

# Importancia de las especies longevas cultivadas y los desafíos para su propagación

## The importance of long-lived cultivated species and challenges to its propagation

Luz Satomi Chura Llanos<sup>1</sup> y Franz Zirena Vilca<sup>1,2</sup>

### Resumen

En este artículo se realizó una revisión bibliográfica sobre la importancia económica, turística y ambiental de las especies longevas y la problemática relacionada con su propagación vegetativa para su conservación. Muchas de estas especies crecen en los valles interandinos del Perú y se han adaptado a lo largo del tiempo a lugares adversos respecto a los que habitualmente crecen, esto les ha permitido desarrollar fenotipos únicos, que almacenan valiosa información genética, y que deben ser conservados. Sin embargo, estas especies presentan problemas de propagación vegetativa, problemas que se explican a lo largo de este artículo. Concluimos que, a pesar de la gran importancia de estas especies, su factor de edad es el principal problema para su propagación, su conservación y diversidad.

**Palabras clave:** Conservación, Biodiversidad, Fenotipo, Genotipo, Propagación.

### Abstract

In this article, a bibliographic review was carried out on the economic, touristic and environmental importance of long-lived species and the problems related to their vegetative propagation for their conservation. Many of these species grow in the inter-Andean valleys of Peru and have adapted over the time to adverse locations compared to those in which they usually grow. This has allowed them to develop unique phenotypes that store valuable genetic information and should be conserved. However, these present species problems of vegetative propagation, a problem explained throughout this article. We conclude that, despite the great importance of these species, their age factor is the main problem for their propagation, their conservation and diversity.

**Keywords:** Conservation, Biodiversity, Phenotype, Genotype, Propagation.

**Recibido:** 23/07/2022

**Aceptado:** 12/01/2023

**Publicado:** 31/01/2023

**Sección:** Artículo de revisión

\*Autor correspondiente: [fzirenav@unam.edu.pe](mailto:fzirenav@unam.edu.pe)

### Introducción

La conservación de la biodiversidad es un objetivo común de las sociedades. Según Darwin, las especies más robustas sobreviven y se adaptan a los cambios, generan en ellas características particulares, las mismas que son heredables en las generaciones futuras. Esta teoría también se aplica a la biodiversidad; se pueden encontrar especies vegetales que desarrollaron variabilidad en su fenotipo para sobrevivir a los cambios ambientales, y especies que han heredado estos fenotipos (Marone et al., 2002), que desarrollaron cambios específicos en su fenotipo con respecto a las especies longevas, haciéndolas más resistentes a los problemas ambientales debidos al cambio climático (Read, 2013). Además, son resistentes a las enfermedades y plagas que obtienen las especies exóticas para mejorar la calidad del producto (Cardenas, 2011). Desde el punto de vista de la conservación, las características de las especies longevas pueden clonarse para obtener especies con la misma genética. Algunas

de estas especies longevas identificadas son el olivo, el cedro, el pino y el tejo (Costa & Plumed, 2016).

La propagación ayuda a la conservación de las especies; sin ella, la biodiversidad actual estaría en peligro, cada día se extinguen más especies, y disminuyen nuestros recursos para sobrevivir (Hartmann, Hudson, Kester, 1997). La propagación consiste en la reproducción de especímenes de plantas de tallo, que se produce de forma asexual y sexual. El éxito del proceso viene del conocimiento de la estructura y el desarrollo de

<sup>1</sup>Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Moquegua, Urb Ciudad Jardín-Pacocha-Ilo- Perú.

<sup>2</sup>Laboratorio de Contaminantes Orgánicos y Ambiente del IINDEP de la Universidad Nacional de Moquegua, Urb Ciudad Jardín-Pacocha-Ilo- Perú.

**Como citar:** Chura Llanos, L. S., & Zirena Vilca, F. (2023). Importancia de las especies longevas cultivadas y los desafíos para su propagación. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 25(1), 56–66. <https://doi.org/10.18271/ria.2023.469>



la especie, la clasificación y los métodos adecuados para la propagación (Sisario & Hagiwara, 2016). Por otro lado, varios factores influyen en su crecimiento y desarrollo. En las siguientes páginas se muestra información sobre la situación actual de las especies longevas y su papel en la propagación para la conservación de la biodiversidad.

### **Las especies cultivadas longevas como fuente de fenotipos**

#### **Importancia económica de las especies longevas**

Los árboles leñosos perennes constituyen el 82% de la biomasa continental y albergan más del 50% de la biomasa terrestre. Son fuente de materia prima para producción de papel, como combustible, energía y muchos alimentos derivados (Muzzalupo & Perri, 2008). Existe una clasificación de los árboles perennes, y según su utilidad o productos finales muchos de ellos son polivalentes porque proporcionan sombra, frutos, aceites, fijación de nitrógeno o medicinas; y contribuyen directamente al crecimiento económico. Por lo tanto, los árboles longevas son esenciales para el bienestar de los seres humanos, no sólo por su diversidad y densidad, sino también por sus valores directos e indirectos (Seth, 2003).

En este sentido, los árboles traen importantes beneficios económicos, medioambientales y sociales. En el ámbito medioambiental, contribuyen a la normalización de los flujos de agua, a la protección del suelo, la conservación de la biodiversidad y captura de carbono; en el ámbito social, la mayoría de ellos son utilizados por las poblaciones locales (consumidores directos) en sus actividades cotidianas: cocina, fabricación de muebles, y para la exportación de madera. Así obtienen un beneficio económico (Shigaeva & Darr, 2020). Además, estos árboles tienen valor educativo y recreativo, ya que crean microclimas agradables para los habitantes, purifican el aire, reducen la contaminación de los coches o las industrias y crean una valiosa belleza escénica, más aún cuando se trata de árboles antiguos (Seth, 2003).

