

**LA ILUSTRACIÓN COMO ESTRATEGIA PARA LA DIVULGACIÓN DEL
CRECIMIENTO IN VITRO DEL ARÁNDANO AZUL EN PRO DE FORTALECER
LA ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA**

DANIEL MAURICIO CAMARGO SANABRIA

Universidad Pedagógica Nacional

Facultad de Ciencia y Tecnología

Departamento de Biología

Bogotá D.C.

2023

**LA ILUSTRACIÓN COMO ESTRATEGIA PARA LA DIVULGACIÓN DEL
CRECIMIENTO IN VITRO DEL ARÁNDANO AZUL EN PRO DE FORTALECER
LA ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA**

Daniel Mauricio Camargo Sanabria

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

Directora:

Silvia Rosy Gómez Daza

M.Sc Microbiología

Línea de Investigación:

Biodiversidad, Biotecnología y Conservación

Universidad Pedagógica Nacional

Facultad de Ciencia y Tecnología

Departamento de Biología

Bogotá D.C.

2023

Nota de Aceptación

Firma de director

Firma del jurado

Firma del jurado

Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por guiar cada uno de mis pasos y darme fortaleza y sabiduría para enfrentar todas las situaciones y lograr superar cada obstáculo que afronté a lo largo de mi carrera.

Gracias a la Universidad Pedagógica Nacional por permitirme ser hijo de la educación pública, llenarme de nuevos conocimientos y experiencias que recordaré con mucho esmero y formar lazos de amistad con nuevas personas que me acompañarán por el resto de mi vida.

Gracias a mi tutora, la profesora Silvia Rosy Gómez Daza por ser la persona que orientó mi visión, encaminó mis ideas y pensamientos y me ayudó para la conformación de mi trabajo de grado.

Gracias a Linda Gómez Arias por ayudarme en la obtención del material vegetal que posibilitó la configuración de este trabajo.

Gracias a mi mamá Sabdy Viviana Sanabria Ochoa por apoyarme en mis estudios, ser mi motivación e inculcarme todos los valores que me conllevan a ser el hombre que soy.

Gracias a mi nona Edith Ochoa por ser una voz de aliento en mi proceso formativo y luchar hombro a hombro conmigo ante cualquier adversidad.

Gracias a mi compañero canino Onyx Alberto que fue mi apoyo emocional en uno de los procesos más importantes de mi vida.

Finalmente, gracias a Brayan Cortes, Johann Bohórquez, Michell Duarte, María Fernanda Ortiz, Valentina Rodríguez, Jesús González, Daniel Moreno, Daniela Robayo, Wendy Pérez y muchos más amigos y compañeros que conocí y forme un vínculo a lo largo de estos años, por darme consejo, vivir muchas experiencias y aventuras juntos, por ser parte de mi vida; tengo el honor de llamarlos mi segunda familia.

Tabla de Contenido

Introducción	
1. Planteamiento del Problema	1
2. Justificación	3
3. Objetivos	4
3.1 Objetivo General	4
3.2 Objetivos Específicos	4
4. Antecedentes	5
4.1 Cultivo in vitro del Arándano	5
4.2 Ilustración Científica	8
4.3 Manuel Educativo	10
5. Marco de Referencia	14
5.1 Cultivo de Arándano	14
5.1.1 Generalidades	14
5.1.2 Importancia Nutricional	15
5.2 Cultivo in vitro	16
5.3 Ilustración Científica	19
5.4 Material Educativo	20
6. Metodología	23
6.1 Paradigma y Enfoque investigativo	23
6.2 Contextualización de la Población	24
6.3 Diseño Metodológico	24
6.3.1 Fase de Contextualización	25
6.3.2 Fase de Experimentación	25
6.3.4 Fase de Diseño	26
7. Resultados y Análisis	27
7.1 Contextualización.....	27
7.1.1 Revisión Documental	27
7.1.2 Desafíos de la alfabetización científica	27
7.1.3 Perspectivas para la enseñanza	28
7.1.4 Prácticas y procedimientos de laboratorio	28
7.1.5 Ilustración.....	29
7.2 Fase Experimental.....	30
7.2.1 Material	30
7.2.2 Protocolos de Desinfección	31
7.2.3 Conformación del medio de cultivo	32
7.2.4 Práctica de Laboratorio	34
7.2.4.1 Proceso de Micropropagación.....	34
7.2.4.2 Embriogénesis.....	38

7.2.4.3 Organogénesis	40
7.3 Diseño Experimental	42
8. Conclusiones	47
9. Recomendaciones	48
10. Bibliografía	49
11. Anexos	50

Lista de Figuras

Figura 1. Racimo de Arándanos	14
Figura 2. Plántula de Arándano	14
Figura 3. Cultivo in vitro del Arándano	16
Figura 4. Mapa de factores biológicos, químicos y ambientales	17
Figura 5. Mapa de técnicas de micropropagación	18
Figura 6. Ilustración de la morfología del arándano	19
Figura 7. Ilustración de la hoja del arándano	20
Figura 8. Fases Metodológicas	24
Figura 9. Proceso de micropropagación	38
Figura 10. Introducción de semilla	39
Figura 11. Germinación de semilla en cultivo in vitro	40
Figura 12. Materiales de Desinfección	40
Figura 13. Tallos desinfectados e introducidos en medio de cultivo	41
Figura 14. Germinación de estructuras a partir de fragmentos de tallo	41
Figura 15. Generalidades del Arándano.....	42
Figura 16. Flor del Arándano	43
Figura 17. Requerimientos Edafoclimáticos del arándano	43
Figura 18. Organogénesis	44
Figura 19. Embriogénesis	44
Figura 20. Tabla de habilidades y destrezas	45
Figura 21. Glosario del material educativo	45

Lista de Tablas

Tabla 1. Taxonomía del Arándano	14
Tabla 2. Composición nutricional del arándano	16
Tabla 3. Tabla de habilidades y destrezas a desarrollar en la práctica de laboratorio	22
Tabla 4. Material vegetal seleccionado	31
Tabla 5. Protocolos de desinfección 1	31
Tabla 6. Protocolo de desinfección 2	32
Tabla 7. Conformación del medio de cultivo	33
Tabla 8. Compuestos para la preparación del medio de cultivo	33
Tabla 9. Proceso de seguimiento de material Micropreparado	34
Tabla 10. Factores contaminantes	39

Introducción

El presente trabajo tiene como objetivo implementar la ilustración como una estrategia divulgativa del proceso de crecimiento *in vitro* del arándano en pro de fortalecer la alfabetización científica a partir de una metodología experimental e investigativa, en donde se abordarán diversas temáticas con respecto al cultivo *in vitro* del arándano, su proceso de crecimiento y desarrollo, la ilustración científica, entre otras. De acuerdo con lo anterior, la biotecnología es definida de acuerdo con la National Science Foundation (NSF) (1984) como “la aplicación de principios científicos y herramientas para la manipulación de material biológico vivo para la producción de algún bien o servicio que satisfaga la necesidad humana” (pág. 5), junto a esto, la biotecnología ofrece una serie de técnicas que permiten la obtención de un resultado determinado a partir de un procedimiento. Una de esas técnicas es el cultivo *in vitro* la cual es definida como el crecimiento y desarrollo de células, tejidos, u organismos en un ambiente de condiciones controladas de laboratorio (Harrison, 1904). Así mismo, esta técnica es implementada en distintos campos o áreas del conocimiento, como lo pueden ser la biología, la agricultura, la química, la farmacología, la medicina, entre otras muchas (Thomson, 1998).

En ese sentido, el cultivo *in vitro* en plantas ha logrado ser una herramienta para la multiplicación de forma masiva de distintos tipos de plantas, en especial para aquellas que son de difícil propagación por otros medios. En el caso del arándano, el cultivo *in vitro* ha permitido la obtención de varios ejemplares relativamente en un corto período de tiempo a partir de diferentes tipos de material vegetal y los cuales están libres de patógenos (Kwak et, al. 2015). Ahora bien, el arándano de la especie *Vaccinium corymbosum* es considera una baya pequeña silvestres domesticada por el hombre y conocida de forma cosmopolita por su demanda global en cuanto a sus componentes que son beneficiosos para la salud humana (Zhu et al., 2017). Este fruto tiene altas concentraciones de antioxidantes, antocianinas, suplementos NT 020, vitaminas A, B y C, antiinflamatorios, antihemorrágicas, taninos, entre muchos más (Hassan et al., 2018), las cuales, de acuerdo con varios estudios, han permitido que el arándano se destaque como un posible tratamiento para enfermedades cardiovasculares, cerebrales, urinarias, oftalmológicas, etc., permitiendo el mejoramiento de la salud de las personas (Miller, 2013).

En un país como Colombia, el cultivo de arándano ha toma fuerza gracias a que las condiciones edafoclimáticas del país han sido favorables para cubrir la demanda a nivel nacional e internacional, permitiendo de ante mano que el sector científico y agrícola empleen diferentes estrategias (como el cultivo *in vitro*) para una mejora de las diferentes variedades (Retamales, 2012).

Por otro lado, desde un punto de vista biológico la implementación del cultivo *in vitro* para la propagación de material vegetal, como el arándano, ha permitido la comprensión del procedimiento que se lleva a cabo; sin embargo, cabe resaltar que

esta técnica es compleja y requiere de conocimientos previos para su implementación (Nieves, y Chávez, 2016). Es en ese momento en donde entra el papel que cumple la alfabetización científica, la cual según Miller (1983) es definida como “la capacidad de entender y utilizar conceptos científicos y procesos, y de tomar decisiones informadas basadas en el conocimiento científico” , añadiendo que esta debe ser abordada en cualquier contexto educativo permitiendo que el educando desarrolle o adquiera habilidades y conocimientos científicos y procedimentales que le favorezca el entendimiento de su mundo alrededor (UNESCO, 2019). Es por eso por lo que la ilustración científica se ha convertido en un medio importante para la comprensión de la alfabetización científica, ya que permite la representación gráfica de conceptos científicos complejos, al mismo tiempo que favorece la comprensión, desde un lenguaje no verbal, a través de la interpretación del objeto ilustrado, lo cual conlleva a la creación de experiencias interactivas y visualmente atractivas para el aprendizaje de la ciencia (McKelvey, 2017).

Con respecto a todo lo anteriormente mencionado, con el presente trabajo se diseña un manual ilustrativo como estrategia divulgativa del proceso de crecimiento in vitro del arándano en pro de fortalecer la alfabetización científica. En el manual se empleó un lenguaje sencillo al igual que diferentes dibujos que permitieran una mejor comprensión sobre generalidades, importancia, propiedades, características morfológicas, taxonomía, del arándano, simbiosis micorrízica, procesos de cultivo in vitro, habilidades y destrezas a desarrollar, glosario y anexos. Cabe aclarar que la población a la que va dirigido el manual son estudiantes de bachillerato, así como estudiantes universitarios o profesionales a fines a la biología que quieran aprender sobre generalidades de arándanos y el cultivo de tejidos in vitro de este frutal.

1. Planteamiento del Problema

El arándano es uno de los frutos que actualmente en Colombia es cultivado en determinadas zonas del país, gracias a que presenta cualidades nutricionales, como por ejemplo grandes cantidades de vitaminas B, C, minerales, flavonoides, taninos, antioxidantes, entre otros, por tanto es utilizado con fines medicinales, convirtiéndolo en un fruto con alto valor alimentario (Bustillo, 2018), que de acuerdo al Ministerio de Agricultura (MA), este fruto tiene un gran potencial de desarrollo en Colombia. Sin embargo, una de las dificultades más concurrentes sobre la siembra de esta fruta son las distintas enfermedades o plagas que se pueden presentar a lo largo de su crecimiento y desarrollo, lo cual conlleva a un retraso para la etapa de fructificación o la muerte del ejemplar. Es por ello por lo que actualmente sectores como el industrial y el agrícola han implementado estrategias y técnicas agroecológicas en las que se cuida el arándano, se previene la contaminación ambiental y se ayuda a controlar dichas enfermedades y plagas, siendo un 90% insectos pertenecientes al orden coleóptera. (Rivas, et al. 2019)

Una de las técnicas es el cultivo *in vitro* vegetal, en donde se permite multiplicar distintos tipos de plantas, como el arándano, en condiciones controladas de laboratorio lo cual conlleva a obtener ventajas en cuanto a la asepsia, eliminación de algunos patógenos, conservación de caracteres morfológicos y genéticos de la planta madre durante los diferentes estadios de crecimiento (Perea, 2009). No obstante, una de las desventajas implícita es su alto grado de tecnicidad, además de requerir saberes y conocimientos sobre biotecnología (Hobbelink, 1992). Junto con lo anterior, se logra evidenciar falencias en la educación por la falta de formación teórico-práctica en biotecnología, caso concreto cultivo de tejidos *in vitro*, en la educación básica y media limitando su aprendizaje (Roa y Valbuena, 2013). el maestro debe formarse para dar respuesta a la industria y a la educación que permite dar solución nuevamente a la industria agrícola Por lo anterior, los educadores o maestros en formación deben problematizar entorno a las estrategias que permitan diversificar la enseñanza de la ciencia (Caridad, 2017), entre las estrategias se encuentra el cultivo *in vitro*, ya que esta técnica no solo brinda la oportunidad de explorar conceptos fundamentales como la totipotencialidad, las hormonas, la morfología celular, entre otros, sino que también estimula el desarrollo de habilidades cognitivas, procedimentales y actitudinales cruciales para una formación integral de los estudiantes. Mediante esta metodología, los alumnos pueden experimentar de primera mano los procesos de crecimiento y diferenciación celular, comprendiendo la complejidad y la belleza de la vida en su nivel más básico. Además, el cultivo *in vitro* fomenta la curiosidad científica, la paciencia y la precisión en el manejo de técnicas de laboratorio, preparando a los estudiantes para futuros desafíos en el campo de la investigación biológica.

Añadiendo a lo anterior, para la organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI) “una de las metas de la educación es lograr la alfabetización científica, favoreciendo el desarrollo y consolidación de prácticas enfocadas a la tecnología, intervención ambiental, en pro de la educación de la reducción de la brecha entre la cultura humanística y la cultura científico-tecnológica” (OEI, 2017, sp); sin embargo la educación científica se ve obstaculizada por la falta de información verídica y experimental pero al mismo tiempo por el desinterés y la formación de estigmas por parte del alumnado entre algunas causas.

En este orden de ideas, surge la pregunta sobre qué estrategia o estrategias permitirían divulgar esos conocimientos, posibilitando al individuo comprender el mundo que lo rodea, al igual que brindar habilidades cognitivas y herramientas para afrontar el mundo laboral y personal alcanzando una educación de acuerdo con los propósitos de la OEI y el Ministerio de Educación en los estándares básicos de aprendizaje (MEN, 2004). Ahora bien, la biotecnología no está prevista formalmente en estos estándares y competencias, si no que, por el contrario, todo aquel conocimiento relacionado con ella es visto de forma transversal en diferentes ciencias (física, química, matemáticas, biología, etc.), gracias a que varias temáticas son abordadas de forma implícita por tanto sería una alternativa.

Por otro lado, la ilustración científica, fomenta la creatividad y la adquisición de nuevos conocimientos a partir de un lenguaje no verbal, entendido desde la interpretación, el cual permite promover y fortalecer las habilidades científicas gracias a funciones cognitivas y motivacionales presentes en los individuos (Kant, 2009). Junto a esto, la ilustración científica, o en general la imagen, presenta la capacidad de ofrecer una idea global del proceso que describe, mientras que la lectura presenta una forma lineal conllevando una reconstrucción mental de la información para poder obtener una visión general del mismo (Kant, 2009). Sin embargo, todas estas ventajas dadas por ilustración científica no siempre son aprovechadas para la alfabetización científica caso particular la divulgación de cultivo de tejidos vegetales.

Teniendo en cuenta todo lo planteado anteriormente, en el presente trabajo investigativo se plantea la siguiente pregunta problema:

¿Cómo a través de la ilustración científica se puede contribuir a la divulgación del conocimiento científico del proceso de crecimiento in vitro del arándano?

2. Justificación

El presente trabajo de grado tiene como objetivo principal la implementación de la ilustración científica como una estrategia para contribuir a la construcción del conocimiento científico en Colombia, a partir del proceso de crecimiento y desarrollo del arándano en cultivo *in vitro*. Con ello se busca destacar la importancia que ofrece la biotecnología en el país, así como hacer mucho más accesible y comprensible el conocimiento tácito.

