F=3.28$; $G1=3.56$; $P<0.05$) y ($F=2.43$; $G1=3.56$; $P<0.05$) respectivamente. Para el primer subcultivo, el medio con 0.4 mg L^{-1} BAP (T3) presentó mayor número de brotes (6.4) seguidos de los medios de los tratamientos T1 y T2 de 5.7 y 5.6 respectivamente. Sin embargo, en el segundo subcultivo, el T2 obtuvo mayor número de brotes de 9.4 (Tabla 3).

Tabla 3. Número y altura de brote durante el primer y segundo subcultivo en medios de multiplicación.

| Tratamiento | Medios de cultivo | Primer subcultivo | | | | Segundo subcultivo | | | |
|-------------|---|-------------------|----|-----------------------|---|--------------------|----|-----------------------|---|
| | | Número de brotes | | Altura del brote (mm) | | Número de brotes | | Altura del brote (mm) | |
| T1 | MS + 0.2 mg L ⁻¹ BAP | 5.7 | ab | 26.6 | a | 4.0 | a | 26.7 | c |
| T2 | MS + 0.2 mg L ⁻¹ BAP + 0.01 mg L ⁻¹ ANA | 5.6 | ab | 33.5 | a | 9.4 | b | 35.8 | a |
| T3 | MS + 0.4 mg L ⁻¹ BAP | 6.4 | a | 23.1 | a | 6.1 | ab | 30.1 | a |
| T4 | MS + 0.4 mg L ⁻¹ BAP + 0.01 mg L ⁻¹ ANA | 4.5 | b | 27.2 | a | 6.7 | ab | 26.4 | b |

En el tamaño de los brotes en el primer subcultivo no presentó diferencias significativas ($F=1.52$; $Gl=3.56$; $P>0.05$), pero se presentó diferencias significativas para el segundo subcultivo ($F=9.07$; $Gl=3.56$; $P<0.05$). La altura de los brotes oscila entre 26 a 35 mm, siendo en el T2 presentó mayor altura de los brotes. Relacionando, el número y longitud de los brotes el medio T2 resultó más favorable para esta especie. El empleo de concentraciones reducidas de los reguladores de crecimiento en especies nativas es mas recomendable, debido a su carga endogena de reguladores de crecimiento. En la especie *Baccharis tridentata* reportaron 10 nuevos apices y de 29.2 mm de longitud al cabo de 31 días de incubación en el medio MS (Kajiki y Shepherd, 2006).

Figura 9. Brotes de *B. incarum* que se encuentran en medios de multiplicación.

Enraizamiento in vitro de *Baccharis incarum*

Según el análisis de varianza en el número de hojas presentó diferencias significativas ($F=12.49$; $Gl=3.156$; $P<0.05$) en cambio en la longitud del brote, longitud y número de raíces presentaron diferencias altamente significativas ($F=18.52$; $Gl=3.156$; $P<0.05$), ($F=7.70$; $Gl=3.156$; $P<0.05$) y ($F=14.71$; $Gl=3.156$; $P<0.05$). En la Tabla 4 se observa que el T2 se presentó mayor longitud del brote (96.3 mm), número de hojas (23.6), número de raíces (8.1), aunque en este mismo medio la longitud de raíces fue reducida (29.7 mm) (Figura 10). Al comparar la longitud y número de raíces en T1 y T2, el T2 que tiene AIB en *B. incarum* favorece en mayor número de raíces (8.1) pero de menor longitud (29.7 mm) de estas, a diferencia del T1 en la reduce el número de raíces (3.4) y aumenta la longitud (35.9 mm). Esto indicaría la presencia de la auxina (AIB) favorece en un mayor número de raíces y no así el incremento de la concentración de la sacarosa en los medios de enraizamiento, ya que se observa que no hay diferencias estadísticas en el número de raíces. En un trabajo realizado por Sidnei et al. (2018) en una especie de araceae, *Butia odorata* al combinar ANA (auxina) con 15, 30 y 45 g L⁻¹ de sacarosa respectivamente, indican que el número de raíces es similar (2.32; 3.03 y 2.98) y la longitud de estas aumentan a medida que asciende la concentración de sacarosa de 0.81; 2.13 y 3.26 cm respectivamente.

