

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE CIENCIAS



**“EVALUACIÓN DE CUATRO SUSTRATOS PARA EL
ENRAIZAMIENTO DE ESTACAS DE DOS ECOTIPOS DE “pushgay”
(*Vaccinium floribundum* Kunth) MEDIANTE EL USO DEL ÁCIDO
INDOL-3-BUTIRICO”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
BIÓLOGO**

ELVIS RIMACHI DAZA

LIMA – PERÚ

2020

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE CIENCIAS

**“EVALUACIÓN DE CUATRO SUSTRATOS PARA EL ENRAIZAMIENTO DE
ESTACAS DE DOS ECOTIPOS DE ”pushgay” (*Vaccinium floribundum* Kunth)
MEDIANTE EL USO DEL ÁCIDO INDOL-3-BUTIRICO”**

**Presentada por:
ELVIS RIMACHI DAZA**

**Tesis para optar el Título Profesional de
BIÓLOGO**

Sustentada y aprobada ante el siguiente Jurado:

Mg. Sc. Abelardo Ciro Calderón Rodríguez

PRESIDENTE

Dr. Alfredo Salomón Rodríguez Delfín

MIEMBRO

Dr. Jorge Jiménez Dávalos

MIEMBRO

Dra. Antonietta Ornella Gutiérrez Rosati

ASESORA

DEDICATORIA

A mis padres, Anacleta Daza y Eliseo Rimachi por el apoyo incondicional durante toda mi carrera profesional.

A mis hermanos David, Doris y Zenaida por todo el cariño y apoyo que me brindaron.

AGRADECIMIENTO

A la Doctora Antonietta Gutiérrez Rosati, asesora, por depositar su confianza en mí para la realización de esta investigación. Al proyecto “Domesticación de berries nativos de la región Cajamarca, relacionados al arándano, mediante el uso de herramientas biotecnológicas”, contrato 009-2016-INIAPNIA/UPMSI/IE, por el financiamiento de la tesis.

Al equipo del Centro de Investigación de Recursos Genéticos, Biotecnología y Bioseguridad (CIRGEBB), quienes me ayudaron en el proceso de realización de la tesis.

A mis padres y hermanos por ayudarme a ser perseverante a mis objetivos y metas.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Definición del problema	4
2.2. Origen y distribución	6
2.3. Clasificación taxonómica del <i>Vaccinium floribundum</i> Kunth	7
2.4. Descripción botánica de <i>Vaccinium floribundum</i> Kunt	8
2.5. Condiciones edafológicas	9
2.6. Propagación vegetativa	10
2.7. Composición química	10
2.8. Auxinas	11
2.9. Sustratos	13
2.9.1. Cascarilla de arroz	13
2.9.2. Aserrín	14
2.9.3. Arena fina	14
2.9.4. Aranmix TS1 (turba + perlita)	15
2.10. Ecotipos de <i>Vaccinium floribundum</i> reportados en Perú	15
2.11. Usos	16
2.11.1. Industria alimenticia	17
2.11.2. Uso medicinal	17
2.11.3. Uso ornamental	17
2.11.4. Otros usos	18
III. METODOLOGÍA	19
3.1. Lugar de ejecución	19
3.2. Materiales	19
3.2.1. Material vegetal	19
3.2.2. Materiales de laboratorio	20
3.2.3. Materiales de invernadero	21
3.2.4. Equipos	21
3.2.5. Soluciones	21
3.3. Métodos	22

3.3.1.	Desinfección del sustrato.....	22
3.3.2.	Desinfección del material vegetal	22
3.3.3.	Preparación de camas almacigueras	23
3.3.4.	Siembra de estacas.....	23
3.3.5.	Protocolo de riego.....	23
3.3.6.	Descripción de los tratamientos.....	24
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
4.1.	Análisis de varianza de la interacción de factores	25
4.2.	Efecto de la interacción de dos factores sustrato vs ecotipo.....	26
4.2.1.	Resultados de las estacas plantadas en cascarilla de arroz	26
4.2.2.	Resultados de las estacas plantadas en aserrín de pino blanco.....	29
4.2.3.	Resultados de las estacas plantadas en Aranmix TS1 (turba+perlita).....	33
4.2.4.	Resultados de las estacas plantadas en arena fina	36
4.3.	Pendiente de supervivencia.....	39
V.	CONCLUSIONES	41
VI.	RECOMENDACIONES	42
VII.	BIBLIOGRAFÍA	43
VIII.	ANEXOS.....	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación Taxonómica del <i>Vaccinium floribundum</i> Kunth “pushgay”	8
Tabla 2: Contenido químico en 100 gramos de fruto fresco	10
Tabla 3: Nutrientes adicionales del Aranmix TS1(turba + perlita)	15
Tabla 4: Numero de estacas plantadas por sustrato de Pushgay-01 y Pushgay-02	24
Tabla 5: Muestra la supervivencia promedio de estacas de Pushgay 01 y Pushgay-02 evaluadas cada 15 días durante 180 días en los cuatro sustratos diferentes (cascarilla de arroz, aserrín de pino blanco, Aranmix TS1 (turba+perlita) y arena fina	25

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Estructura de algunas auxinas naturales (AIA, AIB, PAA, CI-IAA) y sintéticas (NAA, dicamba, 2,4-D y 2,4,5-T).	12
Figura 2: Planta de Pushgay-01 en el lugar de origen	19
Figura 3: Planta de Pushgay-02 en el lugar de origen	20
Figura 4: Evolución de la supervivencia promedio de estacas plantadas en cascarilla de arroz de los ecotipos Pushgay 01 y Pushgay 02.	26
Figura 5: Estaca de Pushgay 01 enraizada en cascarilla de arroz. Imagen izquierda, estaca a los 180 días de plantada, con un brote ramificado y un brote pequeño. Imagen izquierda la estaca enraizada que logro un tamaña aproximado de 10 cm y la raíz con un volumen adecuado para lograr la supervivencia.....	28
Figura 6: Estaca muerta de Pushgay 02. Imagen izquierda estaca completamente seca con la parte necrótica que estuvo enterrada. Imagen derecha parte aérea seca con meristemas necrosados.	29
Figura 7: Evolución de la supervivencia promedio de estacas plantadas en aserrín de pino de los ecotipos Pushgay 01 y Pushgay 02.	29
Figura 8: Estacas en aserrín de pino blanco después de 180 días de iniciado el experimento, las estacas generaron brotes laterales.	32
Figura 9: La figura muestra las cuatro estacas enraizadas en aserrín de pino blanco después de 180 días.	32
Figura 10: Evolución de supervivencia promedio de estacas plantadas en Aranmix TS1 (turba + perlita) de los ecotipos Pushgay 01 y Pushgay 02.....	33
Figura 11: evolución de la supervivencia promedio de estacas plantadas en arena fina de los ecotipos Pushgay 01 y Pushgay 02.	36

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Análisis de varianza del efecto de la interacción de los factores en el enraizamiento de estacas	51
Anexo 2: Ajuste lineal de la supervivencia de las estacas.....	53
Anexo 3: Evaluación de estacas de Pushgay 01 hasta los 180 días.....	55
Anexo 4: Evaluación de estacas de Pushgay 02 hasta los 180 días.....	57

RESUMEN

La gran diversidad ecológica que presenta el Perú ha favorecido el desarrollo de muchas especies vegetales como el *Vaccinium floribundum* Kunth conocido como “pushgay”. Esta especie nativa del Perú con potencial de exportación crece en diferentes regiones del Perú como: Piura, Amazonas, Cajamarca, Lambayeque, San Martín, Pasco, La Libertad, Cusco, Puno, Junín, Huánuco y Madre de Dios. A pesar de la importancia y uso del pushgay, actualmente existe escasa información sobre los métodos de propagación para esta especie. Por ello el objetivo de esta investigación fue el de establecer un protocolo de propagación asexual por medio de estacas para *Vaccinium floribundum* Kunth. Para este estudio se utilizaron dos diferentes Ecotipos de esta especie provenientes de Cajamarca, Pushgay 01 y Pushgay 02. El enraizamiento de estacas se realizó por medio de la aplicación de fitoreguladores (hormonas) como el Acido Indol Butirico (AIB) a 2mg/L para estimular el desarrollo de las raíces y la solución de Murashige y Skoog (MS/4) como solución nutritiva. Las estacas fueron sembradas en cuatro sustratos Cascarilla de arroz, Aserrín de pino blanco, Aranmix TS1 (turba + perlita) y Arena fina. Para evaluar las mejores condiciones de enraizamiento (supervivencia) se realizó la evaluación de interacción de los factores como el tiempo, sustrato y ecotipo. La evaluación se realizó cada 15 días concluyendo en los 180 días (12 evaluaciones). Realizando la prueba de Tukey para ver el efecto de los 3 factores se comprobó que solo existe una interacción significativa entre el factor sustrato vs ecotipo. Al realizar las evaluaciones se concluyó que el mejor sustrato para lograr el enraizamiento fue Aserrín de pino y el mejor ecotipo para tal fin fue Pushgay 01.

Palabras clave: *Vaccinium floribundum* Kunth, “pushgay”, Acido Indol Butírico (AIB), Ecotipo.

ABSTRACT

There is great ecological diversity in Peru which has favored the development of many plant species such as the *Vaccinium floribundum* Kunth known as "pushgay". This native species with high-export potential grows in different regions of Perú such as: Piura, Amazonas, Cajamarca, Lambayeque, San Martín, Pasco, La Libertad, Cusco, Puno, Junín, Huánuco and Madre de Dios. Despite the importance and use of pushgay, there is currently little information on the propagation techniques for this species. Therefore, the objective of this investigation was to establish a protocol for asexual propagation via cutting of *Vaccinium floribundum* Kunth. For this study, two different Ecotypes of this species from Cajamarca were used, Pushgay 01 and Pushgay 02. Rooting of cuttings was carried out by applying phytohormones (hormones) such as Indole Butyric Acid (AIB) at 2mg / L in order to stimulate the development of the roots and the Murashige and Skoog solution (MS / 4) as a nutritive solution. The cuttings were planted in four substrates: Rice husk, White pine sawdust, Aranmix TS1 (peat + perlite) and fine sand. To evaluate the best rooting conditions (survival), we evaluated the interaction between the factors time, substrate and ecotype. The evaluation was carried out every 15 days, concluding in the 180 days (12 evaluations). The Tukey test was used to test the effect of the 3 factors. We found that there was only a significant interaction between the substrate factor vs. the ecotype. The results obtained demonstrated that the best substrate to achieve rooting was Pine sawdust and the best ecotype for this purpose was Pushgay 01.

Keywords: *Vaccinium floribundum* Kunth, "pushgay", Indole Butyric Acid (AIB), Ecotype.

I. INTRODUCCIÓN

Las Ericáceas tienen alrededor de 4500 especies a nivel mundial, y dentro de ellas el género *Vaccinium* cuenta con alrededor de 400 a 450 especies distribuidas en el Hemisferio Norte y las montañas de las regiones tropicales de Los Andes, Sur de África y Madagascar (Smith, 2004; Asturizaga, 2006). De todas estas especies, sólo un pequeño grupo son cultivadas comercialmente, teniendo como nombre común “Arándanos”, las especies más cultivadas son: *V. corymbosum*, que representa aproximadamente el 80 por ciento del total de la superficie cultivada, seguida por *V. ashei*, con un 15 por ciento, y *V. angustifolium*, con el 5 por ciento. (Ciordia *et al.*, 2007).

Todos los “arándanos” son plantas de porte arbustivo erectos o rastreros, con altura variable según la especie (0,3 a 7,0 m), hojas alternas, caducas o perennes, y de una gran longevidad. En comparación con otros cultivos, los arándanos son especies de reciente domesticación (Asturizaga *et al.*, 2006; García y García, 2015).

El *Vaccinium floribundum* Kunth llamado “pushgay” en Cajamarca, es también conocido como uva de monte, uva del campo o simplemente uvitas. En Cusco se conoce una especie muy afín denominada “pinchicho” (Tapia y Fries, 2007), quienes también mencionan que su hábitat se encuentra entre las zonas agroecológicas Quechua alta y Jalca, sobre altitudes que van desde los 2350 a los 3500 msnm.

Aun no se conoce un método de producción comercial como lo indica Calderón (1993), donde menciona que el “arándano nativo” o “pushgay” es una fruta que se desarrolla de forma silvestre en los campos y montañas, no habiéndose aún establecido como cultivo comercial en nuestra región y se le puede encontrar hasta en las zonas altas de la cordillera, es decir en los páramos.

Tapia y Fries (2007) indican que el “pushgay” (*V. floribundum*) presenta cuatro variedades comestibles claramente diferenciadas: “pushgay negro”, “pushgay colorado”, “pushgay menudo” y “pushgay blanco”, los mismos que se caracterizan por el color de la piel, color de la pulpa y por su tamaño. Asimismo, existe una variedad que es tóxica y es conocida con el nombre de “mío mío”.

Debido a que el “pushgay” es un arbusto silvestre existe un desconocimiento total sobre sus formas de propagación (Tapia y Fries, 2007), esto representa una de las principales limitantes para expandir el cultivo y la producción a gran escala, la falta de conocimiento de su ecología respecto a los requerimientos de clima, suelos y rizósfera de este frutal andino. Esto representa el mayor problema en el proceso de domesticación del cultivo.

Otto (1995) menciona que la mayor cantidad de plantas se propaga de forma vegetativa, aprovechando las ramas, las cuales deben seleccionarse de plantas sanas libres de enfermedades. La multiplicación por estacas una de las formas más comunes para la propagación del arándano, deben seleccionarse las ramas que presenten madurez y después de cortarlas se ponen en camas de propagación lo más rápido posible a una profundidad de un tercio de la longitud (Spiers y Heywood, 1985).

También existen las formas de micro-propagación (*in vitro*) como indica Debnath (2006), la cual es una forma especial de propagación vegetativa, caracterizada por manejar condiciones de esterilidad, menor tiempo de propagación, exclusión de patógenos y potencial para conservación a largo plazo, respecto a los métodos convencionales. Esta técnica ayuda a obtener mayor producción de plantas con alta calidad sanitaria.

Para lograr la domesticación del “pushgay” es importante conocer su comportamiento en los diferentes tipos de suelos en los cuales se pueden desarrollar, para que puedan adaptarse a las diferentes condiciones ambientales y de esta manera lograr una producción masiva que puede significar una ventaja competitiva frente a las otras variedades de *Vaccinium*. El primer gran paso es lograr una planta que presente una raíz adecuada que garantice un desarrollo óptimo, es por ello el gran reto de buscar un protocolo adecuado de enraizamiento en un sustrato óptimo.

El objetivo principal del presente trabajo fue evaluar el efecto del sustrato y el Ácido Indol Butírico (AIB) en el enraizamiento de estacas de *Vaccinium floribundum* Kunth “pushgay”.

Asimismo, los objetivos específicos fueron:

- Determinar el sustrato que permite mayor enraizamiento de estacas del “pushgay”.
- Determinar el efecto del AIB en el enraizamiento de “pushgay”.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Definición del problema

El fruto del “pushgay” es un *berrie* o baya, cuyo mercado es altamente competitivo y se enfoca en lograr un abastecimiento global durante todo el año. El mercado de las bayas es versátil, pueden ser utilizados no sólo como frutas frescas, sino también como productos secos, extractos, alimentos procesados (helados, postres, dulces), jugos y bebidas, aceites e ingredientes para productos altamente especializados (Romero, 2016). El “pushgay” puede ser refrigerado sin alteración de sus características organolépticas y nutricionales, ni variaciones en peso y volumen. Esto facilita la elaboración de productos con valor agregado, incluso fuera de las épocas de cosecha (Coba *et al.*, 2012).