En ese orden de ideas, hace menos de un siglo en Colombia el arándano ha presentado un proceso de domesticación por parte del hombre, el cual lo ha introducido en su sector agrícola gracias a la demanda global que presenta este fruto gracias a sus propiedades nutricionales que benefician y mejoran la salud humana (Bustillo, 2018). Cabe destacar que actualmente por medio del cultivo *in vitro* se ha logrado ser vanguardistas en una producción masiva dado a que este ejemplar vegetal es delicado con respecto a patógenos o cambios climáticos. (Meurant, 2012). Ahora bien, en la actualidad por medio de la implementación de la técnica de cultivo *in vitro*, la cual consiste en la introducción de material vegetal a un medio de cultivo específico (Castillo, 2004), se ha podido mejorar, conservar y reproducir distintos tipos de ejemplares vegetales en condiciones óptimas de laboratorio; si embargo, una de las problemáticas existente con respecto a la implementación de esta técnica es la tecnicidad gracias a que requiere conocimientos previos que personas que estudian áreas a fines, como la biología, la química, la agricultura, etc. (Dodds, Roberts, 1995).

Junto a esto, es fundamental destacar la figura del maestro vanguardista, quien domina su disciplina y se encarga de divulgar el conocimiento a través de metodologías activas y herramientas que permiten a los estudiantes comprender el mundo desde diversos lenguajes (MEN, 2004). Una de esas formas de lenguaje es la ilustración, la cual se compone a partir de un dialecto no hablado y es comprendido por medio de la interpretación, brindando la oportunidad de analizar y comprender el significado y propósito de la información, enriqueciendo la adquisición de nuevos saberes y conocimientos (Miyoga, 2017). Es por eso que este trabajo se enfoca en la conformación de un manual ilustrativo que permita a estudiantes de colegio, universitarios o profesionales con estudios o conocimientos a fines a la biología, realizar prácticas de laboratorio en las que por medio de la praxis se va formando tanto en un lenguaje científico como desarrollar habilidades y destrezas. (Luzardo y Arteaga, 2012). Junto a esto, el trabajo aporta desde la praxis para la construcción de nuevo conocimiento a partir de procedimientos de laboratorio, al igual que, este tipo de trabajo contribuye a fortalecer procesos de aprendizaje y de nuevos conocimientos al incentivar el desarrollo proyectos en la línea de investigación biodiversidad, biotecnología y conservación.

3. Objetivos

3.1 Objetivo general:

Implementar la ilustración como estrategia divulgativa del proceso de crecimiento in vitro del arándano en pro de fortalecer la alfabetización científica.

3.2 Objetivos específicos:

3.2.1 Estandarizar el proceso de cultivo tejido in vitro del arándano a través de pruebas en el laboratorio.

3.2.2 Identificar los elementos conceptuales y metodológicos para la construcción del manual ilustrativo.

3.2.3 Elaborar el manual ilustrativo para divulgar el proceso in vitro del arándano.

4. Antecedentes

Los antecedentes presentados en esta sección del trabajo son el producto de una recopilación de investigaciones que son configuradas en tesis, artículos, trabajos de grado, investigaciones, entre otras a nivel internacional, nacional y local sobre los ejes estructurantes, los cuales son: el cultivo in vitro de arándano, la ilustración científica y manual educativo

4.1 Cultivo in vitro de arándano

Lerma, et al (2019) presentan su trabajo titulado “Propagación in vitro de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) a partir de yemas axilares” planteando como objetivo la propagación de yemas axilares bajo el efecto de la zeatina e implementando como metodología la experimentación del material vegetal, usando diferentes concentraciones de hormonas para la obtención de desarrollo radicular. Dentro de los resultados mostrando por los autores se menciona que los cultivos sufren un alto riesgo de contaminación por bacterias y principalmente micro hongos, sin embargo menciona que los protocolos de desinfección que contenían una concentración de hipoclorito del 2% al 3% con alcohol al 70%, posibilitaba que el porcentaje de contaminación no aumentara del 20 %, dando mejores resultados en el crecimiento in vitro, por otra parte se menciona como el uso de regulador de crecimiento en este caso Zeatina estimula el crecimiento del arándano, el porcentaje de Zeatina que dio mayor porcentaje de altura de arándanos fue de 2mg/L, dando una altura de brotes de 35,18cm. Por lo anterior los autores concluyen que el uso de zeatina es importante en el proceso de multiplicación in vitro de plantas de arándano, ya que permite un crecimiento mayor de los brotes, sin embargo, se destaca que el costo de esta hormona pueda afectar a el uso masico de este para el crecimiento.

Bonilla y Abdelnour, (2017), presentan un protocolo titulado “Protocolo de micropropagación de arándano nativo de Costa Rica (*Vaccinium consanguineum*)”, este tuvo como objetivo establecer un protocolo de multiplicación y enraizamiento de brotes, con el fin de permitir una producción masiva y disponer de materia de siembra para promover el cultivo e incentivar la diversificación de la actividad agrícola. La metodología implementada por las autoras se basa en la experimentación y establecimiento de diferentes partes y segmentos de una planta madre (semillas y segmentos) del arándano, para posteriormente realizar un proceso de desinfección e introducción en el medio de cultivo WPM. Los autores mencionan como resultados como es el crecimiento del material elite en cultivo in vitro, en el caso de las semillas es el material que mayor tiempo toma para crecer en cultivos in vitro, sin embargo, la recolectas de brotes del invernadero presentan un crecimiento más rápido. En ambos casos se utiliza regulador de crecimiento AG3 que mejoró la germinación in vitro del arándano. De igual forma se menciona acerca de la contaminación por medio de hongos y bacteria en los cultivos in vitro, mencionan la importancia del proceso de desinfección sea estandarizado para un óptimo resultado de crecimiento del tejido vegetal en cultivo in vitro. Es por lo

anterior que las conclusiones que son presentadas por medio de la conclusión se abordan alrededor del proceso de enraizamiento, en donde se caracterizó por ser lento, pero con buenos resultados en el caso de los segmentos nodales; por otro lado, la propagación realizada por semillas es poco recomendada gracias a que puede presentar un periodo de germinación más longevo y errático.

Gómez y Esquivel, (2013) en su artículo titulado “Establecimiento in vitro de arándanos (*Vaccinium corymbosum* L)”, tuvo como objetivo contribuir a la divulgación sobre el cultivo in vitro del arándano. La metodología implementada se basa en la experimentación y alteración de variables (reguladores y/o hormonas de crecimiento), así mismo en la prueba de diferentes métodos de desinfección del material elite. Teniendo en cuenta los diversos métodos de desinfección que se realizaron hubo como resultados que las estacas maduras e inmaduras al ser introducida en cultivo in vitro presentan una alta contaminación causada por hongos, aunque en los procesos de desinfección se utilizara hipoclorito, alcohol etc. En relación con los resultados obtenidos por los reguladores de crecimiento se destacan dos de ellos, el primero CPPU que aumenta el número de brotes, y de segundo tratamiento 2ip aumenta la longitud de brotes y aumento en la germinación de las hojas del brote. Por lo anterior en las conclusiones, se divulga las condiciones óptimas para la micropropagación de este cultivo (hormonas, medios de cultivo, procesos de desinfección y estado de madurez del material vegetal) destacando aquellos que obtiene una mayor elongación de las estacas y la aparición de brotes múltiples.

Tecanhuey (2012), presenta un material divulgativo titulado “Cultivo in vitro del arándano variedad Biloxi (*Vaccinium corymbosum* L.) Establecimiento aséptico, balance de fitohormonas y nitrógenos” teniendo como objetivo establecer las condiciones aptas para la proliferación del arándano. Junto a esto, la metodología implementada consta de tres procedimientos experimentales los cuales permiten realizar un proceso de desinfección, evidenciar la respuesta de los diferentes explantes (tallos y yemas) ante los fitorreguladores y la temperatura, y finalmente, tener en cuenta la relación nitrógeno-amonio. En los resultados, los autores identificaron los tres tipos de hongos que están presentes en la planta de arándano los cuales son *Alternaria* sp., *Pestalotiopsis* sp., *Epicoccum* sp. y que, están relacionados con la contaminación del medio de cultivo donde se dará el crecimiento del arándano. El trabajo concluye presentando dos reactivos, los cuales son ciprodinil y fludioxinil, estos son usados en condiciones in vitro con 1 mg/L que inhiben el crecimiento fúngico en el medio de cultivo, permitiendo proseguir con el crecimiento del del tejido vegetal. Y estableciendo las condiciones de asepsia en el cultivo de arándanos de variedad Biloxi. Por otro parte el autor concluye que el peso del callo y el área de callo friable es mayor al utilizar cito cinina que en comparación a la hormona 2 IP.

Rache y Pacheco (2010), presentan un trabajo titulado “Propagación in vitro de plantas adultas de *Vaccinium meridionale* (ericaceae)”, en donde exponen como objetivo el desarrollo de un procedimiento de micropropagación de plantas adultas de *V. meridionale* utilizando como explantes primarios ápices caulinares. Por con

siguiente, su metodología es experimental en el que se aborda un proceso de asepsia con reactivos de tipo jabón, alcohol y agua destilada estéril con la finalidad de desinfectar el material vegetal. Así mismo dentro de la metodología de trabajo está el desarrollar cuatro tipos de medio de cultivos. Como resultados los autores destacan que los medios con MS/3 y de AIA presentaban capacidad de desarrollar yemas axilares, en comparación a los medios WPM y AND, estos dos por el contrario presentaron un 70% de explantes viables. Por otra parte, los resultados obtenidos en el proceso de desinfección destacan el hecho de tener un invernadero controlado por medio de una solución de Benlate y Antracol, los cuales sirvieron para eliminar la mayoría de los hongos superficiales. El trabajo concluye resaltando la importancia de realizar un proceso de desinfección adecuado con el material vegetal, dado que el material vegetal al no ser desinfectado apropiadamente puede conllevar a la contaminación del medio de cultivo y una pudrición de este. Así mismo, implemento tres tipos de medio de cultivo (sólido, líquido y de fase doble) para evidenciar en cual se presenta el crecimiento de tallos y sistema radicular, teniendo en cuenta que el material se coloca de forma horizontal para que las yemas tengan contacto directo con los macronutrientes, micronutrientes y la hormona.

Victoriano (2010), realiza un trabajo experimental e investigativo titulado “organogénesis in vitro de arándano *Vaccinium corymbosum L.*”, el cual tuvo como objetivo establecer un protocolo de propagación in vitro de arándano *V. corymbosum L.* variedad Biloxi. La metodología que lleva a cabo el autor se basa en la introducción de brotes axilares en medios de cultivo WPM los cuales fueron enriquecidos con diferentes macroelementos, microelementos, hormonas, y otros reactivos. También, se propone un proceso de desinfección del material vegetal a base de hipoclorito en diferentes concentraciones, al igual que se aborda la mejor posición de introducción del material vegetal. Teniendo en cuenta la metodología, los autores presentan como resultados el efecto que conlleva implementar diferentes hormonas en los medios, el cual puede verse reflejado en la generación de brotes, ya que esto varía la respuesta de crecimiento y desarrollo del explante finalmente, una de las conclusiones mencionadas en el trabajo es la respuesta positiva de los brotes en los medios de cultivo usados gracias a los diferentes factores como las concentraciones de reactivos, la posición de introducción del material, las fitohormonas, permitiendo la obtención de un procedimiento verídico y experimental para la multiplicación de esta ejemplar.

Aporte: Las investigaciones anteriores han realizado un papel fundamental al explorar una amplia gama de procedimientos experimentales relacionados con el uso del cultivo in vitro para la multiplicación de material vegetal, específicamente en el caso del arándano. Estos estudios han abordado la propagación de esta fruta mediante la utilización de segmentos nodales y cayos, lo cual ha demostrado ser una técnica prometedora. Además de los beneficios agrícolas que conlleva la multiplicación in vitro de arándanos, también se ha planteado una idea de masificación de este fruto como estrategia para impulsar aspectos económicos, medicinales y científicos. La reproducción in vitro ofrece la posibilidad de

experimentar con el material vegetal, lo que facilita la manipulación y modificación de reactivos para obtener resultados específicos. Esta capacidad de investigación y modificación controlada es particularmente valiosa en el ámbito científico, donde se pueden explorar nuevas variedades de arándanos con propiedades mejoradas o desarrollar técnicas de producción más eficientes.

Los antecedentes mencionados anteriormente no solo respaldan la importancia de la investigación actual, sino que también proporcionan una valiosa referencia para la parte experimental del estudio. Al identificar las variables utilizadas en los diferentes trabajos previos, se pueden obtener insights y lecciones aprendidas que pueden utilizarse en el presente trabajo investigativo. Esto contribuye a la rigurosidad y coherencia del estudio, permitiendo un enfoque más informado y detallado en el diseño experimental y en la interpretación de los resultados obtenidos.

4.2 La Ilustración Científica

Migoya (2017), En su ensayo titulado "ilustración científica botánica, su mirada y referencia actual" se propone como objetivo describir la ilustración científica como disciplina incipiente, con un enfoque en el área de la botánica, como metodología podría ser revisión documental para luego hacer un análisis de cómo se aborda esta disciplina. Así mismo se presenta como conclusiones que la botánica tiene mucha trayectoria la cual ha recorrido, y el camino que hace falta por recorrer en aspectos a la valoración e incorporación de la disciplina de la botánica, así mismo la autora deja abierto a nuevos aportes que contribuyan a la divulgación de estos temas relacionados con la botánica y la ilustración científica. Algunos de los resultados que menciona el autor es principalmente en como las generaciones actuales han logrado adaptar la ilustración para distintas áreas.

Guerrero (2017), presenta en su artículo titulado "La ilustración científica de insectos como estrategia pedagógica para la valoración y cuidado de la biodiversidad" cómo objetivo desarrollar una estrategia pedagógica para la valoración y cuidado de la biodiversidad, desde la ilustración científica de insectos, teniendo en cuenta conceptos tales como la taxonomía, morfo-fisiología, ecología, y ciclo de vida, para ello se utiliza como metodología la investigación- acción, llevando a cabo reuniones de profesores, trabajo de campo en la huerta, consultas teóricas, recolección e identificación de insectos, y aplicación de técnicas de ilustración. EL autor evidencia en los resultados que la técnica del puntillismo, en la ilustración científica de las partes sensoriales de los insectos permite a los estudiantes reconocer la morfología de estos organismos y como se relacionaban con sus procesos de alimentación, comunicación entre otros comportamientos, así mismos resalta la importancia de la práctica de laboratorio, donde los resultados se evidencia, que los estudiantes fortalecen capacidades de descripción, análisis deducción entre otras. Por lo anterior las conclusiones parciales menciona que la ilustración científica permite procesos metacognitivos en los estudiantes, ya que se materializan los

conocimientos obtenidos en las sesiones de clases teóricas y prácticas, así mismo propone pensarse en proyectos que restaure dinámicas nuevas en las instituciones a partir de nuevos ambientes escolares como las huertas escolares, el arte, etc. Finalmente concluye que los estudiantes comprenden procesos ecológicos y de morfo fisiología desde las actividades gráficas, como la ilustración científica.

Luna y Escobar (2014), titulan su trabajo "Ilustración científica en la expedición botánica del nuevo Reino de Granada" presentando como objetivo la identificación y descripción las prácticas y técnicas que usaron los artistas en la expedición botánica de Celestino Mutis para documentar los nuevos descubrimientos del reino de granada del siglo XVII. Por otro lado, la metodología realizada por los autores consta de una recopilación bibliográfica con respecto a las formas en como se pensaba la ilustración en ese tiempo; además de reconocer la diversidad de flora presente en el territorio de Nueva Granada y las técnicas artísticas que usaban aquellos pintores en esa época. Como resultado se evidencia que las ilustraciones no cuentan con bajo grado de simplicidad, por lo contrario, muestra que es hiperrealista, mostrando uso de señales multicromáticas, sin embargo, resaltan que la relación entre texto e imagen es poco evidente, dificultando asociar y aclarar la composición morfológica. Es así que los autores llegan a la conclusión de los aportes y contribuciones que tuvo la ilustración a la ciencia, principalmente en el campo de la botánica, y la implementación de técnicas a base de insumos propiamente de la naturaleza (pigmentos), que permitieron dejar un legado para la humanidad en donde se atribuye a la ilustración como un complemento teórico practico del conocimiento.

Cárdenas (2011), presenta su trabajo titulado "Ilustraciones de la naturaleza" en el que se infiere que tiene como objetivo dar continuidad a la investigación científica y botánica de Mutis enfocada a la realización de sus obras culturales, científicas y artísticas de especímenes de plantas, la cual se desarrolla bajo la metodología de la indagación de antecedentes relacionados con la ilustración botánica en América latina para posteriormente identificar aquellas técnicas implementadas en las obras y conformar este trabajo. El autor menciona como resultado aquel proceso que le permite realizar una ilustración al detalle del organismo que como el menciona "En la elaboración de mis ilustraciones sigo la tradición de la Expedición Botánica de Mutis" (P,28) donde se destaca la práctica de tomar de campo la muestra de un tallo del espécimen que contengan todas sus estructuras (flor, hojas y frutos) para realizar sus ilustraciones en laboratorio de manera detalla. Entre las conclusiones podemos encontrar el reconocimiento dado a la expedición botánica como uno de los momentos históricos trascendentales para la conformación de la historia de Colombia y en especial por el material ilustrativo creado durante dicha expedición y como las técnicas utilizadas en ese entonces sigue siendo un referente para llevar a cabo en la actualidad ilustración científica.