La especie *Taxus globosa* es un buen ejemplo; en la antigüedad, esta especie tenía características mágico-religiosas y se consideraba un árbol sagrado por su longevidad. También se utilizaba para la fabricación de carbón y armas (arcos y ballestas) ya que la característica de la madera era flexible y rígida; con el tiempo, también se utilizó por sus propiedades medicinales (Paz Robles, 2015). Otro buen ejemplo es el cedro *Cedrela odorata* L, una especie longeva que proporciona muebles de buen acabado por su excelente calidad de madera, contribuyendo a la economía de las personas; además, puede adaptarse a diferentes ambientes y es prioritaria para la regeneración de los bosques por su calidad

genética. Por las razones expuestas, se está intentando propagar asexualmente esta especie longeva sin buenos resultados; los problemas son la edad y las condiciones climáticas ofrecidas (Espitia Camacho et al., 2017).

### **Mercado diferenciado para productos de especies longevas, el caso del olivo (*Olea europaea*)**

Los olivos milenarios tienen gran importancia económica ya producen gran cantidad de aceitunas, que son utilizadas para la elaboración de productos derivados; por otro lado, estos olivos son resistentes a plagas y enfermedades, por lo que hay una mayor calidad en el fruto (Domínguez, 2003). Los productos comerciales son las aceitunas, las aceitunas de mesa y el aceite. Gran parte de las variedades de árboles que existen se utilizan para producir aceitunas; sólo algunas de ellas se consideran aceitunas de mesa (Neale & Kremer, 2011). Además, su aceite tiene propiedades beneficiosas para la salud humana, a diferencia de otros aceites vegetales, debido a que el método de extracción utilizado permite su consumo en crudo y mantiene así sus vitaminas. Asimismo, el precio de este producto es relativamente elevado, y algunas empresas quieren tener un alto beneficio económico, por lo que incorporan a sus productos otros insumos de menor calidad. Por ello, la FDA controla la importación de este producto mediante espectroscopia de infrarrojo cercano para detectar si el producto ha sido alterado (Rabiei & Tahmasebi, 2012).

Según el informe 2020 del Consejo Oleícola Internacional (COI), los países que suministran aceitunas de mesa a los mercados son Argentina, Egipto, España, Marruecos, Grecia y Perú. Así, Perú fue responsable del 21% y Argentina del 54% de esta producción, respectivamente, convirtiéndose en los dos principales proveedores del mercado brasileño (OLEÍCOLA CONSEJO INTERNACIONAL, 2020). La mayor parte de la producción mundial se establece en la cuenca mediterránea, que representa el 80 %, y el líder es España, seguido de Italia y Francia. Quienes controlan la producción de aceite son las cooperativas olivares, que tienen la función de vigilar y ordenar el 70 % de la producción de aceite de oliva español. De modo que estas cooperativas controlan el 25 % de la producción de aceitunas de todo el mundo. Por ello España es el país que tiene un movimiento económico basado en esta especie, ya que cuenta con la mayor superficie en la producción de olivares y aceite (Picornell Buendía & Melero Martínez, 2013).

### **Especies longevas como atracción turística**

El turismo es una forma de combinar el pasado y sus reliquias con un uso sostenible, según las preferencias de los visitantes. El conocimiento que un turista obtiene

de un destino es enriquecedor; esto contribuye a la sostenibilidad y vincula el presente y el pasado, la historia y el futuro, la tradición y la modernidad. En este contexto, el paisaje natural y el patrimonio cultural se convierten en pensamientos y recuerdos, que son necesidades humanas (Amit-Cohen, 2009). De esta manera tenemos un oleoturismo, que recoge muchos elementos atractivos, ya que combina el medio ambiente, la cultura, la tradición y la gastronomía; esto se debe a que el olivo es una especie perenne, y a lo largo de su crecimiento y desarrollo, mantiene mitos y creencias (Ruiz Guerra et al., 2018). Es una forma de turismo interno que suele darse en las zonas rurales; está relacionada con la gastronomía, que coincide en representar la esencia de la cultura que engloba el mundo del olivo (Millán et al., 2014).

La producción en España va en aumento; así es como el país ha conseguido ser uno de los lugares más visitados en el ámbito del oleoturismo, debido principalmente al gran esfuerzo de la asociación española de municipios del olivo cuyo objetivo es promover y potenciar la cultura del olivo como elemento central (Picornell Buendía & Melero Martínez, 2013). Esta asociación desarrolló numerosos proyectos, entre ellos la creación de una red de museos para difundir y promover la cultura del olivo, la gastronomía (aceite de oliva), y otros desarrollos turísticos sostenibles (Millán et al., 2014). Del mismo modo, el olivo ocupa un lugar importante en la tradición judía, ya que representa gran parte de la historia espiritual y de la lucha por la paz (Amit-Cohen, 2009).

Perú cuenta con unos de los olivos más antiguos de Sudamérica, y estos se encuentran en las costas peruanas (Chamot, 2018). Por otro lado, el aceite de oliva es esencial en la gastronomía peruana porque permite experimentar sensaciones transmitidas a la cultura peruana (Alferrano Mandujano, 2019). En el distrito de El Algarrobal, departamento de Moquegua, se encuentra un valle que fue habitado por franceses donde se produce el mejor aceite de oliva por la calidad del fruto de los olivos (Municipalidad Provincial de Ilo, 2018); además, son los olivos más antiguos de Sudamérica (Sociales, 2015). Según los estudios realizados, la edad de los árboles es la principal razón por la que el municipio local implementó una ruta turística de olivos patrimoniales para darle un valor turístico, económico y cultural.

### **Las especies longevas como fuente importante de material genético**

Los ecosistemas forestales son vitales para la naturaleza, ya que proporcionan muchos beneficios ambientales, de protección, recreativos y económicos a la sociedad. Sin embargo, la deforestación y la sobreexplotación se han convertido en un problema

para la conservación, especialmente para los árboles de larga vida. La conservación de estos recursos genéticos y de la diversidad son una necesidad de supervivencia a largo plazo (Tsuda & Ide, 2005). La determinación genética y el análisis filogenético de los árboles longevas son herramientas esenciales para la recogida de germoplasma y para conocer el origen del cultivo. Por otra parte, también es importante ya que estos estudios podrían determinar cómo se han adaptado estas especies longevas a lo largo del tiempo (Dez et al., 2011).

