

SISTEMATIZACIÓN DE LA TRANSFORMACIÓN DE UN CURSO CON ENFOQUE
PEDAGÓGICO CONDUCTISTA Y COGNITIVISTA A UN CURSO CON UN ENFOQUE
CONSTRUCTIVISTA

EDGAR BARRERA SABOGAL

UNIVERSIDAD ICESI
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
MAESTRÍA EN EDUCACIÓN MEDIADA POR LAS TIC
SANTIAGO DE CALI

2022

SISTEMATIZACIÓN DE LA TRANSFORMACIÓN DE UN CURSO CON ENFOQUE
PEDAGÓGICO CONDUCTISTA Y COGNITIVISTA A UN CURSO CON UN ENFOQUE
CONSTRUCTIVISTA

EDGAR BARRERA SABOGAL

Trabajo de grado para optar por el título de:

Magister en educación mediada por las TIC

Asesora:

María Isabel Rivas Marín

UNIVERSIDAD ICESI
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
MAESTRÍA EN EDUCACIÓN MEDIADA POR LAS TIC
SANTIAGO DE CALI

2022

Agradecimientos

Quiero dar mis más sinceros agradecimientos a mi hijo Nicolás y a mi esposa Eli, por todo el amor y paciencia que recibí de ellos durante este proceso, a mis padres a los que les agradezco mi existencia, el amor, el cariño incondicional y por permitirme disfrutar del cuidado de su vejez.

Un especial agradecimiento a mi fantástica tutora María Isabel Rivas Marín, por ser lo máximo!. Muchas gracias por tu sabiduría.

También quiero expresar infinitos agradecimientos a los profesores de la maestría por la acertada guía en cada momento académico, cada discusión y cada comentario; me inspiran una gran admiración y respeto.

Resumen.

El presente trabajo tiene como objetivo la sistematización de un proceso de transformación de un curso dictado con un enfoque conductista y cognitivista, a un curso con un enfoque, fundamentalmente, constructivista. Se diseñaron actividades didácticas que incorporaron elementos del entorno familiar de los estudiantes, en donde el uso de las TIC como herramienta de apoyo, fue estratégico en el proceso. Se contrastaron elementos de la vida real junto con los procesos teórico-práctico, académicos, para darle significado y contextualización al aprendizaje sobre cultivo de tejidos vegetales *in-vitro*.

En el curso se estimuló el desarrollo de habilidades y competencias como el trabajo en equipo, la autonomía, la comunicación, el pensamiento crítico y la creatividad, entre otros. El modelo de evaluación formativa, permitió que los estudiantes se enfocaran más en el aprendizaje y no en el estrés que les produce el modelo sumativo. El enfoque constructivista del curso, cambió considerablemente el ambiente de aprendizaje y generó mucho interés en el tema y sus aplicaciones en la vida real.

Abstract.

This work aimed to systematise a transformation process from a course taught with behavioural and cognitivist approaches, to a course with a fundamentally constructivist approach. Didactic activities which incorporated elements of the students' family environment and the use of ICT as a strategic support tool, were designed. Elements of real-life were contrasted with theoretical-practical and academic processes, to give meaning and contextualization to learning about *in-vitro* plant tissue culture.

The course stimulated the development of skills and competencies such as teamwork, autonomy, communication, critical thinking and creativity, among others. The formative assessment model allowed students to focus more on learning and not on the stress produced by the summative model. The constructivist approach of the course considerably changed the learning environment and generated a lot of interest in the topic and its applications in real life.

Tabla de Contenido

Índice	1
Lista de figuras y gráficos	3
Lista de tablas	4
Introducción	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
1. Descripción de la práctica de sistematización.	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
1.1 Contexto de la sistematización.	7
1.2 Identificación de la situación, problema o necesidad que hace surgir la práctica....	7
1.3 Caracterización de los actores que hacen parte de la práctica y sus respectivos roles (dentro de la práctica y del proceso de sistematización).	8
1.4 Actividades y recursos que hacen parte de la práctica.....	9
2. Problema de sistematización.	12
2.1 Ejes de la sistematización.	13
2.1.1 Eje relevancia	13
2.1.2 Eje pertinencia.....	13
2.1.3 Eje validez	14
3. Justificación de la sistematización	14
4. Alcances del proceso de sistematización	15
Objetivos prácticos y de conocimiento planteados.	15
4.1 Objetivo general:.....	15
4.2 Objetivos específicos:	15
5. Resultados y usos esperados de la sistematización.	15
5.1 Requerimientos personales e institucionales y posibles dificultades en el desarrollo de la sistematización.	16
6. Marco Analítico	16
6.1 Identificación de los conceptos relevantes de la sistematización y los respectivos enfoques teóricos que se adoptarán.	16
6.2 Antecedentes empíricos en distintos ámbitos.....	17
7. Marco teórico	20
7.1 Enfoque conductista.....	20
7.2 Enfoque cognitivista	22
7.3 Enfoque constructivista.....	24
7.3.1 Teoría cognitiva o evolutiva de Piaget.	24
7.3.2 Teoría del aprendizaje significativo de Ausubel.	25
7.3.3 Teoría del aprendizaje social de Vigotsky.....	25

8. Modelo metodológico (DRI) para la sistematización	27
8.1 Descripción del Módulo objeto de sistematización.	27
8.2 Descripción de la práctica	28
8.2.1 Actividades de aprendizaje con el nuevo enfoque constructivista.	30
8.2.1.1 Taller de conocimientos previos.	30
8.2.1.2 Elaboración de un video con la entrevista de un familiar en donde se explique la manera tradicional de sembrar una rosa.	33
8.2.1.3 Presentación sobre fases del cultivo vegetal <i>in-vitro</i>	37
8.2.1.4 Presentación sobre la composición general de un medio de cultivo <i>in-vitro</i>	39
8.2.1.5 Elaboración de una infografía con las principales hormonas de crecimiento y sus funciones.	42
8.2.1.6 Video con las principales aplicaciones del cultivo de tejidos vegetales <i>in-vitro</i>	44
8.2.1.7 Laboratorio de cultivo de tejidos <i>in vitro</i>	46
8.2.1.8 Objetivos de aprendizaje	46
8.2.1.9 Introducción de material vegetal proveniente de medio ambiente a condiciones <i>in vitro</i>	47
8.2.1.10 Micropropagación de plántulas <i>in vitro</i>	48
8.2.1.11 Aclimatación de plántulas <i>in vitro</i> a condiciones de invernadero.	49
8.2.1.12 Entrega de material <i>in vitro</i> (plántulas de fresa) para aclimatación en casa.	49
8.2.1.13 Elaboración de un video comparando el video de la siembra de la rosa y la micropropagación en el laboratorio.	51
8.3 Interpretación de la práctica educativa.	53
8.4 Fase de evaluación	55
8.5 Consideraciones éticas.	55
Conclusiones.....	56
Referencias bibliográficas.....	57

Lista de figuras y gráficos

Figura 1. Componentes de la sección teórica del módulo de cultivo de tejidos vegetales in-vitro	29
Figura 2. Taller de conocimientos previos	31
Gráfica 1. Porcentaje de respuestas del taller de conocimientos previos	32
Figura 3. Instrucciones para el video sobre la siembra de una rosa	36
Figura 4. Fases del cultivo de tejidos vegetales in-vitro	38
Figura 5. Composición general de un medio de cultivo in-vitro.	40
Figura 6. Instrucción para la actividad del mapa conceptual sobre la composición de un medio de cultivo.	41
Figura 7. Mapa conceptual sobre la composición de un medio de cultivo.....	42
Figura 8. Instrucción para elaborar una infografía sobre reguladores de crecimiento..	43
Figura 9. Infografía sobre reguladores de crecimiento y sus características más relevantes.	44
Figura 10. Instrucciones para el video sobre las aplicaciones del cultivo de tejidos vegetales in-vitro.	45
Figura 11. Presentación de la guía de laboratorio de cultivo de tejidos vegetales in-vitro con los objetivos de aprendizaje.	47
Figura 12. Plantas de Fresa aclimatadas en casa a partir de cultivo in-vitro.....	50
Figura 13. Instrucciones para la elaboración del video comparativo entre la siembra de la rosa y la micropropagación de yuca.....	52

Lista de tablas

Tabla 1. Diseño de las actividades y recursos necesarios para el desarrollo del módulo.	10
Tabla 2. Experiencias académicas con enfoques constructivistas para la enseñanza del cultivo de tejidos vegetales	18
Tabla 3. Links de los videos sobre clonación de una rosa.....	37
Tabla 4. Links de los videos sobre aplicaciones del cultivo de tejidos vegetales in-vitro.	46
Tabla 5. Links de los videos comparativos entre la siembra de una rosa y la micropropagación de Yuca..	53

SISTEMATIZACIÓN DE LA TRANSFORMACIÓN DE UN CURSO CON ENFOQUE PEDAGÓGICO CONDUCTISTA Y COGNITIVISTA A UN CURSO CON ENFOQUE CONSTRUCTIVISTA.

Introducción

La sistematización de experiencias consiste en reconstruir y analizar críticamente una práctica. Busca entender, ordenar, procesar y comunicar lo sucedido en una práctica educativa, teniendo en cuenta a todos los que participan como actores, de tal forma que esta práctica pueda ser reconstruida nuevamente, con el objetivo de comparar y generar nuevos conocimientos teóricos y prácticos. En este caso, el objeto de la sistematización se centra en el diseño de una secuencia didáctica con un enfoque constructivista sobre el Cultivo de Tejidos Vegetales *in-vitro* para entender la interacción que tienen las plantas para obtener su alimento y sobrevivir, utilizando el suelo como fuente de nutrientes y la fotosíntesis como fuente de carbono. El propósito del presente trabajo es “Sistematizar la transformación de un curso con un enfoque didáctico conductista y cognitivista a un curso con un enfoque fundamentalmente constructivista” y generar un conocimiento significativo, contextualizado y permanente en los estudiantes para que haga parte de su vida profesional y personal.

La coherencia entre la teoría y la práctica es el aspecto más relevante a la hora de abordar el proceso de enseñanza-aprendizaje para que el estudiante le encuentre sentido a lo que aprende y construya su nuevo conocimiento sobre la base de lo que ya conoce. En este caso, la sistematización se realiza sobre el módulo de cultivo de tejidos vegetales *in-vitro*, que pertenece a un curso de biotecnología. En el módulo que se ofrecía antes del proceso de transformación, la clase teórica se desarrollaba de manera magistral y el laboratorio era un poco aislado de la teoría. La propuesta que será sistematizada, consiste en realizar cambios para transformar la secuencia didáctica tratando de no variar mucho el contenido micro curricular pero sí el enfoque didáctico a uno más constructivista.

Centrar el foco del aprendizaje en los estudiantes, estimular su participación activa y creativa, propiciar el trabajo colaborativo, la autonomía, las habilidades comunicativas y

la construcción de su propio conocimiento son algunos de los elementos que estarán en juego durante todo el proceso.