García, et al. (2007), presentan el artículo titulado "Las ilustraciones de los ciclos biogeoquímicos del carbono y nitrógeno en los textos de secundaria" donde el objetivo fue el estudio de las ilustraciones de los ciclos del carbono y del nitrógeno que existen en los textos de estudios de la educación secundaria, temáticas

elegidas debido a que se consideran de gran importancia por las implicaciones medioambientales. Para el desarrollo de la metodología, en el primer momento se realiza la examinación de 16 libros de educación secundaria, posteriormente se realiza una caracterización de las ilustraciones teniendo en cuenta la iconicidad, funcionalidad, etiquetas verbales y contenidos científicos, esto para hacer una relación entre la ilustración y el texto de los libros. El principal resultado que se evidencia en el artículo presentado es aquel que menciona como se puede discutir y analizar la importancia de mejorar las ilustraciones en los libros de ciencias que permita que la comprensión del tema sea aún más amplia y permite al lector tener una familiarización con las temáticas presentadas. Entre las conclusiones se menciona que las ilustraciones cumplen con una función de descripción aportando a la enseñanza de aquella temática desconocida, a partir de flujos de diagramas dónde tienen elementos ilustrativos que aportan a la comprensión del tema, sin embargo, comentan que un elemento a tener en cuenta es evitar los errores conceptuales que se pueden dar en el desarrollo descriptivo de la imagen.

Heller (2018), presenta su trabajo titulado “Anatomía de una ilustración científica” en donde su objetivo es narrar al lector cual es la estructura de una ilustración científica, al igual que describir cuales son las características que distinguen a una ilustración científica de otra. En el desarrollo metodológico, el autor desglosa cada una de las características, en donde incluye en la narrativa parte de la historia de la ilustración, las técnicas, discusiones de valor y su relevancia entre la comunidad científica y en la enseñanza de las ciencias. Como resultados ofrece una perspectiva crítica sobre como a través del tiempo se ha logrado intentar acomodar la ilustración a las necesidades del humano dado a que se entiende que esta nació con él. Entre las conclusiones, la que más resalta es la enseñanza de los caracteres con los que se puede identificar una ilustración científica y dependiendo del contexto en el que fue realizada, se puede encontrar o interpretar su significado.

Aporte: Los trabajos previamente brindaron una visión general de las numerosas ventajas asociadas a la ilustración científica. Una de las principales ventajas es su capacidad para presentar y comunicar conocimientos a través de un lenguaje no verbal. La ilustración científica permite transmitir información compleja de manera visual y comprensible, lo cual es especialmente útil en disciplinas donde la representación visual es crucial, como la biología, la anatomía o la botánica. Además, la ilustración científica tiene la capacidad de visualizar detalles que podrían pasarse por alto en una fotografía o descripción escrita. Los ilustradores científicos pueden enfocarse en resaltar características, estructuras específicas internas o procesos complejos, lo que facilita la comprensión y el análisis detallado. Es importante destacar que la ilustración científica abarca una amplia gama de técnicas y enfoques que el ilustrador puede elegir según la intencionalidad que desee darle a su creación. Estas técnicas pueden incluir desde dibujo a mano alzada, ilustración digital, técnicas mixtas, hasta la incorporación de elementos gráficos o diagramas explicativos. Cada técnica tiene sus propias fortalezas y permite al ilustrador adaptarse a diferentes propósitos y audiencias.

Por último, es relevante mencionar que la creación de ilustraciones científicas no se desprende de un contexto. Cada ilustración está influenciada por la interpretación y el conocimiento del ilustrador, así como por el contexto científico en el que se desarrolla. Las decisiones creativas, la selección de detalles y la forma en que se presenta la información están estrechamente ligadas a los objetivos de comunicación y al contexto científico en el que se utiliza la ilustración

4.3 Manual Educativo

De acuerdo con Loaiza y Oliveros (2021), presentan un trabajo titulado “Diseño de un material didáctico web para la enseñanza del cultivo de tejidos de orquídea que permita el desarrollo de habilidades científicas en los estudiantes de grado octavo y noveno”, en el que propone como objetivo principal crear una plataforma web que permita evidenciar la propagación de los tejidos de las orquídeas. Así mismo, en la metodología proponen como paradigma la hermenéutica interpretativa y como enfoque cualitativo para el desarrollo de su temática. En sus resultados se evidencia que la viabilidad y efectividad que logro tener el diseño de su página web y como conclusión principal, mencionan la oportunidad de el manejo de las TICS vistas como una forma para la enseñanza de la biología.

Para León (2021), en su investigación “Dossier de investigación sobre la prevención y detección de la radicalización violenta en España” tuvieron como objetivo el examinar factores que influyen en la radicalización violenta, mediante la realización de medidas de prevención, presentando como producto final un manual divulgativo. Para esto León utiliza una metodología mixta cuantitativa y cualitativa a partir de entrevistas semiestructuradas y cuestionarios donde se analizan indicadores de detección, factores de riesgo, necesidades, recursos para la prevención entre otros elementos, a partir de esta metodología se construye el manual divulgativo, llamado “Manual para la prevención y detección de la radicalización” Como resultados se evidencia que la construcción del manual a partir de los índices de prevención y detección es una herramienta que permite presentar la información de una manera adecuada y así mismo presenta un elemento interdisciplinar que permite tener un primer acercamiento a la problemática planteada, así mismo la autora menciona la importancia de ampliar esta investigación donde los indicadores se puedan construir desde diversas posiciones de los empleados en el área de educación y que este manual sea utilizado por diferentes áreas de profesión. En conclusión, se menciona la importancia de que aquella prevención de la radicalización se realice de manera multidisciplinar, donde se aborden factores de riesgos y los indicadores de detección, es por lo que en la elaboración del manual se destaca la intervención y participación de diversos sectores entre ellos los profesionales de primera línea, que cuentan con un papel fundamental para la prevención y detección temprana de la radicalización

Sánchez, et al. (2018) Presentan su investigación titulada "Manual de términos en investigación científica, tecnología y humanísticas" y plantearon como objetivos lograr que los profesores y los estudiantes reconozcan y comprendan la investigación científica, tecnológica y humanística, desde elementos conceptuales, contribuyendo así a la comunicación y difusión del vocabulario técnico y riguroso de una investigación. Para el cumplimiento de estos objetivos se lleva a cabo como metodología la revisión bibliográfica y página web que alimenten los conceptos que hacen parte de una investigación, asimismo dentro de la metodología se tiene en cuenta la experiencia de los autores en el campo investigativo que permite nutrir el manual. Los resultados que se pueden evidenciar en este trabajo son una intensiva recopilación bibliográfica documental que permitió la configuración del manual el cual abarca bastante terminología empleada en campos como la ciencia, la tecnología, humanístico, profesional, entre otras. Los autores por lo tanto concluyen que un manual tiene grandes beneficios para los lectores, ya que en este caso permite una comprensión conceptual y metodológica en el área de la investigación, fortaleciendo al léxico del investigador y a sus bases metodológicas.

Cifuentes y Quispe (2014), en su trabajo de pregrado "Manual de prácticas de microbiología del cepario del laboratorio de biotecnología de la Universidad Pedagógica Nacional" Presentaron como principal objetivo elaborar un manual de prácticas de microbiología del cepario del laboratorio de biotecnología de la UPN como un apoyo documental al trabajo con microorganismos, proponiendo establecer las prácticas comunes, describir los grupos de bacteria y microhongos y emplear protocolos de ya existente en la línea de investigación Biotecnología y Educación. Para esto desarrollan una metodología de tipo documental, desde un paradigma estructuralista, con enfoque cualitativo. Como resultado las autoras diseñan un manual con la información acerca de generalidades de bacterias y microhongos, normas de bioseguridad, protocolos de aislamientos, técnicas de desarrollo de prácticas de laboratorio. Como conclusión las autoras determinan que el manual es una herramienta útil que aporta al trabajo autónomo y práctico en procesos de laboratorio, aportando así mismo al desarrollo y "aprendizaje de habilidades científicas, sociales verbales y de procedimientos" (p 65) así mismo permite aportar a elementos conceptuales alrededor de las generalidades de las bacterias y microhongos, y prácticas de laboratorio desde las normas de bioseguridad hasta el uso y técnicas básicas de laboratorio.

Colcha (2013), en su tesis "Manual práctico de reproducción masiva de *Amblyseius californicus* usado en el control biológico de *Tetranychus urticae*" tiene como objetivo brindar una herramienta y una alternativa de control biológico a partir del desarrollo del manual que avale la efectividad del control biológico, para esto se realiza una revisión bibliográfica alrededor de las prácticas de cultivos y las problemáticas alrededor de las plagas y controles biológicos, así mismo se proponen métodos de reproducción y de crías de ácaros depredadores en

laboratorios para su control y manejo. Se muestra en los resultados como con el desarrollo del sistema de control biológico pueden las industrias agrícolas ahorrar pérdidas de 4500 dólares alrededor, por hectáreas al año, así mismo menciona como estos elementos de control biológico brindan mayor seguridad a los trabajadores de la zona, ya que baja la contaminación del aire, suelo y agua que provocan los pesticidas químicos. El autor concluye que a partir de la elaboración de este manual es posible el desarrollo de nuevas investigaciones donde se adapte la información de este manual para otros tipos de cultivos, así mismo permite mejorar aspectos agronómicos del cultivo desde métodos de control biológico, posibilitando mejores condiciones de trabajo al personal que labora dentro de la producción agrícola como a los habitantes de la zona.

Chataing y Nieves, (2011) presentan un manual titulado "Manual de laboratorio de biología" El cual tiene como objetivos introducir al estudiantes universitario a las prácticas de laboratorio desde la observación directas de fenómenos biológicos, para esto el manual que presentan tiene dos momentos metodológicos, el primero es el acercamiento teórico que se realiza en cada tema, y el segundo el aspecto práctico donde relacionarán lo teórico revisado anteriormente, para esto cada tema que se trabaja en manual presenta una estructura la cual es: introducción, práctica de laboratorio, autoevaluación y un glosario, cada uno de estos momentos permitirán al estudiantes a desarrollar habilidades críticas, y de resolución de problemas. Este manual permite según los resultados presentados por los autores que los estudiantes fortalezcan temas vistos durante su formación universitaria y así mismo que los introduzca a diversos temas biológicos que hacen parte de su formación profesional, de tal manera que la formación sea permanente donde el conocimiento sea integral. Así mismo mencionan que permite que los estudiantes sean capaz de ampliar conceptos y relacionarlos. Concluyen cómo la elaboración de este manual permite a los estudiantes realizar prácticas de laboratorio de manera contextualizada, donde tengan previos conceptos teóricos que se vayan a abordar en los laboratorios, y posterior a la misma.

De acuerdo con los antecedentes presentados anteriormente, se puede inferir que la creación e implementación de manuales en el contexto educativo ha permitido un acercamiento al conocimiento científico, al igual que ser una guía clara y sistemática de diferentes temáticas que son abordadas en las aulas de clase. Así mismo, los manuales educativos permiten establecer objetos de aprendizaje, estrategias pedagógicas y metodologías de evaluación.

Como se reveló previamente, la recopilación de diversos antecedentes a nivel local, nacional e internacional ha sido fundamental para la construcción de los distintos apartados de este trabajo. La revisión exhaustiva de artículos científicos, trabajos de pregrado, páginas web y documentos publicados por el Ministerio de Educación Nacional ha proporcionado elementos clave relacionados con tres áreas temáticas principales: el cultivo in vitro del arándano, la ilustración y el material educativo. En primer lugar, los antecedentes relacionados con el cultivo in vitro del arándano han

proporcionado una base sólida de conocimiento sobre las técnicas, protocolos y resultados obtenidos en estudios previos. Estas investigaciones han abordado aspectos como la multiplicación de material vegetal a través de segmentos nodales y cayos, así como los beneficios económicos, medicinales y científicos asociados a la reproducción in vitro de esta fruta. Además, se han identificado variables y lecciones aprendidas de investigaciones anteriores que se han tenido en cuenta en el presente trabajo.

En segundo lugar, la revisión de los antecedentes relacionados con la ilustración ha permitido comprender las ventajas y características de esta forma de expresión visual en el ámbito científico. Se ha destacado su capacidad para presentar y comunicar conocimientos de manera no verbal, así como la posibilidad de transmitir información compleja y detallada. Además, se ha explorado la variedad de técnicas y estilos que los ilustradores pueden utilizar para lograr diferentes intenciones comunicativas y se ha resaltado la importancia de la contextualización de la ilustración científica. Por último, la revisión de antecedentes relacionados con el material educativo ha proporcionado información valiosa para la elaboración del manual ilustrado sobre el cultivo de arándanos. Los documentos consultados, incluidos los publicados por el Ministerio de Educación Nacional, han brindado orientación sobre los principios pedagógicos, el diseño instructivo y los enfoques didácticos para la creación de materiales educativos efectivos. Estos antecedentes han permitido fundamentar la importancia de la ilustración como herramienta didáctica y han proporcionado directrices para el desarrollo de un manual que cumpla con los estándares educativos requeridos.

5. Marco de Referencia

En este apartado se presentan las temáticas o ejes que sustentan la presente investigación, los cuales fueron seleccionados por el autor del documento y que a partir de estos se pretende formar un trabajo investigativo, experimental y divulgativo. Los ejes temáticos son el cultivo de arándano, cultivo in vitro, la ilustración científica, el material educativo y la alfabetización científica.

5.1 Cultivo de Arándano

5.1.1 Generalidades

El arándano es una baya comestible de color azul-morado o negro, como producto directo de un arbusto silvestre, su tamaño oscila entre 0.7 y 1.2 cm y que ha sido reconocido gracias a sus diferentes propiedades nutricionales, organolépticas y antioxidantes requeridos para el área de la salud. Así mismo, es una planta leñosa, con una altura promedio de metro y medio, con una asociación micorrízica entre la planta y un hongo específico (*Micorrizas Ericoides*), una distribución homogénea de yemas vegetativas a lo largo de todas las ramas y con la particularidad de ser una planta monoica, lo cual hace referencia a la presencia de ambos sexos en la misma planta y, por ende, puede conllevar a una autofecundación para la aparición de fruto. (Undurraga, Vargas, 2013)



Figura 1. Racimo de Arándanos
Tomada: Undurraga, 2013

Tabla 1. Taxonomía del Arándano
Autor: Clasificación taxonómica de Linneo

Taxonomía	
Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Subclase	<i>Magnolidae</i>
Orden	<i>Ericales</i>
Familia	<i>Ericaceae</i>
Género	<i>Vaccinium</i>
Especie	<i>Vaccinium corymbosum</i> L.

De acuerdo con la taxonomía propuesta por Linneo (Tabla 1), los arándanos se clasifican dentro de la familia de las *Ericáceae*, lo cual hace referencia a un grupo de plantas leñosas que son cosmopolitan y abundantes de zonas frías y templadas. Así mismo, esta pertenece al género *Vaccinium*, en donde se incluye todas las especies de arándanos, principalmente el arándano azul y el rojo. (Meléndez, et al. 2021)

Por otro lado, en su descripción morfológica, las raíces del arándano presentan un aspecto fibroso, lo cual hace que requiera una gran cantidad de humedad y un suelo bien aireado. El tallo puede presentar una coloración marrón anaranjado, además de tener yemas vegetativas y florares, buena distribución de las ramificaciones y poseer un grosor de acuerdo con su tiempo de vida. Las hojas son de color

verde claro y se oscurecen a medida de su crecimiento vegetativo, el peciolo es corto, poseen varias nervaduras conectadas a una central y se distribuyen a lo largo de las ramificaciones. Junto a esto, las flores nacen a partir de las yemas florales, en donde se desarrollan una o varias inflorescencias para posteriormente darse la aparición de la flor, la cual posee forma de globo, es de color blanca o rosada, posee 5 pétalos fusionados, y varios estambres (Crespo, 2022).



Figura 2. Plántula de Arándano.
Tomado: Autoría Propia

El sustrato que es usado para la siembra del arándano se conforma a partir de turba, la cual le concede al suelo una gran capacidad para la retención de la humedad, al igual que también se requiere gran cantidad de perlita, humus, tierra negra, materia orgánica, entre otros (Lozada y Aracelly, 2022).