Una de las especies con importante material genético es el olivo ya que se trata de un árbol milenario, y su desaparición se ha ido produciendo progresivamente debido a su valor ornamental y a la posterior transformación de los huertos tradicionales en comerciales (Dez et al., 2011). Gracias a la longevidad, los genotipos del olivo pueden conservar las características del germoplasma durante miles de años (Banilas et al., 2009). Otra característica esencial es que estos individuos se han adaptado a los microclimas de diferentes regiones, lo que no afecta a la excelente producción del olivo; se refleja en el tamaño, la forma y el color del fruto (Wang et al., 2018). Dado que muchos estudios muestran reducción de estas áreas de cultivo tradicional debido a que los agricultores intentan mejorar la calidad de los olivos reduciendo los viejos, la conservación de estas especies es esencial. Este cambio brusco podría provocar la pérdida de variación genética; también podría afectar a los olivos con diferentes enfermedades; del mismo modo, afectaría al sistema económico, cultural y social (Díez et al., 2016).

### **Importancia medioambiental de las especies longevas**

Los árboles son de gran importancia para el medio ambiente, ya que son purificadores naturales; también son los mejores filtros biológicos naturales que ayudan a limpiar los ambientes contaminados, y, por tanto, a mejorar el aire que respiramos. En primer lugar, actúan como bancos de oxígeno para el planeta y desempeñan un papel importante en el mantenimiento del ciclo del oxígeno, que es esencial para la supervivencia de los seres vivos. En segundo lugar, ayudan a minimizar la contaminación; las hojas absorben los contaminantes gaseosos que se encuentran en la superficie y, del mismo modo, las raíces absorben los metales pesados y se estabilizan posteriormente. Este potencial depende de la variedad de especies y de su tolerancia a estos contaminantes. Y en tercer lugar, minimizan los óxidos de carbono en el aire (Seth, 2003).

Del mismo modo, tienen la función de pantallas ambientales; cuando hay cultivos los árboles actúan como barreras contra el viento y reducen el nivel de ruido de las carreteras cercanas. Ecológicamente, actúan

como cortavientos, protegiendo el suelo de la erosión. Los agricultores los plantan estratégicamente en función del uso que piensan darles (Seth, 2003). Por último, también influyen en el entorno físico; los árboles ayudan a reducir la temperatura del ambiente y funcionan como acondicionadores de aire naturales al evaporar el agua de sus hojas mediante el proceso de transpiración. También mejoran los microclimas; ayudan a controlar y estabilizar el clima de un lugar concreto y del mundo en su conjunto; si están en grupos, es mejor y más eficaz (Seth, 2003).

Un claro ejemplo son los cultivos de olivo de larga vida, que tienen un gran potencial para mitigar el cambio climático ya que, al ser cultivos permanentes, proporcionan un almacenamiento de carbono en los suelos (Russo et al., 2016). Estos árboles absorben el dióxido de carbono atmosférico junto con los elementos del suelo y el aire para convertirlos en madera, que contiene carbono y forma parte del tronco, las ramas, las raíces y las hojas. Aproximadamente el 50% de la biomasa de materia seca del árbol es carbono. Cuando esta especie alcanza la madurez, se produce una captura neta de carbono, y cuando muere, emite la misma cantidad de carbono atmosférico capturado (Tito, 2012).

### Características fenotípicas de las especies longevas

Los árboles longevidos muestran diferentes formas de crecimiento y desarrollo debido a la especie a la que pertenecen. La especie establece el crecimiento, la dureza, la estructura de las raíces, la longevidad y el tipo de regeneración. Además, condiciones ambientales como la temperatura, la humedad, la luz y el suelo influyen en los árboles (González-Robles et al., 2020). Por otro lado, se tiende a pensar que los árboles longevidos son individuos vigorosos y que extienden sus raíces en suelos profundos, fértiles y con excelente humedad, lo cual es erróneo; los estudios han demostrado que es totalmente diferente ya que crecen y se desarrollan en suelos poco profundos, en baja fertilidad, la mayoría se encuentran en lugares con fuertes vientos y no requieren de grandes cantidades de agua para sobrevivir (Villanueva Díaz et al., 2019). Dentro de la particularidad de las especies de longevidad estructural y fisiológica está la retención de células meristemáticas, iguales a las células madre que se producen continuamente. Añadiendo un sistema vascular especializado y un sistema de control hormonal, estas características tienen un papel importante y fundamental y contribuyen a su longevidad (Flanary & Kletetschka, 2005).

Cuando la edad de los árboles aumenta, llegan a tener una gran variedad de rasgos que reflejan la vejez de la especie, entre ellos el inmenso tamaño del perímetro

del tronco, las grandes cavidades que se forman en su interior, la presencia de espacios donde se acumula el agua, las lesiones físicas del fuste, la pérdida de corteza, las grandes cantidades de madera muerta en la copa, la deficiencia de savia y el aspecto físico envejecido. Esta última característica crea una imagen estética atractiva; además, tiene un valor de interés histórico y cultural al ser una reliquia paisajística (Read, 2013). Otro indicador de los árboles longevidos que han sufrido daños físicos debido a las actividades humanas y al cambio climático es que muestran características de estos eventos (González-Robles et al., 2020). Cuando un árbol longevo está vivo, es precioso para la fauna y la sociedad, ya que es un recurso renovable. Esto lleva a muchas organizaciones a reconocer los árboles viejos para su conservación (Read, 2013).

### Problemas de propagación de las especies longevas

#### Factores endógenos

##### Edad

En las especies que se propagan por esquejes, la edad de la planta madre no representa una gran dificultad, pero algunas especies son difíciles de enraizar, y esto se convierte en un factor de importancia. *Amburana cearensis* es un gran ejemplo, solo enraiza el 5% de los esquejes (Portal, 2015). Por ello, el factor de juventud de la planta madre es uno de los aspectos más importantes para obtener un gran porcentaje de enraizamiento de los esquejes (Gárate-Díaz, 2010). Por otro lado, la maduración de la madera está estrechamente relacionada con la edad ontogenética de las plantas, que se refiere a las diferentes etapas de crecimiento y desarrollo. En la fase adulta el envejecimiento es una de las características esenciales de los árboles porque la capacidad rizogénica está presente (Langé, 2014).

