



Determinación de las concentraciones adecuadas de 2,4 diclorofenoxiacético y Kelpak en el enraizamiento de estacas de *Vaccinium floribundum* Kunth “pushgay”

Determination of adequate concentrations of 2,4 dichlorophenoxyacetic and Kelpak in the rooting of stakes of *Vaccinium floribundum* Kunth “pushgay”

William Fernando Mendoza Miranda; Segundo Eloy López-Medina*; José Mostacero-León; Armando Efraín Gil-Rivero; Angélica López Zavaleta; Anthony J. De La Cruz-Castillo


Departamento de Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Trujillo, Perú.

*Autor corresponsal: slopezm@unitru.edu.pe (S. López-Medina).

ID ORCID de los autores

S. López-Medina:  <https://orcid.org/0000-0001-7719-8607>

J. Mostacero-León:  <https://orcid.org/0000-0003-2556-3013>

E. Gil-Rivero:  <https://orcid.org/0000-0002-4521-5588>

A. De la Cruz-Castillo:  <https://orcid.org/0000-0002-5409-6146>

RESUMEN

Los berries han alcanzado gran importancia en el mercado nacional e internacional por brindar numerosos beneficios que contribuyen con la salud, siendo catalogados como alimentos nutraceuticos. En Perú es posible encontrar variedades nativas de arándano como *Vaccinium floribundum* Kunth “pushgay”, el cual constituye una fuente de germoplasma para el mejoramiento de especies comerciales. Siendo la propagación por estacas una de las vías de propagación que facilita con prontitud la obtención de múltiples plántulas, para ello es necesario probar diferentes concentraciones de fitohormonas o fitoreguladores. Ante la necesidad de un mayor conocimiento en el área se propuso como objetivo de investigación determinar las concentraciones adecuadas de 2,4 diclorofenoxiacético y Kelpak en el enraizamiento de estacas de *V. floribundum* “pushgay”. La fase experimental se llevó a cabo en invernadero del Instituto de la Papa y Cultivos Andinos (IPACA), donde se probó diferentes concentraciones de 2,4 D y Kelpak. Los resultados al ser analizados estadísticamente arrojaron la existencia de diferencias estadísticamente significativas. Se concluye que la concentración de 1 % Kelpak ejerce un efecto favorable en el enraizamiento de estacas de *V. floribundum*.

Palabras clave: Arándano; 2,4 diclorofenoxiacético; Kelpak; estacas; pushgay.

ABSTRACT

Berries have reached great importance in the national and international market by providing numerous benefits that contribute to health, being cataloged as nutraceutical foods. In Peru it is possible to find native blueberry varieties such as *Vaccinium floribundum* Kunth “pushgay”, which is a source of germplasm for the improvement of commercial species. Being the propagation by stakes one of the propagation pathways that facilitates promptly the obtaining of multiple seedlings, for this it is necessary to test different concentrations of phytohormones or phyto regulators. Given the need for greater knowledge in the area, it was proposed as a research objective to determine the appropriate concentrations of 2.4 dichlorophenoxyacetic and Kelpak in the rooting of stakes of *V. floribundum* “pushgay”. The experimental phase was carried out in the greenhouse of the Institute of Potato and Andean Crops (IPACA), where different concentrations of 2.4 D and Kelpak were tested. The results when analyzed statistically showed the existence of statistically significant differences. It is concluded that the concentration of 1% Kelpak exerts a favorable effect on the rooting of stakes of *V. floribundum*.

Keywords: Blueberry; 2.4 dichlorophenoxyacetic; Kelpak; stakes; pushgay.

Recibido: 31-01-2020.

Aceptado: 21-03-2020.

INTRODUCCIÓN

El género *Vaccinium sp*, abarca entre 400 y 500 especies distribuidas en el Asia y en América. El 35% de las especies son nativas de América, correspondiendo el 25% a Norteamérica y el 10% a Centro y Sudamérica. En el caso del Perú se reportan 13 especies, nativas entre ellas: *V. amazonicum*, *V. decipiens*, *V. corymbodendron*, *V. crenatum*, *V. dependens*, *V. didymanthum*, *V. floribundum*, *V. mathewsii*, *V. pseudo-caracasenum*, *V. elvirae*, *V. ortizii*, *V. sphyrospermoides*, *V. youngii*. Siendo *V. floribundum* Kunth "pushgay" la especie más frecuente y por ende la más consumida local y regionalmente por diferentes comunidades andinas. Su agradable sabor y propiedades antioxidantes han contribuido a que se le catalogue como un alimento funcional y nutracéutico que inhibe el crecimiento de células cancerosas, así como previene enfermedades neurodegenerativas, constituyéndose en una especie de gran potencial agroindustrial (Brenes, 2015; Mostacero et al., 2015; Reque et al., 2014; Seeram, 2008).