Por otro lado, cabe resaltar que se considera que este tipo de fruto es de domesticación reciente y que con el paso de los años ha aumentado su producción a nivel global, siendo Chile el país con mayor producción de arándanos. Así mismo, en Colombia se ha procedido a la conformación de varios terrenos para el aumento de la producción de esta planta; al igual que se han requerido diferentes técnicas para su masificación. Actualmente, son más de 70 hectáreas del país en las que se cultiva el arándano para el proceso de exportación e importación (Afanador, 2020) entre los cuales se encuentran los departamentos de Cundinamarca, Boyacá y Antioquia.

Finalmente, el cultivo de cualquier especie de arándano como Duke, Bluecrop, Toro, Aurora, Elliot, Ozakarblue, y la especie a trabajar *Corymbosum*, requiere varios cuidados gracias a que es muy susceptible a distintas enfermedades que se presentan durante su desarrollo, acorta su vida de productividad, al igual que la cantidad y calidad de su fruto. Algunas de las enfermedades que puede llegar a presentar esta planta son la pudrición de la raíz causada por *Phytophthora cinnamomi*, clorosis del follaje causada por el hongo *Armarilla mellea*, plateado causado por el hongo *Chondrostereum purpureum*, entre otras. (Ortiz, 2020)

5.1.2. Importancia Nutricional

El arándano es uno de los frutos que contiene gran cantidad de antioxidantes, de fibra, minerales, altas concentraciones de vitaminas C, pero al mismo tiempo este fruto contiene bajo contenido calórico y es pobre en grasas, sodio, colesterol (Ver tabla 2). Así mismo, se resalta que es uno de los frutos más usados en el área médica dado a que sus propiedades y componentes permiten la reducción a padecimiento de varias enfermedades, entre ellas el cáncer, la diabetes, la anemia, problemas oculares, enfermedades degenerativas, entre otras (Martin, 2018). Adicionalmente, el arándano azul posee componentes, como por ejemplo la antocianina, que es usado para el tratamiento de infecciones urinarias y respiratorias, del mismo modo ayuda al sistema inmune fortaleciendo la producción de células B y T. (Zapata, et al., 2014).

Tabla 2. Composición nutricional del arándano cada 100 gramos de producto comestible
 Autor: Gordón, (2008)

Agua		87,4	Ac. Nicotínico		0.2
Proteínas	(gr)	0,3	Ac. Patatónico		12
Fibras		1,7	Sodio		2
Calorias	(Kcal)	42	Potasio		72
Vit A	(UI)	30	Calcio	(mg)	14
Vit B1		0,014	Magnesio		6
Vit B2		0,0024	Manganeso		0,5
Vit B6	(mg)	0,012	Hierro		0,5
Vit C		12	Cobre		0.26
Cloro		4	Fósforo		10

5.2. Cultivo In vitro

La importancia que presenta el cultivo in vitro es permitir la propagación y conservación de material vegetal para su estudio. Así mismo, permite la masificación y obtención de ejemplares vegetales a gran escala, la eliminación y erradicación de patógenos dado a que el crecimiento vegetal se da en condiciones óptimas de laboratorio, evita la pérdida genética, entre otros (García y Acosta, 2007)

El cultivo in vitro (ver figura 3) es una de las técnicas biotecnológicas más usadas en la actualidad gracias a que permite realizar el cultivo de algún ejemplar vegetal, a partir de un fragmento específico (colocar los tipos de fragmento y ver imagen



Figura 3: Cultivo in vitro de arándano
 Autor: Autoría Propia

mapa) de la planta original (planta madre). Así mismo, esta técnica cuenta con dos características esenciales; la primera de ella es la asepsia (ausencia de gérmenes, etc.) y la segunda es el control de factores de crecimiento (Castillo, 2004). Junto a esto, la conformación del medio de cultivo se basa en la dilución de compuestos y reactivos (macronutrientes y micronutrientes), en un agente gelificante que además contiene una hormona que precisamente va a propiciar un medio de cultivo apto para que se dé la aparición, crecimiento y desarrollo de los sistemas de la planta, en pro de la formación de un nuevo individuo (Bisang, et al. 2009). Además, cabe resaltar que la implementación de estos nutrientes puede variar de acuerdo con el material vegetal que se desea introducir; en el caso del arándano se requiere una determinada concentración de sales y ácidos, al igual que varios macroelementos, que permitan un apto crecimiento y estimulación de los segmentos o material vegetal (ver figura 4).

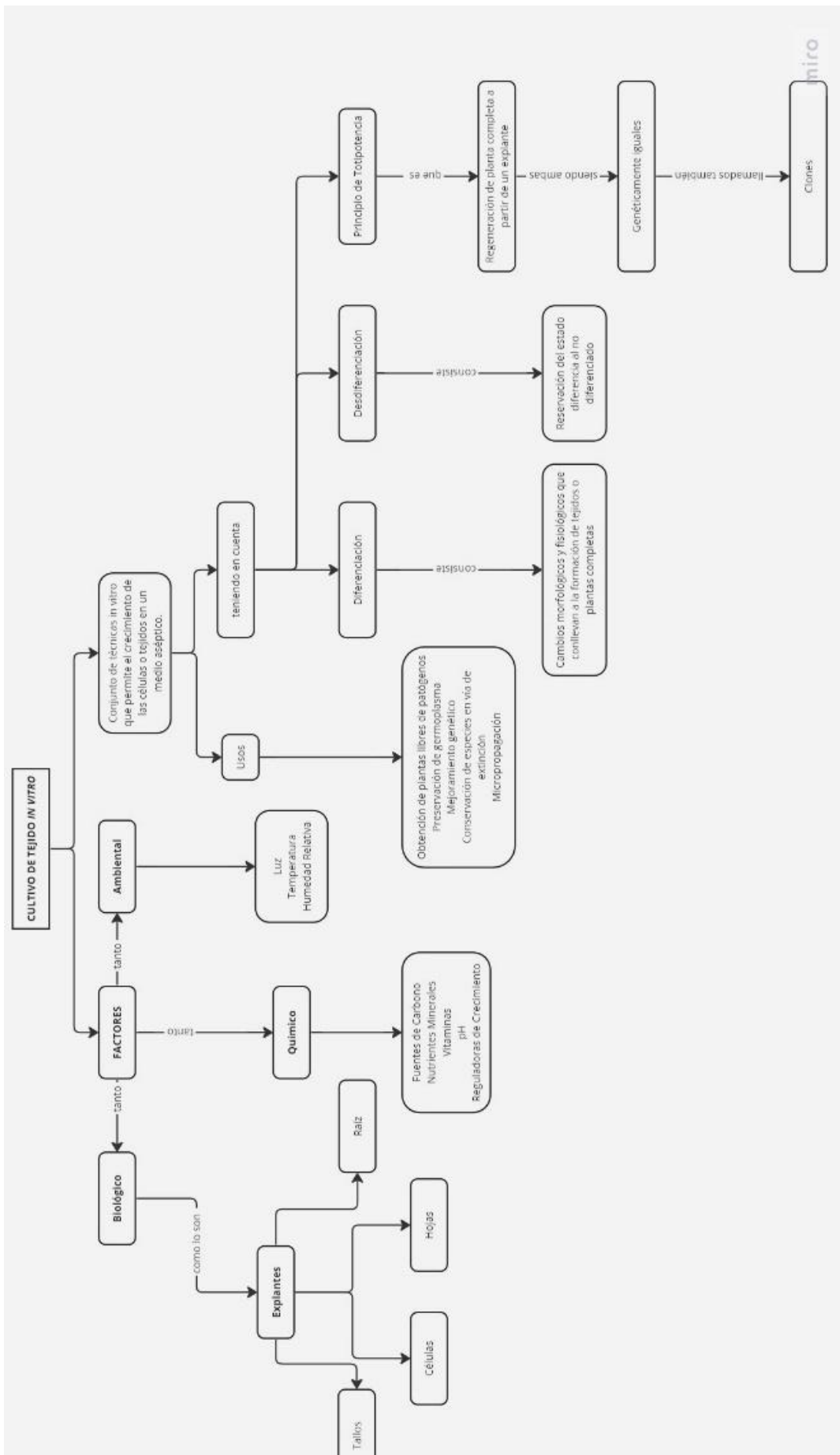


Figura 4. Mapa de Factores biológicos, químicos y ambientales
 Autor: Autoría Propia

Para la implementación del cultivo in vitro, existen diferentes técnicas que pueden ser implementadas de acuerdo con lo que se quiere conseguir, teniendo en cuenta la procedencia del tipo de material vegetal (ver figura 5) (Florián, 2019).

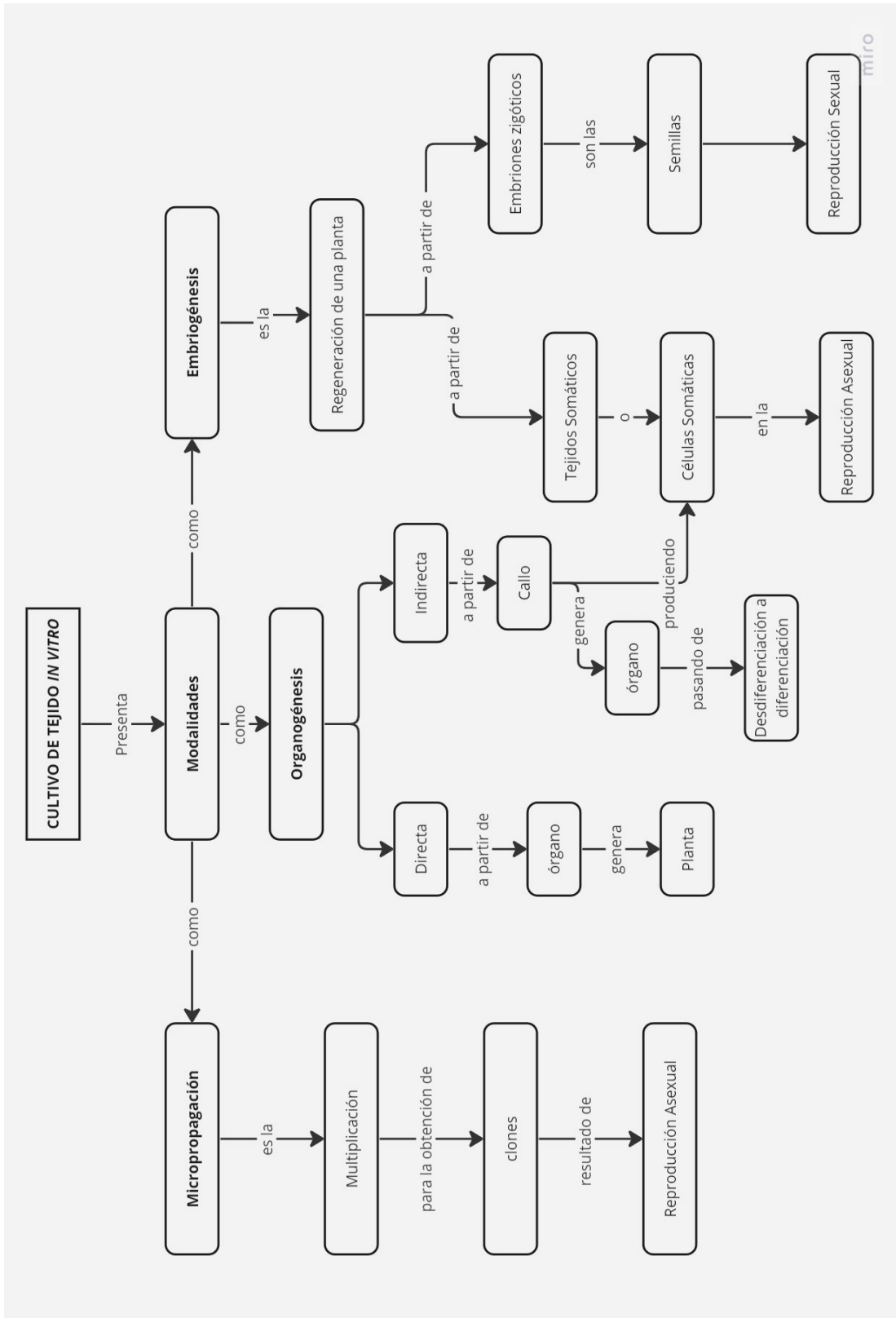


Figura 5. Mapa de técnicas de propagación
Autor: Autoría Propia

5.3. Ilustración Científica

La ilustración científica puede ser definida como un arte al servicio de la ciencia, siendo uno de los muchos modos de publicar saber científico, la cual se conforma de distintas técnicas de observación, dibujo y pintura que se combinan junto con la curiosidad por la naturaleza (Miyoga, 2017). Además, a lo largo de la historia se ha recurrido a la ilustración como una fuente de saber y conocimiento, un ejemplo de ello son las pinturas rupestres o las ilustraciones realizadas por naturalistas en sus viajes, y ha permitido que la humanidad exprese el conocimiento de una forma no verbal gracias a que esta no cuenta con una esquematización y/o jerarquización, sino que simplemente está abierta a la interpretación (Palacios y Jiménez, 2002). Junto a lo anterior, la ilustración científica ha sido una herramienta valiosa para la comunicación visual de los avances científicos, permitiendo la representación precisa y detallada de estructuras y procesos biológicos. Según Haeckel (2013), la ilustración científica es “la representación gráfica de objetos y procesos, que tiene como finalidad comunicar información científica” (pág. 28).

Por otro lado, la ilustración científica es una herramienta visual muy importante en la comunicación de los avances científicos y tecnológicos. Existen varias técnicas y tipos de ilustraciones que se utilizan para representar la información de una manera clara y precisa. Una de las técnicas más comunes es la ilustración a lápiz, la cual es utilizada para dibujar detalles anatómicos y morfológicos de organismos vivos. Esta técnica es muy popular en la ilustración de anatomía y en la descripción de especies nuevas. Según Dalley (1992), “la técnica del lápiz es muy efectiva para crear ilustraciones detalladas y realistas de organismos, ya que permite la creación de sombras y texturas con gran precisión” (pág. 19). Otra técnica utilizada en la ilustración científica es la acuarela, que permite la creación de ilustraciones coloridas y detalladas de organismos y paisajes. Según Fernández (2017), “la acuarela es una técnica que permite la creación de ilustraciones muy detalladas y realistas, utilizando la transparencia de los pigmentos para crear efectos de luz y sombra” (pág. 5).

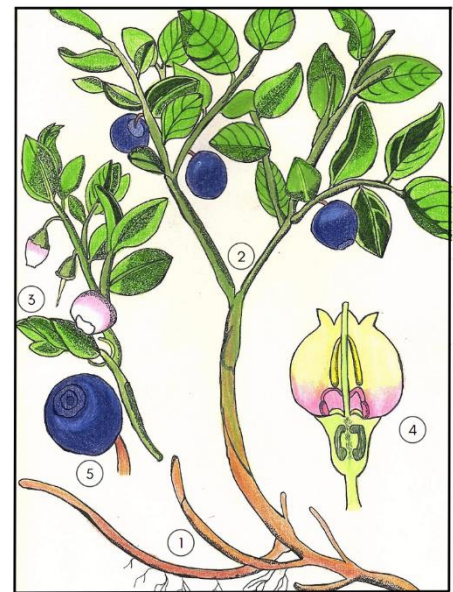


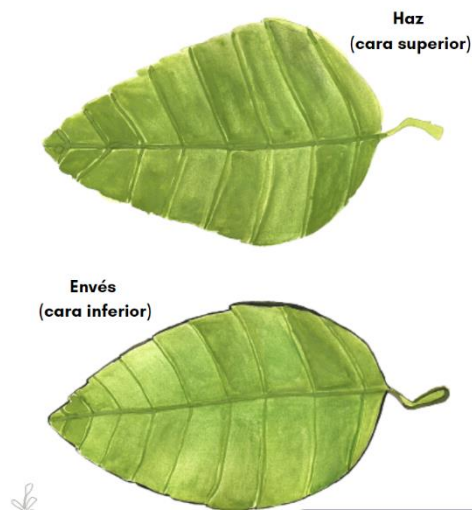
Figura 6. Ilustración de la morfología del arándano
Autor: Autoría Propia

La ilustración digital es otra técnica en constante crecimiento, que permite la creación de imágenes de alta calidad y resolución. Los programas de diseño gráfico como Adobe Illustrator y Adobe Photoshop son muy utilizados en la creación de ilustraciones digitales para publicaciones científicas y técnicas. Según Taiz y Zeiger (2007), “la ilustración digital ha revolucionado la forma en que se crean y presentan las imágenes científicas, permitiendo la creación de ilustraciones de alta calidad en un corto período de tiempo” (pág. 6). En cuanto a los tipos de ilustraciones, existen varias categorías que se utilizan según el objetivo de la ilustración. Por ejemplo, la ilustración de anatomía se utiliza para representar la estructura y función de los

órganos y sistemas corporales. La ilustración botánica, por su parte, se utiliza para describir la estructura y morfología de plantas y flores. Finalmente, la ilustración taxonómica se utiliza para describir y clasificar nuevas especies animales y vegetales (Salazar, 2017).