Se ha demostrado que gran parte de los esquejes que fueron tomados del tallo en la fase juvenil de un árbol tiene efectividad positiva, ya que estos suelen formar nuevas raíces, a diferencia de los tomados en fase adulta. Esto ocurre en cualquier tipo de propagación vegetativa, uno de los factores de la disminución del enraizamiento con la edad es la disminución del contenido de compuestos fenólicos, ya que estos actúan como cofactores de las auxinas en la etapa de enraizamiento (Portal, 2015). Por ello, la edad de la planta madre juega un papel crucial. Es aconsejable utilizar esquejes de árboles jóvenes, porque pueden enraizar más fácilmente y en un tiempo mínimo, a diferencia de los obtenidos de árboles viejos (Machaca Llano, 2020).

## Condiciones nutricionales de la planta

Las condiciones nutricionales encontradas en la planta son de gran importancia ya que influyen directamente en el enraizamiento del esqueje (Langé, 2014). Los factores internos como la auxina, los cofactores de enraizamiento y las reservas de carbohidratos influyen en el inicio del enraizamiento (Gárate-Díaz, 2010). Durante el enraizamiento de los esquejes, los requerimientos nutricionales en la fase de inducción son innecesarios pues utilizan nutrientes endógenos; sin embargo, son de gran importancia en el estado óptimo de la planta madre ya que los esquejes serán extraídos de ellos (Machaca Llano, 2020). De este modo, la planta madre ejerce una importante influencia en la producción y el desarrollo de las raíces y los tallos de los esquejes.

Por otro lado, los factores que contribuyen a que el enraizamiento de los esquejes comience son la presencia de nitrógeno y fósforo. En el caso del fósforo, es fundamental tener en cuenta que este nutriente debe añadirse al hoyo, pero no debe llegar a la raíz ya que puede tener un efecto tóxico, y en el caso del nitrógeno, debe añadirse en pequeñas cantidades y fraccionado en diferentes momentos (Bueno et al., 2014). Por lo tanto, es esencial tener en cuenta las indicaciones, ya que influyen directamente en el enraizamiento y el crecimiento de los brotes (Machaca Llano, 2020). Cualquier nutriente beneficioso presente durante la formación de las raíces de los esquejes debe tenerse en cuenta como nutriente principal para iniciar el crecimiento de las raíces (Langé, 2014). Por este motivo, la planta madre de la que se extraerán los esquejes debe estar en un buen estado nutricional, que disponga de auxinas, cofactores, una adecuada relación entre C/N y reservas de carbohidratos que favorezcan el enraizamiento de los esquejes, y también que los brotes estén en estado de turgencia (Gárate-Díaz, 2010).

### Deficiencia hormonal (fitoreguladores)

Las hormonas vegetales son las fitohormonas que se producen de forma natural en las plantas y en menor proporción, regulan el proceso fisiológico. Las fitohormonas activan e inhiben procesos de forma natural, pero cuando son de origen sintético, actúan como reguladores del crecimiento (Machaca Llano, 2020). Además, las auxinas son las hormonas que tienen efecto más significativo en la formación de raíces en los esquejes; cualquier tejido en crecimiento activo las produce. El enraizamiento no sólo depende de las auxinas, sino también de los cofactores que permiten esta fase. Los cofactores pueden ser compuestos fenológicos, material nitrogenado y azúcares producidos en las hojas. En las especies longevas, el proceso de enraizamiento es

más difícil porque no pueden generar hormonas de forma natural (Langé, 2014).

El crecimiento de las raíces en la base de los esquejes se debe al proceso de morfogénesis, que está regulado principalmente por sustancias hormonales que están presentes de forma natural (Langé, 2014). Por ello, es necesario equilibrar las sustancias promotoras e inhibitoras del proceso de rizogénesis para que este prospere. Para asegurar el proceso, es recomendable utilizar reguladores de crecimiento externos, y de esta manera el regulador modifica fisiológicamente las plantas para estimular y acelerar la formación, crecimiento y desarrollo de las raíces. Por otro lado, en el campo comercial, el ácido indol-butírico es el regulador de crecimiento más utilizado (Langé, 2014).

### Retención superficial y foliar

Es esencial la presencia de hojas en los esquejes, ya que ejerce una influencia estimulante en el crecimiento de las raíces pues ayudan a transportar auxinas y carbohidratos. Así, los esquejes sin hojas no pueden enraizar (Langé, 2014). Se sabe que las hojas son responsables de la producción de hidratos de carbono que se producen a través de la fotosíntesis, pero cuando las hojas están en proceso de formación, son sumideros de azúcar hasta el año medio; también ayudan al desarrollo de los botones florales (Huarcsi Catunta, 2016). Una estaca que pierde sus hojas cuando ha comenzado a enraizar no podrá desarrollarse eficazmente. Por lo tanto, la presencia de hojas es esencial y es un factor crucial para promover el enraizamiento de los esquejes (Langé, 2014).

En el caso de las especies longevas, la presencia foliar es necesaria ya que sin ella carece de reservas de carbohidratos, auxinas y cofactores. Por otro lado, cuando los estomas de las hojas están abiertos pueden provocar una pérdida del balance hídrico debido al proceso de transpiración, y todo ello hace que la planta desarrolle un déficit hídrico y decaiga. Por ello, se debe considerar una superficie foliar mínima para que las hojas realicen la fotosíntesis necesaria para satisfacer el crecimiento y desarrollo de las raíces y la vida del esqueje; por ello se recomienda que la hoja sea recortada en un tamaño necesario para tener equilibrio entre transpiración y fotosíntesis (Langé, 2014).

### Factores exógenos

#### Temperatura

El clima tiene gran influencia en el crecimiento y en el desarrollo de las plantas. Esto incluye los procesos

de fotosíntesis, la respiración, la división celular, la expansión de las células, la ingesta de nutrientes y agua, que son modificados por la luz, el déficit de presión de vapor, el CO<sub>2</sub> y la temperatura, que es el factor más importante (Machaca Llano, 2020). Por ello, en la fase de enraizamiento de los esquejes, la temperatura adecuada para muchas especies es de 21 a 27 °C de día y 15 °C de noche (Langé, 2014). Asimismo, a medida que aumenta la temperatura, los esquejes se metabolizan más rápido y enraízan mejor; hay que tener en cuenta que las altas temperaturas del aire estimulan el desarrollo de las yemas antes que el de las raíces y aumentan la pérdida de agua a través de las hojas. Una temperatura adecuada mejora el desarrollo de las raíces (Gàrate-Díaz, 2010).