El arándano se puede propagar tanto por vía vegetativa "estacas" y "cultivos *in vitro*", como por la vía sexual "semilla botánica". La vía vegetativa es la más empleada porque conserva los atributos agronómicos de la especie, obteniéndose plantas enteras y regeneradas, según el principio de totipotencia celular (Hartman y Kester, 1995; Jiménez y Abdelnour, 2017). En la propagación vegetativa por estacas, las plantas hijas se caracterizan por ser idénticas a la madre al no haber intercambio de material genético, esta consiste en una simple partición de porciones de tallo procedentes de una planta madre. Siendo necesario el empleo de fitohormonas o fitorreguladores que favorezcan la formación de raíces. La manera más común de su aplicación es: El remojo prolongado, inmersión rápida y el tratamiento de la base de la estaca con

una hormona en polvo. Siendo el ácido indolbutírico (AIB) la hormona más utilizada, catalogada como el enraizante por excelencia ya que puede ser aplicada en un amplio rango de concentraciones para un gran número de especies vegetales (Hartmann et al., 2002; Irigoyen y Cruz, 2017; López et al., 2016). Investigaciones de Castro et al. (2019), han demostrado que la concentración de 3000 mg L⁻¹ de ácido indolbutírico (AIB) es óptima para el enraizamiento de estacas de *Vaccinium corymbosum*. De la misma manera, Castrillón et al. (2008) sostienen que 200 mg·L⁻¹ de ácido indolbutírico (AIB) aplicado a la base de las estacas, favorece su posterior enraizamiento, demostrando que el AIB y el AIA aumentan la viabilidad de la estaca. El empleo de estas y otras fitohormonas son exclusivas de viveros y de empresas agrícolas, siendo inaccesible para los pequeños agricultores. Sin embargo el 2,4 diclorofenoxiacético es una auxina sintética de acción herbicida más económica y de fácil adquisición, de la cual se ha demostrado que a bajas concentraciones inducen al enraizamiento de estacas (De la Cruz et al., 2014). Mientras que Kelpak es un regulador de crecimiento de origen natural, cuya composición se basa en extractos de *Ecklonia máxima*, auxinas y citoquininas. Se ha comprobado que estimula la formación de raíces de plantas favoreciendo la absorción de agua y nutrientes. Sin embargo, es necesario comprobar si diferentes concentraciones de fitorreguladores de manera independiente o combinada contribuyen con el proceso de enraizamiento de estacas (BAS F SE, 2019; Kelpak, 2018; Gil et al., 2016).

El objetivo de la presente investigación es determinar las concentraciones adecuadas de 2,4 diclorofenoxiacético y Kelpak en el enraizamiento de estacas de *V. floribundum* "pushgay".

MATERIAL Y MÉTODOS

Colecta de material biológico

El material vegetal de *V. floribundum* Kunth "pushgay", se obtuvo de ramas cortadas de arbustos, localidad "El potrero", Chamaní Alto, Cajamarca, Perú. De las ramas se obtuvieron estacas, las cuales fueron envueltas en papel y colocadas en cajas de cartón para ser transportadas al invernadero del Instituto de la Papa y Cultivos Andinos, Universidad Nacional de Trujillo, Perú.

Siembra de estacas de *V. floribundum*

Para el enraizamiento de estacas se emplearon concentraciones de 0% y 1% de bioestimulante Kelpak y 0%; 0,5%; 0,8% de fitorregulador 2,4 diclorofenoxiacético (Tabla 1). Para la aplicación del Kelpak, las estacas fueron sumergidas en la solución respectiva por 10 min y se dejaron secar por 2 min. Para la aplicación del 2,4-D se adhirió la base de las estacas con la hormona en polvo, según los tratamientos indicados.