La importancia de la ilustración recae en los cambios y avances que permitió realizar en cuanto a la cuantificación de información, al igual que la gran influencia en aspectos científicos, económicos, políticos, y sociales, permitiendo la adquisición de

Figura 7. Ilustración de la hoja del arándano
Autor: Autoría Propia



conocimiento científico y empírico a partir de la expresión de las emociones entendidas a partir del lenguaje no verbal y entendidas desde un concepto mucho más racionalista y significativo para la concepción de opinión y pensamiento crítico (ver figura 7) (Velandia, 2018). También como señalan los autores Grilli, Laxague y Barboza en (2015), "las ilustraciones científicas son útiles para el estudio y la enseñanza de la biología, ya que pueden ayudar a los estudiantes a comprender conceptos abstractos ya identificar y comparar detalles importantes en diferentes estructuras" (pág. 2). De igual forma, la ilustración científica es esencial en la investigación científica, ya que permite comunicar hallazgos de manera más efectiva. Finalmente, se menciona que la ilustración hace referencia a

una estrategia de enseñanza y aprendizaje, dado que gracias a la implementación de ella en los contextos educativos, se ha permitido el abordaje de cualquier tipo de temáticas haciendo que la educación sea mucho más amena, plasmando así la información haciendo que esta sea analizada a través de la interpretación y permitiendo presentarla de una forma mucho más clara y concisa (Félix, 2017).

5.4. Material Educativo

Podemos empezar este apartado mencionado que de acuerdo con Kaplún (2003), el material educativo "El material educativo es todo aquel recurso o medio de enseñanza que contribuye a la consecución de los objetivos educativos. Se trata de un conjunto de instrumentos, tanto físicos como virtuales, diseñados específicamente para facilitar el proceso de aprendizaje, promover la adquisición de conocimientos y habilidades, así como estimular el desarrollo de competencias en los estudiantes" (46). Junto a esto, cabe resaltar que este tipo de recurso pueden ser físicos o digitales y su diseño debe ser adecuado para el público al que se dirige. Así mismo, en el contexto de la educación científica, el material educativo es especialmente importante debido a la necesidad de comprender y aplicar conceptos complejos. Los manuales educativos tienen una gran importancia en la educación,

ya que estos permiten la transmisión de conocimientos de manera efectiva y organizada (Conwey, 2006). Además, los manuales son herramientas que pueden ser utilizados por diferentes tipos de público, ya sean estudiantes, profesores o personas interesadas en el tema (Whitbread, 2009)

La organización del contenido es un factor clave en la elaboración de manuales, ya que permite al lector tener una visión general del tema y, a su vez, facilita la búsqueda de información específica. Por ejemplo, la inclusión de un glosario en el manual permite la definición de términos técnicos utilizados en el tema tratado (Undurraga y Vargas, 2013). Otro elemento importante en la elaboración de manuales es el uso de gráficos, imágenes y esquemas; estos elementos visuales facilitan la comprensión del contenido y su retención en la memoria del lector (Aguilar, 2004). Además, la inclusión de flujogramas y diagramas permite una visualización más clara y práctica de los procesos y procedimientos descritos en el manual. En cuanto a la estructura, es recomendable que los manuales tengan una introducción que describa el objetivo y alcance del material educativo. Asimismo, se sugiere que el cuerpo del manual sea dividido en capítulos que aborden cada uno de los temas de manera específica y ordenada (Angulo, et al. 2008)

Ahora bien, la creación de material educativo con enfoque científico es una tarea compleja que requiere de conocimientos especializados en la materia. De acuerdo con lo que menciona Treagust (2007) la alfabetización científica es clave en el proceso de formación de los estudiantes para que ellos puedan interpretar y evaluar la información que les proporciona el entorno en el que se encuentran. La creación de un material educativo enfocado a la enseñanza de la ciencia permite una mejor comprensión del mundo a través del entendimiento del material educativo.

Una de las herramientas para la construcción y consolidación de un material educativo puede ser la ilustración científica, gracias a que permite la representación gráfica de conceptos y procesos científicos complejos. La ilustración científica puede ser digital o tradicional y su uso en la educación científica ha sido reconocida como una herramienta útil para facilitar la comprensión de conceptos complejos (Barona, et al. 2003). Finalmente, un material educativo permite el desarrollo de habilidades y destrezas en un estudiante, haciendo que el individuo presente un desarrollo óptimo tanto físico como mental. Las habilidades pueden estar clasificadas de la siguiente forma (ver tabla 3)

Tabla 3. Habilidades y destrezas para desarrollar en la práctica de laboratorio.
Autor: Autoría Propia

Tabla de Habilidades y Destrezas a Desarrollar en la Práctica de Laboratorio			
Tipo de Habilidad	Objetivo	Característica Principal	Ejemplo
Habilidades Manuales	Desarrollo de habilidades motoras que permitan la manipulación de equipos e instrumental de forma segura y eficaz.	Familiarización de las diferentes perspectivas presentes en el contexto	Manejo de material de laboratorio
Observación y Registro de Datos	Aprender a observar fenómenos de estudio que permitan el registro de información y la veracidad y confiabilidad de los resultados obtenidos.	Formación del conocimiento tácito a partir de un proceso empírico.	Identificación de la presencia de algunos factores (crecimiento, contaminación, oxidación, entre otras)
Resolución de Problemas	Identificación y resolución de problemáticas que se pueden dar en su entorno	Resolución de problemáticas tanto practicas como teóricas	Comprensión de la relación entre las variables dependientes e independientes
Análisis e interpretación de datos	Adquisición de habilidades que permitan la interpretación de los resultados parfa llegar a una conclusión significativa	Adquisición de destrezas físicas y cognitivas	Interpretación de los resultados obtenidos en un experimento
Comunicación	Desarrollo de habilidades de comunicación efectiva, tanto oral como escrita, permitiendo que el individuo presente sus ideas de forma concisa y clara.	Abierta a la interpretación	Presentar los resultados de un experimento o investigación por medio de un informe de laboratorio.

6. Metodología

En el siguiente apartado se presenta los aspectos relacionados con la conformación de la ruta metodológica llevada a cabo en la presente investigación.

6.1 Paradigma y Enfoque Investigativo

Esta investigación se desarrolló bajo el paradigma hermenéutico interpretativo el cual consisten en el arte del análisis, interpretación, explicación y comprensión de hechos que tienen lugar en un contexto, en el que se da procesos de construcción de significados a partir de la experiencia, conocimientos previos y la comprensión (Arráez, et al., 2006). Junto a esto, con base a la revisión documental, la cual tenía como objetivo analizar y evaluar de forma crítica la información obtenida a partir de diversas fuentes (Fink, 2019), se logró obtener parámetros para la elaboración del material educativo y realizar el proceso en la fase experimental. También, cabe resaltar que el material educativo se abordó el lenguaje no verbal (la ilustración) que permite establecer relaciones entre el medio y la subjetividad, lo que conlleva a la deducción de saberes y conocimientos abordados desde la práctica y la investigación, presentando un grado de simbolismo que otorga ese significado a partir de la perspectiva del interprete, en donde la interpretación del sujeto posibilita la reconstrucción del aprendizaje (González, 2001).

Sumado a ello, el enfoque a utilizado fue mixto, el cual combina tanto elementos de la investigación cualitativa como cuantitativa para abordar una temática investigativa desde diferentes perspectivas (Ruedas, Ríos y Nieves, 2009). Es decir, que se trata del abordaje de un fenómeno en concreto a partir de un enfoque cualitativo y cuantitativo (Tashkkori y Teddlie, 2003). Una de las principales características del enfoque mixto es que permite una comprensión más completa y profunda del fenómeno estudiado al combinar diferentes tipos de datos, técnicas y métodos (Arenas, 2021). De esta manera, se pueden obtener resultados más precisos y válidos, al mismo tiempo que se puede abordar la complejidad del fenómeno estudiado desde diferentes perspectivas (Creswell, 2014). La recopilación de información a través del enfoque mixto se puede hacer tanto desde la forma cualitativa, la cual abarca entrevistas, grupos focales, observación, experimentación (praxis), etc., como cuantitativa, siendo estas encuestas, pruebas, etc.

De acuerdo con lo anterior, se presenta como eje principal del trabajo el poder contribuir a un proceso de alfabetización científica a partir de la creación de un material educativo ilustrado en el que se evidencie la aplicación del cultivo in vitro del arándano lo cual podría permitir la construcción de saberes y conocimientos gracias a realizar actividades prácticas.

6.2 Contextualización de la Población

Este proyecto va dirigido a estudiantes de bachillerato, así como estudiantes universitarios o profesionales a fines a la biología que quieran aprender sobre generalidades de arándanos y el cultivo de tejidos in vitro de este frutal, puesto que la finalidad del trabajo es fortalecer la alfabetización científica con relación a esta temática, al igual que posean los recursos mínimos para hacer este tipo de prácticas de laboratorio.

En ese sentido, la alfabetización científica se convierte en un elemento clave para el desarrollo de una comprensión más amplia y profunda de estos temas en los diferentes contextos educativos (educación formal, no formal e informal). Es importante recalcar que esta no solo implica la adquisición de conocimientos, sino también implementarlos y poder comprender el mundo, así como la consolidación de un pensamiento crítico, el desarrollo de habilidades y capacidades, como la observación, realizar mediciones, formulación y evaluación de hipótesis, resolución de problemáticas, el trabajo en equipo, lo cual permite al individuo desenvolverse y responder a diferentes aspectos de la vida cotidiana (Gil y Vilches, 2001).

Por otro lado, acercándonos al contexto de las instituciones educativas y de acuerdo con los Estándares Básicos de Competencias (EBC) propuestos por el MEN, la enseñanza del saber científico es abordada de forma transversal a partir de temáticas y asignaturas de acuerdo con la conformación de un syllabus (EBC,2006). Tanto en la educación básica y media como en la superior existen espacios académicos formales e informales en los que se realiza un proceso de conceptualización y acercamiento a temáticas que permiten al educando estar inmerso en un proceso de integración de aspectos pedagógicos, educativos, procedimentales, de formación, entre otros, en los que se da una construcción colectiva lo cual brinda herramientas para conllevar una formación plena.

6.3 Diseño Metodológico

De acuerdo con el desarrollo del trabajo, se plantearon 3 fases las cuales se presentan en la figura 8 y se explican a continuación.

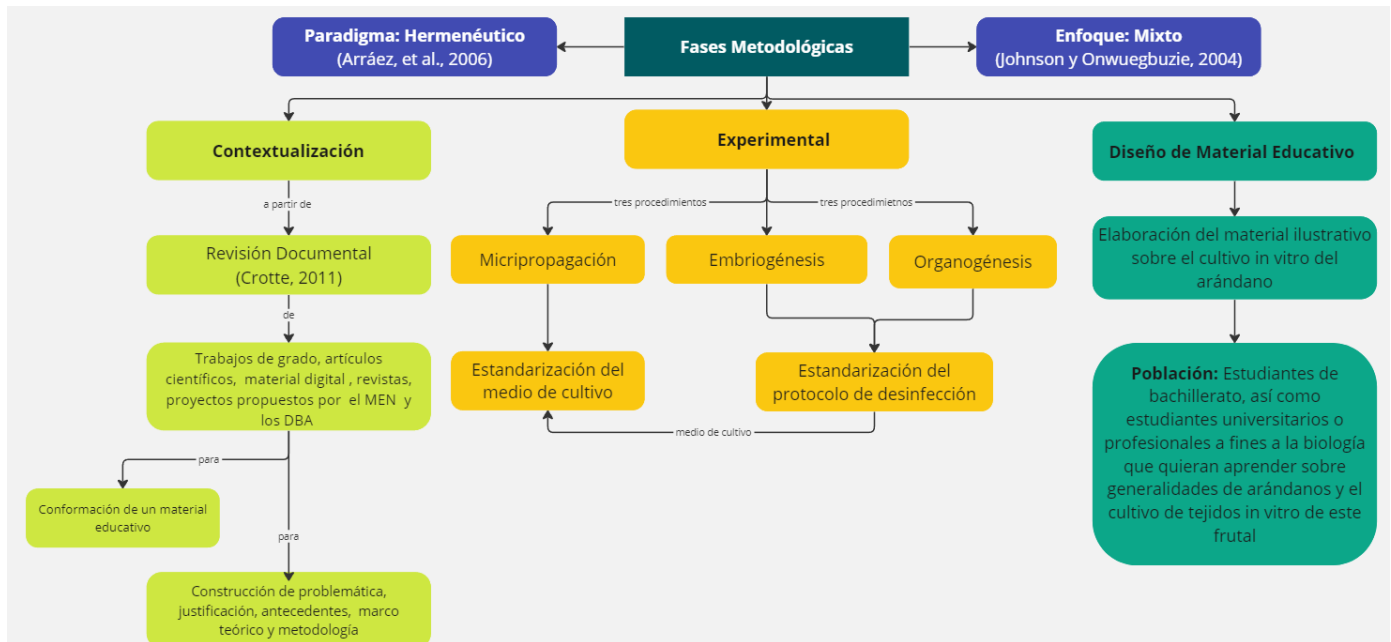


Figura 8. Fases Metodológicas
 Autor: Florián, (2019)

6.3.1. Fase de Contextualización

En el desarrollo de esta fase, se realiza una revisión exhaustiva de temas relacionados con cultivo de material vegetal in vitro de arándano, ilustración científica y generalidades de arándanos de documentos diversos como trabajos de grado, artículos, protocolos, proyectos, material digital, entre otros, tanto a nivel local como regional e internacional, como se evidencia en los apartados de antecedentes y marco de referencia. Esta información permitió consolidar aspectos fundamentales, como la formulación de los objetivos, el planteamiento del problema, justificación, antecedentes, marco teórico y metodología. Asimismo, información clave para las dos fases siguientes la experimentación y el diseño del material educativo.

6.3.2. Fase de Experimentación

Esta fase se dividió en dos momentos; en el primero se seleccionaron los tipos de explantes a introducir in vitro, los protocolos de desinfección del material vegetal y composición de los medios de cultivo. Y en el segundo momento se trabajó en el laboratorio donde primero se prepararon todos los materiales y medios de cultivo para luego realizar la experimentación propiamente dicha.

Es importante mencionar que, durante los meses de septiembre, octubre, noviembre del año 2022 y febrero, marzo y abril del presente año se hizo seguimiento una vez a la semana al material de arándano *in vitro*, el cual se encontraba en el laboratorio de biotecnología (salón B301) de la Universidad Pedagógica Nacional, en condiciones óptimas de laboratorio (16 horas de luz, 14 horas de oscuridad, temperatura promedio que oscile entre 20° y 25° C). Así mismo, se pretende evidenciar el proceso de crecimiento y desarrollo *in vitro* de los tres tipos de material vegetal, los cuales son semillas, tallos adquiridos en tienda y material *in vitro* donado por Agrosavia. Cabe resaltar que en esta fase experimental se trabajaron dos variables: la independiente que hace referencia a la cantidad de hormona a utilizar en los medios de cultivo y la dependiente, que hace referencia al tipo de estructuras que se desarrollan de acuerdo con el tipo de material vegetal y al procedimiento de desinfección.

Después de todo esto, se escogieron los mejores resultados para realizar el material educativo, el cual consiste en un manual ilustrativo que se enfoca en el fortalecimiento de la enseñanza y relevancia que presenta la alfabetización científica.

6.3.3. Fase de Diseño

En la última fase, se diseñó un manual ilustrativo que presenta los siguientes elementos: introducción, generalidades, importancia, propiedades, características morfológicas, taxonomía, simbiosis micorrízica, procesos de cultivo *in vitro* habilidades y destrezas a desarrollar, glosario y anexos. Cabe resaltar que el manual fue elaborado de acuerdo a los parámetros propuestos por Undurraga y Vargas (2013), los cuales proponen así mismo la construcción de un manual sobre el arándano, pero desde una perspectiva mucho más agrícola.

Junto a esto, es importante señalar que se empleó un lenguaje sencillo para todo público, al igual que diferentes dibujos que permitieran una mejor comprensión sobre la temática.

7.Resultados y Análisis

En el siguiente apartado se encuentran los resultados obtenidos en las fases metodológicas, al igual que su análisis correspondiente.