Por otro lado, también hay que tener en cuenta la temperatura entre 20 y 25 °C del sustrato porque influye en la actividad biológica del suelo, por lo que afecta directamente al desarrollo de las raíces. Cuando la temperatura aumenta, puede reducir el crecimiento de las raíces y quemar la base inferior de los esquejes. De este modo, existe una estrecha relación entre la temperatura del entorno y la del sustrato; por ello, la temperatura del sustrato debe estar entre 2 y 3°C para que no perjudique posteriormente la rizogénesis. Por ello, muchos estudios de propagación regulan la sombra de un propagador para tener la temperatura ambiental adecuada (Langé, 2014).

### **Humedad ambiental**

La humedad es un factor de gran importancia, y si no hay control, esto se refleja en enfermedades fúngicas en la parte baja del corte, más peligroso si la textura del suelo es fina o arcillosa con mínima infiltración (Bueno et al., 2014). Por otro lado, el estado hídrico de los esquejes es impulsado por la pérdida de equilibrio debido a la evaporación que se produce a través de las hojas y la absorción de agua que se produce a través de los esquejes; como estos esquejes no contienen raíces al principio, deben retener y absorber por la base del esqueje y a través del tallo y las hojas de la superficie. Para obtener un buen enraizamiento y evitar la desecación de los esquejes, se debe reducir la transpiración, y esto se consigue teniendo una humedad ambiental alta entre 95 y 100%, que debe ser constante para minimizar la evapotranspiración de agua (Gàrate-Díaz, 2010).

La coloración de las hojas en un color amarillo se debe a un exceso de humedad en el sustrato, y sólo se produce en algunas especies, ya que cada especie tiene una reacción diferente. En el caso de la coloración de las hojas, se debe suspender el riego durante unos días hasta que la humedad se estabilice (Bueno et al., 2014). Por esta razón, los proyectos de propagación de esquejes utilizan cámaras cerradas o invernaderos complementados con un sistema de nebulización (Langé, 2014). Esto

asegurará un control adecuado de la humedad y la ausencia de problemas en el futuro con el enraizamiento y el desarrollo de los esquejes para que tenga éxito.

### **Luz**

La luz no es esencial para el proceso de enraizamiento de los esquejes, pero cuando está en la etapa de formación de las hojas, la luz juega un papel importante (Machaca Llano, 2020). Por otro lado, la intensidad de la luz en la planta madre tiene un efecto de producción de más esquejes pero reduce la capacidad de enraizamiento. Por esta razón, cuando la planta madre recibe una cantidad mínima de luz, los esquejes tienen grandes posibilidades de enraizar de forma eficaz. Por ello, existe una cantidad de luz óptima para cada especie que ayudará a enraizar de la mejor manera. Cuando hay una intensidad de luz mínima, la producción de raíces se produce antes que la de las hojas, y si la cantidad de luz no es adecuada, podría dañar las hojas y, por tanto, retrasar el desarrollo de las raíces (Langé, 2014).

Por ello, la cantidad de luz debe ser alrededor del 30% hacia las estacas, pero esto no debe afectar a la temperatura. En base a esto, es importante proporcionar sombra en el área de propagación para que haya una reducción de la irradiación. Para ello, el uso de la malla Rashell ha dado buenos resultados para la mayoría de las especies a propagar (Gàrate-Díaz, 2010).

### **Tipos de propagación vegetativa utilizados en especies longevas**

#### **Propagación por esquejes**

La propagación asexual de esquejes consiste en la separación de la parte del tallo, la raíz y las hojas de la planta madre, que posteriormente se coloca en condiciones favorables y así se fomenta la formación de raíces, obteniendo una nueva planta independiente idéntica a la planta madre (Masco, 2013). Para un adecuado enraizamiento de los esquejes es de suma importancia lograr tres factores: la humedad debe ser relativamente alta (> 80-90%) con un excelente manejo del estrés hídrico; la minimización de la actividad fotosintética, debe estar a la sombra, y el rango de temperatura debe estar entre 30 y 35 °C, y el sustrato debe ser único, esto dependerá de si cuenta con un sistema de riego. La identificación de los esquejes es uno de los aspectos de gran relevancia en todo el proceso. Por ello, hay que tener en cuenta el tamaño del esqueje, que esté identificado y mezclado con otros, y que no sufra estrés hídrico (Badilla & Murillo Gamboa, 2005).

La importancia de la propagación está en que tiene una ganancia genética más significativa en un

tiempo más corto, por lo que esta técnica es la más utilizada para clonar material con resultados positivos en calidad y productividad (Portal, 2015). Por otro lado, la propagación vegetativa tiene ventajas tales como la evaluación genética del material vegetal, la preservación de genotipos y complejos genéticos; tienen resistencia a plagas y enfermedades gracias a sus genotipos superiores que pueden perderse si hay un cruce genético. Por último, estas plantaciones serán uniformes y con las mismas características (Witting, 2019). Otro aspecto crítico en el enraizamiento de los esquejes son los tratamientos con auxinas, que aceleran el proceso. Las auxinas son agentes químicos que promueven el enraizamiento; entre ellas, las más utilizadas en especies longevas son el ácido indol butírico (IBA), que es el mejor regulador del crecimiento de las raíces y se utiliza en casi todas las especies de plantas (Fabbri et al., 2004).

### Cultivo in vitro

Desde hace 120 años, la técnica de cultivo de tejidos se ha utilizado en diferentes investigaciones. Los primeros informes sobre esta técnica se registraron en 1945, desde entonces se han desarrollado varios métodos de regeneración in vitro (Soto, 2014). En la actualidad se sigue usando esta técnica de propagación, en la que se emplean recipientes estériles y, por tanto, se genera un ambiente artificial. Este tipo de propagación tiene dos características fundamentales: la ausencia de microorganismos y el estricto control de los factores que pueden afectar al desarrollo de esta técnica (David et al., 2015). Por otro lado, la ventaja de esta técnica es que mantiene todas las características del material genotípico de la planta madre, este proceso se realiza en unas condiciones determinadas que no se ven afectadas por las estaciones del año, además, el espacio utilizado es mínimo y las plantas que se obtienen están libres de bacterias y enfermedades (Valles et al., 2008).