Los fundamentos de referencia teórica se enfocarán principalmente en los trabajos desarrollados por los tres principales exponentes del constructivismo: Jean Piaget, David Ausubel y Lev Vigotsky, quienes con sus teorías demostraron cómo se realiza el proceso de aprendizaje en los humanos y, muy seguramente, también el aprendizaje de otros animales no humanos. Con base en estas teorías se trató de analizar y diseñar las actividades de la presente sistematización y con ella (la sistematización) se documentará cada momento de la práctica, con el fin de reflexionar profundamente sobre cada aspecto importante que esté encaminado al cumplimiento de los objetivos de aprendizaje ofrecidos a los estudiantes. Se espera que del análisis y reflexión producidos en la sistematización, puedan generarse cambios y conocimientos que contribuyan un poco en el inagotable proceso de mejoramiento del aprendizaje.

Como dice Shuell citado por Peggy 1993 *“El aprendizaje es un cambio perdurable de la conducta del individuo o en la capacidad de comportarse de una determinada manera, la cual resulta de la práctica o de alguna otra forma de experiencia”*, pero también, según dice Maturana 2019, *“ese aprendizaje debe estar mediado por el amor, que es el reconocimiento del otro, su aceptación, la legitimación y correspondencia del otro, por tanto es cooperación”*, la que se necesita para aprender con el otro y del otro. Amalgamar el conocimiento con la experiencia le permite al individuo apropiarse de un papel activo frente a su proceso de aprendizaje, haciendo que la realidad signifique algo para él y oriente su conducta (De la fuente. 1997).

1. Descripción de la práctica de sistematización.

1.1 Contexto de la sistematización.

El módulo de cultivo de tejidos vegetales *in-vitro*, se encuentra contenido en el curso de biotecnología de la facultad de ciencias naturales de la Universidad Icesi, una universidad de carácter privado. Este curso, y por lo tanto el módulo, se ofrece a los estudiantes de séptimo semestre de los programas de Biología, Química y Química farmacéutica que deben tomarlo como parte de su currículo central.

El contenido del módulo utiliza conocimientos que los estudiantes deben haber aprendido durante su formación académica; tanto en la universidad y/o en su formación básica, y desarrolla algunos otros, propios del tema de cultivo de tejidos vegetales. Se utilizan temas como: anatomía vegetal, fisiología, nutrición, medios de cultivo, micropropagación, esterilización y asepsia, entre otros. Para que los estudiantes puedan tomar el curso de biotecnología, deben haber cursado biología general, biología celular, bioquímica y biología molecular, como prerrequisitos académicos.

El módulo, está diseñado para tener un componente teórico y ser desarrollado en el aula de clase y otro componente práctico que se lleva a cabo en un laboratorio de la universidad.

1.2 Identificación de la situación, problema o necesidad que hace surgir la práctica.

El cultivo de tejidos vegetales *in-vitro* tiene gran importancia para el desarrollo de la biotecnología vegetal. Sus aplicaciones en diferentes sectores (Ej. Micropropagación, transformación genética, mejoramiento genético, cultivo de protoplastos, fitorremediación, intercambio internacional, etc) son una herramienta para diferentes procesos en la industria química, médica, cosmética, farmacéutica e investigaciones

biológicas. Debido a esta trascendencia, los programas de la **facultad de ciencias naturales** deben profundizar en este tema como parte de su formación académica.

En un proceso de retroalimentación informal con los estudiantes, se identificó que existía una alta heterogeneidad en los conocimientos previos de los estudiantes, fundamentalmente en los programas de química y química farmacéutica. Los estudiantes de estos programas (no tanto con los del programa de biología) no se encontraban familiarizados con los términos técnicos y científicos de la temática, pero contaban con conocimientos previos no académicos obtenidos en el entorno familiar y local. Otro aspecto evidenciado en la retroalimentación es, que la secuencia didáctica empleada para el desarrollo del módulo de cultivo de tejidos estaba muy dirigida a un enfoque conductista y cognitivista, generando mayor desinterés de los estudiantes por el tema. El módulo se convertía en un proceso memorístico y mecánico que no permitía un aprendizaje significativo ni un conocimiento permanente y duradero en los estudiantes, produciéndoles más estrés del que la carrera les genera.

Por esta razón se decidió adaptar todo el contenido del módulo para realizar una nivelación de conceptos estimulando el trabajo colaborativo y desarrollando el módulo con diferentes secuencias didácticas que contienen un enfoque más constructivista para alcanzar los objetivos de aprendizaje diseñados y las competencias esperadas.

1.3 Caracterización de los actores que hacen parte de la práctica y sus respectivos roles (dentro de la práctica y del proceso de sistematización).

Los principales actores de esta práctica son los estudiantes de séptimo semestre del curso de biotecnología de la facultad de ciencias naturales de la Universidad Icesi, quienes estarán desarrollando las actividades propuestas para el módulo de cultivo de tejidos vegetales *in-vitro*, también son tenidos en cuenta como participantes de las actividades académicas, personas del entorno familiar y conocidos de los estudiantes, quienes los acompañarán transmitiendo conocimientos no académicos para algunas de las actividades de la clase y, finalmente, otro actor que cumplirá el rol de profesor, quien

estará orientando y guiando el proceso para el logro de los objetivos de aprendizaje propuestos.

1.4 Actividades y recursos que hacen parte de la práctica.

Durante el desarrollo del módulo de cultivo de tejidos, las clases mantendrán el mismo contenido académico, pero se sumarán algunas actividades que permitan la nivelación de los conocimientos previos necesarios para el desarrollo del módulo. Algunas actividades estarán orientadas a la homologación de términos coloquiales con términos académicos con el objetivo de rescatar los conocimientos adquiridos en su entorno e involucrarlos en los nuevos conocimientos científicos. Por ejemplo, el término “explante” que se asociará a “piecito”, término utilizado por las abuelas para referirse a un trozo de una planta que da origen a otra igual denominada clon y otros términos muy utilizados coloquialmente como mata (planta), hijito (descendencia), comida (nutrientes), gónadas (anteras), testículos (polen), etc.

De esta forma, cada clase se convertirá en una serie de historias muy parecidas a las que, seguramente, habrán escuchado en su casa o en la visita a sus abuelos o parientes. Además, cada historia o cada tema, será asociado a la posibilidad de recrear el mismo evento, pero a nivel de laboratorio, generando altas expectativas para el momento de la práctica.

Las actividades y recursos para utilizar en esta práctica se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 1. Diseño de las actividades y recursos necesarios para el desarrollo del módulo.

Fuente propia

Temática	Actividades	Recursos	Momento de aplicación
Fundamentos y aplicaciones del cultivo de tejidos vegetales <i>in vitro</i> .	<ol style="list-style-type: none"> 1. Taller de conocimientos previos. 2. Elaboración de un video con la entrevista de un familiar en donde se explique la manera tradicional de sembrar una rosa. 3. Foro sobre fases del cultivo vegetal <i>in-vitro</i>. 4. Presentación sobre la composición general de un medio de cultivo <i>in-vitro</i>. 5. Elaboración de una infografía con las principales hormonas de crecimiento y sus funciones. 6. Elaboración de una infografía sobre la composición de medios de cultivo <i>in-vitro</i>. 7. Video con las principales aplicaciones del cultivo de tejidos vegetales <i>in-vitro</i>. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Documento de Word 2. Video de entrevista con familiar o conocido. 3. Presentación en Power Point y artículo científico. 4. Presentación en Power Point. 5. Uso de plataformas como Genially, Miro y Canvas. 6. Uso de plataformas como Genially, Miro y Canvas. 7. Uso de plataforma Screen cast o matic. 8. Uso de plataforma Screen cast o matic y Filmora o Windows movie maker. 9. Uso de plataforma Screen cast o matic. 	<p>Las actividades 1 y 2 se realizarán previo a la clase.</p> <p>Las actividades 3 y 4 se realizarán durante la clase.</p> <p>Las actividades 5, 6, 7 y 8 se realizarán posterior a la clase.</p> <p>La actividad 9 se realizará durante la clase.</p>

	<p>8. Elaboración de un video con una interpretación académica tomando como insumo el video desarrollado con la familia previamente y lo desarrollado en el laboratorio.</p> <p>9. Elaboración de un video donde se resuelva, con el uso de la biotecnología, el problema de los papicultores con las heladas.</p>	<p>10. Cuestionario con la retroalimentación de la unidad temática.</p>	
<p>Laboratorio de cultivo de tejidos <i>in vitro</i>.</p>	<p>1. Introducción de material vegetal proveniente del medio ambiente a condiciones <i>in vitro</i>.</p> <p>2. Micropropagación de plántulas <i>in vitro</i>.</p> <p>3. Aclimatación de plántulas <i>in vitro</i> a condiciones de invernadero.</p> <p>4. Entrega de material <i>in vitro</i> (plántulas de fresa) para aclimatación en casa.</p>	<p>1. Disponibilidad de equipos, insumos, reactivos y material vegetal para la introducción a condiciones <i>in-vitro</i>.</p> <p>2. Material vegetal <i>in-vitro</i> de planta de yuca y fresa.</p> <p>3. Material vegetal <i>in-vitro</i> e insumos para el proceso de aclimatación.</p>	<p>Las actividades 1, 2 y 3 se realizarán durante el laboratorio.</p> <p>La actividad 4 se realizará después del laboratorio.</p>

		4. Plántulas de fresa para aclimatación en la casa.	
--	--	---	--

2. Problema de sistematización.

Durante varios semestres en el que se ha ofrecido el módulo de cultivo de tejidos vegetales *in-vitro* en la facultad, el enfoque didáctico que se ha utilizado, generaba una limitada comprensión de los temas abordados, desinterés y apatía general en los estudiantes; fundamentalmente, en los estudiantes de química y química farmacéutica quienes, por su currículo específico del programa, no reciben bases de botánica y no vislumbran mucha aplicación del tema para sus carreras, esto agudizado por una secuencia o enfoque didáctico un poco conductista y muy cognitivista. Se realizaban presentaciones magistrales por parte del profesor, talleres y observación de videos. La evaluación del módulo era netamente sumativa con un parcial final que evaluaba los conocimientos aprendidos en el módulo teórico. También se desarrollaba un laboratorio donde los estudiantes tenían la oportunidad de experimentar los pasos del cultivo de tejidos *in-vitro* pero en la práctica se realizaban de forma mecánica.

Con esta estrategia didáctica, los estudiantes solo cumplían con una materia más, pero quedaba la duda si los objetivos de aprendizaje se lograban y sus conocimientos eran significativos y permanentes, y si tenían alguna contextualización en sus vidas. Teniendo en cuenta esto, surge la pregunta: ¿Qué elementos del diseño o enfoque didáctico para el aprendizaje del cultivo de tejidos vegetales *in vitro*, favorecen aprendizajes significativos y contextualizados provocando el interés de los estudiantes y articulando

con otros aspectos de su vida profesional y personal? Esta pregunta se convierte en el punto de partida de la presente sistematización.