El “pushgay” es uno de los frutales nativos, que han sido utilizados por todas las culturas desde los tiempos inmemorables; de ellos, solo algunas han sido domesticadas, la mayoría aún se encuentran en estado silvestre; existen pocas investigaciones sobre su potencial nutritivo, industrial, bioquímico, medicinal y ornamental, y sus hábitats están amenazados debido a la deforestación, la ampliación de la frontera agrícola, y el poco conocimiento de las especies nativas, que fueron la base de la alimentación de durante siglos, hasta la llegada de los españoles, periodo en las que las especies nativas fueron reemplazadas por especies exóticas traídas de Europa (Sanjinés, 2006).

Así en el caso de Perú y más en concreto en Cajamarca las condiciones de suelo y clima son ideales para el desarrollo de este tipo de frutales gracias a los suelos ácidos. Entre los frutales cultivados y que se quieren recuperar esta el “pushgay” (*Vaccinium floribundum*) un *berrie* nativo del Perú que puede tener características nutraceuticas, aunque todavía no se han evidenciado las mismas. Este *berrie* tiene dentro de su composición mineral hierro, calcio, magnesio y potasio, junto a su contenido en vitaminas C, tiamina, riboflavina, niacina y beta carotenos donde destaca un contenido elevado de antioxidantes, le hacen una fruta relevante para que se fomente su consumo y pueda tener un interés en patologías

inflamatorias como puede ser la obesidad (Cillóniz, 2015). Las antocianinas son compuestos que han mostrado tener propiedades antioxidantes, antitumorales, antiulcerales y antiinflamatorias (Debnath, 2006).

Las antocianinas junto con el ácido ascórbico (vitamina c) contribuyen a prevenir algunos tipos de cáncer, neutralizando los radicales libres; los nitritos, conservantes potencialmente cancerígenos; y los nitratos contenidos en las verduras y el agua de caño (Pérez, 2007).

Poseen también componentes orgánicos como glucosa, fructuosa, ácido cítrico y málico responsables de su sabor (Vasco *et al.*, 2009).

Gutiérrez Rosati Detalló que ya se han realizado muestras que revelan que el “pushgay” contiene antioxidantes hasta tres veces más que los arándanos que actualmente se comercializan en el mercado (variedad Biloxi) (Diario Gestión, 2017). Lo cual lo hace un producto mucho más competitivo en el mercado mundial de los berries.

El “pushgay” es una especie endémica de Perú, por lo tanto, muy bien adaptada a sus condiciones edafoclimáticas y por ello presenta ventajas en cuanto a resistencia a patógenos muy comunes en los arándanos, hecho mencionado por la Dra. Antonietta Gutiérrez... “La rusticidad que tienen estas especies silvestres hacen que su adaptación a las condiciones climáticas del territorio sean mayores; por ello pueden llegar a un equilibrio donde por ejemplo las enfermedades que atacan a los arándanos que hoy se comercializan no ataquen al “pushgay” (Diario Gestión, 2017).

Reportes señalan que las variedades comerciales que se adaptan mejor a las condiciones peruanas son: Biloxi, Misty y Legacy. La importación y aclimatación de estas variedades es la principal barrera económica que frena las inversiones, pues el establecer una hectárea de arándanos en el Perú sobrepasa el costo promedio de US\$ 30000 (Bonifacio, 2014) pero se sabe que cada vez más esta cifra se incrementa. Velásquez, detalló que esto se puede explicar al cuidado que se le puede dar ya que son susceptibles al ataque de patógenos que a diferencia de los berries silvestres del Perú “pushgay” son más rústicos podría aminorar el gasto y tener mayor rentabilidad (Diario la Republica, 2014).

En el Perú, dada la diversidad de climas existentes se puede producir arándanos durante todo el año, sin embargo el grueso de la producción anual se centra entre los meses de setiembre a noviembre de cada año, pero se viene observando importantes volúmenes de producción en los siguientes meses, hasta el mes de enero del siguiente año. Esta situación muestra una producción estacional que se encuentra orientada especialmente al mercado europeo y norteamericano, aunque se tiene que competir con otros proveedores del Hemisferio Sur como son Chile, Argentina, Uruguay y Nueva Zelanda (Romero, 2016). Cuando existe escasez de producción de arándanos en el Perú está en plena producción el “pushgay” la cual puede sustituir en épocas de escasez y así lograr una producción durante todo el año tanto de arándanos como del “pushgay” de forma alternada.

El arándano peruano se produce todo el año, lo cual representa una ventana de oportunidad para ingresar al mercado chino donde el kilogramo de este producto se ubica en promedio en los US\$ 15 (Diario Gestión, 2015). Siendo el “pushgay” un producto con muchos más beneficios podría tener un valor mucho más elevado que el arándano.

2.2. Origen y distribución

Las Ericáceas, tienen amplia distribución geográfica que abarcan todos los continentes a excepción de Australia y La Antártida (Kron *et al.*, 2002). Las plantas de la familia Ericaceae (arándanos y grupos cercanos) presentan una amplia distribución geográfica, siendo las regiones montañosas neotropicales, donde alcanzan su mayor diversidad (Dávila, 2001). Constituyen una familia diversa, con 110 géneros y aproximadamente 4000 especies, presentando una radiación en las diferentes áreas continentales (Luteyn, 2008). Los géneros más representativos son *Cavendishia* (150 spp.), *Thibaudia* (60 spp.), *Psammisia* (60 spp.), *Vaccinium* (450 spp.), *Macleania* (40 spp.), *Disterigma* (40 spp.), *Gaylussacia* (40 spp.) *Gualtheria* (37 spp.) y *Ceratostema* (34 spp.) (Luteyn, citado por Gutiérrez y Camacho, 2011); siendo *Vaccinium* uno de los géneros más grandes de la familia, que se distribuyen desde Asia hasta los Andes, donde está representado por 40 especies. En América, los *Vaccinium* se encuentran geográficamente distribuidos en zonas tropicales donde alcanzan su mayor diversidad; estas condiciones las encontramos específicamente en el noreste de Sudamérica (Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Venezuela) (Sanjinés *et al.*, 2006).

Asturizaga (2006) indica que se encuentra distribuida al norte de los Andes, Colombia, Bolivia, Perú y Venezuela. El “pushgay” es un fruto silvestre; hasta ahora se ha identificado su presencia únicamente en las provincias de Chota, Bambamarca, Cajamarca, Celendín y San Marcos del departamento de Cajamarca, Perú. Hay indicios de que podría haber grupos de plantas similares, al estado silvestre, en otras partes del Perú (Tapia y Fries, 2007). Sin embargo Mostacero *et al.* (2017), indica que esta especie se encuentra distribuida en varios departamentos del Perú, entre ellos: Piura, Amazonas, Cajamarca, Lambayeque, San Martín, Pasco, La Libertad, Cuzco, Puno, Junín, Huánuco, Madre de Dios.

El “pushgay” es una especie de *Vaccinium* conocida y utilizada por los indígenas desde antes de la conquista. Se describió a este pequeño fruto en los páramos de la provincia de Carchi e Imbabura en Ecuador. Hay indicadores ecológicos que sugieren que el “pushgay” siguió este patrón biogeográfico cuyo origen ancestral del género *Vaccinium* estaría en Asia y Europa y que posteriormente colonizaría el Este de Estados Unidos, para avanzar a Centroamérica y Sudamérica situándose en el Ecuador; sin embargo establecer el origen de esta especie, es muy ambiguo y complicado, ya que necesitan un análisis minucioso con pruebas de ADN (Ácido dexosirribonucléico) y establecer vínculos culturales que permitan conocer el uso de dicha planta en épocas pasadas. Gallardo (2015). Otros autores mencionan que el origen es Perú y Bolivia. Es aún muy controversial indicar con certeza el origen del “pushgay”.

En el Perú, el “pushgay” se encuentra formando los bosques montanos, está representada en la flora del país por 22 géneros espontáneos y uno cultivado: *Rhododendron*, y 132 especies, de las cuales 57 son endémicas (Brako y Zarucchi, 1993), conformadas principalmente por plantas leñosas (arbustos, arbolillos o matillas), aunque existen también herbáceas. Su hábitat es la franja intermedia o de transición entre las zonas agroecológicas quechua alta y Jalca, en la sierra norte, (Sánchez y Dillon, 2006).

2.3. Clasificación taxonómica del *Vaccinium floribundum* Kunth

El “pushgay” es conocido científicamente como *Vaccinium floribundum* Kunth, la clasificación se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1: Clasificación Taxonómica del *Vaccinium floribundum* Kunth “pushgay”.

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Ericales
Familia	Ericaceae
Género	<i>Vaccinium</i>
Especie	<i>Floribundum</i>

FUENTE: Pérez y Valdivieso (2007)

Se le conoce con diferentes nombres según la región:

- Europa y América del norte: Arándano rojo.
- Asia y Norteamérica: Mirtilo.
- Estados Unidos y Europa: Arándano azul.
- Ecuador: Mortiño, Uva de los Andes, Manzanilla del Cerro, Raspadura quemada, Agraz.
- Colombia: Uvito de monte, Arándano azul, Macha macha.
- Perú: Congama, Pushgay.

2.4. Descripción botánica de *Vaccinium floribundum* Kunth

Vaccinium floribundum Kunth se caracteriza por ser un arbusto rastrero que puede alcanzar hasta dos metros de altura glabrescente y ocasionalmente con unos pelos glandulares (Pedraza et al. 2004). Otros autores consideran un tamaño superior a esta como Faicán (2009) donde indica que el arbusto puede alcanzar un tamaño de hasta 3.5 m de altura. Presentan gran cantidad de hojas pequeñas y redondas, con peciolos aplanados, láminas de 0.7 - 1.4 cm de largo y 0.3 - 0.5 cm de ancho, ovadas a lanceoladas, haz glabra, envés glabro u ocasionalmente con pelos glandulares esparcidos, base redondeada a obtusa, margen engrosada y finamente aserrada o crenado con los dientes terminados en un pelo glandular, ápice obtuso, nervaduras pinnadas coriáceas, elípticas a ovado lanceoladas.

La inflorescencia es un racimo con flores epiginas que salen de las axilas del tallo y que tienen de 6 a 10 flores pequeñas: pedicelos de 4 a 6 mm de largo, glabrescentes, hipanto y cáliz de 3.6 a 4.8 mm de largo articulados, verde a rojo oscuro, lóbulos de 4 a 5; corola de 7

mm de largo, cilíndrica, blanca, rojo o rosada, lóbulos de 4 a 5, ocho a diez estambres, ovario de 4 a 5 lóculos, dehiscencia apical. (Bernal y Correa, 1990 & Pedraza et al. 2004)

El fruto es una baya pequeña jugosa, originado a partir de un ovario ínfero tetracarpelar, redondas dispuestas en racimo, de 5 a 8 mm de diámetro de color variable, durante el estadio inicial es verde que cambia a azul y azul oscuro durante el proceso de maduración, lisa a veces glauca (Jorgensen, *et al.* 1995). Las semillas son de forma reticulada, testa dura y color blanco cuando los frutos son verdes pardo dorado en los estadios de madures del fruto; el número de semillas por fruto es bajo cuando se compara con el número de primordios seminales observados en el ovario, las semillas que alcanzan su desarrollo completo son de mayor tamaño; oscilan entre 45 y 60 por fruto.

El sabor del fruto maduro es agradable, aunque un poco ácido, no produce olor apreciable; su apariencia es llamativa por su color y brillantez debido a la cera epicuticular (Chaparro y Becerra 1999).

2.5. Condiciones edafológicas

Se encuentra en suelos arenosos, pedregosos, sueltos y con bastante materia orgánica producto de la descomposición del ichu o hualte (*Stipa ichu*) y las hojas del chimchango (*Hypericum laricifolium* Juss) y otros arbustos (Tapia y Fries, 2007), requiere suelos ácidos con pH 4.0 - 4.5, bien drenados y que fundamentalmente no retengan el agua.

Esta especie crece en un amplio rango altitudinal desde los 1600 hasta los 3800 msnm de altitud, se desarrolla en climas templados y fríos, con temperaturas de 8 a 16° C, en los bosques seco montano bajo y húmedo montano, en suelos húmedos y bien drenados (Bernal, 1990), del páramo son en buena parte de origen glaciario y volcánico reciente y muchos de ellos están aún en plena formación. Su estructura especial se debe a una combinación de materia orgánica, que se descompone muy lentamente en el clima frío, con la ceniza volcánica. Tienen una gran riqueza en materia orgánica y a esto se debe su color negro característico. Poseen una elevada tasa de retención de agua y permeabilidad, lo que permite un buen desarrollo de las raíces y una notable resistencia a la erosión, lo que hace ideal al suelo del páramo para la producción de las plantas de “pushgay” (Idrovo, 2013).

Dentro de las condiciones agroecológicas necesarias para el óptimo desarrollo *del V. floribundum* son las zonas frías, una humedad entre el 60 y 80 por ciento, una pluviosidad de 800 a 2000 mm año (Muños, Martínez y Liganeto, 2009).

2.6. Propagación vegetativa

La reproducción asexual, consiste en la propagación empleando partes de la planta original y esto es posible debido a que cada célula de la planta contiene la información genética necesaria para generar una planta nueva, esta característica se conoce como totipotencia celular. La producción de un nuevo organismo es a partir de un fragmento del propio organismo, que pueden ser porciones de hojas y/tallos (Hartman, 1997). En este tipo de propagación, casi siempre la nueva planta es genéticamente idéntica al progenitor (un clon), aunque ocasionalmente se pueden dar mutaciones menores (Hartmann, 1997).

A partir de un fragmento de la planta se puede obtenerse las estacas o esquejes las cuales tiene la capacidad de poder regenerar una planta completa (raíz, tallo y hojas), como lo indica Barceló. (2001), Pueden obtenerse de tallos, de hojas o raíces, que colocadas en condiciones favorables son capaces de formar un nuevo individuo con caracteres iguales a la planta madre.

2.7. Composición química

Tabla 2: Contenido químico en 100 gramos de fruto fresco

Componente	Cantidad por 100 g de fruta fresca
Análisis proximal	
Humedad (g)	81.0 ± 2.00
Grasa (g)	1.0 ± 0.04
Proteína (g)	0.7 ± 0.02
Ceniza (g)	0.4 ± 0.03
Carbohidratos totales (g)	16.9 ± 0.10
Fibra dietética total (g)	7.6 ± 2.20
Fibra dietética soluble (g)	1.2 ± 1.00
Fibra dietética insoluble (g)	6.5 ± 2.50
Azúcares solubles (g)	

«continuación»

Fructosa (g)	4.4 ± 0.4
Glucosa (g)	2.6 ± 0.3
Valor calórico (Kcal)	84 ± 0.4
Ácidos orgánicos	
Ácido cítrico (mg)	3142 ± 614
Ácido málico (mg)	1823 ± 274
Minerales	
Fe (mg)	0.64 ± 0.20
K (mg)	607 ± 73.00
Ca (mg)	17.0 ± 2.30
Mg (mg)	10.23 ± 1.10
Cu (mg)	0.12 ± 0.02
Zn (mg)	0.13 ± 0.02
Componentes antioxidantes	
Ácido ascórbico (mg)	9.0 ± 2.0
B-caroteno (µg)	36.0 ± 6.0
Contenido fenólico soluble total (mg AG)	882 ± 38
Capacidad antioxidante TEAC (mg Trolox)	1203 ± 94

FUENTE: Vasco *et al.* (2009).

La Tabla 2, muestra el contenido de fibra, azúcares totales, contenido calórico, ácidos orgánicos, minerales y los componentes antioxidantes, propiedad por la cual tiene el mayor valor e importancia.