7.1 Contextualización:

7.1.1 Revisión Documental

Después de la revisión documental realizada, se encontraron diferentes elementos con respecto a la alfabetización científica, la enseñanza de cultivo de tejidos (cultivo in vitro) y la ilustración.

7.1.2 Desafíos de la alfabetización científica para la enseñanza del cultivo in vitro en el contexto educativo.

La alfabetización científica es un proceso crucial en la formación académica, profesional y personal de los individuos, ya que les permite entender el mundo, analizar y aplicar el saber y los conocimientos científicos en su vida cotidiana. No obstante, existen varios problemas que pueden afectar la formación de la alfabetización científica en los estudiantes. Uno de los principales desafíos es la falta de formación y capacitación adecuada de los docentes con respecto a la enseñanza de la ciencia. Varias investigaciones realizadas por Gil y Vilches (2006), han demostrado que muchos docentes de ciencias carecen de las habilidades y los conocimientos necesarios para enseñar de manera efectiva los conceptos científicos y fomentar el pensamiento crítico en los estudiantes.

Junto a esto, otro de los desafíos presentes es la falta de recursos y conocimientos, al igual que promover el interés y la motivación en los educandos con respecto a la construcción de conocimientos sobre estas temáticas, lo cual de no ser así puede tener un impacto negativo en su proceso formativo. De acuerdo con estudios realizados por Marco (1997), la motivación y el interés son factores clave en el aprendizaje y la comprensión de las ciencias y al no fomentarlos en los espacios educativos, los estudiantes pueden presentar dificultades para adquirir y aplicar conceptos. En el caso de la enseñanza de cultivo in vitro, se presentan desafíos un poco más específicos en la educación, ya que esta temática requiere de una comprensión sólida de algunos principios básicos de la biotecnología, microbiología y botánica. Además, las prácticas de laboratorio de cultivo in vitro implican el uso de equipo y herramientas especializadas, al igual que la implementación de protocolos rigurosos para asegurar el éxito del cultivo. Por lo tanto, es esencial que la formación de los educadores sea eficaz en cuanto al abordaje de esta área en un contexto educativo (Imbernón, 2001).

Entre las dificultades que se pueden encontrar en la enseñanza del cultivo in vitro, se encuentra principalmente la falta de experiencia de los docentes, la comprensión de los distintos procesos, la falta de prácticas de laboratorio de diferente índole, entre otros. También, otro de los desafíos es la estructuración de los planes de

estudio y las políticas educativas en las que se desenvuelve la formación tanto de educandos como de educadores, llegando a la conformación de insumos o materiales (syllabus) que se desvinculan de un contexto y no responden a una necesidad educativa, pero que a su vez, son implementados por las instituciones de educación para cumplir con al “enseñanza” de aquellas temáticas impartidas de acuerdo al nivel de educación en el que se encuentre el sujeto.

De acuerdo con lo anterior, en conclusión, la enseñanza de la alfabetización científica enfrenta diferentes problemáticas y desafíos en el contexto educativo, sin importar el nivel educativo, en donde se incluye la falta de capacitación adecuada de los docentes, la falta de recursos y conocimientos, la falta de interés y motivación por parte de los estudiantes, y la estructuración inadecuada de los planes de estudio y políticas educativas.

7.1.3 Perspectivas para la enseñanza transversal del conocimiento en la biotecnología, con énfasis en el cultivo in vitro.

Los Estándares Básicos de Competencias (EBC) y los Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA) del Ministerio de Educación Nacional (MEN) promueven la alfabetización científica como una herramienta fundamental para abordar temas relevantes en la educación en áreas como la biología, la química, la física, las ciencias sociales y las ciencias naturales. Algunas de las temáticas abordadas son la estructura celular, los seres vivos, clasificación taxonómica, fenómenos y dinámicas ambientales, la materia, la energía, el uso de la tabla periódica, los átomos, las moléculas, la estequiometría, la naturaleza, el movimiento de los cuerpos, entre otros. Ahora bien, la enseñanza del cultivo in vitro puede presentar controversias al momento de ser abordada en un contexto educativo, ya que se trata de una temática que genera diferentes perspectivas en cuanto a la ética, el cuidado ambiental, el manejo de vocablo científico, etc., sin embargo, la implementación de esta también presenta ventajas en diferentes áreas, como por ejemplo la agricultura.

A pesar de las posible controversia y desventajas que implique el uso del cultivo in vitro, este posibilita y brinda al estudiante una oportunidad de desarrollar y/o fortalecer el pensamiento crítico, la adquisición y comprensión de conocimientos nuevos, la resolución de problemáticas, la observación, el análisis, la comunicación entre otros. Ahora, actualmente, desde distintas áreas, las cuales se mencionaron anteriormente, se ha permitido abordar de forma rápida y sencilla la biotecnología y todo lo que esta conlleva, siendo esto solo un abre bocas para los individuos, pero al mismo tiempo, genera controversia porque el proceso de enseñanza-aprendizaje queda interrumpido por dar continuidad a un plan de estudios.

7.1.4 Prácticas y procedimientos de laboratorio con arándanos

Las prácticas de laboratorio es una actividad fundamental en el proceso de formación tanto de los educandos como educadores en las que se permite poner en práctica el conocimiento teórico. Con el fin de proceder a la realizar varias prácticas

de laboratorio es necesario realizar una revisión documental exhaustiva que permita obtener distintas referencias sobre el procedimiento a seguir en laboratorio. En este sentido, la investigación previa se enfoca en la recopilación e identificación de diversos procesos que puedan ser implementados en el laboratorio acerca de la conformación de un medio de cultivo que proporcione las condiciones óptimas para el proceso de crecimiento y desarrollo del arándano, al igual que este pueda ser enriquecido con sustancias. Así mismo, se indagó y practicó diferentes procedimientos de desinfección con semillas y tallos del organismo, y se utilizó distintas estructuras de material vegetal. Ahora bien, esta revisión documental permite identificar los estudios realizados alrededor del cultivo in vitro del arándano tanto a nivel local como nacional e internacional, del mismo modo en que aporta para la realización de las prácticas de laboratorio con base a una información mucho más confiable, lo cual permite adquirir habilidades y destrezas en cuanto a técnicas para proceder con los experimentos y estudios con rigor científico.

Junto a lo anteriormente mencionado, cabe resaltar que la revisión fue de aproximadamente de 7 artículos científicos en los que cada uno de los autores implementaron una metodología para realizar cultivo in vitro de arándanos, en donde se logró encontrar información sobre el tipo de medio de cultivo usado para este organismo, el tipo de sustancias usadas para enriquecer el medio, el tipo de material vegetal a usar, el desarrollo óptimo del organismo, etc. Con la finalidad de brindar todas aquellas condiciones ideales al organismo para, posteriormente, conformar un material didáctico y educativo en el que se refleje por medio de ilustraciones los resultados obtenidos para su divulgación.

7.1.5 Ilustración

La ilustración ha sido implementada en la educación como una estrategia para dinamizar la enseñanza gracias a las ventajas que ha traído consigo, una de ellas es permitir la comprensión de diferentes temáticas desde un lenguaje no verbal haciendo mucho más ameno el aprendizaje. Algunos de los autores más relevantes es García (2022), en donde menciona que la ilustración también es una forma de despertar la curiosidad de los estudiantes y estimular su pensamiento. Así mismo, Candil (2018) menciona que el proceso de ilustración ha permitido una mejor comprensión del mundo que los rodea.

En la actualidad, la ilustración sigue siendo una herramienta importante en el contexto educativo, gracias a que también ha sido considerada como otra forma de enseñar, al mismo tiempo que se desarrollan habilidades tanto manuales como cognitivas lo cual brindan de capacidades para representar, entender y comprender el contexto y sus dinámicas.

De acuerdo con lo anterior, el proceso de creación de las ilustraciones que van en el material educativo se tuvo en cuenta dos procedimientos; en primer lugar, se

procede a realizar una indagación en el que se recopile información sobre la construcción de ilustraciones a partir de diferentes técnicas y materiales, al igual que, reconocer cuales son aquellas características que distinguen a una ilustración, como es utilizada la ilustración para educar, teniendo en cuenta que al ser ilustración una creación que nace desde la perspectiva de un individuo y por ende, se encuentra abierta a la interpretación del mundo. En segundo lugar, se tendrá en cuenta los resultados a obtener en la fase experimental permitiendo que estos sean la base de la que parta la conformación del material educativo.

7.2 Fase Experimental




El desarrollo de esta fase experimental de dio en dos momentos; el primer momento fue la selección del material vegetal para introducir en cultivo *in vitro*. Además, se diseñaron y estandarizaron protocolos de desinfección para el material seleccionado y se escogió la forma de preparación del medio de cultivo. En el segundo momento se realizaron las prácticas de laboratorio correspondientes, en donde se procedió a la preparación de los materiales y medio de cultivo seleccionados en el primer momento, para luego realizar el proceso de experimentación propiamente dicho.

De acuerdo con lo anteriormente dicho cabe resaltar que, durante los meses de septiembre, octubre, noviembre del año 2022 y febrero, marzo y abril del presente año se hizo seguimiento al material de arándano *in vitro*, el cual se encontraba en el laboratorio de biotecnología (salón B301) de la Universidad Pedagógica Nacional, en condiciones óptimas de laboratorio (16 horas de luz, 14 horas de oscuridad, temperatura promedio que oscile entre 20° y 25° C). Al igual forma, se tuvo presente que post proceso del cultivo *in vitro* se podían presentar factores como posible contaminación del material, cambio en la coloración del material, la aparición de alguna estructura nueva, la presencia de un estado de latencia, entre otros. Junto a esto, en esta fase se emplearon dos variables: la independiente que hace referencia a la cantidad de hormona que se usó en la preparación del medio de cultivo y la dependiente es el tipo de estructuras que se puede evidenciar durante su proceso de crecimiento.

7.2.1 Material

De acuerdo con la revisión documental, se seleccionaron tres tipos de ejemplares de material vegetal para llevar a cabo el proceso experimental (tabla 4), con el propósito de analizar y comprender el proceso de crecimiento y desarrollo de estos; así mismo, evidenciar y comparar la aparición de estructuras de acuerdo con el material seleccionado.

Tabla 4. Material vegetal seleccionado
Autor: Autoría Propia

Material Vegetal		
Semillas	Segmentos Nodales (Tallos)	Material <i>in vitro</i>
		

7.2.2 Protocolos de Desinfección

Tabla 5. Protocolo de Desinfección 1
Autor: Autoría Propia

Protocolo de Desinfección #1	
Materiales	<ul style="list-style-type: none"> • (1 ml) Alcohol al 70% • (500 ml) Agua destilada estéril (5 ml) • (1ml) Hipoclorito de Sodio al 2,5% • (2 ml) Detergente de loza • Servilletas esterilizadas
Procedimiento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se sumergen las semillas en alcohol al 70% por 5 minutos. 2. Lavar con agua destilada estéril 10 minutos. 3. Desinfectar las semillas por 10 minutos con hipoclorito de sodio al 2,5%. 4. Pasar a un recipiente que contenga 4 gotas de detergente de loza. 5. 5. Lavar 5 veces con agua destilada estéril, secar e introducir en el medio de cultivo.
Post – proceso	<ul style="list-style-type: none"> • Llevar el material vegetal con el último paso a la cámara de flujo laminar, para secar con las servilletas estériles y proceder a introducir en el medio de cultivo.

Tabla 6. Protocolo de Desinfección 2
Autor: Autoría Propia

Protocolo de Desinfección #2	
Materiales	<ul style="list-style-type: none"> • (2 L) Agua Destilada Estéril • (60 ml) Jabón Líquido

	<ul style="list-style-type: none"> • (40 ml) Tween 80 • (150 ml) Alcohol al 70% • (150 ml) Hipoclorito de sodio al 5.6%
Procedimiento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mezclar 150 ml de agua destilada estéril con jabón líquido (60 ml) y agitar durante 7 minutos. 2. Enjuagar con 200 ml de agua destilada estéril tres veces. 3. Sumergir el material en 40 ml de Tween y agitar durante tres minutos 4. Enjuagar con 200 ml de agua destilada estéril tres veces 5. Introducir en 150ml de alcohol al 70% y agitar constantemente durante 5 minutos. 6. Enjuagar en 200 ml de agua destilada estéril tres a cuatro veces. 7. Introducir en 150 ml de hipoclorito de sodio al 5.6% el material y agitar durante 5 minutos. 8. Finalmente enjuagar con 200 ml de agua destilada estéril tres o cuatro veces.
Post – proceso	Llevar el material vegetal con el último paso a la cámara de flujo laminar, para secar con las servilletas estériles y proceder a introducir en el medio de cultivo.

Se seleccionan estos tres tipos de material vegetal dado que cada de uno de ellos presenta la capacidad de ser totipotencial, en donde Thomson (1998) define la totipotencialidad como “capacidad de un organismo en generar células necesarias para la formación de un nuevo organismo que posee las características de su progenitor” ,al igual, que se quiere analizar el tipo de procedimiento de crecimiento que presenta cada uno en condiciones de laboratorio en medios de cultivo con composición diferente.

7.2.3 Conformación del medio de Cultivo

El medio de cultivo implementado para el arándano es WPM (Woody Plant Medium) en donde se conformaron 5 tipos medios de cultivo en los que difiere la concentración de hormona y el tipo de sustancia para enriquecer uno de los medios de cultivo (sábila) (ver tabla 7). Cabe destacar que tanto el tipo de hormona como la concentración son alterados de acuerdo con lo que se quiere conseguir en el experimento.

Tabla 7. Conformación del medio de cultivo con distintas sustancias
Autor: Autoría Propia

Conformación de Medio de Cultivo					
Medio de Cultivo	Medio de Cultivo WPM (Woody Plant Medium)				
Componentes	Agua Destilada 500 ml Medio de Cultivo 1.4 gr Agar Agar 3.5 gr				
Sustancias para Enriquecer	Medio 1	Medio 2	Medio 3	Medio 4	Medio 5
	Sacarosa (15 gr)	Sacarosa (15 gr)	Sacarosa (15 gr)	Sacarosa (15 gr)	Sacarosa (15 gr)
	Inositol (0.1 gr)	Inositol (0.1 gr)	Inositol (0.1 gr)	Inositol (0.1 gr)	Inositol (0.1 gr)
	Hormona 2 IP (2 ml)	Hormona ANA (2ml)	Hormona ANA (2 ml) 2 IP (1 ml)	Hormona ANA (1ml) 2 IP (2 ml)	Hormona 2 IP (2 ml)
					Sábila (1 L)

El medio de cultivo base WPM (Woody Plant Medium) fue preparado de dos formas: la primera forma fue el reactivo de la casa comercial (Biopruebas LTDA con 2,3 gramos por litro), y la segunda forma fue por componentes (ver tabla 8)

Tabla 8. Compuestos para la preparación del medio de cultivo
Autor: Autoría Propia

Compuestos WPM (Woody Plant Medium)		Nombre del Compuesto	Cantidad	Concentración	Cantidad a usar total
NH ₄ NO ₃	Macros WPM I	Nitrato de Amonio	0,6 gramos	50 x	10 ml
KNO ₃		Sulfato de Potasio	1.48 gramos		
CaCl ₂ 7H ₂ O		Cloruro de Calcio	0.108 gramos		
KH ₂ PO ₄		Fostato de Potasio	0.255 gramos		
Mg SO ₄		Sulfato de Magnesio	0.27 gramos		
Ca(NO ₃) ₂ 4H ₂ O	Macros WPM II	Nitrato de Calcio	0.579 gramos	50 x	10 ml
Na ₂ EDTA 2H ₂ O	Quelatos (NaEDTA)	Ácido itelendiaminotetracetico	0.0372 gramos	100 x	500 µl
H ₃ BO ₃	Micros WPM	Ácido Borico	0.188 gramos	1000 x	500 µl
ZnSO ₄ 7H ₂ O		Sulfato de Zinc	0.25 8 gramos		
CuSO ₄ 5H ₂ O		Sulfato de Cobre	0.0075 gramos		
MnSO ₄ 4H ₂ O		Sulfato de Manganeso	0.669 gramos		
Na ₂ MoO ₄ 2H ₂ O		Molibdato de Sodio	0.0075 gramos		
H ₂ O Destilada		Agua destilada	500 ml	no aplica	500 ml

Se aclara que, por ciertas dinámicas en un inicio se procedió a la conformación del medio a partir de componentes usando este medio en un solo experimento; sin embargo, posteriormente se adquirió el reactivo de la casa comercial para facilitar el proceso de preparación y experimentación.