2.1 Ejes de la sistematización.

2.1.1 Eje relevancia:

La coherencia o alineamiento entre los resultados de aprendizaje esperados, las actividades de enseñanza-aprendizaje y las tareas de evaluación, constituyen el eje central del proceso de aprendizaje, pero no menos importante es el diseño del ambiente de aprendizaje del estudiante donde las vivencias propias permitirán que pueda construir su propia realidad para obtener un conocimiento permanente y duradero, significativo y contextualizado. Lograr una adecuada relación entre la teoría y la práctica, con un enfoque constructivista, contribuyen para que el estudiante le encuentre significado a lo que aprende. Propiciar y facilitar que los estudiantes identifiquen cada una las condiciones ambientales (biológicas, físicas, químicas y fisiológicas) que requiere una planta para sobrevivir en la naturaleza, es el insumo básico para reproducir o emular, de forma vivencial, las mismas características, pero en condiciones de laboratorio (*in-vitro*). Con esta práctica, los estudiantes pueden dimensionar cómo se hace y qué aplicaciones tiene esta técnica biotecnológica (cultivo de tejidos vegetales *in-vitro*) en diferentes contextos productivos o científicos en la sociedad.

2.1.2 Eje pertinencia:

Para la formación académica de los estudiantes de biología, química y química farmacéutica, es muy importante conocer los fundamentos técnicos y científicos del cultivo de tejidos vegetales *in-vitro*, pero también es muy importante integrar los conocimientos adquiridos en cursos anteriores y tener una vivencia práctica que les permita desarrollar habilidades en este campo y desenvolverse bien en un laboratorio de investigación o producción.

En la región, en el país y en el mundo, las aplicaciones del cultivo de tejidos vegetales *in-vitro*, tienen un amplio espectro en sectores como: el ornamental, industrial,

conservación genética, biorremediación, agricultura, Transformación genética OMG, industria Química, farmacéutica, medicina, etc. Que un estudiante de ciencias naturales debe conocer.

2.1.3 Eje validez:

Es importante que el estudiante identifique cómo podría potencializar su desempeño en el campo profesional con los fundamentos, habilidades y competencias en el uso de cultivo de tejidos vegetales *in-vitro*, como herramienta para plantear o solucionar problemas de su entorno y/o de la sociedad.

3. Justificación de la sistematización

La coherencia entre la teoría y la práctica y una secuencia didáctica con un enfoque principalmente constructivista, es el aspecto más relevante para facilitarle a los estudiantes la construcción de su conocimiento a partir de sus propias vivencias, es propiciar para que le encuentren sentido a lo que aprenden y le puedan encontrar alguna aplicación. Poder observar el desarrollo de la actividad, volver a verla y tener la retroalimentación de los participantes, nos permitirá documentar cada momento de la práctica, cada actividad y nos llevará a reflexionar críticamente sobre cada aspecto importante que esté encaminado al cumplimiento de los objetivos de aprendizaje ofrecidos a los estudiantes. La principal razón de ser, de esta sistematización, es lograr una secuencia didáctica organizada y reproducible que permita a los estudiantes construir un conocimiento significativo y contextualizado en temas asociados con el cultivo de tejidos vegetales *in-vitro* y que pueda ser aplicable en su vida profesional y por qué nó, a su vida personal.

4. Alcances del proceso de sistematización

Objetivos prácticos y de conocimiento planteados.

Los objetivos prácticos y de conocimiento planteados para esta sistematización incluyen:

4.1 Objetivo general:

Sistematizar la transformación de un curso con un enfoque didáctico conductista y cognitivista a un curso con enfoque fundamentalmente constructivista.

4.2 Objetivos específicos:

1. Diseñar actividades didácticas con un enfoque constructivista para el proceso de aprendizaje.
2. Incorporar elementos del entorno de los estudiantes al proceso de aprendizaje
3. Contrastar elementos aprendidos en el aula de clase con elementos de la vida real de los estudiantes
4. Desarrollar estrategias de evaluación que evidencien las competencias de los estudiantes en el tema a lo largo del proceso de aprendizaje.

5. Resultados y usos esperados de la sistematización.

Como resultado de esta sistematización se espera encontrar que las nuevas metodologías y secuencias didácticas con un enfoque constructivista, permitan que los estudiantes construyan su propio conocimiento de manera más significativa y contextualizada para que redunde en estudiantes con mayor interés y apropiación de los conocimientos propios del tema, desarrollen competencias y habilidades en el trabajo colaborativo, pensamiento crítico y autonomía, además, que disfruten más el proceso de aprendizaje y apliquen muchos de los conceptos adquiridos en el curso tanto en su vida profesional como en su vida personal. Se espera que esta sistematización permita

diseñar secuencias didácticas que puedan ser aplicadas en esta experiencia educativa y extrapolarlas a otras experiencias similares o en otras temáticas.

5.1 Requerimientos personales e institucionales y posibles dificultades en el desarrollo de la sistematización.

Es importante contar con la disposición de recursos TIC para la construcción de documentos audiovisuales que permitan la elaboración de productos entregables a lo largo del módulo y que faciliten la retroalimentación del proceso a cada estudiante. El componente teórico será llevado a cabo dentro y fuera del aula de clase y el componente práctico de este proceso, se hará en el laboratorio de biotecnología de la universidad Icesi, un sitio diseñado y acondicionado para la realización ortodoxa del cultivo de tejidos vegetales *in-vitro*. Contiene todos los equipos, materiales, reactivos e infraestructura apropiada y contiene los mismos elementos que los utilizados por empresas o laboratorios de investigación especializados en este campo.

Los requerimientos personales para el desarrollo de la sistematización están en función de las habilidades académicas y didácticas del docente. Las dificultades que podrían limitar el desarrollo de la sistematización estarán asociadas al tiempo disponible para las diversas actividades.

6. Marco Analítico

6.1 Identificación de los conceptos relevantes de la sistematización y los respectivos enfoques teóricos que se adoptarán.

Para la sistematización de esta experiencia, se tendrá en cuenta un enfoque didáctico de aprendizaje significativo, basado en la relación entre los conceptos previos y nuevos. Para lograr esta secuencia didáctica, se emplearán metodologías como aprendizaje por indagación, aprendizaje basado en análisis de caso y aprendizaje basado en proyectos.

6.2 Antecedentes empíricos en distintos ámbitos.

Experiencias similares a la descrita en esta sistematización se presentan en el documento de tesis de Florian (2019), en donde se realiza el diseño de una unidad didáctica sobre tejido de cultivos vegetales *in-vitro*, utilizando un enfoque didáctico de aprendizaje significativo. La autora tiene en cuenta el uso de los conceptos previos de los estudiantes asociados a su vida cotidiana para explicar el mismo fenómeno desde diferentes puntos de vista y darle un mayor significado al aprendizaje.

Cardona (2013) aplica el modelo pedagógico social cognitivo, utilizando la metodología de aprendizaje por indagación enfocada en el cultivo de tejidos vegetales, pretende promover el aprendizaje activo y participativo en los estudiantes basados en la experiencia y los procesos vivenciales.

Por su parte, Ocampo (2016), utiliza el aprendizaje basado en proyectos para el desarrollo de competencias en el cultivo de tejidos y genera una secuencia didáctica detallada que garantiza la reproducibilidad de cada momento.

Delgado C.A (2012), considera la biotecnología como un factor integrador de la enseñanza de las ciencias naturales, utiliza una estrategia pedagógica centrada en la resolución de problemas y el aprendizaje basado en proyectos para desarrollar el tema de la producción vegetal con el uso de herramientas biotecnológicas. Se manifiesta en contra de la educación fragmentada y hace énfasis en una educación integral que estimule el trabajo en equipo e interdisciplinario.

En la tabla 2, se resumen algunos de los trabajos realizados con un enfoque constructivista el área del cultivo de tejidos vegetales *in-vitro*:

Tabla 2. Experiencias académicas con enfoques constructivistas para la enseñanza del cultivo de tejidos vegetales. Fuente propia

Referencia	Concepto que aborda	Características del material	Aportes para la sistematización	Utilidad
Florian, A.K. (2019). Diseño de una unidad didáctica sobre el cultivo de tejidos vegetales in vitro que permitan la enseñanza de conceptos relacionados con el desarrollo de las plantas, para estudiantes del grupo de biotecnología del colegio CAFAN. Universidad Pedagógica Nacional. Tesis licenciatura en Biología. Bogotá.	<ul style="list-style-type: none"> * Criterios para diseñar una unidad didáctica. *Descripciones concretas sobre las ideas e intenciones educativas. *Selección y secuencia de contenidos. *Selección y secuencia de actividades. *El enfoque didáctico: Aprendizaje significativo. * Valoración de conceptos previos y nuevos. 	<ul style="list-style-type: none"> *Se basa en el aprendizaje que valora los conocimientos previos como punto de partida para los conocimientos nuevos. *Hace énfasis en el significado que tienen las actividades cotidianas para explicar el mismo fenómeno desde diferentes puntos de vista. 	<ul style="list-style-type: none"> *En el artículo se utiliza el cultivo de tejidos como medio para diseñar una unidad didáctica que tiene en cuenta la vida cotidiana como punto de partida para desarrollar los objetivos de aprendizaje. 	<ul style="list-style-type: none"> *El enfoque, la secuencia didáctica y los objetivos de aprendizaje, son muy similares a los planteados en mi sistematización.
Cardona, M.L., (2013). Diseño e implementación de una estrategia didáctica para la enseñanza - aprendizaje de los tejidos vegetales utilizando una secuencia didáctica en grado séptimo: Estudio de caso en la institución educativa La Candelaria de Medellín. Universidad Nacional de Colombia. Tesis: Magister en enseñanza de las ciencias exactas y naturales. Medellín.	<ul style="list-style-type: none"> *Aplicación del modelo pedagógico social cognitivo. *Utilizan la metodología de aprendizaje por indagación. *Apropiación y manejo de conocimientos previos de las ciencias naturales por parte de los estudiantes. 	<ul style="list-style-type: none"> *Realiza una secuencia didáctica desde la postura de la metodología de la indagación aterrizada sobre el cultivo de tejido vegetal. *Pretende implementar nuevas metodologías de enseñanza para promover el aprendizaje activo y participativo. * Utiliza el modelo didáctico basado en la indagación 	<ul style="list-style-type: none"> *Describe en detalle los modelos pedagógicos y didácticos con los que estoy trabajando. 	<ul style="list-style-type: none"> *Una de las herramientas didácticas utilizada es la experiencia y los procesos vivenciales
Delgado. C. A., (2012). Un modelo pedagógico para la enseñanza de la producción biotecnológica de material vegetal. Universidad Nacional de Colombia. Tesis: Magister en la enseñanza de las ciencias exactas y naturales. Bogotá	<ul style="list-style-type: none"> *Tiene en cuenta la articulación entre la educación media y la superior. *Utiliza la estrategia pedagógica de resolución de problemas. 	<ul style="list-style-type: none"> * Trabaja por competencias, mejorando principalmente, el trabajo en equipo. *Estimula el trabajo interdisciplinario. 	<ul style="list-style-type: none"> *Identifica una propuesta que podría ser utilizada a nivel universitario y/o en los últimos grados de secundaria.*Refuerza la metodología del aprendizaje basado en proyectos. 	<ul style="list-style-type: none"> *Hace énfasis en la educación integral, generando significado y trascendencia de lo aprendido*Considere la biotecnología como un factor