Tabla 1

Concentraciones de Kelpak en el enraizamiento de estacas de *V. floribundum* Kunth "pushgay"

Tratamientos	Concentración	
	Kelpak	2,4 D
T1	0%	0%
T2	0%	0,5%
T3	0%	0,8%
T4	1%	0%
T5	1%	0,5%
T6	1%	0,8%

El sustrato estuvo constituido por arena y musgo en proporción 1:1, previamente tratado con hipoclorito de sodio al 2% por 24 horas y solarizado por 5 días. Para la siembra de cada estaca, se emplearon botellas plásticas de 8 cm de diámetro y 16 cm de profundidad, el sustrato fue añadido a las botellas hasta cubrir 12 cm de cada estaca. Una vez sembrados el riego se efectuó 3 veces por semana.

Análisis estadístico

Se aplicó un diseño completamente al azar con 6 tratamientos y 30 unidades muestrales por cada tratamiento, para ello se utilizaron 180 estacas de

V. floribundum. A los 60 días se evaluó el número y longitud de raíces, con los datos obtenidos se aplicó ANOVA, para identificar la presencia de diferencias estadísticamente significativas mientras que se aplicó Tukey para identificar el mejor tratamiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Según la Tabla 2, T4 obtuvo el mayor promedio para el número de raíces y longitud de raíz mayor en estacas de *Vaccinium floribundum* Kunth "pushgay", empleando la concentración de 1% de Kelpak y 0% de 2,4 D. Esto se debe a la actividad del bioestimulante Kelpak que se obtienen a partir del alga *Ecklonia Máxima* y contiene además entre sus principales componentes auxinas y citoquininas. El correcto balance hormonal de sus componentes trae como consecuencia un mayor desarrollo radical que conlleva a aumentar la absorción de agua y nutrientes, trayendo como resultado un mayor desarrollo foliar que se refleja más adelante en la producción (BASFSE, 2019). Investigaciones de Lee et al. (2014) corroboran lo afirmado al demostrar que Kelpak promueve el enraizamiento de esquejes de *Rosa canina*, contribuyendo con el incremento del número y longitud de las raíces. Sin embargo, es importante considerar estudios comparativas entre la eficiencia del ácido 1-naftalenacético (ANA) y ácido indolbutírico (AIB) para el enraizamiento de estacas de especies leñosas, se tiene como común denominador que el AIB es la fitohormona que

permite obtener mejores resultados en el enraizamiento de estacas (Caleño y Morales, 2019; Cunha et al., 2018; Peña et al., 2018; Rivera et al., 2016; Sampayo et al., 2016).

Por otro lado, según el tratamiento T1 empleando la concentración de 0% de Kelpak y 0% de 2,4 D. se obtuvo un menor número de raíces y longitud de raíz. Esto evidencia la necesidad de emplear hormonas que maximicen el desarrollo radical de las estacas de *V. floribundum* Kunth "pushgay" (Román, 2014).

Tabla 2

Promedios del número de raíces y longitud de raíz mayor en estacas de *V. floribundum* Kunth "pushgay"

Tratamiento/ Variable	Número de raíces	Longitud de raíz mayor (mm)
T1	6	8,43
T2	1,33	1,33
T3	1,33	1,67
T4	10,67	14,0
T5	4,0	8,0
T6	0,0	0,0

Tabla 3

Análisis de varianza (ANOVA) para el número de raíces en el enraizamiento estacas de *V. floribundum* Kunth "pushgay" a los 60 días de la siembra

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-p
Entre grupos	2357,78	5	471,556	13,96	0,0000
Intra grupos	5876,0	174	33,7701		
Total (Corr.)	8233,78	179			

Tabla 4

Prueba de Tukey, para el número de raíces en el enraizamiento estacas de *V. floribundum* Kunth "pushgay" a los 60 días de la siembra

Tratamientos	Casos	Media	Grupos homogéneos
6	30	0,0	X
2	30	1,33333	X
3	30	1,66667	X
5	30	8,0	X
1	30	8,43333	X
4	30	14,0	X

Tabla 5

Análisis de varianza (ANOVA) para la longitud de raíz mayor en el enraizamiento estacas de *V. floribundum* Kunth "pushgay" a los 60 días de la siembra

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-p
Entre grupos	4481,36	5	896,272	13,93	0,0000
Intra grupos	11192,7	174	64,3259		
Total (Corr.)	15674,1	179			

Tabla 6

Prueba de Tukey, para la longitud de raíz mayor en el enraizamiento estacas de *V. floribundum* Kunth "pushgay" a los 60 días de la siembra