2.8. Auxinas

Las auxinas son un grupo de hormonas vegetales naturales que regulan muchos aspectos del desarrollo y crecimiento de plantas. La forma predominante en las plantas es el ácido indolacético (IAA), muy activo en bioensayos y presente comúnmente en concentraciones nanomolares. Otras formas naturales de auxinas son el ácido 4-cloro-indolacético (4-ClIAA), ácido fenilacético (PAA), ácido indol butírico (AIB) y el ácido indol propiónico (IPA) (Ludwig-Müller & Cohen, 2002).

Las auxinas fueron las primeras fitohormonas identificadas y es precisamente el ácido indol acético AIA, la principal auxina endógena en la mayoría de las plantas (Srivastava 2002). La mayoría de las moléculas que integran este grupo son derivados indólicos, aunque también se encuentran algunos compuestos fenoxiacéticos, benzoicos o picolínicos con actividad auxínica. Las auxinas se encuentran en la planta en mayores cantidades en las partes donde se presentan procesos activos de división celular, lo cual se relaciona con sus funciones fisiológicas asociadas con la elongación de tallos y coleótilos, formación de raíces adventicias, inducción de floración, diferenciación vascular, algunos tropismos y promoción de la dominancia apical (McSteen y Zhao, 2008).

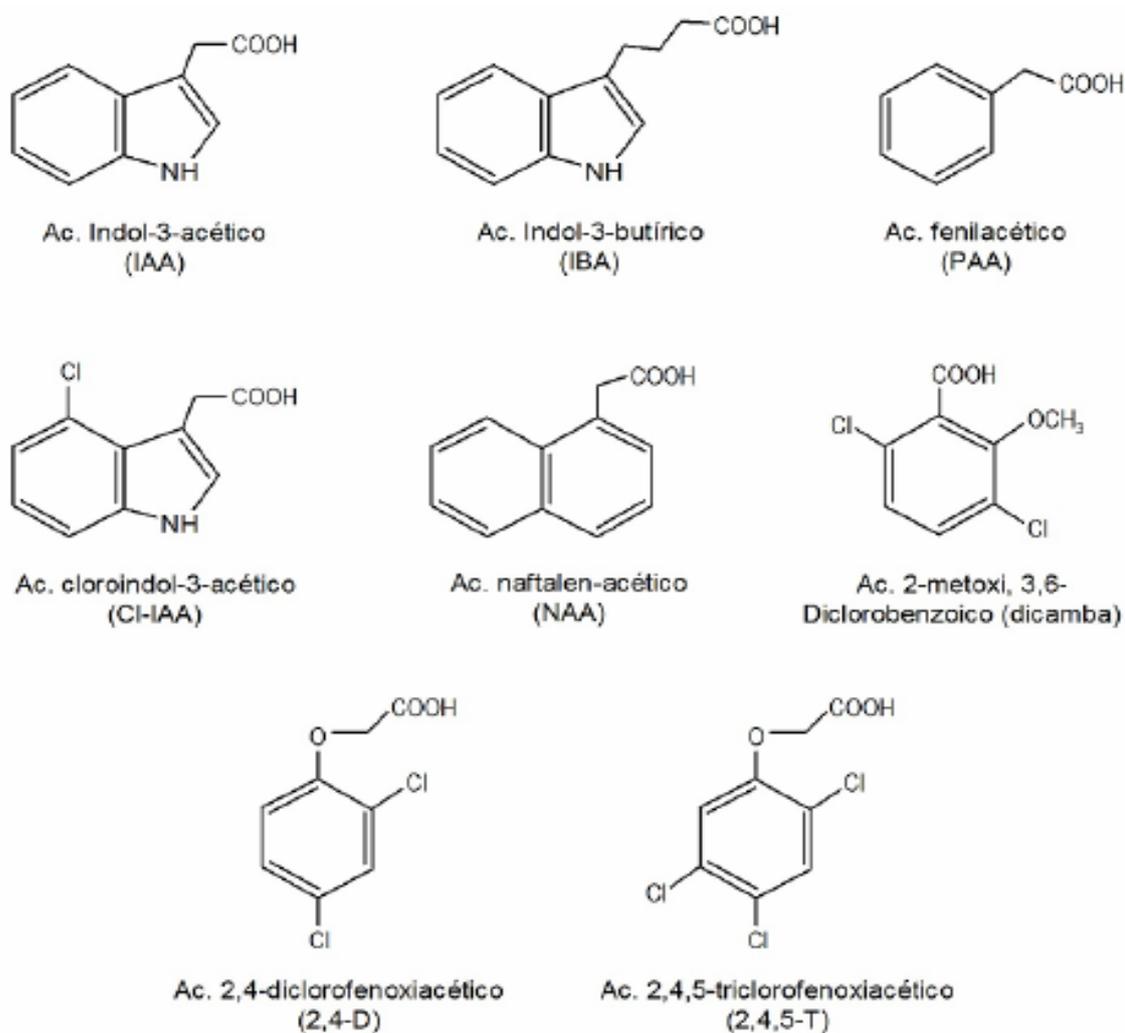


Figura 1: Estructura de algunas auxinas naturales (AIA, IBA, PAA, Cl-IAA) y sintéticas (NAA, dicamba, 2,4-D y 2,4,5-T).

FUENTE: Jordán y Casaretto (2006).

En cuanto a los mecanismos de transporte, se conoce un mecanismo polar (más lento) en tallos y raíces, exclusivo de auxinas, que depende de proteínas transportadoras específicas para esta hormona (la familia de transportadores PINFORMED) (Klein-Vehn y Frim, 2008), y no polar en el floema (más rápido) donde se encontraría asociado con procesos de división del cambium y ramificación de raíces. Las auxinas generalmente son transportadas en el sentido del eje longitudinal de la planta, alejándose del punto apical hacia la base (basípeto) en el tallo y en el sentido contrario (acrópeto) desde la raíz (Srivastava, 2002). La importancia del establecimiento y mantenimiento de la polaridad celular son temas centrales de la biología celular y en la fisiología del crecimiento y desarrollo, ya que esta característica define la dirección de las divisiones celulares, y de esta forma, la arquitectura y forma individual de cada planta, además que está estrechamente relacionada con la dirección de la señalización y la comunicación intercelular (Zazímalová *et al.*, 2007).

2.9. Sustratos

El término sustrato, se aplica a todo material sólido distinto del suelo natural o de síntesis, mineral u orgánico, que puesto en un contenedor, sirve como un medio de anclaje del sistema radicular (López *et al.*, 2008).

Según Hidalgo *et al.* (1999). Para obtener buenos resultados, el sustrato debe reunir características como:

- a. Tener suficiente firmeza y densidad para mantener las plantas en su lugar durante el cultivo.
- b. Su volumen no debe variar mucho cuando está seco a mojado.
- c. Debe retener suficiente humedad para evitar los riegos frecuentes de deshidratación.
- d. Debe ser lo suficientemente poroso, de modo que drene el exceso de agua y permita una aireación adecuada.
- e. No debe tener un nivel excesivo de salinidad.

2.9.1. Cascarilla de arroz

Este es un subproducto y/o residuo de una actividad agrícola e industrial; es decir, es un sustrato de origen orgánico que debe someterse a un proceso de compostaje para su adecuación como sustrato (Cadehia, 2000). El principal inconveniente que presenta la

cascarilla de arroz es su baja capacidad de retención de humedad (Calderón, 2002; Genevini, 1997), en muchos casos se puede utilizar mezclando con otros sustratos como la turba.

La cascarilla de arroz se caracteriza por presentar altos contenidos de sílice lo que le permite conservar sus propiedades físicas y químicas durante largos periodos de tiempo; además posee las siguientes características físico-químicas: Porosidad total 85-95 por ciento de volumen, capacidad de aireación del 40 al 60 por ciento del volumen, densidad de aparente de 0.12 g/cc, contenido de humedad 10-20 por ciento, Capacidad de intercambio catiónico de 2-3 meq.100mL⁻¹, tamaño de grano 3-5 mm y posee una capilaridad mala (Calderón, 2002).

2.9.2. Aserrín

Las propiedades físicas del aserrín dependen del tamaño de sus partículas y se recomienda que del 20–40 por ciento sean inferiores a 0.8 mm. Es un sustrato ligero, con una densidad aparente de 0.1 a 0.45 g•cm⁻³. La porosidad total es superior al 80 por ciento, la capacidad de retención de agua es de baja a media, pero su capacidad de aireación suele ser adecuada (Maher *et al.*, 2008).

2.9.3. Arena fina

El tamaño de la arena es un factor crítico en la selección de este componente. Las arenas finas contribuyen muy poco en mejorar las condiciones del sustrato, y su uso puede resultar en una disminución del drenaje y la aireación. Algunas arenas pueden contener limo arcilla por lo que se deben lavar completamente para remover estas partículas muy finas. Es preferible una arena limpia con tamaños de partícula de 0.5 a 2 mm de diámetro. El porcentaje de partículas medias (0.25 a 0.50mm) y finas (0.05 a 0.25 mm) deben formar una proporción relativa pequeña de la arena usada en un medio de cultivo. De otro modo, la adición de arena puede producir un cemento, junto con las partículas del suelo, y provocar una compactación mayor que la deseada (VIFINEX, 2002).

2.9.4. Aranmix TS1 (turba + perlita)

El sustrato Aranmix contiene musgo de Lituania, contiene una excelente fibra y adecuada estructura que permite optima retención de agua y una buena aireación del sistema radicular del plantin de Arándanos.

Características:

- a. pH: 4.5
- b. Conductividad (dS/m.): 0.35 – 0.45.
- c. Concentración de sales: 1000 mg/l.
- d. Fertilizantes: 1.0 gr/l.

Tabla 3: Nutrientes adicionales del Aranmix TS1(turba + perlita)

Nutrientes	Concentración (mg/L)
Nitrógeno	140 (mg N/L)
Fosforo	100 (mg P ₂ O ₂ /L)
Potasio	180 (mg K ₂ O/L)
Magnesio	100 (mg Mg/L)

FUENTE: Maruplast.

2.10. Ecotipos de *Vaccinium floribundum* reportados en Perú

Tapia y Fries (2007) describieron la presencia de diferentes variedades del “pushgay” en las diferentes regiones del Perú.

a. “pushgay colorado grande”

Se caracteriza por un tamaño y color parecido a la uva roja y es de un sabor dulce agradable, contiene buena cantidad de pulpa y también tiene un mayor contenido de materia seca y azúcar.

b. “pushgay negro grande”

Esta variedad alcanza un tamaño y color parecido al saúco, es de sabor muy dulce, contiene bastante pulpa y tiene un mayor contenido de materia seca y azúcar.

c. “pushgay menudo”

Puede ser de color negro o colorado (sangre de toro); pero es de tamaño muy pequeño con residuos de la flor. Tiene poco contenido de líquido, pero si un alto contenido de azúcar, es muy dulce y oloroso; su rendimiento en pulpa y materia seca es menor, debido a la fibra o cutícula de la piel.

d. “pushgay blanco”

Es de tamaño algo grande y la piel y pulpa son de color blanco verdoso brillante, y tiene un sabor similar a la manzana. El tallo es de color blanco, con hojas verdosas blanquecinas y los tallos y hojas son más largos; este “pushgay” generalmente produce grandes racimos de frutos.

e. “pushgay no comestible – tóxico”, llamado mío mío

Esta variedad produce frutos más grandes, semiplanos o achatados y muy parecidos al saúco, de color rojo oscuro (como sangre de toro) y raras veces adquieren un color negro. El tamaño de la planta es muy pequeño, es frondosa, ramificada o coposa y siempre se mantiene erecta; las hojas son más angulares y de un color verde amarillento oscuro. Esta especie se adapta o se encuentra preferentemente en lugares húmedos, pero siempre junto a las otras especies de “pushgay”, donde hay presencia de ichu y chimchango que es un arbusto propio de estos ecosistemas. El mío mío no debe ser consumido ni por los animales ni por los seres humanos; cuando se ingiere accidentalmente, ocasiona intoxicación y en los animales puede llegar a causar la muerte debido al alto contenido de cianuro.

2.11. Usos

Gracias a la textura y el sabor del “pushgay”, puede ser consumido directamente, o también pasar por procesos industriales y ser presentados en mermeladas. Jugos, salsas, vinos es por ello la gran importancia de esta. El “pushgay” es una fruta muy versátil de gran sabor, se puede maridar fácilmente y realizar preparaciones de sal y dulce, desde ceviches de trucha, cuyes, gallinas y cerdo rostizado Gallardo (2015). Las características organolepticas de este fruto le dan gran plasticidad en la industria.

2.11.1. Industria alimenticia

El “pushgay” al igual que el Blueberry se trata de una fruta de fácil uso pues no es necesario pelarla, ni cortarla. Se consume en fresco, como complemento de ensaladas de fruta y vegetales, mezcladas con cereales y yogurt. Por su sabor fuerte y agradable, se lo puede utilizar en preparación de salsas y acompañamientos para diversos platos de carnes y preparaciones de tipo Gourmet, además de rellenos para “pies”, salsas para “pancakes”, “waffles”, y pastelería variada. (Finn y Janick, 1999). También se elabora vinos de este cultivo gracias al agradable sabor y olor que presenta.

2.11.2. Uso medicinal

La aplicación medicinal del “pushgay” se remonta a épocas inmemorables donde los indígenas americanos lo utilizaban para combatir las infecciones e inflamaciones relacionadas al sistema excretor, se le confiere propiedades medicinales que ayudan a prevenir y curar alteraciones estomacales, como vasculares, diabetes, problemas oculares, renales, entre otras. Sus frutos tienen contenidos importantes de azúcares, minerales, antioxidantes, vitaminas del complejo B y C, además de minerales como Potasio, Calcio, y Fósforo. Las antocianinas, que le confieren el color azul característico al fruto, a esta sustancia se le atribuye el poder antioxidante, intervienen en el metabolismo celular humano disminuyendo la acción de los radicales libres, asociados al envejecimiento, cáncer, enfermedades cardíacas y Alzheimer (Coria *et al.*, 2003).

Los frutos desecados se usan para calmar la diarrea, las hojas se toman en infusión, pues contienen arbutina que puede controlar la diabetes (ASPADERUC, 1997).

2.11.3. Uso ornamental

El “pushgay” posee hojas brillantes, gracias a la epicutícula que presenta, lisas y van cambiando de color durante estadio juvenil hasta la maduración, siendo adecuadas para la decoración de ambientes, cuando llegan al estadio de floración es muy vistosa, gracias a la coloración intensa de las flores que van desde las blancas hasta la rosa intensa.

2.11.4. Otros usos

El color característico de los frutos proporciona la extracción de un color azul intenso la cual es utilizada como tinte natural, en muchas localidades.

En Ecuador se prepara un plato muy especial con miel de caña, especias y otros pedazos de frutas en el Día de los Difuntos “Noviembre 2”, llamada Colada Morada, un plato típico de la cultura popular. En algunas áreas cuando es época de cosecha, es la ocasión perfecta en la que la gente salga de paseo para el campo en donde cosecha y come la fruta. (Estrella, 1998). Además puede ser utilizado para la reforestación los páramos que sufrieron algún daño como un incendio forestal.

III. METODOLOGÍA

3.1. Lugar de ejecución

La presente investigación se realizó en el invernadero del Centro de Investigación de Recursos Genéticos, Biotecnología y Bioseguridad (CIRGEBB) de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), ubicada en el distrito de La Molina – Lima.

3.2. Materiales

3.2.1. Material vegetal

En la investigación se utilizaron estacas de *Vaccinium floribundum* Kunth “Pushgay”, colectadas en la Región Cajamarca por Susy Sanabria y enviadas para fines de investigación al laboratorio del CIRGEBB- Lima. La Figura 2 muestra el ambiente natural donde estas plantas crecen y donde fueron colectadas para realizar el experimento, se observa la planta madre de Pushgay 01 en el distrito de Conchan, provincia de Chota, región Cajamarca se puede observar el crecimiento silvestre, rodeado de una vegetación propia del Páramo.