	*Se rechaza la educación fragmentaria y privilegia la educación integral.			integrador en la enseñanza de las ciencias naturales.
Ocampo G. (2016). Biotecnología hortícola. Universidad Estatal de Sonora. México.	*El aprendizaje basado en proyectos es la principal herramienta para el desarrollo de competencias.	*El artículo hace énfasis en la parte práctica del cultivo de tejidos vegetales. *Describe cada momento de la clase distribuyendo cada actividad implementada.	*Tiene una secuencia didáctica muy detallada. *Discrimina cada actividad de aprendizaje a nivel de protocolo, garantizando la reproducibilidad de cada momento.	*Es un modelo para la sistematización debido a los detalles en las actividades. *Los modelos de evaluación son muy completos.
Perea M., (2009). Cultivo de tejidos vegetales in-vitro. Universidad nacional de Colombia. Tesis de Biología. Primera edición. Bogotá Colombia.	*Conceptos básicos y las aplicaciones del cultivo de tejidos vegetales. *Describe los avances más importantes para la agricultura, la silvicultura y la industria del CTV.	*Tiene un compendio de experiencias técnico-científicas que contribuyen a la formación de profesionales. *Describe a profundidad las características técnicas asociadas al cultivo de tejidos vegetales <i>in-vitro</i> .	*Contribuye a robustecer el objeto de conocimiento para que sea científicamente sostenible. *Aporta las bases para la definición de estrategias que se deben seguir para lograr los objetivos.	*Obtención de protocolos para la reproducción de material <i>in-vitro</i> . *Contribuye un conocimiento ordenado.
Agudelo O., Bonilla M. Aguirre A,C,. (2017). Desarrollo de material didáctico multimedia de cultivo de tejidos vegetales con aplicaciones agrarias y ambientales. Revista de investigación agraria y ambiental. Universidad nacional de Colombia. Volumen 8 Número 2. Julio 2017.	Análisis de diferentes casos donde el cultivo de tejidos vegetal tiene gran importancia en la seguridad alimentaria.	*Describe una serie de datos donde se evidencia que los frutales, tubérculos y raíces son los grupos que más utilizan el cultivo de tejidos vegetales en latino América. *Describe una gran cantidad de aplicaciones del cultivo de tejidos vegetal que lo potencia para realizar una agricultura sostenible.	*Contextualiza los beneficios de la biotecnología en latino América, dándole más trascendencia y relevancia a la sistematización de mi experiencia. *Le aporta mucho significado al proceso de sistematización por las ventajas que tiene el cultivo de tejidos vegetal en la seguridad alimentaria.	*Puede darle sentido al trabajo de los estudiantes. *Identifica el potencial que tiene el uso del cultivo de tejidos vegetales.

Fuente: Propia

7. Marco teórico

7.1 Enfoque conductista

La teoría conductista aparece como una teoría psicológica a principios del siglo XX y sus principales representantes son: Iván Pavlov, Jhon Broadus Watson, Edward Thorndike y Barrhus Frederic Skinner (Valdez. 2012), posteriormente esta teoría fue adaptada a la formación académica en las aulas.

Jhon B. Watson (1879-1958) es considerado como el fundador del Conductismo y en 1913 publicó su principal obra titulada “El manifiesto conductista”, en donde se describen los objetivos psicológicos en función de la predicción y el control de la conducta humana. Consideraba que los individuos aprenden a lo largo de toda su vida o bajo condiciones experimentales de condicionamiento y que todas estas relaciones entre estímulos, respuestas y la asociación entre ellas, tiene como resultado un aprendizaje (Ardila, 2013).

Whatson (1924) pensaba que la gran mayoría de las cosas eran susceptible de ser aprendidas y que todo lo que somos depende del aprendizaje adquirido, por esto afirmaba que:

“Si le daban una docena de niños sanos, bien formados, con un ambiente específico definido por él para educarlos, garantizaría poder tomar cualquiera de ellos al azar y entrenarlo para que se convirtiera en el especialista que él seleccionara: Médico, abogado, artista, mercader, e incluso mendigo o ladrón, sin importar sus talentos, inclinaciones, tendencias, habilidades, vocación o quiénes fueran sus antepasados”.

Es decir, que podría moldear a los individuos a su voluntad e intereses particulares.

B.F Skinner (1904-1990) pensaba que la conducta voluntaria de un individuo aparece sin la intervención de un estímulo previo observable y que su característica más importante es que se origine, se mantenga o se modifique por sus consecuencias. Tales consecuencias son conocidas como “Reforzadores” y a toda esta conducta la denominó

como “operante libre” (Pellón. 2013). Los reforzadores son estímulos inducidos que pueden ser de importancia biológica; tales como la comida, el agua, la temperatura, etc, pero también pueden ser factores como una descarga eléctrica, una luz intermitente, una droga, lo importante es que actúen incrementando la posibilidad de la conducta que preceden (Dunham. 2983, citado por Pellón. 2013), esta conducta es guiada por los estímulos ambientales, pero no está dirigida a la consecución de una meta, no existe una predeterminación del futuro; es decir, la función de estos reforzadores solo es dinamizar o mejorar la asociación entre el estímulo y la respuesta, manteniendo la conducta en función de sus consecuencias (Guthrie y Hull. 1952, citado por Pellón. 2013).

Therndike (1911), consideraba que la fuerza de los estímulos para actuar como reforzadores, procedía de su capacidad para producir placer o dolor, recompensa o castigo y esto; como una consecuencia de su conducta. Domjan y Burkhard (1986) definieron que “el aprendizaje es un cambio duradero en los mecanismos de conducta como resultado de la experiencia con sucesos ambientales”. La memoria no es tomada en cuenta en el conductismo, porque se considera que el “hábito” en el individuo es una forma de aprendizaje además del condicionamiento clásico e instrumental, ya que representan un cambio permanente en la conducta resultado de la experiencia (Pabellón 2013).

Entonces, hasta el momento se han definido tres elementos fundamentales del conductismo: El estímulo, la respuesta y la asociación entre ellos. Pero el foco se centra ahora en cómo se genera esta asociación entre el estímulo y la respuesta, cómo se refuerza y cómo se mantiene. En general, se promueve la repetición o la práctica, como mecanismo para apropiarse del conocimiento por parte del estudiante (Peggy et al. 1993).

En el conductismo el aprendizaje del estudiante se evidencia cuando se logra demostrar una respuesta apropiada, inmediatamente después de un estímulo específico y se focaliza en las consecuencias de estas conductas. El refuerzo viene a garantizar una mayor posibilidad para que las respuestas puedan volver a utilizarse en un futuro. El conductismo sólo se concentra en diseñar estrategias para construir y reforzar

asociaciones de tipo estímulo/respuesta, pero este aprendizaje no garantiza la adquisición de competencias o habilidades de pensamiento de orden superior como solución de problemas, pensamiento crítico, autonomía, creación, etc. (Peggy et al, 1993).

En el conductismo el eje central del modelo es el profesor quien determina los estímulos, el control y la evaluación del proceso de aprendizaje, por otro lado, el estudiante desempeña el papel pasivo, solo de receptor (Peggy et al, 1993).

7.2 Enfoque cognitivista

Los principales representantes del modelo Cognitivista son: Jerome Bruner, J. Novak, Avram Noam Chomsky, Ulric Neisser y Alberto Bandura, que contribuyeron al desarrollo de la teoría del aprendizaje cognitivo (Schunk, 2012)

Desde la década de 1950 y hasta la década de 1960, las teorías conductistas fueron ampliamente rebatidas en muchos aspectos. Uno de los principales cuestionamientos se generó con base en los estudios sobre la observación del proceso de aprendizaje realizado por Albert Bandura y sus colaboradores. Ellos descubrieron que las personas podían aprender nuevas acciones solo con observar que otros las realizan, no debían llevar a cabo la acción en el momento del aprendizaje ni era necesario el refuerzo. Esto contradecía completamente las teorías del conductismo, pues solo con observar, las personas eran capaces de adquirir conocimiento, reglas, habilidades, destrezas, actitudes y creencias (Schunk, 2012).

El cognitivismo considera que “el aprendizaje es un proceso de modificación de significados que resulta de la interacción entre la nueva información y el individuo, teniendo como producto una influencia sobre la conducta del ser humano” (Velez, 2012). La nueva información se integra a las estructuras cognitivas previas, para formar conceptos significativos en el individuo y, en la medida que este proceso se desarrolle, se pueden ir asimilando más conceptos y cada vez se van fortaleciendo las conexiones entre los nuevos conceptos introducidos y los ya existentes. De esta forma se cambia la orientación mecánica pasiva del conductismo y se dimensiona al individuo como un

participante activo del proceso de aprendizaje que recibe información, la organiza, la almacena y la localiza (Peggy et al, 1993).

Jerome Brunner sostiene que el aprendizaje en el modelo cognitivista se da por descubrimiento, en donde el individuo descubre los conceptos y sus relaciones para reordenarlos y adaptarlos a su propio pensamiento, siendo así un proceso activo, de asociación y construcción.

Los individuos aprenden a partir de las acciones de los demás y para A. Bandura, esto es conocido como **modelado**. Observando se mejora la habilidad de aprender y por medio de la observación de un **modelo positivo** y la práctica continua, se logra la perfección. Lo más importante es que el cognitivismo considera al individuo como un ente activo, cuyas acciones dependen de las representaciones y procesos internos que este elabore como resultado de las relaciones previas con su entorno físico y social (Velez, 2012).

Para el cognitivismo la memoria juega un papel preponderante en el proceso de aprendizaje y el individuo no solo debe almacenar información o conocimiento, sino que, también debe saber usar esos conocimientos. La efectividad en la transferencia del conocimiento puede ser dada por la simplificación y la estandarización, esto permite que el conocimiento puede ser analizado, desglosado, fraccionado y simplificado en bloques de construcción básicos. Este tipo de estructuración facilita el procesamiento óptimo de la información por medio de la esquematización, síntesis, resúmenes, subrayado, mapas conceptuales, etc. (Peggy, 1993).

El profesor es el responsable de motivar al estudiante para que realice la organización de la información en su memoria (recibirla, organizarla, almacenarla y localizarla), es el que decide, diseña y define todo el proceso de enseñanza y a aprendizaje en un ambiente que estimule y facilite el acceso a estructuras de conocimiento inmediatamente superior por fuera de la realidad, motivante y que se desarrolle en el aula. En contraste el estudiante debe aprenderse el material que le presenta el profesor por medio de

analogías y metáforas para que con esta condición pueda aplicar los conocimientos en diferentes contextos; en este momento ocurre la transferencia (Ortega, 2012).