Tratamientos	Casos	Media	Grupos homogéneos
6	30	0,0	X
3	30	1,33333	XX
2	30	1,33333	XX
5	30	4,0	XX
1	30	6,0	X
4	30	10,6667	X

En el tratamiento T2 y T3 solamente se empleó 2,4 D a la concentración de 0,5% y 0,8% para el enraizamiento de estacas de *V. floribundum* (Tabla 2), observándose un menor desarrollo radical. Comparando los resultados obtenidos empleando Kelpak y 2,4 D., este último no manifiesto eficiencia en el enraizamiento estacas de *V. floribundum*. De la misma manera Dias et al., 2014, sostiene que el 2,4-D no permite obtener las características deseadas para el proceso de enraizamiento de esquejes de *Vitis vinifera*. Caso contrario con las investigaciones de De la Cruz et al. (2014), afirman haber demostrado que bajas concentración de 2,4 D., inducen a un eficiente enraizamiento de estacas de *Rosa sp.* De la misma manera Gonza (2014), sostiene haber obtenido resultados favorables en esquejes de *Solanum tuberosum* al emplear la concentración de 0,3% de 2,4 D.

Por otro lado, se pudo observar que tanto en el tratamiento T5 y T6 (Tabla 1 y 2) donde se emplearon Kelpak y 2,4 D. de manera conjunta, hubo un menor desarrollo radical en T5 y un nulo desarrollo radical en T6. Estos resultados nos permiten afirmar que no existe un efecto sinérgico

entre el regulador de crecimiento Kelpak y la fitohormona 2,4 D ya que el correcto balance entre ambos se vería reflejado en el adecuado desarrollo radical de las estacas de *V. floribundum* (Gil et al., 2016; López et al., 2016).

Según la Tabla 3 y 5, al realizar el análisis de varianza para las variables número de raíces y longitud de raíz mayor, el valor-P de la prueba-F fue menor que 0,05, existiendo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, con un nivel del 95,0% de confianza. Esto corrobora la existencia de diferentes respuestas de las estacas de *V. floribundum* frente a diferentes concentraciones de Kelpak y 2,4 D. A su vez, los resultados de la prueba Tukey, nos permiten afirmar que el tratamiento T4 es el óptimo para el enraizamiento de estacas de *V. floribundum*, por lo tanto, es el tratamiento que se recomienda utilizar para futuros experimentos. Sin embargo, es importante considerar que el tipo de sustrato constituye ser un factor que influye en la calidad y cantidad de raíces formadas debido a una mayor aireación y retención de agua (López et al., 2008).

CONCLUSIONES

Se concluye que la concentración de Kelpak al 1 % ejerce un efecto favorable en el enraizamiento de estacas de *V. floribundum*; sin embargo, se sugiere continuar investigando con otras fitohormonas y

fitorreguladores para definir las concentraciones apropiadas a fin de poder establecer un protocolo óptimo de propagación que nos permita manejar sustentablemente esta especie.

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento especial al Instituto de la Papa y Cultivos Andinos de la Universidad Nacional de Trujillo-

Perú, por brindarnos las facilidades para llevar a cabo esta investigación en su establecimiento moderno.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BASFSE. 2019. Kelpak®, regulador de crecimiento para aguacate. Disponible en: <https://agriculture.basf.com/mx/es/Proteccion/CC%81n-de-los-cultivos/Kelpak.html>
- Brenes, A.; Castillo, R.; Gómez, L. 2015. Micropropagación de cuatro cultivares de arándano (*Vaccinium spp.*) a partir de segmentos foliares de dos procedencias. *Agronomía Costarricense* 39(1): 7-23.
- Castro, S.; Villegas, A.; Contreras, R. 2019. Enraizamiento de estacas en tres cultivares de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.). *Agro productividad* 12(3): 63-68.
- Castrillón, J.; Carvajal, E.; Ligarreto, G.; Stanislav, M. 2008. El efecto de auxinas sobre el enraizamiento de las estacas de agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz) en diferentes sustratos. *Agronomía Colombiana* 26(1): 16-22.
- Caleño, B.; Morales, G. 2019. Propagación asexual de especies endémicas y amenazadas del género *Passiflora* en los Andes colombianos. *Colombia Forestal* 22(2): 67-82.
- Cunha, C.; Toyoko, S.; Souza, A. 2018. Efeito de diferentes concentrações de aib e procedências geográficas no enraizamento de estacas de paricá. *Ciência Florestal* 28(3): 1282-1292.
- De la Cruz, J.; Mejía, F.; Mostacero, J.; López, E.; Gonza, A. 2014. Efecto de la concentración del 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) en el enraizamiento de estacas de *Rosa sp.*, rosa silvestre, en condiciones de invernadero. *Indes* 2(1): 37-43.
- Dias, M.; Leal, P.; Pereira, G. 2014. 2,4-dichlorophenoxyacetic acid as an alternative auxin for rooting of vine rootstock cuttings. *Revista Brasileira de Fruticultura* 36(3): 664-672.
- Gil, E.; López, E.; López, A. 2016. Efecto sinérgico del ácido indolacético, ácido giberélico y 6-bencilaminopurina en la propagación in vitro de "papaya" *Carica papaya* L. (Caricaceae). *Arnaldoa* 23(2): 577-586.
- Gonza, A. 2014. Efecto de concentraciones de 2,4-d en el enraizamiento de esquejes de tallo juvenil de *Solanum tuberosum* var. yungay en condiciones de invernadero