Existen cinco pasos importantes para el proceso de micropropagación desarrollado en condiciones de laboratorio: 1) selección y preparación de la planta madre, que debe estar en buen estado y en un invernadero donde esté controlada, 2) desinfección del material vegetal a utilizar: una vez extraídos los fragmentos para la respectiva propagación (pueden ser yemas, trozos de hojas de raíz, etc.) este material debe ser desinfectado antes de obtener los explantes, 3) incorporación del material seleccionado en condiciones in vitro; antes de colocarlos en los recipientes deben estar esterilizados y libres de contaminantes, 4) multiplicación de brotes; en esta fase se utilizan hormonas como las auxinas para ayudar al proceso de desarrollo del enraizamiento, 5) enraizamiento; los explantes que han enraizado serán llevados a condiciones naturales para su respectiva aclimatación y 6) aclimatación (David et al., 2015).

## Hormonas vegetales utilizadas en la propagación vegetativa de especies longevas

### Auxinas

Son fitohormonas de crecimiento y desarrollo de las plantas; estimulan el crecimiento con la ayuda de la luz. Son de gran importancia ya que intervienen en el desarrollo de la planta (Vega-Celedón et al., 2016). Estas fitohormonas se encuentran a nivel celular; aquí intervienen en la división, elongación y diferenciación celular. También están bien distribuidas en las células y tejidos vegetales, por lo que intervienen en la diferenciación unicelular y multicelular o en los procesos de los tejidos vegetales. Además ayudan a la diferenciación celular de órganos como las raíces, los tallos y las hojas y también ayudan a su elevación (Steven et al., 2019). Por lo tanto, la aplicación de auxinas es una práctica viable ya que ayuda a la formación de raíces e inicia el crecimiento, aumenta el número y la calidad, ayuda a la uniformidad y reduce el tiempo del proceso de enraizamiento (Langé, 2014).

### Ácido 1-naftilacético (NAA)

Es una hormona que ayuda al crecimiento de las raíces, y en combinación con la citoquinina puede ayudar a controlar la formación de brotes y raíces. Es una auxina sintética que suele ser más eficaz que la IAA porque no es distribuida por la IAA oxidasa y otras enzimas, por lo que es más larga en el sustrato. Esta auxina promueve la elongación de las raíces intactas; raíces que darán una respuesta rápida a la auxina exógena, aumentando la velocidad de desarrollo y crecimiento y ayudando a estimular la división celular para tener una anticipación en el ciclo del cultivo (Pinto Y., Alvarado A., 2012).

Varios estudios han demostrado que el NAA es más vital y da mejores resultados que el IBA para estimular el enraizamiento adventicio en especies longevas; esta auxina se utiliza cuando los cultivares no tienen una respuesta positiva al IBA. En algunos casos, los productos en los que se mezclan IBA y NAA (Fabbri et al., 2004). En general, esta auxina es relativamente estable, y al mismo tiempo, es ligeramente tóxica para la planta; por esta razón, al utilizar este producto debe aplicarse con delicadeza, ya que el margen inicial de su actividad y el margen inicial de su toxicidad es estrecho y puede tener efectos adversos (Gárate-Díaz, 2010).

### Ácido indol-3-butírico (IBA)

Se trata de una auxina sintética químicamente similar al AIA, eficaz en la mayoría de las especies y que actualmente es la más utilizada para los procesos de enraizamiento. En concentraciones adecuadas esta

auxina no es tóxica ni rápidamente depuesta por la luz, ni siquiera por los microorganismos (Castrillón et al., 2008). Otra ventaja de esta auxina es que no es soluble en agua y es eficaz en casi todas las especies. En varios estudios sobre la propagación de especies forestales se ha demostrado que arraigan con una dosis de 2000 ppm a 3000 ppm; en algunos casos puede ser mayor (Clemente Greta, 2014). Esta auxina tiene poca movilidad, por lo que las enzimas destructoras la degradan muy lentamente. Esto permite que tengan persistencia cuando se aplican a los esquejes (Langé, 2014).

A nivel celular influyen en la división y elongación celular, la diferenciación celular, la división celular meristemática, el aumento del contenido osmótico celular, el aumento de la permeabilidad celular, el aumento de la producción de proteínas y la disminución de la presión de la pared celular (Steven et al., 2019). Otro hecho a destacar es que también se utilizan para la propagación de la madera dura, para lo cual estos esquejes deben estar en altas concentraciones para tener un efecto positivo; de la misma manera para las especies significativamente antiguas (Fabbri et al., 2004). Por ello, esta auxina se utiliza en muchos proyectos de propagación gracias a su eficacia demostrada y a su similitud con la auxina natural IAA.

### Ácido indolacético (IAA)

Es una auxina natural y endógena ampliamente distribuida por todo el reino vegetal, y su biosíntesis se realiza por diferentes vías, la más frecuente es la del aminoácido triptófano (Calasanz, 2011). Esta auxina se produce en los ápices de los brotes y de las hojas jóvenes, y se transporta bicipitalmente a través del floema por un mecanismo polar. Por otra parte, la hormona del ácido 3-acético es una de las principales auxinas del reino vegetal, que controla diversos procesos fisiológicos y la división celular. Además, muchos autores señalaron que las bacterias estabilizaban los niveles de IAA en muchos casos (Vega-celedón et al., 2016).

Así, los IAA influyen directamente en procesos fisiológicos como el crecimiento y el desarrollo de las plantas, incluyendo la elongación y la división celular, el tejido diferenciador, el fototropismo y el gravitropismo. Asimismo, tienen una función esencial en la formación del xilema y la raíz. En el caso de las plantas longevas, la biosíntesis de IAA no está limitada; en otros casos, organismos como bacterias, hongos y algas sintetizan IAA, lo que afecta al crecimiento y desarrollo de las plantas (Vega-celedón et al., 2016). Otros estudios indican que esta auxina aprovecha cualquier herida

para la formación de raíces y brotes; esto es resultado del transporte polar del IAA; de esa manera, ayudan a la formación de raíces adventicias en esquejes (Pillajo Alvarado, 2013).