Figura 2: Planta de Pushgay-01 en el lugar de origen

En la Figura 3 se observa la planta madre de pushgay 02 en su ambiente natural, ubicado en el distrito de La Encañada, provincia de Cajamarca, Región Cajamarca rodeado de especies vegetales propias del lugar.



Figura 3: Planta de Pushgay-02 en el lugar de origen

3.2.2. Materiales de laboratorio

- Bisturí.
- Pinzas.
- Tijera de podar.
- Frascos de vidrio.
- Micropipetas.
- Probetas de 50 ml, 100 ml y 1000 ml.
- Agua destilada.

3.2.3. Materiales de invernadero

- Cajas de madera.
- Plástico.
- Frascos.
- Pulverizador.
- Grapas.
- Pissetas.
- Tijera.
- Agua destilada y agua de caño.
- Cascarilla de arroz.
- Aserrin de pino blanco.
- Aranmix TS1 (turba + perlita).

3.2.4. Equipos

- Destilador.
- Balanza analítica.
- Cámara fotográfica.
- Estufa (horno).
- Congeladora.
- Termómetro de máximo y mínimo.
- Sensor de temperatura.
- Extractor de calor.
- Equipo de riego tecnificado.

3.2.5. Soluciones

- .Solución de AIB 2 mg/L.
- Alcohol de 96 % y 70 %.
- Medio Murashige y skoog (MS) (1962).
- Previcur 0.5 ppm.
- Cercobin 0.5 %.

3.3. Métodos

3.3.1. Desinfección del sustrato

- a. **Cascarilla de arroz:** Se lavó con agua de caño 6 veces durante dos días, dejando la cascarilla de arroz remojando en abundante agua de un día para otro. Al término de este proceso se aspersó con fungicida (Previcur^R 0.5 mg/L) moviendo la cascarilla para que se impregne uniformemente.
- b. **Aserrín de pino blanco:** Se lavó con agua de caño 10 veces durante 5 días, dos lavados diarios, dejando el aserrín remojando en abundante agua de caño de un día para otro. Al término de este proceso se aspersó fungicida (Previcur^R 0.5ppm) moviendo el aserrín para que se impregne uniformemente.
- c. **Arena fina:** Se lavó con agua de caño 4 veces durante dos días, dejando la arena fina en abundante agua de un día para otro. Al término de este proceso se aspersa el fungicida (Previcur^R 0.5ppm) moviendo la cascarilla para que se impregne uniformemente.
- d. **Aranmix TS1:** se desinfectó el sustrato aplicando fungicida (Cercobim^R 0.5%) moviendo para aplicar homogéneamente en todas partes, se embolsa y se deja reposar hasta el día siguiente en que se repite la aplicación, esto durante tres días. Al cuarto día se trasladó el sustrato a bolsas negras las cuales fueron selladas y puestas al sol durante 4 días para poder eliminar los posibles agentes contaminantes. Este sustrato, al ser colocado en las camas almacigueras se rocío con fungicida (Previcur^R 0.5ppm).

3.3.2. Desinfección del material vegetal

Las muestras recibidas de Cajamarca, encontradas ya en el laboratorio del CIRGEBB fueron tratadas antes de ser llevadas al invernadero de la siguiente manera.

- a. Se identificaron las estacas con mejor aspecto de tallos verdes, meristemos verdes, tallos jóvenes, etc. fueron seleccionadas.
- b. Las estacas seleccionadas tenían un tamaño entre 10 a 15 cm las cuales fueron colocadas en un recipiente para ser lavadas con abundante agua de caño, para eliminar los restos de paja o impurezas que pueden contener.
- c. Las estacas recibieron un segundo lavado con agua destilada para eliminar las sales que puede contener el agua de caño.
- d. Seguidamente fueron rociadas homogéneamente con fungicida (Previcur^R

- e. 0.5mg/L).
- f. Las estacas fueron colocadas en una superficie limpia durante 5 minutos para que puedan secar.
- g. Las estacas de mayor tamaño fueron cortadas proporcionalmente, para tener un tamaño homogéneo, entre 10 a 15 cm.
- h. Las estacas fueron cortadas en bisel por la parte basal para lograr una mayor área de contacto con la solución enraizante y el sustrato.
- i. Una vez cortadas en bisel las estacas fueron colocadas en un recipiente que contiene la solución enraizante AIB 2ppm (2mg/L), hasta que cubra el corte realizado en bisel, se dejaron las estacas en dicha solución durante 30 minutos a fin que las estacas absorban la solución enraizante, para luego ser llevadas a invernadero para ser sembradas.

3.3.3. Preparación de camas almacigueras

Las cajas de madera con medidas 40 x 40 cm y 5 cm de altura aproximadamente fueron forradas con plástico, con pequeños agujeros en la parte basal para el drenaje del excedente de agua. Los sustratos tratados y desinfectados fueron colocados en las camas almacigueras, después se regaron con agua destilada, listas para la siembra.

3.3.4. Siembra de estacas

- a. Las estacas en el invernadero fueron sembradas en las camas almacigueras, repartidas proporcionalmente en los diferentes sustratos.
- b. Las estacas fueron colocadas en el sustrato con una ligera inclinación (45° aproximadamente).
- c. Una vez colocadas fueron regadas con solución MS/4.
- d. Finalmente fue regada con la solución enraizante AIB 2mg/L y fueron colocados en invernadero bajo condiciones controladas.

3.3.5. Protocolo de riego

- a. El riego se realizó con las soluciones nutritivas de MS/4 y la solución enraizante AIB 2mg/L.
- b. Durante las dos primeras semanas el riego se realizó diariamente con la solución nutritiva y la solución enraizante,

- c. Después de la tercera semana el riego se realizó 3 veces por semana con la solución nutritiva y una vez con solución enraizante.

3.3.6. Descripción de los tratamientos

Los dos ecotipos se iniciaron con 20 estacas, repartidas proporcionalmente (5 en cada uno) en los cuatro sustratos diferentes.

Tabla 4: *Numero de estacas plantadas por sustrato de Pushgay-01 y Pushgay-02*

	Pushgay-01	Pushgay-02
SUSTRATO	NUMERO DE ESTACAS	NUMERO DE ESTACAS
CASCARILLA	5	5
ASERRIN	5	5
TIERRA	5	5
ARENA	5	5

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis de varianza de la interacción de factores

Al realizar el análisis de varianza para ver el efecto de los 3 factores en el enraizamiento de las estacas se observó que no existe un efecto significativo de los factores como se muestra en la Tabla 10 (anexo). Donde el factor tiempo no muestra significancia en la evaluación, por lo tanto, no se realiza análisis alguno para el tiempo. En los siguientes análisis solo se toma en cuenta la interacción doble de los factores sustrato*ecotipo, y la interacción simple de los factores (ecotipo y sustrato) donde si muestran efecto alguno.

Respecto al primer experimento instalado (Tablas 4), se evaluó la supervivencia de las estacas cada 15 días, resultados que se muestran a continuación en la Tabla 5

Tabla 5: Muestra la supervivencia promedio de estacas de Pushgay 01 y Pushgay-02 evaluadas cada 15 días durante 180 días en los cuatro sustratos diferentes (cascarilla de arroz, aserrín de pino blanco, Aranmix TS1 (turba+perlita) y arena fina

Nº de días de instalado el experimento	Cascarilla de arroz		Aserrín		Aranmix TS1		Arena fina	
	Pushgay 01	Pushgay 02	Pushgay 01	Pushgay 02	Pushgay 01	Pushgay 02	Pushgay 01	Pushgay 02
0	5	5	5	5	5	5	5	5
15	5	5	5	4.5	5	5	5	5
30	3.5	3.5	5	2.5	4.5	3.5	5	5
45	2.5	3	5	2.5	3.5	3	4.5	4
60	1.5	1	4	2.5	2	1	4	2.5
75	1.5	1	4	2.5	1	0.5	2	2
90	0.5	1	3.5	2	0	0.5	1	1
105	0.5	0	2.5	0.5	0	0	0	0
120	0.5	0	2.5	0.5	0	0	0	0
135	0.5	0	2.5	0.5	0	0	0	0
150	0.5	0	2.5	0.5	0	0	0	0
165	0.5	0	2.5	0.5	0	0	0	0
180	0.5	0	2.5	0.5	0	0	0	0

4.2. Efecto de la interacción de dos factores sustrato vs ecotipo

4.2.1. Resultados de las estacas plantadas en cascarilla de arroz

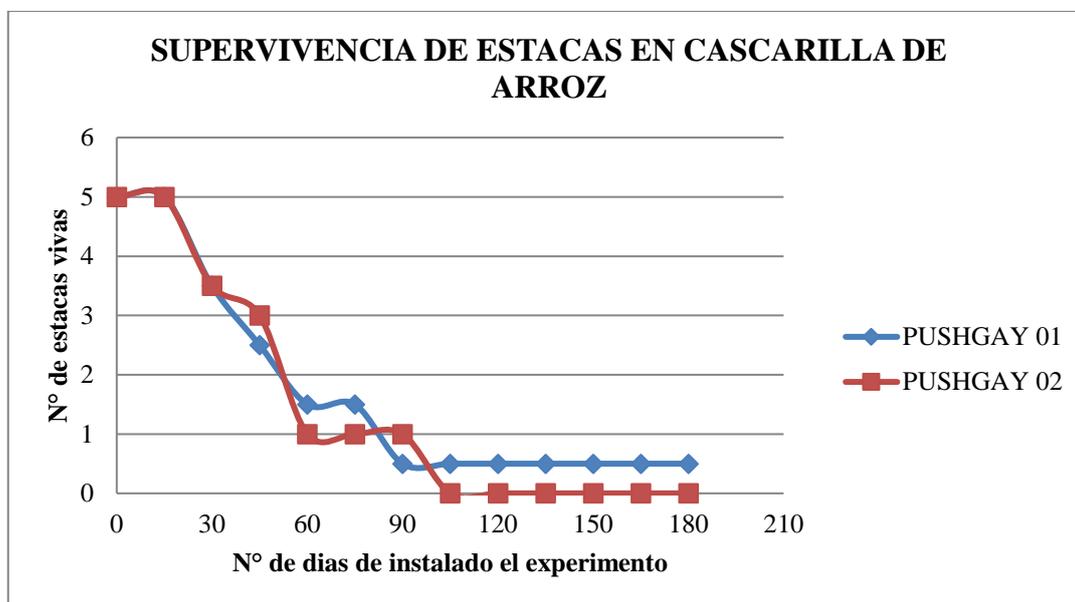


Figura 4: Evolución de la supervivencia promedio de estacas plantadas en cascarilla de arroz de los ecotipos Pushgay 01 y Pushgay 02.

Durante los 15 primeros días después de instalado el experimento se observa una supervivencia de todas las estacas (100%) para ambos ecotipos (Pushgay 01 Y Pushgay 02), pero el aspecto inicial de las estacas (turgencia y color) se vio afectada, sobre todo en las estacas más jóvenes, aquellas que presentaron ápices terminales, las hojas comenzaron a caer, pero los meristemos se mantenían verdes.

En los 30 días de evaluación se observaron las primeras estacas muertas, en promedio se reportó 1.5 (26%) estacas muertas para ambos ecotipos, las estacas muertas presentaron necrosis (seco) y hojas completamente secas, algunas de las estacas vivas presentaron síntomas de sequedad en la parte superior (aérea).

La tendencia de muerte de las estacas continúa en los 45 días donde se observó una mayor mortalidad en estacas de Pushgay 01, las hojas también continúan cayendo y las estacas

continuaron secándose, las estacas que conservaron sus hojas están totalmente verdes (tallos, hojas y meristemas).

La mortalidad de las estacas continua, pero se observa una mayor en Pushgay 02 (2 estacas) y 1 en Pushgay 01 en los 60 días de instalado el experimento.

Entre los 60 y 75 días no se presentó mortalidad en ningún ecotipo, en Pushgay 02 las estacas vivas se mantuvieron verdes (tallo, hojas y meristemas), al igual que en Pushgay 01.

A los 90 días de instalado el experimento solo se registró una estaca viva en Pushgay 01, mientras que en Pushgay 02 no se registró mortalidad.

A partir de los 105 días de instalado el experimento, para el ecotipo Pushgay 02 murió la única estaca que se encontraba con vida, en cuanto al Pushgay 01 en promedio se mantiene una estaca viva, esta fue una constante hasta la última fecha de evaluación (180 días).

Realizando la prueba de Tukey al 5 por ciento de significancia, para sustratos versus ecotipo se observó una baja tasa de supervivencia de los esquejes en cascarilla de arroz, logrando tan solo una estaca viva para Pushgay 01 y ninguna estaca viva para Pushgay 02 (figura N°5), sin embargo autores como Peliza *et al.* (2011) reportaron que trabajando con estacas de arándano comercial, lograron el enraizamiento utilizando como sustrato turba (Plantmax®) combinada con cascarilla de arroz carbonizada, habiendo tratado las estacas con 2000 mg L⁻¹, de AIB.

La reproducción asexual por medio de estacas es un método muy usado en diversos cultivos. Campana y Ochoa (2007) señalan que las estacas son de fácil enraizamiento, Da Da Silva y Méndez (2004) indican asimismo que para lograr mejores resultados en el enraizamiento de estacas en especies herbáceas y semileñosas se deben utilizar los esquejes de la parte apical. El “pushgay” es un material difícil de enraizar, si se compara con otras especies en los que se reporta altos porcentajes de enraizamiento, a pesar de la rusticidad del “pushgay” en comparación al arándano comercial, estas plantas tienden a sufrir de estrés muy rápido y esto conlleva a la pérdida de hojas y el aumento de la probabilidad de muerte. Sango (2013)

realizo un estudio de enraizamiento de estacas de clavel (*Danthus caryophyllus*), reportando como el mejor sustrato para enraizar dicha especie una mezcla de cascarilla de arroz y turba (Klasmann). Asimismo Saboya (2010) realizó estudios de enraizamiento en Caoba (*Swietenia macrophylla* king), sumergiendo las estacas en AIB 5000 ppm (mg L^{-1}) y usando como sustrato cascarilla de arroz, reportando hasta un 48 por ciento de estacas enraizadas.

Según la literatura, la cascarilla de arroz es un sustrato bueno para el enraizamiento, sin embargo debe considerarse que posee baja capacidad de retención de agua, por su alto contenido de sílice. La presencia de este elemento dificulta su descomposición, por ello se recomienda realizar pre-tratamiento como la carbonización, lo que aumenta la capacidad de retención de agua. Por ello, la cascarilla de arroz utilizada en los experimento perdía humedad con rapidez, debiendo tenerse mucho cuidado a fin de evitar que las estacas pierdan agua.



Figura 5: Estaca de Pushgay 01 enraizada en cascarilla de arroz. Imagen izquierda, estaca a los 180 días de plantada, con un brote ramificado y un brote pequeño. Imagen izquierda la estaca enraizada que logro un tamaño aproximado de 10 cm y la raíz con un volumen adecuado para lograr la supervivencia.



Figura 6: Estaca muerta de Pushgay 02. Imagen izquierda estaca completamente seca con la parte necrótica que estuvo enterrada. Imagen derecha parte aérea seca con meristemas necrosados.