Tabla 4. Longitud del brote, número de hojas, longitud y número de raíces en medios de enraizamiento.

| Tratamiento | Medios de cultivo | Longitud del brote (mm) | | Número de hojas | | Longitud de raíces (mm) | | Número de raíces | |
|-------------|--|-------------------------|----|-----------------|---|-------------------------|---|------------------|---|
| T1 | 75 % MS + 30 gr sacarosa | 60.8 | a | 13.8 | a | 35.9 | b | 3.4 | b |
| T2 | 75 % MS + 0.5 mg L ⁻¹ AIB + 30 g sacarosa | 96.3 | c | 23.6 | b | 29.7 | a | 8.1 | a |
| T3 | 75 % MS + 0.5 mg L ⁻¹ AIB + 50 g sacarosa | 71.3 | b | 21.1 | b | 30.6 | a | 8.0 | a |
| T4 | 75 % MS + 0.5 mg L ⁻¹ AIB + 70 g sacarosa | 70.4 | ab | 22.0 | b | 29.4 | a | 7.8 | a |

Por otra parte, Paz Da Silva y Villegas (2009) señalan, que a una mayor concentración de sacarosa en plantula de injerto de vid ocasiona la reducción del enraizamiento y crecimiento, esta afirmación deduce a la disminución del potencial osmótico que dificulta la absorción de agua y nutrientes del medio de cultivo.

En la fase de enraizamiento el número y longitud de raíces son indicadores de evaluación para la selección de los medio de cultivo, con fines de practicidad es mejor tener mayor número de raíces para que a partir de ellas puedan establecerse durante la aclimatación.



Figura 10. Vitroplanta procedente del medio de cultivo 30 g L⁻¹ de sacarosa con 0.5 mg L⁻¹ de AIB.

Aclimatación *Baccharis incarum*

En los dos sustratos empleados mostraron un similar porcentaje de sobrevivencia, de un 97 % en *Baccharis incarum* al cabo de un mes de evaluación.

Emergencia de las semillas en el vivero

En 5 g de muestra se encontró 8.300 semillas y se obtuvo un 30 % de emergencia y se observó que las semillas empezaron a germinar a los cuatro días después de la siembra (Figura 11 y 12).



Figura 11. Emergencia de plántulas de *Baccharis incarum* al cabo de 4 días.



Figura 12. Emergencia de plántulas de *Baccharis incarum* al cabo de cuatro semanas.

CONCLUSIONES

En condiciones *in vitro* al cabo de 42 días se obtuvo 48.47 % de germinación con 41 % de viabilidad, durante la multiplicación el T2 (MS+0.2 mg L⁻¹ BAP + 0.01 mg L⁻¹ ANA) obtuvo mayor número de brotes durante el segundo subcultivo (9.4) con 35.8 mm de longitud del brote. En el enraizamiento, el T2 (75% MS +0.5 mg L⁻¹ AIB+ 30 g sacarosa) presentó mayor número de raíces (8.1), con menor longitud (29.7 mm). Los dos sustratos presentaron un 97 % de sobrevivencia. En condiciones de vivero un 30 % emergieron al cabo de 4 días de siembra después de la siembra en el sustrato T1 (3 tierra negra, 2 arena y 1 de humus de lombriz).

A través de técnicas de micropropagación se constata la posibilidad de incrementar el número de plantines en espacios reducidos y optimizar la tasa de multiplicación por este método de propagación, por la demanda de plantines es posible alcanzar para revegetar superficies de mayor tamaño, como para este caso de los taludes del tramo Carretero. Otro aspecto, muy apreciable de *B. incarum* es la gran cantidad de semillas generadas, la cual se refleja en la emergencia en condiciones de vivero, y por la rusticidad es manejable. Ambos sistemas de propagación pueden ser combinados, ya que con las obtenidas *in vitro* son clonadas (máximo hasta cinco subcultivos) y en mayor cantidad, sin embargo, las que proceden de semillas cultivadas en vivero tienen la cualidad de contar con la variabilidad genética, lo cual resulta ser interesante para su restauración.

Agradecimiento

Los autores agradecen el apoyo brindado a la Unidad de Biotecnología Vegetal del Instituto de Biología Molecular y Biotecnología de la UMSA, y al proyecto "Estudio de la sucesión vegetal y propagación masiva de especies nativas a través de métodos biotecnológicos y convencionales, destinadas a la revegetación de taludes erosionados del I tramo de carretera doble vía La Paz - Oruro (Senkata a Mantecani)" financiado con Recursos IDH.