7.2.4 Prácticas de Laboratorio


7.2.4.1 Proceso de Micropropagación





Al introducir el material *in vitro* de arándanos en los 5 medios de cultivo (ver tabla 7) los resultados muestran que el medio 1 el cual contiene 2 ml de la hormona 2 IP es el ideal por dos razones. Primero en él se presentó muy baja contaminación posiblemente porque a diferencias de los otros medios, este contiene menos sustancias enriquecedoras que favorezcan la multiplicación de microorganismos. La contaminación del material vegetal en el cultivo *in vitro* es una problemática común que puede afectar negativamente su crecimiento y desarrollo, causando necrosis y muerte. Los organismos contaminantes como hongos y bacterias son una de las principales causas de esta contaminación. Es importante tener en cuenta que la contaminación puede originarse de diferentes fuentes, como el ambiente de trabajo, la cantidad de nutrientes que contenga el medio de cultivo y las herramientas utilizadas. (Teixeira, 2010)




Añadiendo a lo anterior, la segunda razón es que el medio 1 permitió la formación de nuevos brotes y un sistema radicular, lo que coincide con lo reportado por Davies (1995) en donde se menciona que el uso de la hormona 2 IP favorece la probabilidad del desarrollo de nuevos brotes, al igual que aumenta la longitud de los brotes y la aparición de nuevas hojas.




En la tabla 9, se puede evidenciar el proceso de crecimiento y desarrollo a través del tiempo del arándano en el medio 1, por lo anterior, este fue el seleccionado para conformar el material educativo.

Tabla 9. Proceso de seguimiento de material micropropagado
Autor: Autoría Propia

Tabla de progreso (Micropropagación)				
	Semanas	Tipo de material	Imagen	Descripción
Medio de Cultivo 1	Semana 1	Material <i>in vitro</i>		Micropropagación del material <i>in vitro</i>

	Semana 2			<p>Incubación del material vegetal micropropagado en una cámara de crecimiento con condiciones óptimas de laboratorio.</p>
	Semana 3			<p>Aparición de nuevos ejemplares a partir del segmento micropropagado.</p>
	Semana 4			<p>Continuidad en el proceso de crecimiento reflejado en la elongación del tallo y aparición de nuevas hojas.</p>
	Semana 5			<p>Cambio de coloración en las hojas en algunos ejemplares (hojas nuevas) y se continúa con el proceso de crecimiento.</p>

	Semana 6			<p>Aparición de nuevas estructuras (tallos y hojas) a partir del material <i>in vitro</i> (segmentos nodales y cayó)</p>
	Semana 7			<p>Crecimiento de nuevos tallos y hojas a partir de cayó.</p> <p>Coloración rojiza de estructuras germinadas recientemente</p>
	Semana 8			<p>Aparición de nuevos ejemplares por medio de reproducción asexual.</p>

	Semana 9			No se presentan cambios
	Semana 10			Multiplicación de callo en el medio de cultivo para la aparición de nuevos brotes.
	Semana 11			Elongación de tallo

Para ilustrar el proceso de la micropropagación del material de arándano en cámara de flujo laminar, en la figura 9 se muestran los elementos de bioseguridad que debe tener la persona que va a realizar el procedimiento; así como los elementos que se encuentran en el espacio físico en donde se realiza la multiplicación in vitro.



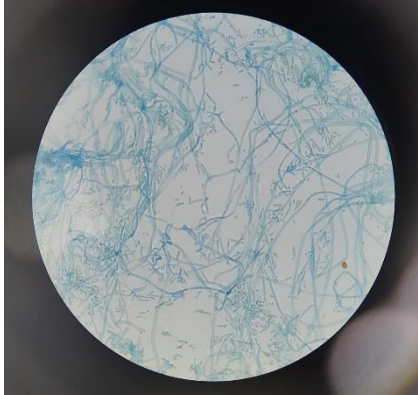
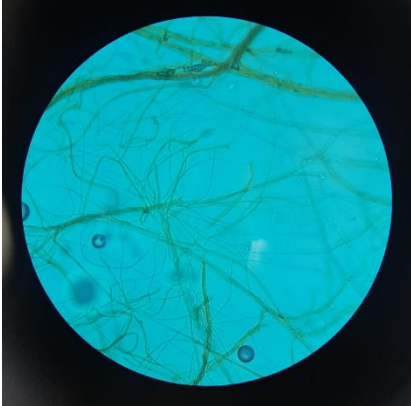

*Figura 9. Proceso de micropropagación en cámara de flujo laminar
Autor: Autoría Propia*

7.2.4.2 Embriogénesis

En el proceso de introducción de semillas se logró evidenciar que el protocolo 1 de desinfección presentó mayor eficacia con respecto a la presencia de factores contaminantes, gracias a que las sustancias implementadas en el protocolo permiten reducir o erradicar los microorganismos presentes en ella. Así mismo, la estructura de la semilla, específicamente el epicarpio que es su estructura externa y dura tolera un proceso de desinfección agresivo al mismo tiempo que mantiene al embrión a salvo, permitiendo que bajo condiciones óptimas este se desarrolle.

Por otro lado, al implementar y revisar la eficacia del protocolo de desinfección 2 con el mismo tipo de material vegetal se evidencia la presencia de dos tipos de microhongos y una levadura (ver tabla 10), los cuales de acuerdo con Hernández y González (2010) son un factor contaminante que se pueden estar presentes en el ambiente.

Tabla 10. Factores Contaminante
Autor: Autoría Propia

Tabla de Factores Contaminantes		
Especie: <i>Verticillium</i>	Parte: Micelio Fértil	Tipo de organismo: Levadura
		

Cabe resaltar que existe la presencia de estos factores contaminantes debido a que están presente en el ambiente, al igual que en el laboratorio de biotecnología de la Universidad Pedagógica Nacional, tanto estos como otros organismos, son usados para distintas investigaciones de índole educativo. De acuerdo con Cuevas y Salaverría (2004) se pueden encontrar diferentes factores de contaminación para con los medios de cultivo, pero los hongos son el principal factor de contaminación en casi todos los medios de cultivo.

Ahora bien, es importante señalar que para el proceso de embriogénesis se usó el medio de cultivo 1, el cual demostró ser el más eficiente con respecto a la cantidad de nutrientes, ausencia de contaminantes (ver figura 10) y permitir el proceso de germinación de los 13 ejemplares en un proceso de dos meses en el que se obtuvo como resultado el inicio de la formación del sistema radicular, la elongación de tallos aproximadamente 1 centímetro y la aparición de entre 4 a 6 hojas (ver figura 11).



*Figura 10. Introducción de semillas posterior al proceso de desinfección
Autor: Autoría Propia*



*Figura 11. Germinación de semillas en cultivo in vitro
Autor: Autoría Propia*

7.2.4.3 Organogénesis

En el proceso de organogénesis se implementó el protocolo de desinfección 1 (ver tabla 5) con el cual se obtuvieron los mejores resultados. Para ellos en la figura 12 se puede observar los materiales empleados en la desinfección del material.



*Figura 12. Materiales de desinfección
Autor: Autoría Propia*

Se destaca que el medio de cultivo usado para la propagación de este tipo de material fue también el medio 1 por las razones mencionadas anteriormente, destacando que el uso de tallos es una de las formas más comunes de realizar multiplicación en cultivo in vitro (Brenes, Castillo y Gómez, 2015).

La introducción de fragmentos de tallo, aunque no presentaron contaminación por factores contaminantes, solo el 10% del material logró desarrollarse adecuadamente sin presentar necrosis. La necrosis como producto del proceso de desinfección puede ser causada por diferentes factores, como el uso de agentes desinfectantes muy fuertes o en concentraciones inadecuadas, exposición prolongada al desinfectante, daño mecánico en los tejidos de la planta durante el proceso de desinfección, entre otro, (Kwak, et al. 2017).



*Figura 13. Tallos desinfectados e introducidos en el medio de cultivo
Autor: Autoría Propia*

En la figura 14 se puede observar la aparición de nuevas estructuras a partir del fragmento del tallo.



*Figura 14. Germinación de estructuras a partir de fragmentos de tallo
Autor: Autoría Propia*

7.3 Diseño del Material Educativo

Se realizó el material divulgativo titulado “Manual Ilustrativo sobre el Cultivo In vitro del Arándano”, el cual puede ser observado en el siguiente link ([Manual divulgativo](#)). Este manual incluye ilustración, acompañado de texto descriptivo, que posibilite al lector tener un acercamiento al crecimiento y desarrollo del arándano en cultivos in vitro desde las prácticas de laboratorio, promoviendo el desarrollo de habilidades observadoras, de análisis y resolución de problema, trabajo en equipo entre otras. Para ello, se trabajan 14 temáticas entre las que se resalta generalidades, en las que se destaca su clasificación taxonómica, descripción morfológica, condiciones ambientales, etc. El manual por lo tanto tiene como finalidad fomentar y fortalecer el proceso de la alfabetización científica a partir de dichas prácticas de laboratorio.

Generalidades del Arándano

El arándano es un baya silvestre perteneciente al género *Vaccinium*, reconocido por ser una fruta con propiedades organolépticas, nutricionales y beneficiosa para la salud humana. Esta planta presenta una distribución a lo largo del continente americano y tiene aproximadamente 100 variedades reconocidas. De acuerdo a lo mencionado anteriormente, la variedad usada e ilustrada a lo largo del manual es *Vaccinium corymbosum*, el cual presenta una coloración oscura gracias a la presencia de antocianinas, con secreciones cerosas, leve sabor a amargo o ácido debido a la cantidad de ácido oxálico y ácido málico, su crecimiento se da tanto en climas cálidos como en fríos y requiere de suelos ácidos, compuestos por turba que tengan gran capacidad de adsorción y retención de agua.



Ilustración 1. Arándanos



Figura 15. Generalidades del Arándano
Autor: Autoría Propia

Flor: Presenta inflorescencias en racimos de 6-10 flores por yema. Las flores individuales son pequeñas, axilares, con el cáliz compuesto de 4-5 sépalos obtusos y la corola blanca formada por 4-5 pétalos fusionados dando lugar a una forma acampanada. El pistilo es simple de ovario infero y los estambres se presentan en grupos de 8-10.



Ilustración 5. Flor y coloraciones

Figura 16. Flor del Arándano
Autor: Autoría Propia

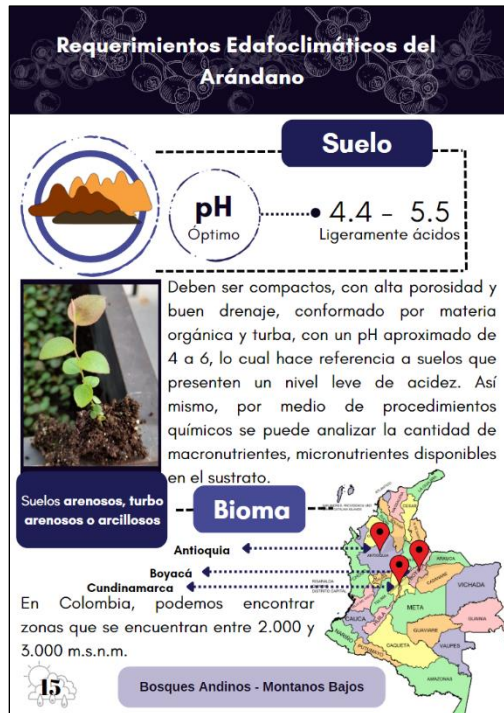


Figura 17. Requerimientos Edafoclimáticos del Arándano
Autor: Autoría Propia

Paso 4 . Introducción a medio de cultivo in vitro

Ilustración 17. Proceso de introducción (parte 1)

Ilustración 18. Proceso de introducción (parte 2)

Ilustración 19. Material propagado

- En resumen, para continuar con la propagación del material elite, se procede a la preparación del medio de cultivo (Anexo 2).
- Finalmente, después de preparado y listo el medio para su uso, se procede a introducir el material vegetal al interior de cada envase de compota que contiene el medio de cultivo seleccionado.

22

Figura 18. Organogénesis
 Autor: Autoría Propia

Embriogénesis

Paso 1.

- Recolectar el material vegetal a utilizar (extracción de semillas desde la fruta o la compra del paquete de semillas).

Ilustración 30. Semillas de Arándano

Paso 2.

→ Realizar proceso de desinfección (Anexo 1)

Paso 3.

Ilustración 31. Caja de Petri entre mecheros dentro de la cámara de flujo laminar

29

Figura 19. Embriogénesis
 Autor: Autoría Propia

Tabla de Habilidades y Destrezas a Desarrollar en la Práctica de Laboratorio			
Tipo de Habilidad	Objetivo	Característica Principal	Ejemplo
Habilidades Manuales	Desarrollo de habilidades motoras que permitan la manipulación de equipos e instrumental de forma segura y eficaz.	Familiarización de los diferentes perspectivas presentes en el contexto	Manejo de material de laboratorio
Observación y Registro de Datos	Aprender a observar fenómenos de estudio que permitan el registro de información y la veracidad y confiabilidad de los resultados obtenidos.	Formación del conocimiento tácito a partir de un proceso empírico.	Identificación de la presencia de algunos factores (crecimiento, contaminación, oxidación, entre otras)
Resolución de Problemas	Identificación y resolución de problemáticas que se pueden dar en su entorno	Resolución de problemáticas tanto prácticas como teóricas	Comprensión de la relación entre las variables dependientes e independientes
Análisis e interpretación de datos	Adquisición de habilidades que permitan la interpretación de los resultados para llegar a una conclusión significativa	Adquisición de destrezas físicas y cognitivas	Interpretación de los resultados obtenidos en un experimento
Comunicación	Desarrollo de habilidades de comunicación efectiva, permitiendo que el individuo presente sus ideas de forma concisa y clara.	Abierta a la interpretación	Presentar los resultados de un experimento o investigación por medio de un informe de laboratorio.

Figura 20. Tabla de Habilidades y Destrezas a desarrollar en la práctica de laboratorio
Autor: Autoría Propia

Glosario

- **Antocianina:** Tipo de pigmento natural que se puede encontrar en diferentes plantas, especialmente en sus frutos y flores. Posee propiedades anticancerígenas, antiinflamatorias, antioxidantes.
- **Cosmopolitan:** Palabra usada para hacer referencia a cosas que tienen una distribución amplia o global.
- **Embriogénesis:** Proceso mediante el cual se da la formación de un embrión a partir de una célula fertilizada, también conocida como cigoto.
- **Ericaceae:** Es una familia de plantas que incluye alrededor de 4.000 especies, en su mayoría árboles y arbustos.
- **Leñoso:** Cualquier estructura de las plantas que este conformada por madera. Inflorescencia: Conjunto de flores que se encuentran en una misma estructura de la planta.
- **Micropropagación:** Es una técnica de propagación que permite la obtención de plantas idénticas genéticamente a través del cultivo in vitro.
- **Organogénesis:** Proceso de formación de órganos vegetales a partir de meristemos, que son regiones de crecimiento y división celular en la planta. Durante la organogénesis en plantas, se forman estructuras como raíces, tallos, hojas, flores y frutos.

33

Figura 21. Glosario del material educativo
Autor: Autoría Propia

El material mencionado fue diseñado en Canva que es una plataforma online gratuita que permite la creación de distintos materiales audiovisuales, entre las que se destaca la elaboración de infografía, presentaciones, cartillas, manuales etc. Esto debido a que presenta diferentes elementos (gráficas, imágenes, tipografía, videos, etc.) que posibilita su creación. Así mismo la plataforma permite el trabajo por medio de equipo donde el usuario desarrolle su proyecto de manera colaborativa. Es por esto que se realizó el manual divulgativo en dicha plataforma, donde los lectores podrán visualizar el material y descargarlo de manera gratuita y de fácil acceso.

8. Conclusiones

- La revisión documental permitió la construcción de los diferentes apartados del trabajo de grado, como el planteamiento del problema, justificación, antecedentes, marco teórico, metodología y el diseño del material educativo. Al igual, que identificar los parámetros para el desarrollo de la fase experimental.
- La micropropagación del material vegetal *in vitro* de arándano en el medio de cultivo WPM con 2 ml/L de hormona 2 IP fue el ideal para la formación de nuevos brotes y un sistema radicular.
- En la embriogénesis, la desinfección con el protocolo 1 impidió la aparición de microorganismos y el medio de cultivo 1 permitió el proceso de germinación aproximadamente a los dos meses en donde se obtuvo como resultado la formación del sistema radicular y la elongación de tallos.
- Con relación a organogénesis, el protocolo 1 de desinfección fue el más eficiente, sin embargo, cuando se introdujeron los tallos en el medio de cultivo 1, solo 10% no presentó necrosis.
- Como elementos conceptuales se identificaron generalidades del arándano, importancia en Colombia, características morfológicas, requerimientos edafoclimáticos, taxonomía propiedades, diferentes técnicas de cultivo *in vitro*, y con relación a los metodológicos se encuentran textos cortos e ilustración científica, los cuales permitieron además presentar los resultados de la fase experimental.
- El material educativo “Manual ilustrativo del proceso *in vitro* del arándano” se diseñó con la intención de contribuir a la alfabetización científica del cultivo de tejidos *in vitro* de esta especie vegetal, al igual que desarrollar habilidades y fortalezas procedimentales y cognitivas, al realizar prácticas de laboratorio.
- El manual diseñado que emplea la ilustración podría de manera intencionada y flexible posibilitar el aprendizaje por medio de un lenguaje no verbal el conocimiento sobre el crecimiento *in vitro* del arándano azul, ya que al ser una estrategia permite comunicar la información de forma más clara y comprensible.
- Finalmente, con este trabajo se fortaleció mi conocimiento con respecto a las prácticas de laboratorio, al proceso indagatorio e investigativo, la conformación de un material educativo y el análisis de los resultados, entre otros aspectos que van a ser de gran utilidad en mi futuro como maestro de biología.