### Conclusión

Las especies longevas tienen gran importancia social, económica y medioambiental. Tienen una excelente calidad genética ya que durante muchos años se han adaptado al cambio climático y las condiciones edafológicas de las zonas donde se encuentran. Sin embargo, para su propagación vegetativa se ha encontrado un conflicto ya que muchas de ellas no tienen una propagación exitosa, uno de los principales factores es la edad de la planta madre.

### Agradecimientos

A la Universidad Nacional de Moquegua por financiar este proyecto (Resolución de Comisión Organizadora N° 052-2021-UNAM)

### Referencia

- Alferrano Mandujano, A. J. (2019). *Promoción del turismo del olivo en el olivar de San Isidro a través del diseño de un circuito gastronómico, 2018.*
- Amit-Cohen, I. (2009). Contested landscape and spirit of place: the case of the olive trees and an urban neighborhood in Israel. *Revija Za Geografijo*, 4(1), 147–161.
- Badilla, Y., & Murillo Gamboa, O. (2005). Enraizamiento de estacas de especies forestales. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 2(6), 59–64.
- Banilas, G., Korkas, E., & Kaldis, P. (2009). Climate Change, Intercropping, Pest Control and Beneficial Microorganisms. *Climate Change, Intercropping, Pest Control and Beneficial Microorganisms, September*. <https://doi.org/10.1007/978-90-481-2716-0>
- Bueno, L. A., Oviedo, A. S., Bueno, L. A., & Oviedo, A. S. (2014). *Plantación del Olivo Plantación del Olivo.*
- Calasanz, M. del C. M. (2011). Inducción del enraizamiento en estaquillas de olivo mediante el empleo de bacterias promotoras del crecimiento vegetal ( PGPR ). *Tesis.*

- Cardenas, D. (2011). *Plantas introducidas, establecidas e invasoras en la Amazoniz colombiana*.
- Castrillón, J. C., Carvajal, E., & Ligarreto, G. (2008). *El efecto de auxinas sobre el enraizamiento de las estacas de agraz ( Vaccinium meridionale Swartz ) en diferentes sustratos The effect of auxins on rooting of Andean blueberry ( Vaccinium meridionale Swartz ) cuttings in different substrates*. 26(1), 16–22.
- Chamot, E. C. D. (2018). *Olivos y olivas en la historia del Perú*. 1–82.
- Clemente Greta, E. R. (2014). “Efecto de la hormona AIB en el enraizamiento de estacas juveniles de *Croton lechler* Muell. Arg.”
- Costa, M., & Plumed, J. (2016). La arboleda monumental. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).
- David, J., López, C., & Pérez-pérez, D. J. M. (2015). *Propagación de variedades recalcitrantes de Olea europaea y Argania spinosa*.
- Dez, C. M., Trujillo, I., Barrio, E., Belaj, A., Barranco, D., & Rallo, L. (2011). Centennial olive trees as a reservoir of genetic diversity. *Annals of Botany*, 108(5), 797–807. <https://doi.org/10.1093/aob/mcr194>
- Díez, C. M., Moral, J., Barranco, D., & Rallo, L. (2016). *Genetic Diversity and Conservation of Olive Genetic Resources*. 337–356. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-25954-3\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-319-25954-3_10)
- Domínguez, R. (2003). *La calidad del aceite de oliva ecológico en función del riego*.
- Espitia Camacho, M. M., Araméndiz Tatis, H., & Cardona Ayala, C. E. (2017). Características morfológicas, anatómicas y viabilidad de semillas de *Cedrela odorata* L. y *Cariniana pyriformis* Miers\*. *Agronomía Mesoamericana*, 28(3), 605. <https://doi.org/10.15517/ma.v28i3.26287>
- Fabbri, A., Bartolini, G., Lambardi, M., & Kailis, S. (2004). *Olive Propagation Manual; Flower and fruit biology in the olive*. 26.
- Flanary, B. E., & Kletetschka, G. (2005). Analysis of telomere length and telomerase activity in tree species of various life-spans, and with age in the bristlecone pine *Pinus longaeva*. *Biogerontology*, 6(2), 101–111. <https://doi.org/10.1007/s10522-005-3484-4>
- Gàrate-Díaz, M. H. (2010). *Técnicas de propagación por estacas*. 189.
- González-Robles, A., Manzaneda, A. J., Salido, T., Valera, F., García, C., Fernández-Ocaña, A. M., & Rey, P. J. (2020). Spatial genetic structure of a keystone long-lived semiarid shrub: historical effects prevail but do not cancel the impact of recent severe habitat loss on genetic diversity. *Conservation Genetics*, 21(5), 853–867. <https://doi.org/10.1007/s10592-020-01291-5>
- Hartmann, Hudson, Kester, D. (1997). Propagación De Plantas. In *Propagación de Plantas* (p. 761).
- Huarcusi Catunta, A. A. (2016). “Fenología del olivo (*Olea Europea* L.) variedad Sevillana en una campaña productiva en la Yarada - Tacna.” 1–100.
- Langé, P. P. (2014). Efecto de auxinas en el enraizamiento de estaquillas de *Buxus Sempervirens* L. En distintas épocas del año. *Universidad Nacional Del Litoral*, 62.
- Machaca Llano, Z. (2020). *Propagación vegetativa del álamo (Pópulus deltoides Bartr.) con aplicación de diferentes dosis de ácido indol butírico en ambientes semicontrolados*. 113.
- Marone, L., Milesi, F., González, R., Solar, D. E. L., Mezquida, E. T., Lopez, J., Casenave, D. E., Cueto, V., & Críticas, A. (2002). Natural Como Premisa De La Investigación Ecológica. *Doctor*, 27, 137–142.
- Masco, N. L. (2013). *EFEECTO DE SEIS SUSTRATOS EN EL ENRAIZAMIENTO DE ESQUEJES DE SAUCO (Sambucus nigra) EN AMBIENTE PROTEGIDO*. 85-87.
- Millán, G., Arjona, J. M., & Amador, L. (2014). A new market segment for olive oil: Olive oil tourism in the south of Spain. *Agricultural Sciences*, 05(03), 179–185. <https://doi.org/10.4236/as.2014.53022>
- Municipalidad Provincial de Ilo. (2018). *Memoria anual 2018*.
- Muzzalupo, I., & Perri, E. (2008). Genetic characterization of olive germplasm by molecular