- Carabamba, La Libertad, Perú 2014. Tesis para optar el título de Biólogo. Trujillo, Perú. Universidad Nacional de Trujillo.
- Hartman, H.; Kester, D. 1995. Propagación de plantas. Principios prácticos. (Continental). México: Continental: 810 pp.
- Hartmann, H.; Kester, J.; Davies, F.; Geneve, R. 2002. Plant propagation principles and practices. 7th Edition. Prentice Hall. 710 pp.
- Jiménez, V.; Abdelnour, A. 2017. Protocolo de micropropagación de arándano nativo de Costa Rica (*Vaccinium consanguineum*). Tecnología en Marcha 31(1): 144-159.
- Kelpak. 2018. Bioestimulante líquido de algas marinas. Disponible en: <https://www.kelpak.com/kelpak-spanish.html>
- Lee, S.; Kwon, O.; Lee, H.; Kim, W. 2014. Effect of Kelpak® on the promotion of in vitro rooting in transgenic rose plantlets. Journal of Plant Biotechnology 41(4): 212-215.
- López, F.; Guío, N.; Fischer, G.; Lasprilla, D. 2008. Propagación de uchuva (*Physalis peruviana* L.) mediante diferentes tipos de esquejes y sustratos. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín 61(1): 4347-4357.
- López, E.; Gil, E.; López, A. 2016. Enraizamiento de esquejes de *Stevia rebaudiana* bertonii (asteraceae) "estevia", aplicando dosis creciente de ácido indolbutírico. Arnela 23(2): 569-576.
- Mostacero, L.; Razuri, T.; Gil A. 2015. Fitogeografía y morfología de los *Vaccinium* (Ericaceae) "arándanos nativos" del Perú. Revista INDES 3(1): 43-52.
- Irigoyen, J.; Cruz, M. 2017. Guía técnica de semilleros y viveros forestales. 1era edición. Santa Tecla, El Salvador: MAG-FRUTAL ES. 40 pp.
- Peña, F.; Chaparro, H.; Sierra, A.; Rodríguez, J.; Cabezas, M. 2018. Effect of different substrates and auxins on rooting of *Leucadendron* sp. (PROTEACEAE). Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica 21(2): 385-393.
- Reque, P.; Steffens, R.; Martins da Silva, A.; Jablonski, A.; Flores, S.; Ríos, A.; Vogt de Jong E. 2014. Characterization of blueberry fruits (*Vaccinium* spp.) and derived products. Food Sci. Technol Campinas 34(4): 773-779.
- Rivera, M.; Vargas, J.; López, J.; Villegas, A.; Jiménez, M. 2016. Enraizamiento de estacas de *Pinus patula*. Revista fitotecnia mexicana 39(4): 385-392.
- Román, G. 2014. Efecto de la hormona AIB en el enraizamiento de estacas juveniles de *Croton lechler* Muell. Arg. Tesis para optar el título de Ingeniero Forestal. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Sampayo, S.; Jiménez, M.; López, J.; Sánchez, V.; Jasso, J.; Equihua, A.; Castillo, C. 2016. Enraizado de miniestacas de *Cedrela odorata* L. Agrociencia 50(7): 919-929.
- Seeram, N.P. 2008. Berry fruits for cancer prevention: current status and future prospects. Journal of Agricultural and Food Chemistry 56(3): 630-635.