7.3 Enfoque constructivista

El constructivismo es un enfoque educativo que iguala el aprendizaje con la creación de significados a partir de experiencias adquiridas por el individuo en interacción con su medio ambiente, considerando al ser humano como un sujeto activo responsable de construir su propia realidad (Vera et al. 2020, Bednar et al. 1991, citado por Peggy 1993). Dentro de sus más destacados investigadores se encuentran Jean Piaget (1952), Lev Vigotsky (1978) y David Ausubel (1963). Cada uno de ellos contribuyendo con diferentes teorías relevantes sobre el proceso de aprendizaje.

7.3.1 Teoría cognitiva o evolutiva de Piaget.

El autor considera que el aprendizaje es un proceso de maduración biológica que está asociado al desarrollo de estructuras cognitivas; que cada vez van siendo más complejas. Esta maduración facilita una mayor relación con el medio ambiente en el que se desenvuelve el individuo, produciendo un mejor aprendizaje y una mayor adaptación.

El aprendizaje, dice Piaget, se produce por la interacción de dos procesos: La asimilación está en función del contacto que el individuo tiene con las cosas que lo rodean, de cuyas características, la persona se apropia en su proceso de aprendizaje. El segundo proceso se refiere a lo que sucede con los aspectos asimilados, que son integrados a la red cognitiva del sujeto y que contribuyen a la construcción de nuevas estructuras de pensamientos e ideas. Esta nueva condición, favorece el mejoramiento de la adaptación del individuo al medio ambiente (Ortiz. 2015).

Piaget afirma que “todas las estructuras que conforman la cognición humana tienen una génesis a partir de alguna estructura anterior, y así, por medio de los procesos de transformación constructiva, las estructuras más simples se van convirtiendo en otras estructuras de orden superior” (Ortiz. 2015).

7.3.2 Teoría del aprendizaje significativo de Ausubel.

Para Ausubel el individuo también relaciona las ideas nuevas que adquiere con las que poseía con anterioridad, generando como resultado una significación propia y singular en el individuo. Este proceso se realiza por medio de tres condiciones especiales: Lógica, cognición y momento afectivo. La condición **lógica** se enfoca en que, el aspecto que va ser aprendido, deberá poseer una coherencia intrínseca que facilite el aprendizaje (Lamata y Dominguez, citado por Ortiz 2015). Otra condición es el aspecto **cognitivo**, el cual le da relevancia y reconoce el desarrollo de las habilidades del pensamiento y procesamiento de la información. Por último, la condición **afectiva**, que centra su interés en las condiciones emocionales que tenga el estudiante y el docente, facilitando o retrasando, todo el proceso de formación (Ortiz 2015).

7.3.3 Teoría del aprendizaje social de Vigotsky.

El autor sostiene que el aprendizaje es el producto de la interacción de la persona con el medio ambiente. Cuando se adquiere la conciencia del ser y se aprende a reconocer y usar los símbolos, se desarrolla el pensamiento y, en esa medida, se vuelve cada vez más complejo.

Vigotsky determina la llamada “zona de desarrollo próximo”, y la define como “la distancia entre lo que una persona puede aprender por sí misma y lo que podría aprender con la ayuda de un experto en el tema” y es justo en esta zona donde se genera el aprendizaje de nuevas habilidades que posteriormente las utilizará en diversos contextos (Ortiz 2015).

La teoría constructivista intenta explicar cuál es la naturaleza del conocimiento humano considerando que el ser humano es un constructor dinámico de su realidad y que el conocimiento es una construcción hecha por él mismo, considera que cada persona percibe la realidad, la organiza y le da sentido en forma de conceptos mediados, todo esto por las actividades de su cerebro que le da sentido a esa realidad. Cada persona

percibe la realidad de forma propia y singular, en función de sus capacidades físicas, condiciones sociales, culturales y del estado emocional en el que se encuentre (Ortiz, 2015).

Los constructivistas consideran que la mente realiza un filtro de la información que le llega del mundo a su alrededor para producir su propia y única realidad (Jonassen 1991, Citado por Peggy 1993), lo que conocemos del mundo, se origina de la propia interpretación de nuestras experiencias: los humanos creamos significados, no los adquirimos. De cualquier experiencia pueden originarse una gran diversidad de significados en función del número de individuos que la vivencian y no es posible tratar de obtener un significado predeterminado y correcto para todos. Los individuos no transfieren los conocimientos de su entorno y los introducen en su memoria, sino que; construyen interpretaciones particulares de ese entorno que los rodea, basados en las experiencias e interacciones individuales, por lo tanto, ese conocimiento aflora en contextos que le sean significativos (Peggy 1993).

En el constructivismo se considera que el aprendizaje es fundamentalmente **activo** y se da en entornos reales asociado a experiencias vivenciadas por los propios individuos. Una persona que aprende algo nuevo, lo debe incorporar a sus experiencias anteriores para que, finalmente, este nuevo aprendizaje haga parte de sus propias estructuras mentales (Abbott, 1999, citado por Ortiz 2015) y para que este conocimiento sea significativo y duradero, el aprendizaje debe tener tres aspectos fundamentales: una actividad, un concepto y un contexto (Bednar et al., 1991, citado por Peggy, 1993).

Con base en los anteriores conceptos, queremos enfocarnos en que el aprendizaje, según el enfoque constructivista, debe ser significativo y contextualizado para que el individuo tenga un conocimiento permanente y cimentado en sus conocimientos y vivencias previas. El diseñador de la instrucción debe tener experiencia para guiar, pero no debe ser el centro del proceso, en el centro debe ubicarse al estudiante que es el responsable de construir nuevas estructuras mentales para complementar o reevaluar su nuevo conocimiento.

Facilitar o diseñar instrucciones dimensionadas en el mundo real y coherente, permiten al estudiante o al aprendiz, contextualizarse en la cotidianidad donde puede encontrarse con múltiples perspectivas o puntos de vista diferentes al propio, que lo deben incitar al debate, la contradicción, la búsqueda de evidencias y finalmente a una negociación social en donde la reflexión, el pensamiento crítico, la autonomía y el trabajo colaborativo, serán sus principales herramientas para crear significado.

8. Modelo metodológico (DRI) para la sistematización

Esta propuesta de sistematización tiene como objetivo describir las vivencias de los estudiantes, aplicando como secuencia didáctica un enfoque constructivista en el desarrollo del módulo de cultivos de tejidos vegetales *in-vitro* del curso de biotecnología, mediante el modelo metodológico DRI que incluye la descripción del objeto de sistematización, la reflexión que acompaña cada actividad y la correspondiente interpretación del conjunto eventos realizados. Lo anterior con el fin de mostrar una experiencia que pueda inducir la generación de nuevas perspectivas en el diseño de objetivos de aprendizaje y el proceso que se realice.

8.1 Descripción del Módulo objeto de sistematización.

Para el diseño de la metodología seleccionamos el modelo de descripción, reflexividad e interpretación (DRI) de la escuela de educación Universidad ICESI (Castaño et al 2019), desarrollamos una serie de procesos orientados en diferentes etapas identificados de la siguiente forma:

8.2 Descripción de la práctica

La práctica corresponde a un módulo de cultivo de tejidos vegetales *in-vitro*, que hace parte del curso de biotecnología que ofrece la facultad de ciencias naturales de la universidad Icesi ubicada en la ciudad de Cali en el Valle del Cauca. Este curso se encuentra incluido en el currículo central de los programas de Química, Química Farmacéutica y Biología quienes lo toman como parte de su formación profesional.

El módulo está diseñado para tener una sección conceptual o teórica y otra práctica o de laboratorio. La teoría tiene un bloque de 3 horas y posteriormente un laboratorio de 3 horas.

El objetivo general consiste en sistematizar la transformación de un módulo de un curso, que tiene un enfoque conductista y cognitivista, a uno con un enfoque principalmente constructivista. Para tal fin, se definieron unas actividades que nos ayudan a lograr el objetivo como son: Diseñar actividades con un enfoque constructivista para el proceso de aprendizaje, incorporar elementos del entorno de los estudiantes al proceso de aprendizaje, Contrastar elementos aprendidos en el aula de clase con elementos de la vida real de los estudiantes y desarrollar estrategias de evaluación que evidencien las competencias de los estudiantes en el tema a lo largo del proceso.

La sección teórica del módulo tiene los siguientes elementos:

Fundamentos y aplicaciones del cultivo de tejidos vegetales in vitro

a. Fundamentos del cultivo de tejidos vegetales in-vitro

1. *Fases del cultivo de tejidos in-vitro.*
 - 1.1. *Fase 1*
 - 1.2. *Fase 2*
 - 1.3. *Fase 3*
 - 1.4. *Fase 4*
 - 1.5. *Fase 5*
2. *Sistemas de propagación vegetativa in-vitro*
 - 1.1. *Regeneración directa e indirecta*
 - 1.2. *Regeneración vía organogénesis*
 - 1.3. *Regeneración vía embriogénesis somática*
3. *Composición general de los medios de cultivo in-vitro*
 - 1.1. *Compuestos orgánicos*
 - 1.2. *Compuestos inorgánicos*
 - 1.3. *Fuentes de carbono*
 - 1.4. *Vitaminas*
 - 1.5. *Aminoácidos y proteínas*
 - 1.6. *Reguladores de crecimiento*
 - 1.7. *Soporte inerte*
 - 1.8. *Esterilización*

b. Aplicaciones del cultivo de tejidos vegetales in-vitro

1. *Micropropagación comercial*

2. *Conservación de especies*
3. *Intercambio internacional de especies vegetales*
4. *Transformación genética u OMG (organismos modificados genéticamente)*
5. *Mejoramiento genético*
6. *Plantas dobles haploides*
7. *Fitorremediación*
8. *Eliminación de patógenos en plantas*

La sección práctica o de laboratorio tiene los siguientes elementos:

- a. *Introducción de material vegetal a condiciones in-vitro*
- b. *Micropropagación vegetal o clonación*
- c. *Aclimatación de plántula in-vitro*

Figura 1. Componentes de la sección teórica del módulo de cultivo de tejidos vegetales *in-vitro*

Como se puede apreciar, el contenido teórico es extenso y el tiempo es corto para desarrollar el contenido si se quiere priorizar el aprendizaje. En estas condiciones el curso se viene presentando con un enfoque cognitivista, en donde el profesor es el centro del proceso y los estudiantes deben hacer uso de su memoria para almacenar sus nuevos conocimientos. El proceso de aprendizaje se realiza en el aula de clase con una realidad diseñada para cada caso. Es aquí, en este punto, donde los estudiantes no tienen el tiempo para nivelar sus conocimientos previos propios del tema y su apatía adquiere más fuerza. No sucede lo mismo con el espacio de laboratorio, donde su curiosidad los lleva tener un cambio de actitud y lo desarrollan con más interés, pero la falta conocimientos teóricos y científicos, los llevan a realizar una receta sin tener una vivencia más allá de la novedad curiosa innata.

La transformación que se quiere implementar hace que los componentes del curso deban salir del aula de clase y que el trabajo de los estudiantes tengan momentos antes, durante y después de la clase. El profesor se encarga de la contextualización de los diferentes temas, pero son las actividades de los estudiantes los que van a marcar la diferencia.