4.2.2. Resultados de las estacas plantadas en aserrín de pino blanco

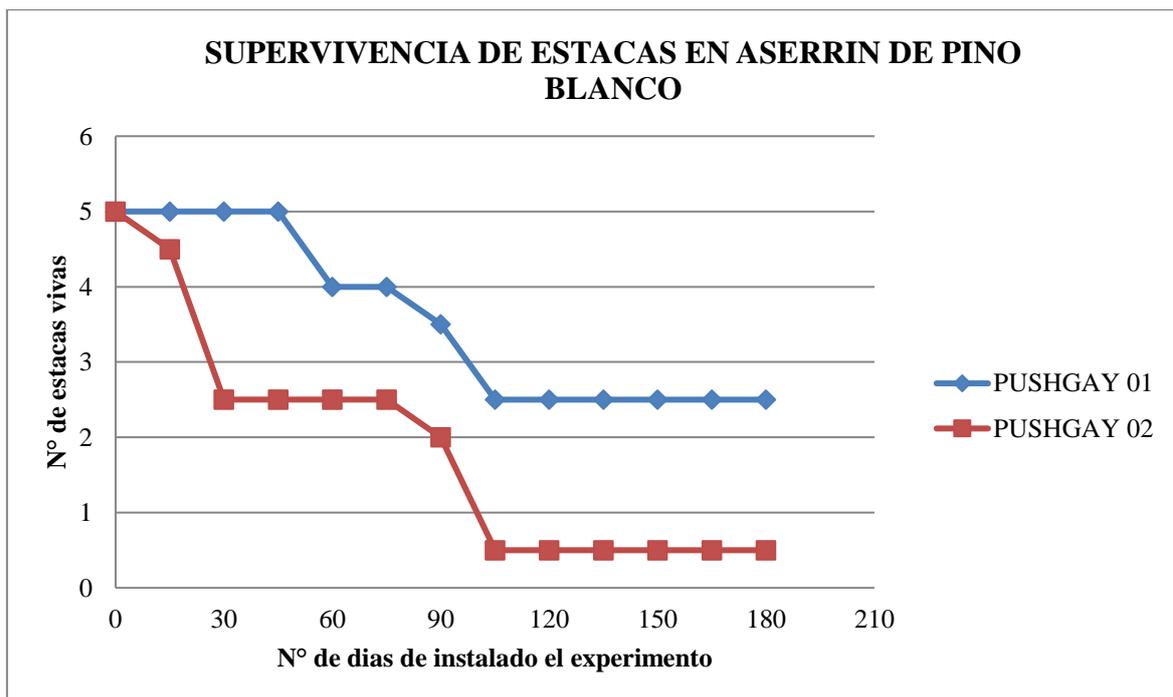


Figura 7: Evolución de la supervivencia promedio de estacas plantadas en aserrín de pino de los ecotipos Pushgay 01 y Pushgay 02.

Durante los primeros 15 días después de la siembra las estacas de Pushgay 01 muestran un buen estado (hojas, meristemas y tallo verde), manteniendo las hojas turgentes, no se

muestran síntomas de deshidratación, una de las estacas comenzó a mostrar necrosis en la parte superior y buen estado de la parte basal no se presentó mortalidad, una estaca presento los primeros botones axilares para generar brotes (ramas). En Pushgay 02 muestra grandes cambios de color, caída de hojas, pérdida de turgencia y necrosis parcial en algunas estacas, no se mostró síntomas de supervivencia (enraizamiento).

A los 30 días las estacas de Pushgay 01 mantiene el aspecto fresco (verde) como al inicio del experimento, los primeros botones axilares comenzaron a generar la rama y los botones se extienden a lo largo de la estaca, la que sufrió necrosis apical se detuvo y conserva el resto de tallo y hojas verdes, aun no se registró mortalidad. Pushgay 02 continua con el proceso de pérdida de hojas y necrosis en algunas estacas, se registró un 50 por ciento de mortalidad una pérdida significativa de individuos.

Pasado 45 días, Pushgay 01 muestra las estacas en buen estado, no se observó ningún cambio en las hojas, tallo y meristemas, la estaca que genero brote sufrió una necrosis total, los botones se secaron, el tallo se secó (necrótico) causando la muerte de la estaca. En Pushgay 02 no se observa pérdida de hojas, la necrosis continúa, una estaca muestra los primeros botones axilares, no se reportó mortalidad en Pushgay 01.

En 60 días Pushgay 01 las estacas sobrevivientes mantuvieron buen estado conservando las hojas iniciales, pero aun no muestran desarrollo de los meristemas para generar brotes, fueron eliminadas las estacas que generaron brotes y se necrosaron. Pushgay 02 mantiene el número de estacas, aumento el número de hojas secas en la parte apical, esto va acompañado con la necrosis del tallo.

Después de 75 días Pushgay 01 mantiene buen estado, no presenta síntomas de deshidratación, manteniendo el número de individuos. Pushgay 02 mantiene el aspecto de la evaluación a los 60 días, la necrosis de los tallos aumentó.

Luego de 90 días las estacas de Pushgay 01 continúan en buen estado, pero no muestra algún signo de desarrollo de meristemas para generar los botones axilares. Las estacas de Pushgay

02 que se encontraban con necrosis parcial se expandieron por todo el tallo causando la muerte de estas.

En 105 días de iniciado el experimento, Pushgay 01 presente una mortandad del 50 por ciento de estacas en promedio, las que se mantienen vivas muestran un buen estado de turgencia y color de estacas, el número de estacas vivas se mantuvo constante hasta terminar el tiempo de evaluación (180 días). Se reportó la última observación de mortalidad a partir de la cual se mantuvo constante en número de estacas vivas, mostrando un aspecto de estrés hídrico (deshidratación).

Pasado 120 días se pudo observar la generación de los primeros brotes en todas las estacas sobrevivientes, estas presentan un color verde limón en Pushgay 01. Pushgay 02 no presente ningún cambio.

Realizando la prueba de Tukey al 5 por ciento de significancia como se muestra en el anexo I, se observó que Pushgay 01 sembrada en aserrín de pino es significativamente (B) superior y diferente al resto de los sustratos utilizados en el experimento, no reportaron investigaciones en el enraizamiento de estacas de “pushgay” en aserrín, pero se sabe que los viveros en Cajamarca lo utilizan, obteniendo resultados positivos para “pushgay”, en el desarrollo de este experimento se logró el mejor resultado para este sustrato. Las propiedades físicas son buenas y en gran parte dependen del tamaño de las partículas, Maher *et al.* (2008) indica que posee una porosidad total superior al 80 por ciento, la capacidad de retención de agua es de baja a media, pero su capacidad de aireación suele ser adecuada. Durante todo el periodo de enraizamiento las estacas conservaron un 95 por ciento de las hojas en buen estado y los meristemos verdes, a partir de los 90 días los meristemos recién empezaron a generar los primeros brotes. El uso de cortezas desmenuzadas como el aserrín es común pero al igual que el “Pushgay” para el enraizamiento de las estacas del Agraz (*Vaccinium meridiolane*) aún no se conoce un sustrato óptimo para tal fin, por ello la búsqueda es constante (Luby *et al.*, 1991).

Martínez (2005) define el aserrín crudo como buen sustrato para la producción de planta forestal en vivero, además no ha mostrado efectos tóxicos durante este periodo, lo cual

representa una ventaja en la versatilidad que se le puede dar al momento de combinar con otros sustratos.



Figura 8: Estacas en aserrín de pino blanco después de 180 días de iniciado el experimento, las estacas generaron brotes laterales.



Figura 9: La figura muestra las cuatro estacas enraizadas en aserrín de pino blanco después de 180 días.

La imagen de la A muestra abundantes raíces pequeñas y 5 raíces largas con un tamaño aproximado de 10 cm, las estaca mantiene las hojas originales, los meristemas y tallos verdes. La imagen B, la estaca genero un mayor volumen de raíces llegando a medir hasta 8 cm, genero 3 brotes con un aspecto amarillo pálido y puntos negros los meristemas de los brotes las hojas de originales se mantienen. La imagen C, la estaca genero un menor volumen de raíces logrando 7 cm de longitud, logro generar 3 brotes cortos el tallo mantiene las hojas y los meristemas verdes. La imagen D, muestra un buen volumen de raíces llegando hasta 12 cm de longitud género 3 brotes cortos con aspecto verde pálido.

4.2.3. Resultados de las estacas plantadas en Aranmix TS1 (turba+perlita)

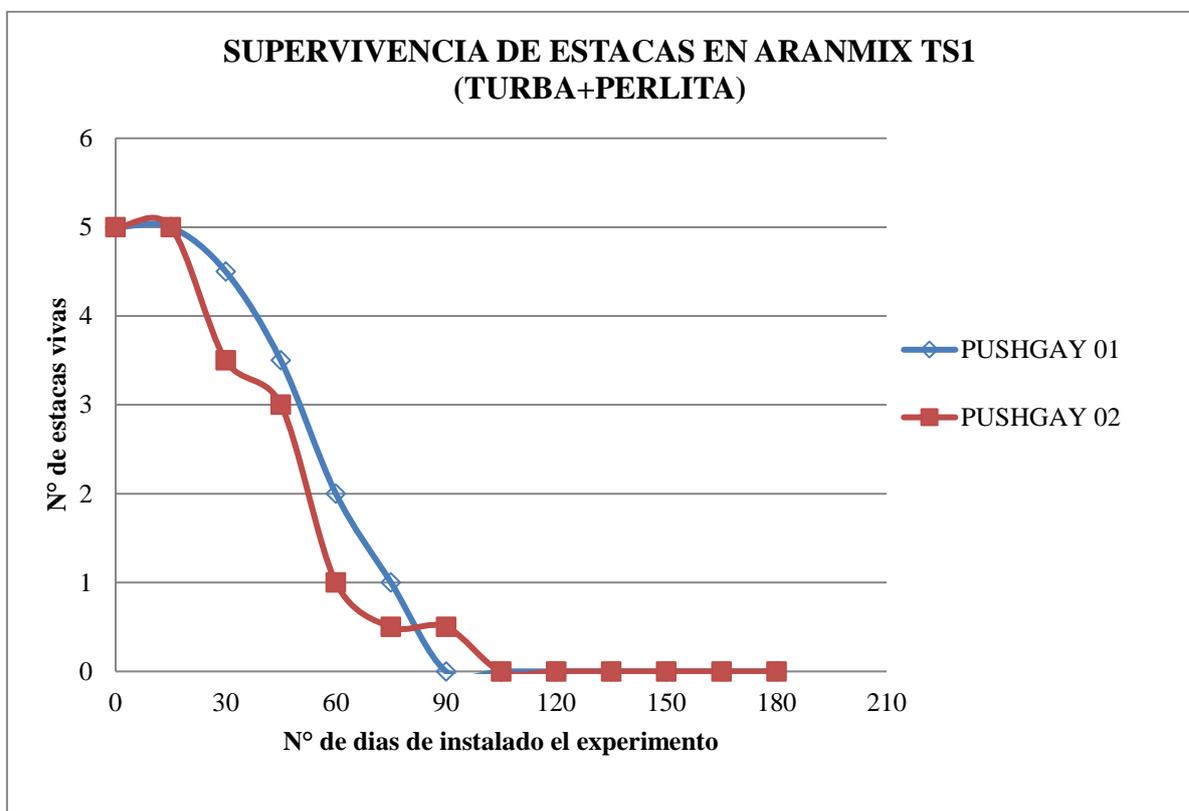


Figura 10: Evolución de supervivencia promedio de estacas plantadas en Aranmix TS1 (turba + perlita) de los ecotipos Pushgay 01 y Pushgay 02.

La primera evaluación (15 días) de Pushgay 01 se observó cambios en las hojas, la parte superior comenzó a secarse y las hojas se cayeron a medida que el tallo se deshidrató (necrosis), las hojas basales se mantenían verdes, 2 estacas en buen estado. En Pushgay 02 algunas hojas comenzaron a caer, el tallo mostro deshidratación, pero presentaron síntomas

de supervivencia (meristemas verdes).

Durante los 30 días de plantados se registraron las primeras estacas muertas para ambos ecotipos. Pushgay 01 presento en promedio una mortalidad de 0.5 (1 estaca), se observó la generación de los primeros botones axilares la pérdida de hojas es completa. Pushgay 02 las hojas aun persistían, muchas de ellas secas y los meristemas axilares comenzaron a generar los botones laterales, la necrosis género la muerte en promedio de 1.5 estacas (2 estacas).

Pushgay 01 las estacas perdieron más hojas y los meristemas se secaron producto de la necrosis presentada por las estacas, aquella que no presento deshidratación mantiene los meristemas y hojas verdes, la mortalidad continua en esta evaluación se perdió en promedio 1 individuo. Las estacas Pushgay 02 presentan un aspecto necrótico a pesar de tener hojas verdes.

La tendencia de la mortalidad continua a los 60 días de iniciado el experimento, como se puede observar en Pushgay 01 llegó a perder en promedio 3 estacas (60%), el aspecto de las estacas es cada vez más desfavorables (necrosis). Estacas de Pushgay 02 presentan una mortalidad promedio de 4 estacas (80%), luciendo cada vez más con menos posibilidad de supervivencia.

La mortandad continua llegando a tener una estaca viva (20%) para Pushgay 01, y la pendiente negativa continua, luciendo las estacas sin hojas y la parte de cuello de la estaca que está en contacto con el sustrato presenta necrosis. El aspecto desfavorable de las estacas persiste en Pushgay 02, logrando tener solo el 10 por ciento de estacas vivas.

A los 90 días se reportó la muerte total de Pushgay 01, se observó la necrosis de los botones y la estaca completa. Pushgay 02 aún conserva la supervivencia del 10 por ciento pero el estado de estas en cada vez peor, presenta hojas y meristemas secos, parte de la estaca verde.

A los 105 días de evaluación Pushgay 02 no presenta individuos vivos, las partes verdes de la evaluación anterior terminaron secándose, a pesar de tener algunas hojas verdes los tallos presentaron necrosis.

Al realizar la prueba de Tukey a un nivel de significancia de 5 por ciento el Aranmix TS1 no presenta diferencias significativas de supervivencia tanto en Pushgay 01 y Pushgay 02 en comparación con el resto de sustratos como se muestra en la Tabla 11. Castrillon *et al.*, (2008), reporto que al inicio y durante el desarrollo del experimento el marchitamiento de las hojas y también clorosis en la misma, seguido de necrosis en los tallos de la estaca y las hojas, usando como sustrato turba y suelo con turba, este mismo evento se observó en ambos ecotipos evaluados durante el experimento en un periodo de 30 días la mayoría no tenía hojas. También menciona que realizando el tratamiento con 50 y 200 mg·L⁻¹ (ppm) de AIB, sumergidos durante 2 horas el enraizamiento fue nulo, estas estacas murieron gradualmente en un tiempo aproximado de 30 días, fue el sustrato en el cual las hojas se perdieron con mayor facilidad, el sustrato sufría del ataque de las algas a veces se depositaban en la base del tallo, el proceso de necrosis fue muy acelerado. A pesar de ser un sustrato rico en nutrientes estos no pueden ser aprovechados por las estacas porque carecían de raíces.

La caída de hojas se puede relacionar a la falta de enraizamiento, ya que en el género *Vaccinium sp* existe una relación directa negativa entre la permanencia de las hojas y la capacidad de generar raíces como indica Hoffmann *et al.* (1995). Pero la presencia de hojas en las estacas puede aumentar la pérdida de agua sin embargo es fuente endógena de fitohormonas o carbohidratos necesarios para el inicio de enraizamiento como lo menciona Hartmann *et al.* (2002), a los 30 días la mayoría de las estacas ya no presentaban hojas, y las que aun la conservaban estaban en mal estado (deshidratadas), esto aceleró la mortalidad de las estacas.