BIBLIOGRAFÍA

Administradora Boliviana de Carreteras. 2011. Manual ambiental de Carreteras. Metodologías y especificaciones (en línea). V 2. La Paz, Bolivia. consultado el 30 ene. 2014. Disponible en <https://es.slideshare.net/riderdennisromeroort/manual-ambiental-paraconstrucciondecarreteras>

- Andrés, P; Zapater, V; Pamplona, M. 1996. Stabilization of motorway slopes with herbaceous cover, Catalonia, Spain (en línea). *Restoration Ecology* 4(1):51-60. Consultado 15 jul. 2017. Disponible en <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.1996.tb00107.x>
- Andrés, P; Jorba, M. 2000. Mitigation strategies in some motorway embankments (Catalonia, Spain) (en línea). *Restoration Ecology* 8:268-275. Consultado 01 sept. 2017. Disponible en <https://doi.org/10.1046/j.1526-100x.2000.80038.x>
- Borges, M; Estrada, E; Pérez, I; Meneses, C. 2009. Uso de distintos tratamientos de desinfección en el cultivo *in vitro* de *Dioscorea alata* L. clon caraqueño (en línea). *Rev. Colomb. Biotecnol* 11(2):127-135. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=77613172013>
- Daza, M. 2005. Evaluación del cambio de cobertura vegetal por la construcción de un tramo de la carretera Cotapata - Santa Bárbara. La Paz, Bolivia. UMSA. La Paz, Bolivia.
- García-Fayos, P. 2004. Interacciones entre la vegetación y la erosión hídrica (en línea). 309-334. Consultado 11 ene. 2023. Disponible en <https://digital.csic.es/bitstream/10261/48695/1/Interacciones%20entre%20la%20vegetaci%C3%B3n%20y%20la%20erosi%C3%B3n%20h%C3%ADdrica.pdf>
- Kajiki, F; Shepherd S., 2006. Micropropagação da espécie nativa *Baccharis tridentata* Vahl. (Asteraceae) (en línea). *Rev. Bras. Pl. Med., Botucatu* 8(2):2-47. Consultado 12 ene. 2023. Disponible en https://www1.ibb.unesp.br/Home/Departamentos/Botanica/RBPM-RevistaBrasileiradePlantasMedicinais/artigo8_v8_n2.pdf
- Liberman, M. 2010. Docente de la materia de Evaluación de Impacto Ambiental. Universidad Mayor San Andrés.
- Manfreda, V; Alcazar, M; Scaramuzzino, R. 2020. Germinación de *Baccharis dracunculifolia* subsp. tandilensis: caracterización basada en la temperatura, la luz y la salinidad (en línea). *Rodriguésia*. Consultado 11 dic. 2022. Disponible en DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2175-7860202071035>
- Navarro, J; Jonte, M. 1996. La erosión hídrica en los desmontes de la N-610 y N-611 en la circunvalación de la ciudad de Palencia. *Rutas*. 54:35-42.
- Paz Da Silva, R; Villegas, A. 2009. Niveles de sacarosa en el enraizamiento *in vitro* y aclimatización *ex vitro* de plántulas del portainjerto de vid r110 (*Vitis rupestris* x *Vitis berlandieri*) (en línea). *Interciencia* 34(2):897-902. Asociación Interciencia Caracas, Venezuela. Consultado 12 feb. 2023. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33913151010>
- PCA Ingenieros Consultores. 2008. Manual Ambiental para carreteras. Metodología y especificaciones, Administradora Boliviana de Carreteras.
- Servicio Nacional de Caminos. 2002. Actividades de mantenimiento y abandono en la Carretera Cotapata – Santa Bárbara. Gerencia de Planificación y Desarrollo Tecnológico. 57 p.
- Sidnei, C; Costa, C; Vitro Dutra A; Schwarz S. 2018. Impacto de las concentraciones de ANA y sacarosa en el enraizamiento *in vitro* de *Butia odorata* (Barb. Rodr.) Noblick Iheringia (en línea). *Série Botânica, Porto Alegre* 73(1):13-21. Consultado 12 feb. 2023. Disponible en DOI: [10.21826/2446-8231201873102](https://doi.org/10.21826/2446-8231201873102)
- Trombulak, S; Frissell C. 2000. Review of Ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities (en línea). *Conservation Biology* 14(1):18. Consultado 11 dic. 2022. Disponible en: <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2000.99084.x>
- Tucat, G; Daddario, JF; Molinary, M; Bentivegna, D; Fernández, O. 2022. Caracterización del ciclo de producción de semillas de *Baccharis ulicina* (en línea). Consultado 11 feb. 2023. Disponible en <https://www.sbcpcd.org/uploads/trabajos/caracterizacion-del-ciclo-de-produccion-de-semillas-de-baccharis-ulicina-867.pdf>
- Ventura, R; Bonifacio A. 2018. Fenología reproductiva y crecimiento de plantines de ñak'a t'ula (*Baccharis* sp) con fines de multiplicación dirigida (en línea). *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales* 5(1):27-36. Consultado 17 feb. 2023. Disponible en http://www.scielo.org/bo/pdf/riarn/v5n1/v5n1_a05.pdf

Artículo recibido en: 20 de enero del 2023

Aceptado en: 17 de agosto del 2023