9.Recomendaciones

- Validar el material educativo, con la finalidad de conocer la opinión de personas conocedoras de las temáticas, con respecto a la pertinencia de la constitución de material de esta índole como una herramienta para la enseñanza de la biología.
- Experimentar otros protocolos de desinfección de fragmentos de tallo e arándano que permitan el desarrollo del material.
- Estandarizar el protocolo para pasar a ex vitro los arándanos multiplicados en cultivo de tejidos.

10. Bibliografía

- Afanador, L. (2020), Pionero en la exportación de arándanos en Colombia. Redagricol. Recuperado de: <https://www.redagricola.com/co/pionero-de-las-exportaciones-de-arandanos-colombianos/>
- Aguilar Feijoo, R. M. (2004). La guía didáctica, un material educativo para promover el aprendizaje autónomo. Evaluación y mejoramiento de su calidad en la modalidad abierta ya distancia de la UTPL.
- Angulo Domínguez, M. D. C., Luna Reche, M., Prieto Díaz, I., Rodríguez Labrador, L., & Salvador López, M. L. (2008). Manual de servicios, prestaciones y recursos educativos para el alumnado con necesidades específicas de apoyo educativo. Sevilla: Junta de Andalucía, Consejería de Educación, 2008.
- Arenas, A. C. (2021). Métodos mixtos de investigación. Magisterio.
- Arráez, M., Calles, J., & Moreno de Tovar, L. (2006). La Hermenéutica: una actividad interpretativa. *Sapiens*, 7(2), 171-181.
- Barona, J. L., Vilar, J. L. B., Moscoso, J., & Pimentel, J. (Eds.). (2003). La Ilustración y las ciencias: Para una historia de la objetividad (Vol. 89). Universidad de València.
- Brenes Angulo, A., Castillo Matamoros, R., & Gómez-Alpízar, L. (2015). Micropropagación de cuatro cultivares de arándano (*Vaccinium* spp.) a partir de segmentos foliares de dos procedencias. *Agronomía Costarricense*, 39(1), 7-23.
- Bustillo Álvarez, A. (2018). El cultivo del arándano (*Vaccinium corymbosum*) y su proyección en Colombia.
- Cardenas, B., (2010). Ilustraciones de la naturaleza. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- Caridad, E., (2017). La educación científica: percepciones y retos actuales. *Educación y Educadores*, vol. 20, núm. 2, pp. 282-296. Universidad de la Sabana. Tomado de: <https://www.redalyc.org/journal/834/83453740007/html/>
- Castillo, A. (2004). Propagación de plantas por cultivo in vitro: una biotecnología que nos acompaña hace mucho tiempo. *INIA, Uruguay*. Recuperado de: <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/410/1/111219220807102417.pdf>
- Chataing y Nieves (2011) "Manual de laboratorio de biología" <http://www.serbi.ula.ve/serbiula/librose/pva/Libros%20de%20PVA%20para%20libro>
- Cifuentes, L y Quispe I (2014) "Manual de prácticas de microbiología del cepario del laboratorio de biotecnología de la Universidad Pedagógica

Nacional” Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá Colombia.
<http://repositorio.pedagogica.edu.co/handle/20.500.12209/1810>

- Colcha, S.(2013) “Manual práctico de reproducción masiva de Amblyseius californicus usado en el control biológico de Tetranychus urticae” Universidad Politécnica Salesiana, Quito Ecuador:
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/6049>
- Conway, H. (Ed.). (2006). Historia del diseño: un manual para estudiantes. Routledge.
- Crespo, C. (2022). Características morfológicas y fisiológicas del arándano. Tomado de:
<https://www.portalfruticola.com/noticias/2022/04/19/caracteristicas-morfologicas-y-fisiologicas-del-arandano/>
- Creswell, JW (2014). Diseño de investigación: enfoques de métodos cualitativos, cuantitativos y mixtos (4ª ed.). Publicaciones SAGE
- Cuevas, M. C. S., & Salaverría, J. L. (2004). Control de la oxidación y la contaminación en el cultivo in vitro de fresa (Fragaria X ananassa Duch.). Revista Científica UDO Agrícola, 4(1), 21-26.
- Dalley, T. (1992). Guía completa de ilustración y diseño: técnicas y materiales (Vol. 6).
- Davies, PJ (2004). Las hormonas vegetales: su naturaleza, aparición y funciones. Editores académicos de Kluwer.
- Dodds, JH y Roberts, LW (1995). "Experimentos en Cultivo de Tejidos Vegetales". Prensa de la Universidad de Cambridge. En este libro, los autores abordan varias problemáticas relacionadas con el cultivo in vitro, como la contaminación microbiana, la genética y la dificultad en la reproducción de algunas especies y desarrollo. Tomado de:
<https://repositorio.cepal.org/handle/11362/3650>
- Estándares Básicos de Aprendizaje de Ciencias Naturales. Ministerio de Educación Nacional (2004). Tomado de:
https://www.mineducacion.gov.co/1780/articles-81033_archivo_pdf.pdf
- Estándares Nacionales de Educación en Ciencias. (1996). Prensa de la Academia Nacional.
- Felix, L. G. (2017). La ilustración científica de insectos como estrategia pedagógica para la valoración y cuidado de la biodiversidad. Bio-grafía, 44-83.
- Fernández, E. (2017). Ilustración botánica: técnica, historia y aplicación. Revista de la Sociedad Española de Ciencias Hortícolas, 25, 3-16.
- Fernández, T., & Rosario, L. (2012). Cultivo in vitro de arándano variedad Biloxi (Vaccinium corymbosum L.): establecimiento aséptico, balance de fitohormonas y nitrógeno. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Florian, A. K. (2019). Diseño de una unidad didáctica sobre cultivo de tejidos vegetales in vitro que permita la enseñanza de conceptos relacionados con

el desarrollo de las plantas, para estudiantes del grupo de biotecnología del Colegio Cafam. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12209/10745>

- García, F. Et al. (2007). Las ilustraciones de los ciclos biogeoquímicos del carbono y nitrógeno en los textos de secundaria. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 4(3), 442–460. https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2007.v4.i3.04
- García-Águila, L., de Feria, M., & Acosta, K. (2007). Aspectos básicos de la conservación in vitro de germoplasma vegetal. *Biotecnología vegetal*, 7(2).
- Gil Pérez, D., & Vilches Peña, A. (2006). Educación ciudadana y alfabetización científica: mitos y realidades.
- Gil, D., & Vilches, A. (2001). Una alfabetización científica para el siglo XXI: obstáculos y propuestas de actuación. *Revista Investigación en la Escuela*, 43, 27-37.
- Gómez, A. & Esquivel, A. (2013). Establecimiento in vitro de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.). *Revista Tecnología En Marcha*, 26(4), 64. <https://doi.org/10.18845/tm.v26i4.1584>
- González Monteagudo, J. (2001). El paradigma interpretativo en la investigación social y educativa: nuevas respuestas para viejos interrogantes. *Cuestiones pedagógicas*, 15, 227-246.
- Grilli Silva, J., Laxague, M., & Barboza, L. (2015). Dibujo, fotografía y Biología. Construir ciencia con ya partir de la imagen. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*.
- Guerrero, L. (2017). LA ILUSTRACIÓN CIENTÍFICA DE INSECTOS COMO ESTRATEGIA PEDAGÓGICA PARA LA VALORACIÓN Y CUIDADO DE LA BIODIVERSIDAD. *Revista Bio-Grafía Escritos Sobre La Biología y Su Enseñanza*, 10(19), 44. <https://doi.org/10.17227/bio-grafia.extra2017-7084>
- Haeckel, E. (2013). *Kunstformen der natur*. BoD–Books on Demand
- Harrison, RG (1907). Observaciones sobre la fibra nerviosa viva en desarrollo. *Actas de la Sociedad de Biología y Medicina Experimental*, 4(2), 140-143
- Hernández, Y., & González, M. E. (2010). Efectos de la contaminación microbiana y oxidación fenólica en el establecimiento in vitro de frutales perennes. *Cultivos tropicales*, 31(4), 00-00.
- Hobbelink, H. (1992). La diversidad biológica y la biotecnología agrícola. ¿Conservación o acceso a los recursos? *Ecología política*, (4), 57-72.
- Imbernón, F. (2001). Claves para una nueva formación del profesorado. *Revista Investigación en la Escuela*, 43, 57-66.
- Jiménez, V., & Abdelnour, A. (2018). Protocolo de micropropagación de arándano nativo de Costa Rica (*Vaccinium consanguinum*). *Revista Tecnología En Marcha*, 31(1), 146. <https://doi.org/10.18845/tm.v31i1.3504>.
- Kant, E. (2009). ¿Qué es la Ilustración? *Foro de educación*, 7(11), 249-254.
- Kaplún, G. (2003). Material didáctico: la experiencia de aprendizaje. *Comunicación y Educación*, (27), 46-60.

- Kwak, M., Lee, EJ, Lee, DH, Lee, IJ y Lee, SW (2015). Propagación in vitro eficiente de arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.) utilizando un sistema de cultivo de dos pasos. *Horticultura, medio ambiente y biotecnología*, 56(6), 787-793.
- Lerma, S. et al. (2019). Propagación in vitro de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) a partir de yemas axiliares. SENA.
- Loaiza, D. C. & Oliveros, D. (2021). Diseño de un material didáctico web para la enseñanza de cultivo de tejidos en orquídeas que permita el desarrollo de habilidades científicas en estudiantes de grados octavo y noveno. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12209/16743>
- Lozada, V y Arecelly, L. (2022), Evaluación de tres sustratos para el desarrollo de cultivos de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.). Tomado de: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/34563?locale=de>
- Luzardo, F. J. T., & Arteaga, Y. (2012). Selección y manejo de ilustraciones para la enseñanza de la célula: propuesta didáctica. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 30(3), 281-294.
- Marco, B. (1997). La alfabetización científica en la frontera del 2000. *Kikiriki*, 44(45), 35-42.
- Martín, L. (2018). 4 beneficios de los arándanos azules para la salud. *Diario AS*. Tomado de: https://as.com/deporteyvida/2018/08/21/portada/1534862667_916746.html
- Melendez, M., (2021). *Vaccinium* spp.: Características cariotípicas y filogenéticas, composición nutricional, condiciones edafoclimáticas, factores bióticos y microorganismos benéficos en la rizosfera. Tomado de: https://www.researchgate.net/publication/350055631_Vaccinium_spp_Karyotypic_and_phylogenetic_characteristics_nutritional_composition_edaphoclimatic_conditions_biotic_factors_and_beneficial_microorganisms_in_the_rhizosphere
- Meurant, G. (2012). *Cultivo de Tejidos Vegetales: Métodos y Aplicación en Agricultura*. Elsevier.
- Migoya, M. A. (2017). Ilustración científica botánica, su mirada y referencias actuales. *Trayectorias Universitarias*, 3. Recuperado de: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/64462>
- Millán, J. T. (2022). Ilustrar y animar para conservar. Sobre aves endémicas en los humedales de Bogotá. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12209/18416>.
- OEI. (s/f). Organización de Estados Iberoamericanos. Tomado de: <https://oei.int/areas/educacion>
- Ortiz, M., (2020). Radiografía de las enfermedades del arándano en América. *Redagricultura Perú*. Tomado de: <https://www.redagricola.com/pe/radiografia-de-las-enfermedades-del-arandano-en-america/>

- Palacios, F. J. P., & de Dios Jiménez, J. (2002). Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Análisis de libros de texto. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 369-386.
- Perea, M. (2009). Cultivo de Tejidos Vegetales In Vitro. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Tomado de: http://ciencias.bogota.unal.edu.co/fileadmin/Facultad_de_Ciencias/Publicaciones/Imagenes/Portadas_Libros/Biologia/Cultivo_de_Tejidos_Vegetales_In_Vitro/Cultivo_de_Tejidos_Vegetales_In_Vitro.pdf?fbclid=IwAR2xLhdtU-7yKztpAvuWQjdZYh-ltzpcYT6PnzpAErkw_ZozfqclxwYy-Y
- Rache, L. & Pacheco, J. (2010). Propagación in vitro de plantas adultas de *Vaccinium meridionale* (Ericaceae). *Acta Botanica Brasílica*, 24(4), 1086–1095. <https://doi.org/10.1590/s0102-33062010000400024>.
- Retamales, JB and Hancock, JF (Eds.) - "Blueberries" (2012): Este libro es una referencia importante en el campo de los arándanos y aborda diversos aspectos relacionados con su cultivo, incluyendo la biología, la genética, el manejo del cultivo y comercialización.
- Rivas, M. Z., Piagentini, A. M., & Frisón, L. N. (2019). Flora fúngica contaminante natural de arándanos (*Vaccinium corymbosum* L. O'Neal) frescos y tratados térmicamente. *Fave. Sección ciencias agrarias*, 18(2), 63-67.
- Roa, R., y Valbuena, E., (2013). Revista Colombiana de Biotecnología. Universidad Nacional de Colombia. Tomado de: <https://www.redalyc.org/pdf/776/77629802018.pdf>
- Ruedas Marrero, M., Ríos Cabrera, M. M., & Nieves, F. (2009). Hermenéutica: la roca que rompe el espejo. *Investigación y postgrado*, 24(2), 181-201.
- Salazar, M. O. (2017). El monismo de Ernst Haeckel como base teórica de sus ilustraciones científicas. *Revista de Filosofía de la Universidad de Costa Rica*, 56(145), 7-8.
- Sanchez, et al(2018). "Manual de términos en investigación científica, tecnología y humanísticas" Universidad Ricardo Palma, Lima Perú, Tomado de: <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/1480>
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2007). *Fisiología vegetal* (Vol. 10). Universitat Jaume I.
- Tashakkori, A. y Teddlie, C. (2003). Manual de métodos mixtos en investigación social y conductual. Publicaciones de salvia.
- Teixeira, J. B. (2010). *Cultivo in vitro de plantas* (pp. 15-49). L. P. B. Cid (Ed.). Brasília: Embrapa Informação Tecnológica.
- Thomson JA, Itskovitz-Eldor J, Shapiro SS, Waknitz MA, Swiergiel JJ, Marshall VS, Jones JM. (1998) Embryonic stem cell lines derived from human blastocysts. *Science*.
- Thorpe, TA Historia del cultivo de tejidos vegetales. *Mol Biotechnol* 37 , 169–180 (2007). Tomado de: <https://doi.org/10.1007/s12033-007-0031-3>
- Undurraga, P., & Vargas, S. (2013). Manual de arándano.

- Undurraga, P., Vargas, S., (2013). Manual de Arándano. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Tomado de: <http://asocolblue.com/wp-content/uploads/2016/04/Manual-de-arandanos.pdf>
- UNESCO. (2009). La alfabetización científica y tecnológica en la educación. Recuperado de <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000186479>
- UNESCO. (2019). Enseñanza de las ciencias. Obtenido de <https://en.unesco.org/themes/science-education>
- Velandia, K. P. (2018). Aproximación de la ilustración científica al cuaderno de campo de algunos licenciados en biología de la Universidad Pedagógica Nacional como un instrumento constructor de representación no verbal. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12209/10174>.
- Whitbread, D. (2009). El manual de diseño.
- Zapata, L. M., Heredia, A. M., Quinteros, C. F., Malleret, A. D., Clemente, G., & Cárcel, J. A. (2014). Optimización de la extracción de antocianinas de arándanos. *Ciencia, docencia y tecnología*, (49), 166-192.
- Zhu, Y., Wang, Y., Ge, X. y Shi, Z. (2017). Actividades antioxidantes y antiinflamatorias de las antocianinas y su aglicona, la cianidina, de las cerezas ácidas. *Revista de Productos Naturales*, 80(7), 2189-2196.

11. Anexos

- **Enlace a Material Educativo :** [Manual divulgativo](#)