8.2.1 Actividades de aprendizaje con el nuevo enfoque constructivista.

8.2.1.1 Taller de conocimientos previos.

Para conocer cuál es el nivel de conocimiento de los estudiantes respecto a temas botánicos, fisiológicos y genéticos, se realizó un taller de conocimientos previos, que cada estudiante debe realizar en su casa previo a la clase. La instrucción es que no hay que realizar ningún tipo de consulta para responder solo con lo que sus conocimientos le permitan. Estas son las preguntas del taller:

TALLER DE CONOCIMIENTOS PREVIOS EN CULTIVO DE TEJIDOS VEGETALES IN-VITRO

Nombre: _____ **2021-2**

Por favor, conteste el siguiente cuestionario con la información que tiene en estos momentos en su mente, si no la tiene, describa lo que cree que podría ser una respuesta a la pregunta y si definitivamente no tiene ninguna idea, escriba: "no tengo idea".

No consulte ninguna fuente de información, solo se requiere conocer con qué conocimiento llega al módulo. El valor de este taller es la honestidad con la que responde el mismo.

- 1) *¿Cuánto hace que aparecieron las plantas en el planeta?*
- 2) *¿Quiénes aparecieron primero en el planeta: las plantas o los animales?*
- 3) *¿Cuáles son las partes de una planta?*
- 4) *¿Qué parte de la planta es más importante?*
- 5) *¿Cómo se alimentan las plantas?*
- 6) *¿De qué se alimentan las plantas?*
- 7) *¿Qué factores afectan o influyen en la sobrevivencia de una planta?*
- 8) *¿Cómo se adaptan las plantas a los diferentes ecosistemas?*
- 9) *¿Por dónde crecen las plantas?*
- 10) *¿Qué parte de una planta es la que nos comemos?*
- 11) *Además de alimento, mencione 5 casos en los que usemos las plantas.*
- 12) *¿Cómo se reproducen las plantas?*
- 13) *¿Quién puede enfermar una planta?*

14) ¿Qué quiere decir que hay un cultivo in-vitro?

15) ¿Qué debe contener un medio de cultivo in-vitro?

16) ¿Mencione 3 aspectos que requiera una planta in-vitro comparada con una planta de jardín?

17) ¿Qué es la totipotencia en plantas?

18) Mencione 3 aspectos importantes para realizar la introducción de una planta de la selva a un cultivo in-vitro.

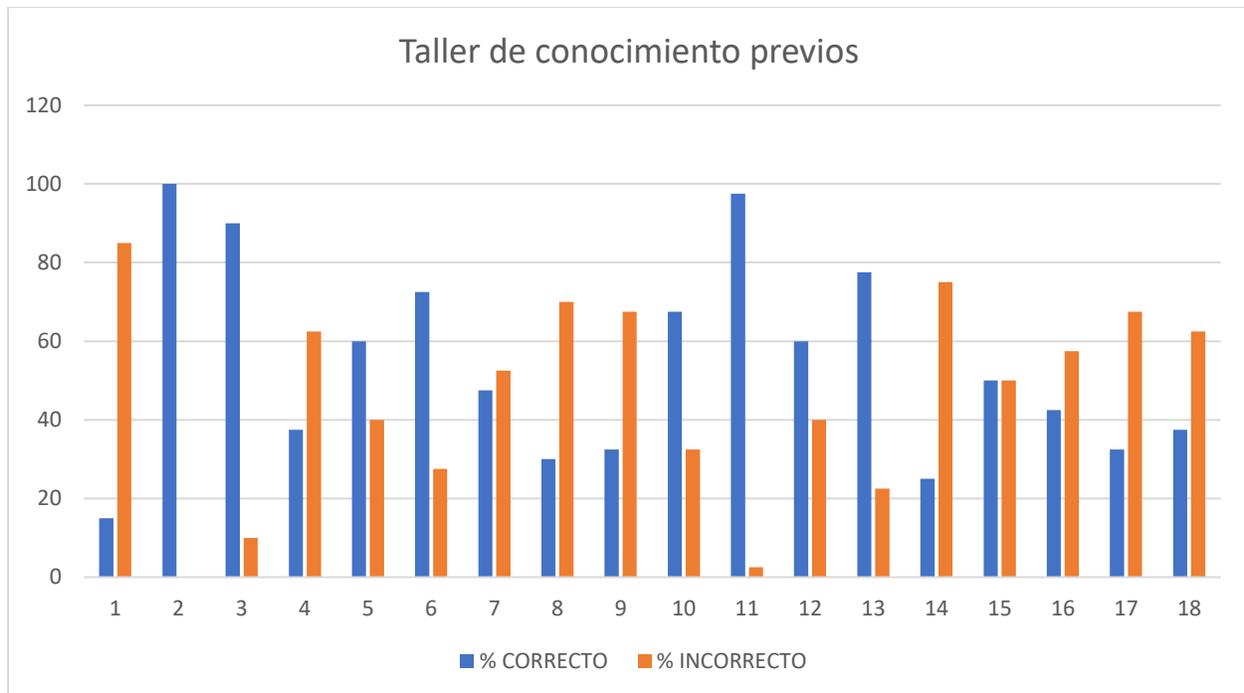
Envíe el taller resuelto al correo: ebsestudiantes@gmail.com

En el asunto escriba: **taller de conocimiento previos**

Figura 2. Taller de conocimientos previos

En la tabla 4 se muestran los resultados de las preguntas del taller, valoradas como correctas e incorrectas. De las 18 preguntas del taller, 10 de ellas (3,4,5,6,7,8,9,12,13 y 17), evalúan los conceptos o conocimiento sobre algunas características de las plantas que deben tener los estudiantes para iniciar el módulo de cultivo de tejidos vegetales *in-vitro*. Otras cuatro preguntas (14, 15, 16 y 18), están enfocadas a evaluar los conocimientos que tienen los estudiantes sobre el tema que se va abordar, tiene la intención de saber si ellos ya conocen del tema o es un tema nuevo para todos. Las cuatro preguntas restantes (1, 2, 10 y 11), solo son de cultura general.

En la gráfica 1 se pueden observar los porcentajes de cada una de las respuestas que realizaron 40 estudiantes.



Gráfica 1. Porcentaje de respuestas del taller de conocimientos previos

Como se puede observar en el gráfico, la heterogeneidad de los conocimientos previos de los estudiantes es amplia y se evidencian en la respuesta a la pregunta 3 donde el 90% de los estudiantes conocen cuáles son las partes de una planta, pero el 38% no identifica cuál es la parte más importante de una planta. El 40% no sabe cómo se alimenta una planta. El 52% desconoce los factores ambientales que afectan el desarrollo de una planta, el 67% no conocen cómo crece una planta y el 22% de los estudiantes no sabe cómo se puede enfermar una planta.

Respecto a las preguntas relacionadas con el tema del módulo y, como es de esperarse, el 75% de los estudiantes no sabe qué es un cultivo de tejidos vegetales *in-vitro*, el 50% no conoce los componentes del medio de cultivo, el 57% no identifica las características que debe tener una planta introducirla a condiciones de *in-vitro* y el 62% no conoce las fases del cultivo *in-vitro*.

El taller de conocimientos previos se convierte en un insumo básico para el desarrollo del contenido del módulo y permite visualizar que en el diseño de las actividades, hay

que tener muy en cuenta la diversidad de conocimientos de los estudiantes que, muy seguramente, se encuentran asociados a los microcurrículos de los tres diferentes programas: Química, Química farmacéutica y Biología.

8.2.1.2 Elaboración de un video con la entrevista de un familiar en donde se explique la manera tradicional de sembrar una rosa.

Esta actividad para ser desarrollada antes de la clase consiste en consultar a un familiar para que asesore al estudiante en la siembra empírica de un fragmento del tallo de una rosa. Esto es conocido regularmente en nuestra cultura y tiene la intención de fomentar el trabajo colaborativo entre los estudiantes y con personas por fuera del aula de clase, pero con las que se relacionan frecuentemente en su entorno. La siembra de una rosa de forma tradicional tiene varios de los componentes técnicos y científicos que se desarrollan en la clase, pero que son transmitidos de forma oral y empírica por el familiar. El estudiante debe realizar la siembra del tallo de rosa, debe identificar los términos coloquiales y homologarlos con términos científicos y técnicos que va a trabajar en la clase. Para lograr este objetivo, el profesor les comparte una serie de preguntas que le servirán de guía para el momento de realizar el video.

La instrucción se realiza de la siguiente forma.

Cultivo de tejidos vegetales *in-vitro*

Edgar Barrera



Actividad: Conocimientos previos

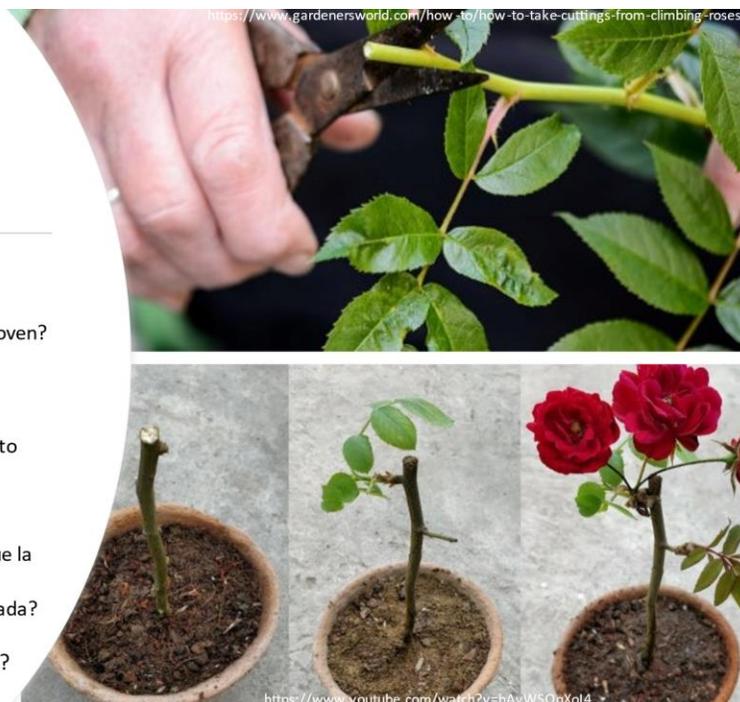
- Para la próxima clase (Lunes 12 de abril) deben preparar un video en el que muestren cómo sembrar (clonar) un piecito (explante) de una rosa de un jardín.
- Dado que ustedes no tienen experiencia (si la tienen, mejor), deben consultar a alguno de sus familiares o conocidos para que les indique el paso a paso que deben seguir.
- El familiar consultado debe quedar en el audio y/o video dando las instrucciones, mientras ustedes siguen el procedimiento.
- La planta que ustedes siembren debe ser conservada para utilizarla posteriormente.