- markers. *European Journal of Plant Science and Biotechnology*, 2(1), 60–68.
- Neale, D. B., & Kremer, A. (2011). Forest tree genomics: Growing resources and applications. *Nature Reviews Genetics*, 12(2), 111–122. <https://doi.org/10.1038/nrg2931>
- OLEÍCOLA CONSEJO INTERNACIONAL, C. (2020). *F THE OLEÍCOLA INTERNATIONAL*. 14.
- Paz Robles, J. L. (2015). *Establecimiento in vitro de Taxus globosa Schltl.* 100.
- Picornell Buendía, M., & Melero Martínez, J. (2013). Historia del cultivo del olivo y el aceite; su expresión en la biblia. *Ensayos: Revista de La Facultad de Educación de Albacete*, 28, 155–181.
- Pillajo Alvarado, C. (2013). *Estandarización de una metodología de multiplicación clonal de portainjertos de aguacate (Persea americana Miller). Tumbaco, Pichincha.* 114.
- Pinto Y., Alvarado A., Á. E. (2012). Aplicación de ácido alfa-naftalen acético en colinos de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 6(2), 213–224.
- Portal, E. (2015). *Influencia de la granulometría de arena y la aplicación de ácido Indol-3-Butírico, en el enraizamiento de la cedrelinga catenaeiformis ducke (tornillo), bajo el sistema de Propagación por Estaquillas, en Cámara de Sub irrigación* &quot; 85.
- Rabiei, Z., & Tahmasebi, S. (2012). Traceability of Origin and Authenticity of Olive Oil. *Olive Oil - Constituents, Quality, Health Properties and Bioconversions*, February. <https://doi.org/10.5772/28458>
- Read, H. (2013). Veteran Trees : A guide to good management. *Veteran Trees : A Guide to Good Management*, 167.
- Ruiz Guerra, I., Molina, V., & Quesada, J. M. (2018). Multidimensional research about oleotourism attraction from the demand point of view. *Journal of Tourism Analysis*, 25(2), 114–128. <https://doi.org/10.1108/JTA-06-2018-0017>
- Russo, C., Cappelletti, G. M., Nicoletti, G. M., Di Noia, A. E., & Michalopoulos, G. (2016). Comparison of European olive production systems. *Sustainability* (Switzerland), 8(8), 1–11. <https://doi.org/10.3390/su8080825>
- Seth, M. K. (2003). Trees and their economic importance. *Botanical Review*, 69(4), 321–376. [https://doi.org/10.1663/0006-8101\(2004\)069\[0321:TATEI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1663/0006-8101(2004)069[0321:TATEI]2.0.CO;2)
- Shigaeva, J., & Darr, D. (2020). Forest Policy and Economics On the socio-economic importance of natural and planted walnut (*Juglans regia* L.) forests in the Silk Road countries : A systematic review. *Forest Policy and Economics*, 118(March), 102233. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2020.102233>
- Sisario, D., & Hagiwara, J. C. (2016). *Propagación vegetativa por medio de estacas de tallo.* 16.
- Sociales, A. S. (2015). “ *ANÁLISIS DE LA OFERTA Y DEMANDA TURÍSTICA Y DISEÑO DE UN CIRCUITO TURÍSTICO , PROVINCIA DE ILO ,*
- Soto, G. M. (2014). *PROPAGACIÓN IN VITRO DE ESPÁRRAGO (Asparagus officinalis L.) POR ORGANOGÉNESIS DIRECTA A PARTIR DE YEMAS DEL RIZOMA.*
- Steven, J., Cortes, A., & Jovanna, A. G. (2019). *Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal Main hormonal regulators and their interactions in plant growth.*
- Tito, C. (2012). *Estimación cuantitativa de la capacidad de captura del CO2 en plantaciones de Olivos en el Distrito de Tacna, 2010.* 86.
- Tsuda, Y., & Ide, Y. (2005). Wide-range analysis of genetic structure of *Betula maximowicziana*, a long-lived pioneer tree species and noble hardwood in the cool temperate zone of Japan. *Molecular Ecology*, 14(13), 3929–3941. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2005.02715.x>
- Valles, Q., León, D. D. De, Ordaz, M., Julieta, S., Balch, M., Manuel, M. C., Domínguez, S., Ma, B., Luz, D., & Jiménez, G. (2008). *El cultivo in vitro como herramienta para el aprovechamiento , mejoramiento y conservación de especies del género Agave.*
- Vega-celedón, P., Martínez, H. C., & González, M. (2016). *BIOSÍNTESIS DE ÁCIDO INDOL-3-ACÉTICO Y PROMOCIÓN DEL CRECIMIENTO DE PLANTAS POR BACTERIAS.* 37, 33–39. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.5158.3609>

- Villanueva Díaz, J., Cerano Paredes, J., Stahle, D. W., Constante García, V., Vázquez Salem, L., Ávalos, J. E., & Benavides Solorio, J. de D. (2019). Árboles Longevos De México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 1(2), 7–30. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v1i2.634>
- Wang, J. wei, Ma, L. yi, Gómez-del-Campo, M., Zhang, D. sheng, Deng, Y., & Jia, Z. kui. (2018). Youth tree behavior of olive (*Olea europaea* L.) cultivars in Wudu, China: Cold and drought resistance, growth, fruit production, and oil quality. *Scientia Horticulturae*, 236(March), 106–122. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.03.033>
- Witting, N. J. (2019). Validación Clonal de Plantas Madres Promisorias de *Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh “camu camu arbustivo”, en Cámaras de Sub Irrigación en Ucayali – Perú. *Facultad De Zootecnia*, 1–69.