Jiménez y Abdelnour (2017) realizaron estudios de enraizamiento en *Vaccinium consanguineum* (arándano nativo de Costa Rica), usando AIB como enraizante y turba como sustrato, lograron el 80 por ciento de enraizamiento después de 5 meses (150 días) tiempo similar al experimento realizado, no encontraron diferencias significativas del porcentaje de enraizamiento entre el testigo (sin hormonas) y las que fueron tratadas con AIB, el tratamiento que se le aplico fue de 2 mg/L de AIB, no se lograron resultados favorables con dicha dosis. A pesar de pertenecer al mismo género el comportamiento en la reproducción vegetativa de estas dos especies mediante estacas es muy diferente, mostrando la complejidad del “Pushgay” para lograr enraizar.

Castrillon *et al* (2008) realizaron el efecto del AIB, AIA y ANA en la supervivencia de estacas de Pushgay en tierra + turba y turba, en diferentes concentraciones, demostraron que AIB a 200 mg/L en suelo + turba logro el mayor tiempo de supervivencia de 43 días respecto al resto de hormonas y sustrato, mientras al no aplicar ningún tipo de regulador las estacas lograron vivir hasta los 21 días, con una defoliación gradual a partir del 3 día de sembrado, comportamiento muy similar observado en todas las estacas sembradas logrando grandes pérdidas a partir de la tercera semana (21 días).

4.2.4. Resultados de las estacas plantadas en arena fina

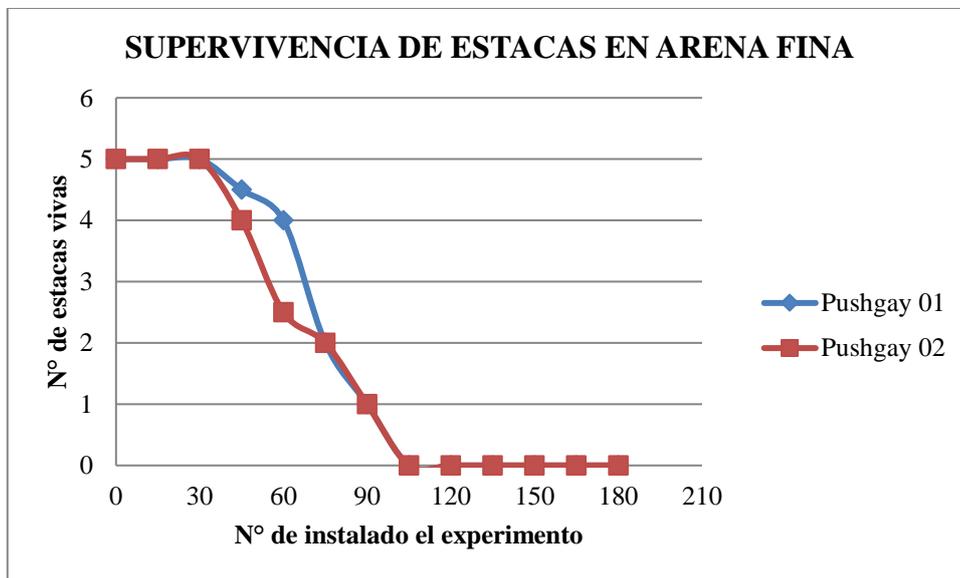


Figura 11: evolución de la supervivencia promedio de estacas plantadas en arena fina de los ecotipos Pushgay 01 y Pushgay 02.

Durante la primera evaluación (15 días) no se registró muerte de estacas, Pushgay 01 mantuvo las hojas verdes, en una de ellas la parte apical comenzó a secarse, tanto hojas y tallos, en aquellas que se sembraron sin hojas se pudo observar los primeros botones axilares en gran parte de la estaca. En Pushgay 02 las estacas comenzaron a perder hojas el aspecto del tallo comenzó a cambiar a tonalidades oscuras, pero estas mantenían sus hojas.

En la segunda evaluación (30 días) comenzaron a formar ramas, algunas mantienen sus hojas verdes, aquellas estacas que generaron los primeros botones axilares comenzaron a formar ramas, el número de botones axilares sigue en aumento para Pushgay 01. Pushgay 02 sufrió más caída de hojas, el aspecto de las estacas no es favorable (oscurecimiento), en una se

observó la generación de un brote en la parte apical, la necrosis se presentó en la parte apical y basal de la estaca, pero la parte media de la estaca se mantiene verde con meristemos vivos (verdes). No se registró mortalidad en ninguno de los 2 ecotipos.

A los 45 de iniciado el experimento se registró las primeras pérdidas de individuos para ambos ecotipos. Pushgay 01, las primeras ramas generadas en estacas sin hojas comenzaron a necrosar la parte que se encuentra en contacto con el tallo, el resto de botones de la misma estaca continúan generando más ramas al igual que otra estaca sin hojas, aquella que generaron ramas y tenía hojas comenzó a secarse por la parte que se encuentra en contacto con el sustrato (arena), se registró una mortalidad del 20 por ciento. En Pushgay 02 dos estacas generaron ramas (desarrollo de los botones), uno manteniendo sus hojas y el otro con una pérdida total de las hojas, pero la parte apical y basal presentaron un color oscuro, se reportó una mortalidad del 50 por ciento.

A los 75 días se registró la mortalidad del 60 por ciento para ambos ecotipos. Pushgay 01 presento grandes pérdidas en las estacas que no tenían hojas, pero generaron botones y ramas las que se secaron por completo, al igual que aquellas que mantenían sus hojas verdes terminaron de secarse. En Pushgay 02 los brotes generados se secaron completamente y la estaca aun presentaba mínimas partes verdes, las que mantenían hojas también se necrosaron pero las hojas aún están verdes.

La tasa de mortalidad se incrementó llegando al 80 por ciento para ambos ecotipos. Pushgay 01 mantuvo viva la estaca que conservaba sus hojas verdes pero se observó la necrosis de la parte basal y los meristemos verdes aun en la parte apical. Pushgay 02 presentó tallos totalmente oscuros, hojas secas a excepción de una que aún mantienen las hojas verdes pero los meristemos oscuros.

No se reportó supervivencia de estacas para ningún ecotipo, terminado la evaluación a los 105 días después de instalado el experimento.

Mendoza (2014) realizó un estudio de enraizamiento en estacas de “pushgay” utilizando como enraizadores 2.4 D (2,4 Diclorofenoxiacetico) 0.5 y 0.8 por ciento y Kelpac 1 por

ciento (concentrado de fitohormonas y proteínas), el sustrato utilizado fue la combinación de arena y musgo (1:1). Logrando establecer que el enraizante Kelpac al 1 por ciento fue la más efectiva. Yamada (2003) afirma que la mayor probabilidad de enraizamiento se logra cuando existe un mix de hormonas y carbohidratos. Las estacas solo fueron tratadas con una hormona, AIB 2 mg/L y la solución MS/4, la diferencia radica en la naturaleza de las hormonas, el Kelpac es una mezcla de hormona natural mientras que AIB es sintética, además de ello la presencia de otras hormonas puede favorecer el enraizamiento, pero también la presencia de dos hormonas pueden ser antagónicas como lo reportó Mendoza (2014), para el Kelpac y 2,4-D. las concentraciones de hormonas son altas en relación a nuestro tratamiento (AIB 2 mg/L), como indica Hartmann. (1997) es por ello la necesidad de suministrar nutrientes constantemente al sustrato en el riego con solución nutritiva como se realizó en el experimento.

Al realizar el efecto simple de cada factor, excluyendo al tiempo (no significativo) se realizó la prueba de Tukey al 5 por ciento para ver el efecto de cada factor independiente uno del otro. Se menciona que la propagación en invernadero de estacas de arándano se dificulta por presentar bajos porcentajes y lenta respuesta al enraizamiento, aun cuando se utilizan enraizadores (Victoriano, 2010).

En cuanto al factor Ecotipo la prueba de Tukey muestra que el ecotipo Pushgay 01 es significativamente diferente y superior al ecotipo Pushgay 02 para el enraizamiento, realizando la evaluación simple de factores.

Para un buen crecimiento del “pushgay” son importantes las condiciones físicas del lugar de crecimiento. Crecen en suelos ácidos, arenosos y ricos en materia orgánica, lo cual garantiza un éxito en su plantación y desarrollo. Su pH oscila entre 4.0 a 4.5 el clima promedio que se obtuvo en el invernadero fue de 26 °C.

Las auxinas endógenas son importantes en la primera etapa del enraizamiento en estacas que no logran formar fácilmente raíces como la familia de las ericáceas Hoffmann *et al.* (1995) indica que es necesario recurrir a estacas con hojas para tener disponible las auxinas endógenas en la primera etapa, estas servirán como fuente de esta fitohormona, y pueda ejercer la acción estimulante para la formación de raíces adventicias (Davis, 2004). Las estacas de Pushgay 01 fueron sembradas con hojas pero a medida que pasaba el tiempo estas

se iban secando y posteriormente se caían. Las estacas de Pushgay 02 en una repetición todas tenían hojas que pasado 15 días estas comenzaban a caer, en aquellas que no tenían hojas al cabo de 15 días generaban botones (brotes) y a los 30 días de evaluación estas estaban completamente secas, estas estacas presentaban mayor diámetro, a estos brotes muchos autores los consideran falsos, ya que estas estacas no cuentan con raíz, que pasado un tiempo de aproximadamente entre 10 a 15 días los brotes terminan completamente secos.

Cuando se utiliza auxina hay que tomar en cuenta ciertos factores. Howard (1973) indica, la duración en el tiempo de aplicación, la tensión de humedad en las estaca, la posición de aplicación de la auxina en la base de la estaca y la profundidad de aplicación. Algunas auxinas como el Ácido Indol Acético (IAA) son muy inestables y pueden ser destruidas en cuestión de minutos por los rayos del sol, es por ello que se utilizó el AIB que junto con el Ácido Naftalen Acético (ANA) son las hormonas más estables y resultaron ser las hormonas con mayor efecto enraizante. Pero ANA es más tóxica que AIB, como indica Weaver (1987), es por ello que se utilizó AIB por ser un excelente enraizador, alta estabilidad y baja toxicidad.

4.3. Pendiente de supervivencia

Al analizar la supervivencia (enraizamiento) se tomaron los valores promedios para ajustar a un comportamiento lineal.

- Cascarilla de arroz. Se muestra una pendiente negativa para ambos casos, donde Pushgay 02 presenta una mayor pendiente negativa (-0.0297) en relación a Pushgay 01 (-0.0258), como se muestra en la Figura 12 (Anexo 2) donde indica que ENCA-19 presenta una mayor velocidad de pérdida de individuos.
- Aserrín de pino. La Figura 13 (Anexo 2) muestra el mismo comportamiento que el Aserrín, Pushgay 01 tiene menor pendiente negativa (-0.0181) que Pushgay 02 (-0.0245), este ecotipo presenta una elevada tasa de mortalidad en comparación con Pushgay 01.
- Aranmix TS1 (turba + perlita). Pushgay 01 muestra una mayor velocidad de pérdida de individuos (-0.0324) comparado con Pushgay 02 (-0.0295), como se muestra en la Figura 14 (anexo 2).
- Arena fina. El ecotipo Pushgay 01 (-0.0361) presenta una mayor velocidad de muerte de las estacas que Pushgay 02 (0.0344). Figura 15 (anexo 2).

La interacción de ecotipo con sustrato muestra el comportamiento de estas en la velocidad de supervivencia, Pushgay 01 muestra condiciones favorables en aserrín de pino y cascarilla de arroz mientras que la supervivencia Pushgay 02 es favorable en arena fina y la turba AranmixTS1 (turba + perlita), se observó como las estacas provenientes del distrito de Conchan y La Encañada tiene comportamientos diferentes en los sustratos, esto demuestra la gran diversidad de especies que se encuentra en la provincia de Chota (Cajamarca).

V. CONCLUSIONES

- De los cuatro sustratos estudiados, la respuesta de las estacas en cuanto a enraizamiento para aserrín de pino blanco, fue diferente y mejor en relación a los otros sustratos, mostrando una clara diferencia significativa.
- Si bien se han encontrado muy buena información con las variables estudiadas, aún no se ha logrado establecer un protocolo óptimo para el enraizamiento de las estacas de “pushgay”.
- Las estacas que se observan vivas (con hojas verdes) pasado los 90 días de sembradas son las que manifiestan formación de raíces.
- La presencia de yemas o brotes verdes en los esquejes no garantizan la supervivencia de las estacas.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda continuar realizando investigaciones de enraizamiento en “pushgay”, utilizando como sustrato aserrín de pino blanco.
- Se recomienda estudiar pretratamiento de estacas con concentraciones mayores a 2 ppm de AIB.
- Utilizar estacas deben tener la mayor cantidad de hojas posibles, esto garantizará una mayor fuente endógena de auxinas, lo que incrementará una mayor probabilidad de enraizamiento.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Asociación para el Desarrollo Rural de Cajamarca (ASPADERUC). (1997). Biblioteca campesina: Plantas medicinales cajamarquinas, Recuperando nuestra medicina tradicional campesina y la biodiversidad andina. Fredy's publicaciones y servicios E.I.R.L. 173p.
- Asturizaga, A.; Ollgaard, B. y Balslev, H. (2006). Frutos Comestibles. Botánica Económica de los Andes Centrales. La Paz. Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.
- Barceló, C. (2001). *Fisiología vegetal*. Madrid, España: Pirámide.
- Bernal, H. y Correa, J. (1990). Especies vegetales promisorias de los países del convenio Andres Bello. Bogotá; Colombia.
- Bonifacio, A. (2014). La Filosofía de un peruano de éxito. Revista Agronegocios Perú, pp. 374-28.
- Brako, L. & Zarucchi, J. (1993). Catalogue of the Flowering Plant and Gymnosperms of Peru. USA, Editorial Assistant DianaGUnter. 45 v. (Serie ISBN 0-915279-19- 3/ISSN 0161-1542). (efecto del estado de madurez).
- Cadehia, C. (2000). *Fertirrigación: Cultivos hortícolas y ornamentales*. (2º ed). Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Calderón, E. (1993). *Fruticultura general, El esfuerzo del hombre*. México: Lamusa. pp. 57-63.

- Calderon, F. (2002). La cascarilla de arroz caolinizada, Una alternativa para mejorar la retención de humedad como sustrato para cultivos hidropónicos. Consultado 28 feb 2013 Disponible:
http://www.drcalderonlabs.com/Investigaciones/Cascarilla_Caolinizada/
- Campana, B.M.R. y Ochoa, M.J. (2007). *Propagación vegetativa o agámica de especies frutales*. pp. 133-197. En: Sozzi, G.O. (ed.). Árboles frutales. Ecofisiología, cultivo y aprovechamiento. Editorial Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.
- Castrillón, J.; Carvajal, E.; Ligarreto, G. y Magnitskiy, S. (2008). El efecto de auxinas sobre el enraizamiento de las estacas de agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz) en diferentes sustratos. Colombia.
- Chaparro de Valencia, M. y Becerra, N. (1999). Anatomía del fruto de *Vaccinium floribundum* (Ericaceae). Departamento de Biología. Universidad Nacional de Colombia.
- Cillóniz, B. (2015). Berries andinos “fuente de antioxidantes”. Agroforum. Perú. Recuperado de: <https://www.agroforum.pe/agro-noticias/berries-andinos-fuente-de-antioxidantes-7177/>.
- Coba, P.; Coronel, D.; Verdugo, K.; Paredes, M.; Yugsi, E. y Huachi, L. (2012). Estudio etnobotánico del mortiño (*Vaccinium floribundum*) como alimento ancestral y potencial alimento funcional. *Revista de Ciencias de la Vida*, vol. 16, pp. 5-13 Universidad Politécnica Salesiana Cuenca, Ecuador.
- Coria, L.; Maihua, R.; Peralta, F.; Tereschuk, M.; Gonzalez, M. y Albarracón, P. (2003). Análisis de antocianinas en arándanos del NOA (*Vaccinium corymbosum* L.) Cátedra de Química Orgánica. Departamento de Ingeniería de Procesos y Gestión Industrial. Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología. Universidad Nacional de Tucumán.
- Da Silva, J.A. y Mendes, F. (2004). Enraizamiento de estacas herbáceas de nespereira (*Eriobotrya japonica* Lindl.). *Rev. Bras. Frutic.* 26(2), 369-371.