<https://www.indiamart.com/proddetail/rose-plant-12874911348.html>

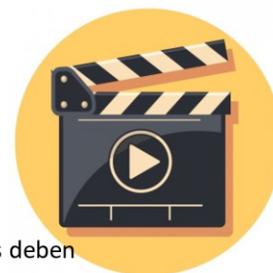
Preguntas guía

- Para hacer el video tenga en cuenta las siguientes preguntas:
 1. Qué parte de la planta va a utilizar? Tallo joven? Tallo viejo?
 2. Cuál es la orientación de la planta?
 3. En qué la va a sembrar?
 4. Qué características debe tener el fragmento que va a sembrar?
 5. Qué características debe tener el sustrato donde la va a sembrar?
 6. Luego de sembrada, cómo se da cuenta que la planta está viva?
 7. Dónde va a colocar la planta recién sembrada? Bajo el sol directo? O indirecto?
 8. Cada cuánto le va a colocar agua? Cuánta?



Instrucciones adicionales

- Para desarrollar esta actividad deben formar grupos de 4 personas y todos deben participar en él.
- El video puede ser grabado usando Screen cast o Matic o cualquier otro grabador de video. Utilice las ayudas didácticas que considere pertinentes (diapositivas, diagramas de flujo, esquemas, fotografías, audios, etc.)
- Deben subir el video a su canal de YouTube y enviarme el link al correo: ebsestudiantes@gmail.com Escriba en el "asunto" del correo: CLONACIÓN DE UNA ROSA.
- Antes de subir el video, verifique que cumpla los criterios indicados a continuación:



<https://www.freepik.es/fotos-vectores-gratis/video>

Lista de chequeo actividad			
Aspecto	Pregunta/Requisito	Cumple	No cumple
Estructura general	¿El video sigue un orden coherente en su estructura que permita seguir fácilmente el proceso?		
	¿Hace una introducción adecuada a la temática?		
	¿Elabora el video siguiendo las instrucciones de forma clara y precisa?		
	¿Hace un buen uso (continuo) del tono de voz?		
Contenido	¿Identifica claramente cada uno de los pasos para la siembra de una planta a partir de un explante?		
	¿Se observa claramente el procedimiento seguido para la siembra de la planta? Sigue las instrucciones del familiar?		
	¿Se evidencia el uso de las preguntas guía?		
Uso adecuado de las TIC	¿Realiza el video en un formato adecuado utilizando las TICs?		
	¿Es creativo a la hora realizar el video y utilizar las diferentes herramientas TIC?		
	¿Se evidencia el trabajo colaborativo entre los integrantes del equipo?		

Figura 3. Instrucciones para el video sobre la siembra de una rosa

En la tabla 5 se presenta una muestra de 10 videos presentados por los estudiantes. En ellos se pueden observar diferentes aspectos. Algunos videos muestran a los estudiantes con interés por aprender a sembrar la rosa, es fácil identificar que la mayoría no tiene ninguna experiencia con plantas, pero se divierten en el proceso (vídeos 1,2 y 3). También es evidente que el familiar presenta mucha disposición para enseñar a sembrar la rosa, son creativos, innovadores y les aportan a los estudiantes todos sus conocimientos y experiencias en el tema.

Sin saberlo, los estudiantes ya han empezado a recibir los conocimientos que verán en la clase, muchos de los conceptos técnicos y científicos se encuentran inmersos en cada una de las instrucciones que les están dando y sobre todo, están recibiendo los fundamentos del cultivo de tejidos vegetales de manera no formal y empírica.

En algunos de los videos (9 y 10), se puede apreciar que los estudiantes, a pesar de que la instrucción es solo realizar el video con las preguntas guía, se sienten más seguros en

lo que dominan académicamente y realizaron una investigación previa y adicional sobre la especie utilizada con varios temas que no se solicitaban en la instrucción. Esto se puede interpretar de dos formas: la primera que el estudiante quiere darle mayor profundidad al ejercicio y segundo, que se confunde cuando no identifica los patrones típicos del aprendizaje académico y trata de llenar con más información, pero todo esto a pesar de recibir la rúbrica para la evaluación de la actividad.

Tabla 3. Links de los videos sobre clonación de una rosa. Fuente propia

	VIDEO DE LA ROSA
1	https://youtu.be/75y9ToUc5us
2	https://www.youtube.com/watch?v=MSX_E06hEmo
3	https://youtu.be/bESfr8xBZNI
4	https://youtu.be/-DdYswqng2Q
5	https://youtu.be/o0JETDOaMA8
6	https://youtu.be/Axp8XfVOmic
7	https://youtu.be/m0XZT016vvE
8	https://youtu.be/5dYxoYbUstk
9	https://youtu.be/IE6rIBMuqfU
10	https://youtu.be/WvgdsFgPpXo

En conclusión, la actividad intenta iniciar el proceso de un aprendizaje significativo y contextualizado, para que sea permanente en los estudiantes.

8.2.1.3 Presentación sobre fases del cultivo vegetal *in-vitro*.

Esta actividad se presenta durante la clase. El profesor realiza una presentación en donde se muestra gráficamente, cada una de las fases del cultivo de tejidos *in-vitro*. La clase es participativa orientada a las actividades que se realizarán en el laboratorio.

Durante la clase se hace referencia a las características especiales que debe tener el explante que va ser introducido a las condiciones del cultivo de tejidos *in-vitro*, a la necesidad de utilizar un medio de cultivo específico para cada especie, sus componentes y el uso de las hormonas de crecimiento. También se discuten las características fisiológicas y de asepsia que tiene la planta dentro del recipiente y finalmente la forma como se debe llevar a cabo la incorporación del material vegetal *in-vitro* a condiciones de campo: la aclimatación.

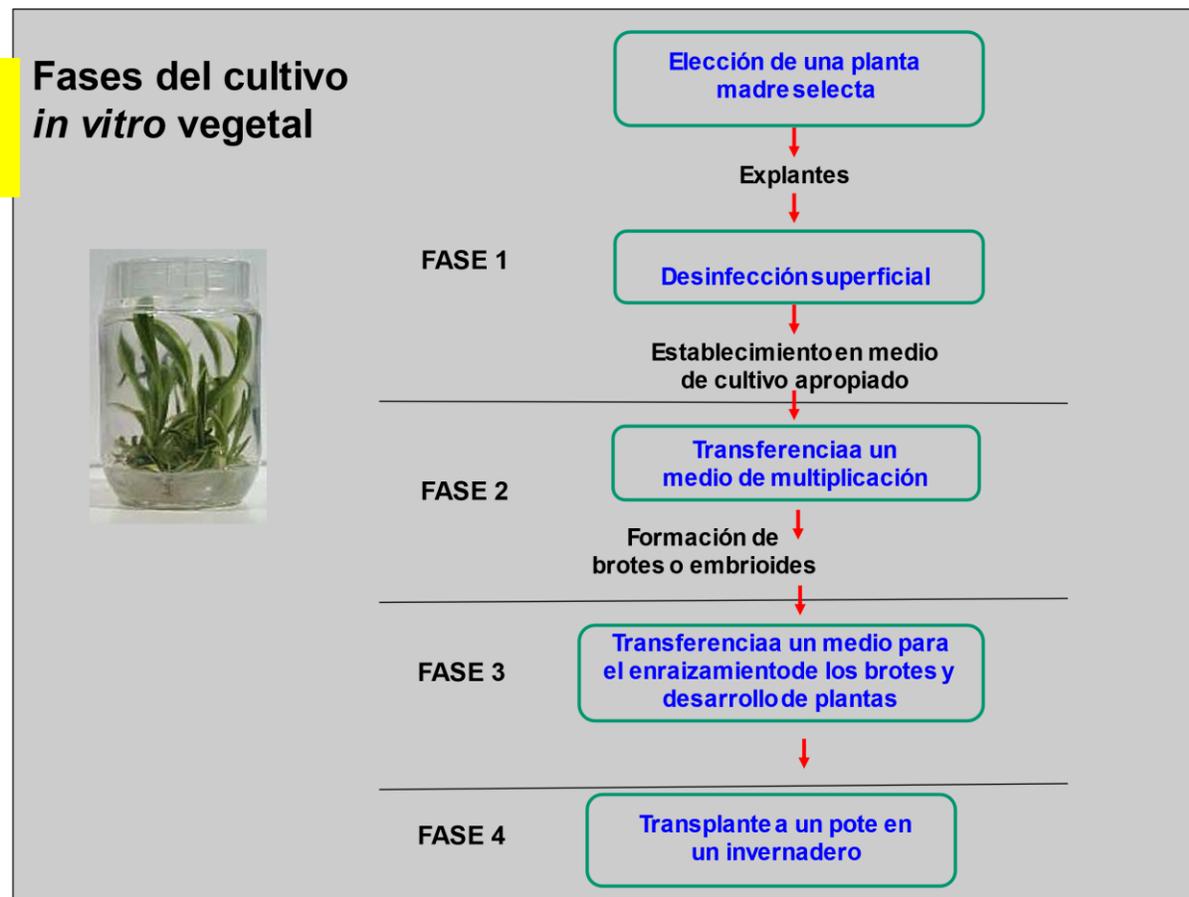


Figura 4. Fases del cultivo de tejidos vegetales *in-vitro*

8.2.1.4 Presentación sobre la composición general de un medio de cultivo *in-vitro*.

El profesor realiza una breve exposición sobre los componentes generales que contiene un medio de cultivo *in-vitro*. Se muestran cuáles son los componentes orgánicos (azúcares), los componentes inorgánicos (elementos mayores y elementos menores), Vitaminas, aminoácidos, proteínas y los reguladores de crecimiento. Con esta presentación se pretende dar una idea general de la composición de un medio de cultivo para una planta a nivel *in-vitro*, la función de cada elemento y su importancia.

Medios de cultivo: composición general

Compuestos inorgánicos

Macronutrientes:

N, P, K.

Ca, Mg, S

Micronutrientes:

Fe²⁺, Cu²⁺, Zn⁺, B, Mn, Mo, Co, I

Compuestos orgánicos

Carbohidratos

Sacarosa
glucosa
maltosa
almidón



Vitaminas

Tiamina (B1)
Piridoxina
Acido nicotínico (C)
Biotina
Ácido fólico, ácido ascórbico, ácido pantoténico

Aminoácidos / proteína

L-glutamina, L-asparagina, adenina,
prolina, glicina
Caseína hidrolizada (proteína)

Medios de cultivo: composición general



Figura 5. Composición general de un medio de cultivo *in-vitro*.

El tema se complementa con una actividad donde los estudiantes deben volver a retomar lo discutido en la clase y deben construir un mapa conceptual, después de la clase, en donde plasmen los aspectos más relevantes de la composición general de un medio de cultivo.

Medios de cultivo: composición general

Realice un mapa conceptual utilizando una herramienta TIC (puede ser lucidchart), donde contenga mínimo los siguientes aspectos:

- a. ¿Cómo se clasifican los compuestos inorgánicos? dé 3 ejemplos de cada uno.
- b. Mencione 3 ejemplos de los compuestos orgánicos.
- c. ¿Qué función cumplen?
- e. Mencione otros componentes del medio de cultivo a nivel de vitaminas y aminoácidos.
- f. Condiciones técnicas para la esterilización del medio de cultivo
- g. Si un medio de cultivo requiere un antibiótico y dos hormonas de crecimiento, y siendo estas termolábiles, ¿cómo las adiciona al medio?