- Dávila, D. (2001). Reseña de “Las Ericáceas en la Web: Neotropical Blueberries; The Plant Family Ericaceae” de Dr. James L. Luteyn (en línea). Biota Colombiana: consultado 8 de abr. 2015. ISSN 0124-5376 Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49120307>.
- Davis, P.J. (2004). Plant hormones. Biosynthesis, signal transduction, action. Kluwer Academic Publ., Londres. 750 pp.
- Debnath, S. (2006). Influence of propagation method and índole-3-butyric acido growth and development of in vitro- and ex vitro- derived lingonberry plants. *Can J. plan Sci.* 86: 47-71.
- Diario Gestión. (2017). Buscan obtener variedades peruanas de arándanos a través de su domesticación. Recuperado de: <https://gestion.pe/economia/buscan-obtener-variedades-peruanas-arandanos-traves-domesticacion-133961-noticia/?ref=gesr>.
- Diario Gestión. (2015). Arándanos peruanos podrían satisfacer la alta demanda en China. Recuperado de: <https://gestion.pe/economia/arandanos-peruanos-satisfacer-alta-demanda-china-93096-noticia/>.
- Diario La República. (2014). Berries peruanos: una fruta de moda. Recuperado de: <https://larepublica.pe/economia/763174-berries-peruanos-una-fruta-de-moda/>.
- Estrella, E. (1998). *El Pan de América: Etnohistoria de los alimentos Aborígenes en el Ecuador* (3° ed.). Quito, Ecuador: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Faicán, M. (2009). Potencial antioxidante y caracterización del ADN de plantas nativas ecuatorianas: Mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth), Ataco (*Amarantus caudatus* L.) y Maíz morado (*zea mays*). Ecuador.
- Finn, C. & Janick, A. (1999). *Temperate berry crops. Perspectives on new crops and new uses.* (1th ed.). ASHS Press.

- Gallardo, A. (2015). Uso de luz UV_C en la calidad del arándano azul (*Vaccinium ashei* Reade). (Tesis Maestría). Colegio de Postgraduados. Montecillos, Estado de México.
- García, J. y García, G. (2015). Orientaciones para el cultivo del arándano. Guía del cultivo. España. Recuperado de: http://www.naviaporcia.com/images/documentos/documento_173.pdf.
- Genevini, P. (1997). Rice hull degradation by composting with dairy cattle slurry. *Soil Sci. Plant Nutrition*. 43:135-147.
- Hartmann, H. (1997). *Plant propagation: principles and practices*. (6th ed.). EUA: Prentice Hall.
- Hartmann, H.; Kester, J.; Davies, F. & Geneve, R. (2002). *Plant propagation principles and practices*. (7th ed.). Prentice Hall. 710 p.
- Hidalgo, O.A.; Marca, J.L. y Palomino, L. (1999). Producción de Tubérculos-Semillas de Papa Manual de Capacitación. Centro Internacional de la Papa (CIP). pp. 18.
- Hoffmann, A.; Fachinello, J.C. & Santos, A.M. (1995). Enraizamiento de estacas de duas cultivares de mirtilo (*Vaccinium ashei* Reade) em diferentes substratos. *Rev. Bras. Agrociência* 1(1), 22-30.
- Howard, E. (1973). Factors affecting the rooting response of plants to growth regulators application. *Acta. Horticulturae* 34: 93 -106.
- Idrovo, V. (2013). Investigación del mortiño, beneficios nutricionales y su aplicación a la repostería. (Tesis de grado). Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito Ecuador. 271 pp.
- Jiménez, V. y Abdelnour, A. (2017). Arándano: Una opción para la diversificación de la agricultura en zonas altas. Instituto Tecnológico de Costa Rica.

- Jordán, M. y Casaretto, J. (2006). Hormonas y Reguladores del Crecimiento: Auxinas, Giberelinas y Citocininas.
- Jorgensen, P.; Ulloa, C. & Valencia, R. (1995). A floristic analysis of the high Andes of Ecuador. Biodiversity and Conservation of Neotropical Montane Forest, 229. (ups) (101020 color)
- Kleine-Vehn, J. & Frim, J. (2008). Polar targeting and endocytic recycling in auxin-independent plant development. Annual Review of Cell and Developmental Biology 24.
- Kron, K.; Powell, E.; & Luteyn, L. (2002). Phylogenetic relationships within the blueberry tribe (Vaccinieae, Ericaceae) based on sequence data from matK and ribosomal ITS regions, with comments on the placement of *Satyria*. *Amer. J. Bot.* 89: 327-336.
- López, F.; Guío, N.; Fischer, G. y Lasprilla, D. (2008). Propagación de uchuva (*Physalis peruviana* L.) mediante diferentes tipos de esquejes y sustratos). *Revista Facultad Nacional de Agronomía*. Medellín 61: 4347-4357.
- Luby, J.J.; Ballington, J.R.; Draper, A.D.; Pliszka, K. & Austin, M.E. (1991). Blueberries and cranberries (*Vaccinium*). *Acta Hort.* 290, 393-458.
- Ludwig-müller, J. & Cohen, J.D. (2002). Identification and quantification of three active auxins in different tissues of *Tropaeolum majus*. *Physiologia Plantarum*.
- Luteyn, J. (2008). Ericaceae of Ecuador. (Tesis de grado).
- Maher, M.; Prasad, M. & Raviv, M. (2008). Organic Soilless Media Components. In *Soiless Culture: Theory and Practice*. RAVIV, M.; LIETH J. H. (Eds.). United States of America: Editorial Elsevier. pp. 459–504.
- Martínez, R. (2005). Inoculación con hongos comestibles ectomicorrizicos, poda química y sustratos en el mejoramiento de calidad de *Pinus patula* en vivero. (Tesis de Maestría). Colegio Postgraduados, Montecillos, México.

- Maruplast tecnologías en invernadero. Sustrato Aranmix (TS 1), para arándanos. Disponible en: <http://maruplast.com/maruplast/arandanos/>.
- McSteen, P. & Zhao, Y. (2008). Plant Hormones and Signaling: Common Themes and New Developments. *Developmental Cell* 14.
- Mendoza, W. (2014). Efecto sinérgico de Kelpac y 2,4 D en el enraizamiento de estacas de *Vaccinium floribundum* kunth “pushgay”. (Tesis de Biólogo). Trujillo, Perú.
- Mostacero, J.; Rázuri, T. y Gil, A. (2017). Fitogeografía y morfología de los *Vaccinium* (Ericaceae) “arándanos nativos” del Perú. Universidad Nacional de Trujillo.
- Muños, D.; Martínez, L. y Ligarreto, G. (2009). Caracterización de los ambientes agroecológicos del agraz o mortiño (*Vaccinium npridionale* Swartz), en la zona altoandina de Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C.
- Otto, S. (1995). The back yardberry book. A hands-on guide to growing Berries, brambles, and vine fruit in the home garden. Otto graphies. Maple city. ML. USA. pp. 284.
- Pedraza - Peñalosa, P.; Betancur, J. y Franco- Rosselli, P. (2004). *Chisacá, Un recorrido por los páramos andinos*. (2º ed.). Instituto de Ciencias Naturales e Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia.
- Pelizza, T.R.; Damiani, C.R.; Rufato, A.D.R.; De Souza, A.L.K.; Ribeiro, M.F. & Schuch, M.W. (2011). Microestaquia em mirtilheiro com diferentes porções do ramo e substratos. *Bragantia*, Campinas, 70.
- Pérez, A. y Valdivieso, C. (2007). Colección y caracterización morfológica in situ del mortiño. (Tesis de grado). Escuela Politecnica del Ejército, Sangolqui, Ecuador.
- Romero, C. (2016). El arándano en el Perú y el mundo. Producción, comercio y perspectivas. Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). Perú.

- Saboya, G. (2010). Análisis técnico y económico en la producción de la cascarilla de arroz carbonizada (CAC) como sustrato para la propagación vegetativa de estacas juveniles de caoba (*Swietenia macrophylla* king) en cámara de sub irrigación, Pucallpa, Perú. (Tesis de grado). Perú.
- Sánchez, I. y Dillon, M. (2006). Jalcas. Escuela de postgrado, Herbario CPUN; Universidad Nacional de Cajamarca.
- Sango, M. (2013). Evaluación de cuatro sustratos y dos hormonas de enraizamiento para tres variedades de clavel (*Dianthus caryophyllus*). LATACUNGA, COTOPAXI. (Tesis de Maestría). Ecuador.
- Sanjinés, A.; Ilgaard, B. y Balslev, H. (2006). Frutos comestibles. En: Moraes, MR, B. Ilgaard, LP Kvist, F. Borchsenius y H. Balslev (eds). Botánica Económica De Los Andes Centrales. Universidad Mayor De San Andrés, La Paz. (Mendoza Miranda).
- Smith, N.; Mori, S.; Henderson, A.; Stevenson, D. y Heald, S. (2004). Flowering plants of the Neotropics. Princeton University Press. Princeton-United States.
- Spiers, J. y Heywood, J. (1985). Establecimiento y mantenimiento de Bluberry Var. “ojo de conejo”. Mississippi agricultural and forestry experiemntal station. *Boletín* 941.
- Srivastava, L. (2002). *Plant growth and development. Hormones and environment*. Academic Press Elsevier science. London, 772 pp.
- Tapia, M. & Fries, A. (2007). *Guía de campo de los cultivos andinos*. FAO y AMPE. Lima. 222 pp.
- Vasco, C.; Rihinen, K.; Ruales, J. & Kamal-Eldin, A. (2009). Chemical composition and phenolic compound profile of mortiño (*vaccinium floribundum*). *J. Agric. Food Chem.*
- Victoriano, H. (2010). Organogénesis in vitro de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.). (Tesis Maestría). Instituto Politécnico Nacional, Michoacán, Mexico. 50 pp.

VIFINEX. (2002). Proyecto regional de fortalecimiento de la vigilancia fitosanitaria en cultivos de exportación no tradicional. Producción de sustratos de vivero. Costa Rica.

Weaver, R. (1987). *Reguladores de crecimiento de las plantas en la agricultura*. México: Trillas. pp. 143-163.

Yamada, T. (2003). Como mejorar la eficiencia de la fertilidad aprovechando las interacciones entre nutrientes. Instituto de la Potasa y el Fosforo. Informaciones Agronómicas.

Zazímalová, E.; Krecek, P.; Skupa, P.; Hoyerová, K. & Petrásek J. (2007). Polar transport of the plant hormone auxin-the role of PIN-FORMED (PIN) proteins. *Cellular and Molecular Life Sciences* 64.

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Análisis de varianza del efecto de la interacción de los factores en el enraizamiento de estacas

Tabla 6: Análisis de varianza del efecto de la interacción de los tres factores (sustrato, ecotipo y número de días de instalado el experimento) en el número de estacas vivas

Nueva tabla : 14/02/2019 - 10:44:00 a.m. - [Versión : 20/09/2018]

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Nº DE ESTACAS VIVAS	208	0.29	0.26	80.63

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	247.83	7	35.40	11.63	<0.0001
ECOTIPO	26.33	1	26.33	8.65	0.0037
SUSTRATO	130.37	3	43.46	14.28	<0.0001
ECOTIPO*SUSTRATO	91.13	3	30.38	9.98	<0.0001
ECOTIPO*Nº DE DIAS DE INST..	0.00	0	0.00	sd	sd
SUSTRATO*Nº DE DIAS DE INS..	0.00	0	0.00	sd	sd
ECOTIPO*SUSTRATO*Nº DE DIA..	0.00	0	0.00	sd	sd
Error	608.62	200	3.04		
Total	856.44	207			

Tabla 7: Prueba de Tukey al 5% de significancia para ver el efecto de la interacción de Ecotipo vs Sustrato

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.46953

Error: 3.0431 gl: 200

ECOTIPO	SUSTRATO	Medias	n	E.E.
Pushgay 01	ARANMIX TS1 (TURBA)	1.38	26	0.35 A
Pushgay 02	ARANMIX TS1 (TURBA)	1.54	26	0.35 A
Pushgay 02	CASCARILLA	1.69	26	0.35 A
Pushgay 01	CASCARILLA	1.77	26	0.35 A
Pushgay 01	ARENA FINA	1.92	26	0.35 A
Pushgay 02	ARENA FINA	2.00	26	0.35 A
Pushgay 02	ASERRIN	2.00	26	0.35 A
Pushgay 01	ASERRIN	5.00	26	0.35 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Tabla 8: Prueba de Tukey al 5% de significancia para ver el efecto del Ecotipo en la supervivencia de las estacas

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.47471

Error: 3.0431 gl: 200

ECOTIPO	Medias	n	E.E.	
Pushgay 02	1.81	104	0.17	A
Pushgay 01	2.52	104	0.17	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Tabla 9: Prueba de Tukey al 5% para ver el efecto de los sustratos en la supervivencia de las estacas

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.88038

Error: 3.0431 gl: 200

SUSTRATO	Medias	n	E.E.	
ARANMIX TS1 (TIERRA)	1.46	52	0.25	A
CASCARILLA	1.73	52	0.25	A
ARENA FINA	1.96	52	0.25	A
ASERRIN	3.50	52	0.25	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 2: Ajuste lineal de la supervivencia de las estacas

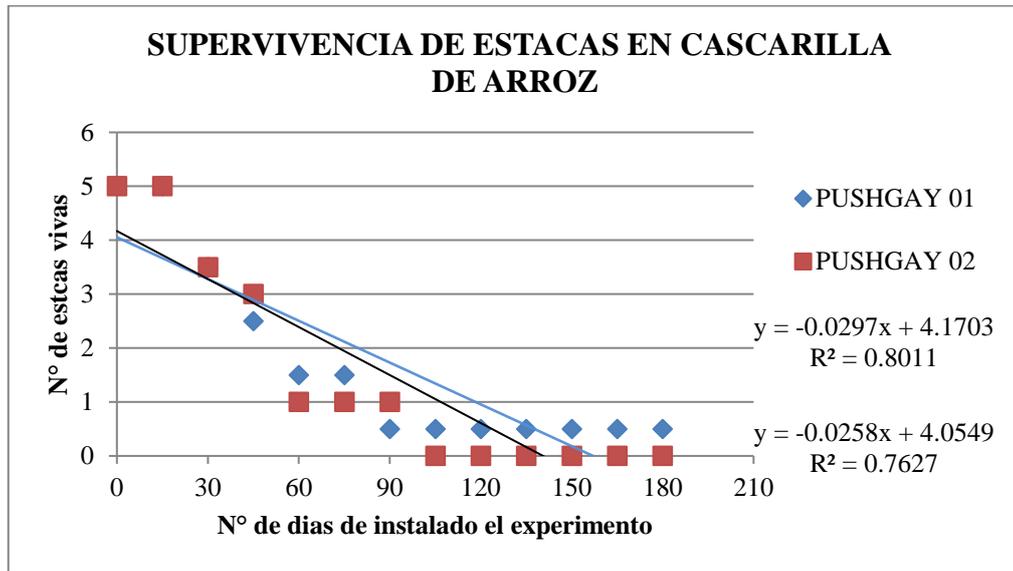


Figura 12: Ajuste lineal de la supervivencia de estacas Pushgay-01 y Pushgay-02 en cascarilla de arroz.

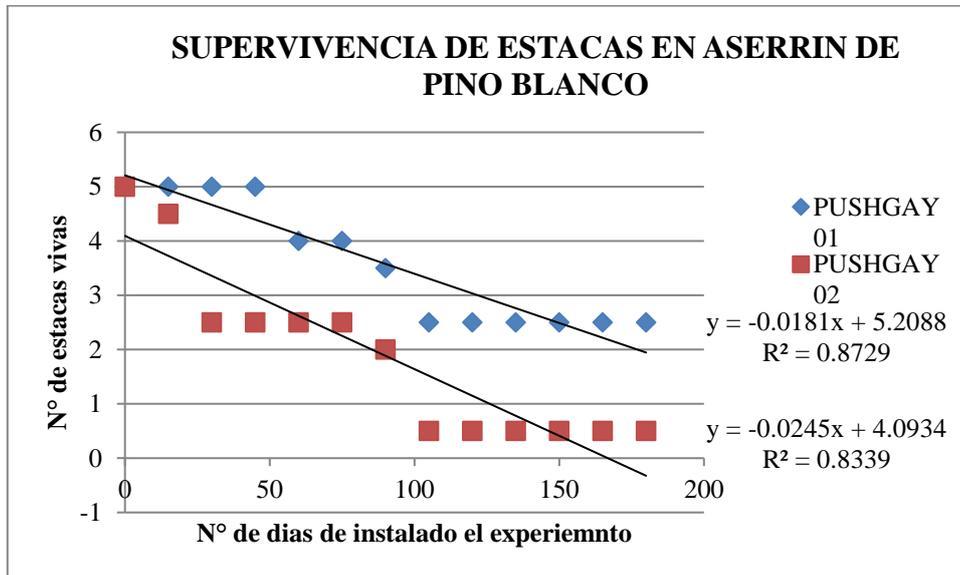


Figura 13: Ajuste lineal de la supervivencia de estacas Pushgay 01 y Pushgay 02 en aserrín de pino.

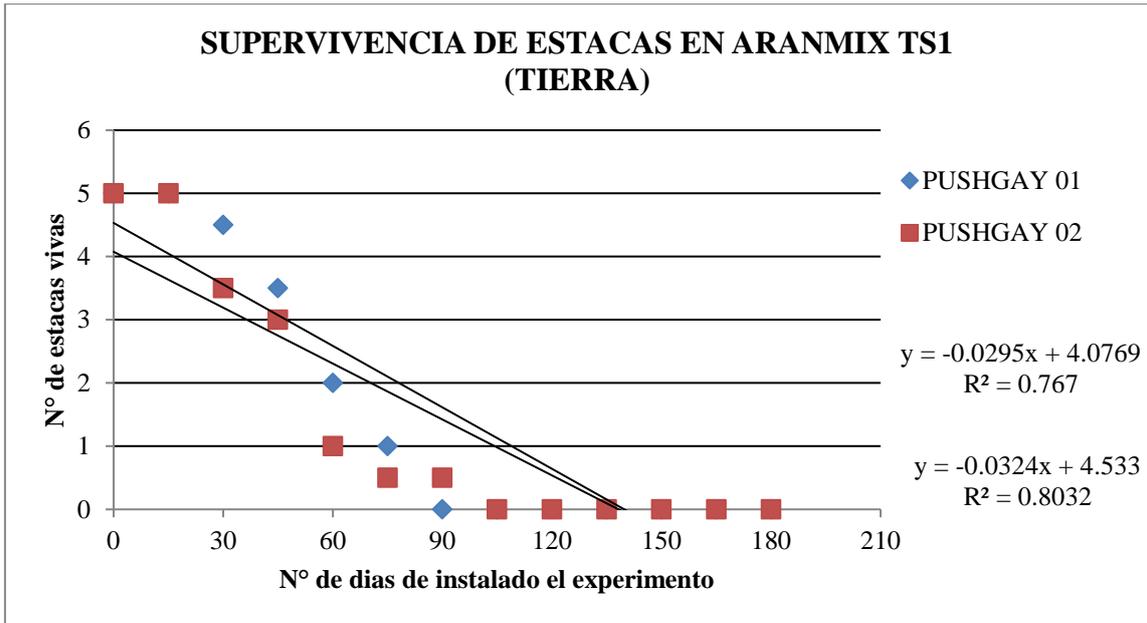


Figura 14: Ajuste lineal de la supervivencia de estacas Pushgay 01 y Pushgay 02 en Aranmis TS1 (tierra).

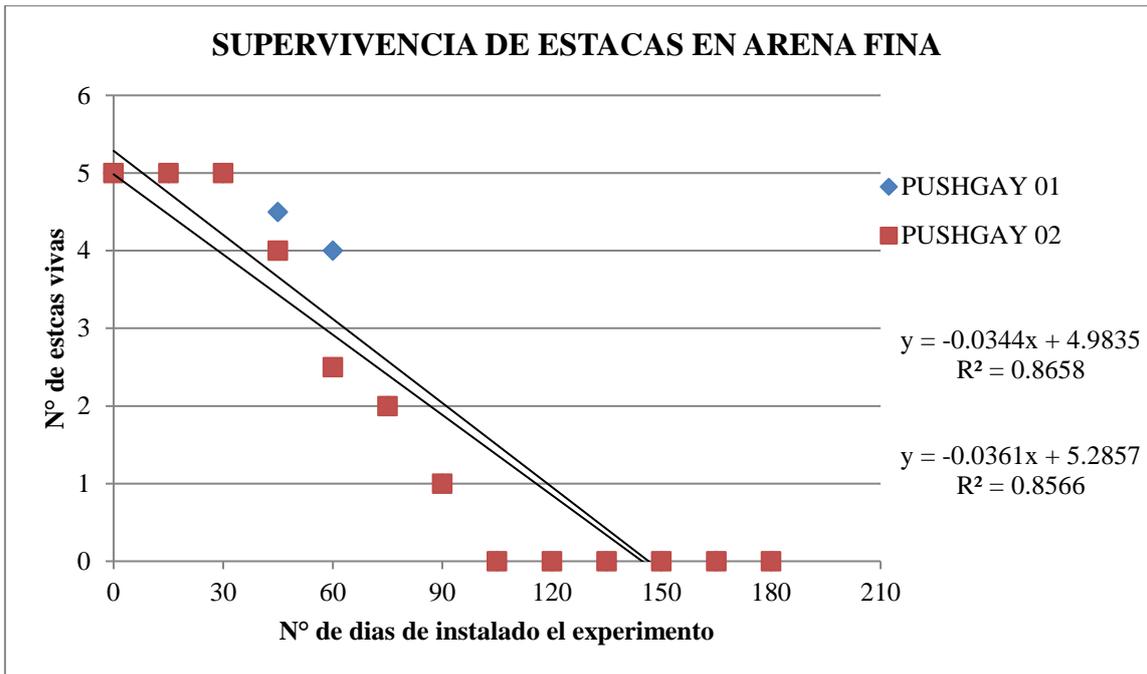


Figura 15: Ajuste lineal de la supervivencia de estacas Pushgay 01 y Pushgay 02 en arena fina.

Anexo 3: Evaluación de estacas de Pushgay 01 hasta los 180 días



Figura 16: Estacas de Pushgay 01 en cascarilla de arroz, a) a los 45 días, b) a los 120 días, c) a los 165 días, d) 180 días de sembrada la estaca.

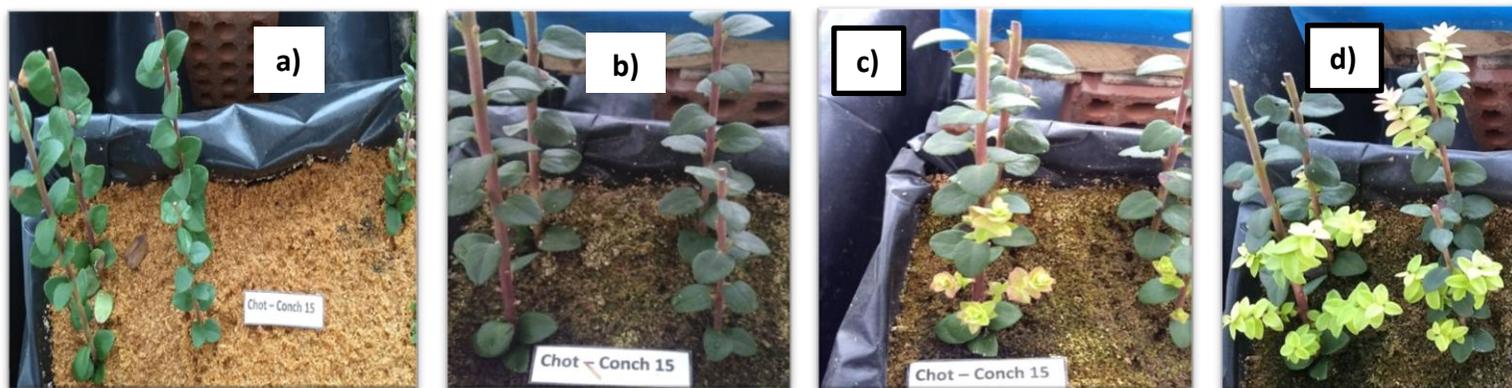


Figura 17: Estacas de Pushgay 01 en aserrín de pino blanco, a) a los 45 días, b) a los 135, días, c) a los 150, d) 180 días de sembradas las estacas.



Figura 18: Estacas de Pushgay 01 sembradas en turba y perlite (aranmix TS1), a) a los 45 días y b) a los 60 días.



Figura 19: Estacas de Pushgay 01 sembradas en arena fina, a) a los 45 y b) a los 90 días.

Anexo 4: Evaluación de estacas de Pushgay 02 hasta los 180 días

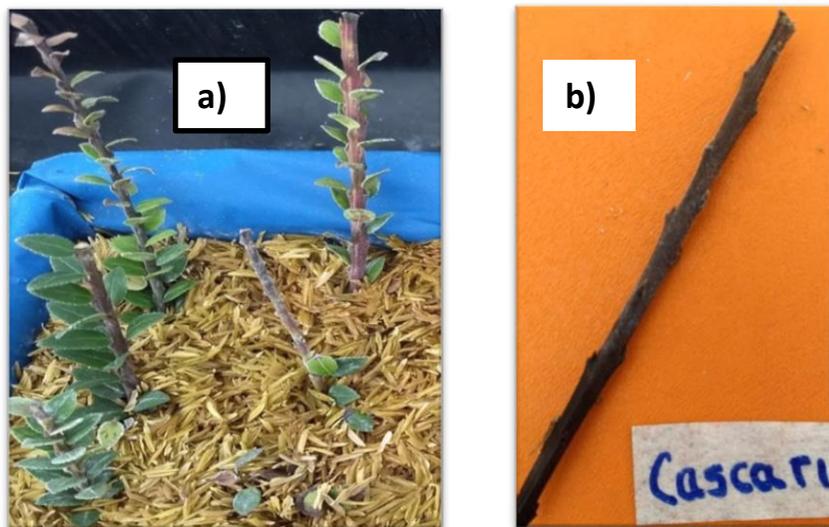


Figura 20: Estacas de Pushgay 02 en cascarilla de arroz, a) a los 30 días, b) a los 90 días.

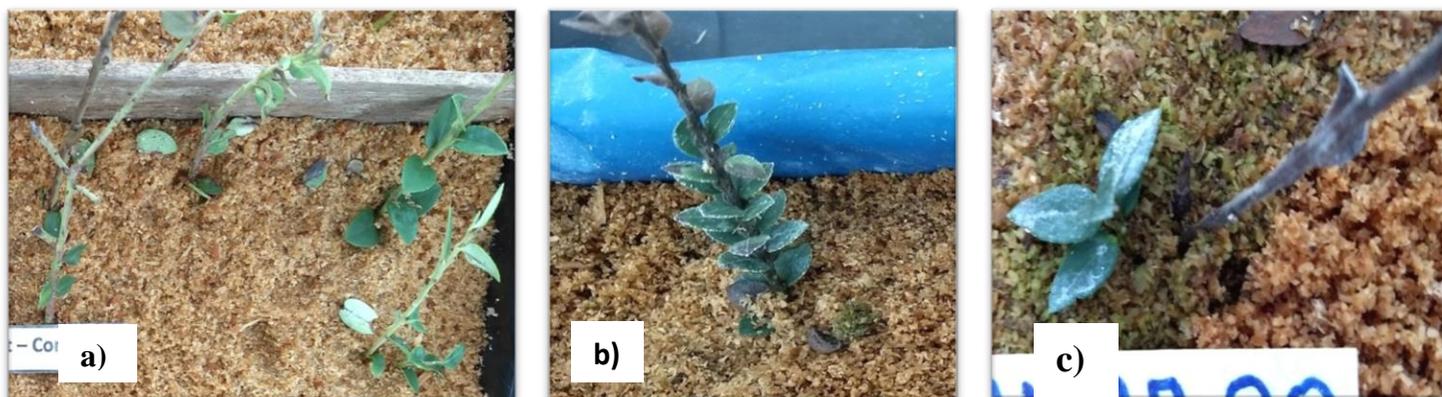


Figura 21: Estacas de Pushgay 02 en aserrín de pino blanco, a) a los 15 días, b) a los 90 días c) a los 180 días.



Figura 22: Estacas de Pushgay 02 sembradas en turba y perlita (Aranmix TS1), a) a los 15 días, b) a los 60 días.

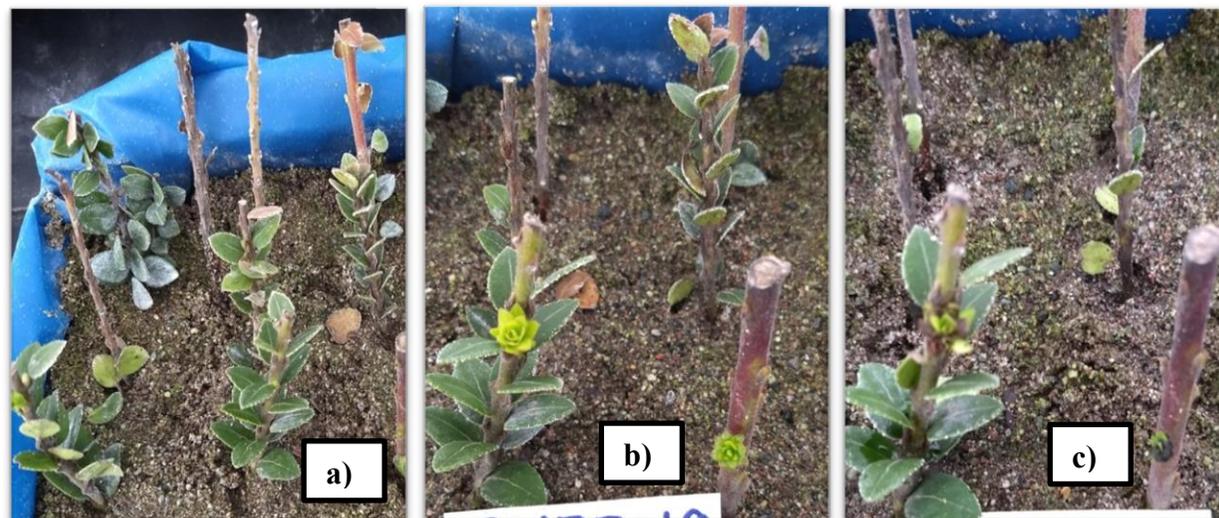


Figura 23: Estacas de Pushgay 02 sembradas en arena fina, a) a los 30 días, b) a los 45 días. c) a los 60 días.



Figura 24: Estaca de Pushgay 02 enraizadas en aserrín de pino blanco después de 180 días.