Figura 6. Instrucción para la actividad del mapa conceptual sobre la composición de un medio de cultivo.

En la figura 8 se puede evidenciar que esta actividad no contribuye mucho a la transformación del enfoque didáctico. El estudiante se llena de información que plasma en el mapa conceptual, pero es solo almacenar información, ordenarla y no genera ninguna transformación en ellos. Tratar de realizar la actividad de manera vivencial, tiene inconvenientes en la cantidad de tiempo requerido para la preparación de los componentes y en los costos requeridos. Es necesario repensar mucho más para identificar de qué manera se puede generar un conocimiento más significativo, contextualizado y permanente.



Medios de cultivo: Reguladores de crecimiento

Realice una infografía utilizando mínimo esta información:

- a. ¿Qué son los reguladores de crecimiento?
- b. ¿En qué momento de la planta aparecen?
- c. ¿De qué depende su concentración en la planta?
- d. ¿Cuáles son los 5 más importantes?
- e. ¿Dónde se producen?
- f. ¿Qué función cumple cada una o en conjunto?

Figura 8. Instrucción para elaborar una infografía sobre reguladores de crecimiento.

La actividad generó un ambiente muy agradable en los estudiantes, buscando construir la mejor infografía para que fuera expuesta como cuadro para adornar el laboratorio. No fue posible escoger la mejor porque los trabajos tuvieron un buen nivel. Se escogieron tres al azar para enmarcar.

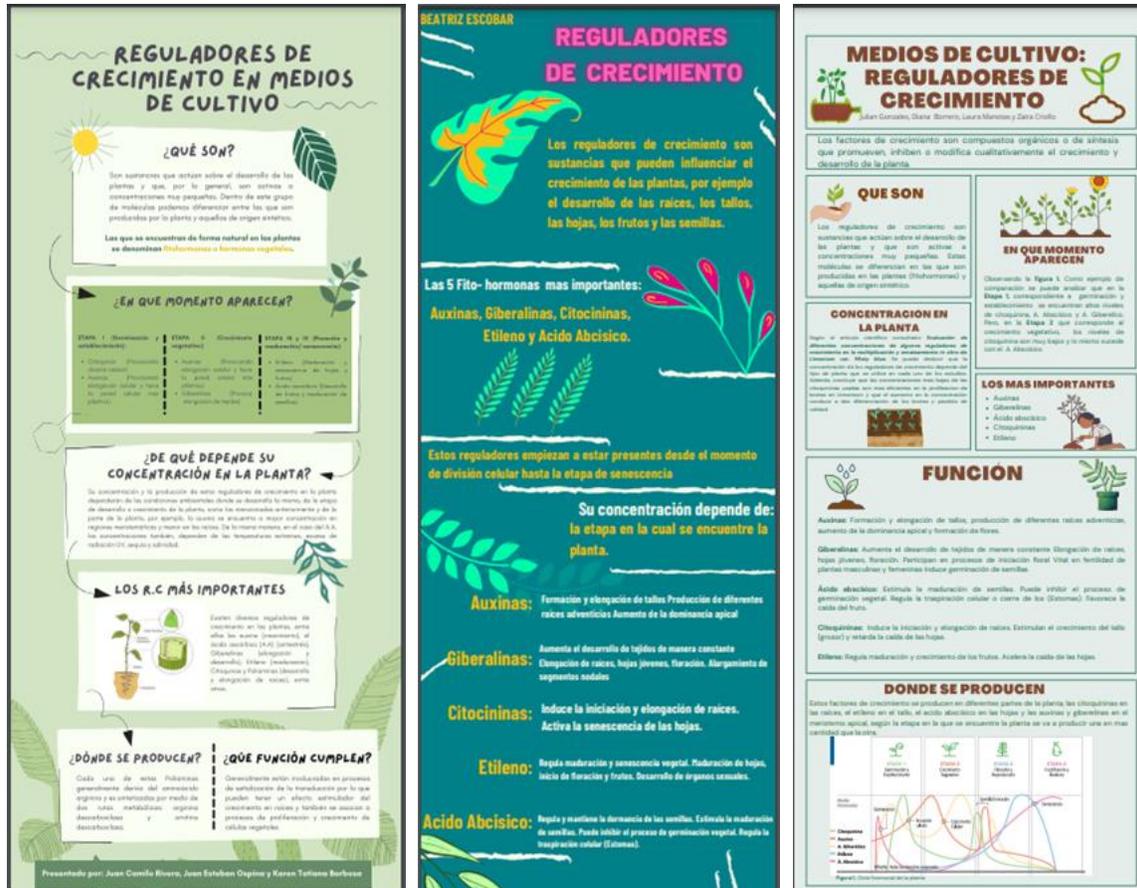


Figura 9. Infografía sobre reguladores de crecimiento y sus características más relevantes.

8.2.1.6 Video con las principales aplicaciones del cultivo de tejidos vegetales *in-vitro*.

En el aula se realiza una presentación donde se describe cada una de las principales aplicaciones del cultivo de tejidos vegetales *in-vitro*. Se documentan casos reales donde se narra, acompañado de imágenes, casos donde se emplea el cultivo de tejidos para resolver problemas científicos o de la sociedad. Tal es el caso de la utilización de la técnica de rescate de embriones para el diagnóstico temprano de la resistencia en yuca (*Manihot esculenta* Crantz) del virus del mosaico de la yuca (CMD de sus siglas en inglés), usando marcadores moleculares. Este trabajo se realizó para dar apoyo al programa de mejoramiento genético de yuca del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), con el afán de solucionar un problema agudo de hambre en África por

la destrucción de sus cultivos. Otro caso abordado en la clase fue la desinfección de material vegetal de Lulo (*Solanun quitoense*) de varios cultivadores de esta fruta, quienes tenían problemas de contaminación de sus plantas con un virus. Utilizando las propiedades de los meristemas de las plantas y con el cultivo de tejidos vegetales *in-vitro*, se pudo limpiar del patógeno a los cultivares de lulo y por medio de la micropropagación clonal, se restableció el cultivo y las labores de los agricultores de una zona del Tolima y Huila.

Aplicaciones del cultivo de tejidos vegetales *in-vitro*.

Explique concretamente y apóyese en un ejemplo para definir cómo el cultivo de tejidos vegetales *in-vitro* interviene en:

- a. Micropropagación comercial en el mercado internacional Flores.
- b. Programas de conservación de especies.
- c. Intercambio internacional de material vegetal.
- d. Transformación genética o producción de OMG.
- e. Mejoramiento de plantas usando selección asistida por marcadores moleculares.
- f. Formación de plantas haploides.
- g. Cultivo de protoplastos para la producción de medicamentos.
- h. Fitorremediación.

Aplicaciones del cultivo de tejidos vegetales *in-vitro*.

- La explicación sobre las Aplicaciones del CTV *in-vitro*, realícelas por medio de un video que debe subir a You Tube y comparta el link en la plataforma slack.

Figura 10. Instrucciones para el video sobre las aplicaciones del cultivo de tejidos vegetales *in-vitro*.

De esta forma, se ejemplifican 8 aplicaciones de esta técnica biotecnológica y se decidió realizar una actividad donde los estudiantes consultaron y describieron otros ejemplos que les llamara la atención y lo presentarán en un video subido a la plataforma de YouTube y lo descargarán en la plataforma SLACK.

Tabla 4. Links de los videos sobre aplicaciones del cultivo de tejidos vegetales *in-vitro*.
Fuente propia.

	links de los videos sobre aplicaciones del cultivo de tejidos
1	https://youtu.be/dSXFJwI5LKc
2	https://youtu.be/5Y99cQ7dHN8
3	https://www.youtube.com/watch?v=ml8n3uUNoh4&ab_channel=JuanEstebanOspina
4	https://youtu.be/dSXFJwI5LKc
5	https://youtu.be/8Ojy_I9APk0

8.2.1.7 Laboratorio de cultivo de tejidos *in vitro*.

Luego de asistir a las clases de teoría, los estudiantes tienen la oportunidad de ir al laboratorio y desarrollar, aplicar o vivenciar muchos de los conocimientos que están adquiriendo. El laboratorio tiene una guía que contiene los aspectos más relevantes de lo que se vio en la teoría, y propone experimentar las fases del cultivo de tejidos vegetales *in-vitro*. Para esto la guía se divide en:

8.2.1.8 Objetivos de aprendizaje

En esta sección se definen las competencias que deben desarrollar los estudiantes al terminar la práctica. En la figura 10 se muestra la portada de la guía de laboratorio.

UNIDAD No. 2

Cultivo de Tejidos y Celular Vegetal

**Laboratorio #4. Clonación de plantas (micro-propagación)
Establecimiento, multiplicación y mantenimiento de tejidos.
Regeneración de plantas *in vitro* y aclimatación al ambiente externo
Aplicaciones**

1. OBJETIVOS:

Al finalizar esta práctica el estudiante estará en capacidad de:

- Explicar los fundamentos técnicos y científicos del cultivo *in vitro* de tejidos y células vegetales.
- Explicar el uso del cultivo de tejidos y líneas celulares vegetales en diversos campos de aplicación de la biotecnología que son más utilizados en la actualidad.
- Desarrollar habilidades técnicas y analíticas empleadas en la micro-propagación *in vitro* de plantas, su establecimiento, multiplicación, mantenimiento y regeneración de plantas utilizando como modelo los cultivos de fresa, yuca y arroz.

Figura 11. Presentación de la guía de laboratorio de cultivo de tejidos vegetales *in-vitro* con los objetivos de aprendizaje.

8.2.1.9 Introducción de material vegetal proveniente de medio ambiente a condiciones *in vitro*.

La primera fase del cultivo de tejidos vegetales *in-vitro* es la elección de la planta madre, es decir, qué tipo de material se quiere introducir al cultivo *in-vitro*. Para esta sección, los estudiantes deben poner en práctica muchos de los conocimientos previos construidos en otros cursos como por ejemplo, microbiología (manejo de la esterilidad y asepsia de los materiales), biología (identificación de las partes y función de la semilla), Bioquímica (procedimientos de desinfección de muestras vivas), etc. Y aplicarlos en esta primera

fase. El desarrollo de la práctica se realiza por pareja de estudiantes y comparten un set de materiales y equipos de práctica. El profesor realiza el procedimiento a manera de instrucción y los estudiantes lo desarrollan de manera autónoma.

Se inicia con una semilla de arroz (*Oriza sativa*), se descascara, esteriliza, se aísla el embrión y se siembra en un medio de cultivo específico para la especie. Posteriormente los estudiantes llevan el recipiente con el medio de cultivo y el embrión a un cuarto de crecimiento especializado donde incuban bajo condiciones controladas.

Esta actividad, a pesar de ser muy entretenida para los estudiantes, y les pone en práctica varios de sus conocimientos y habilidades, requiere que sea transformada para que el material a trabajar tenga alguna connotación más apasionante como por ejemplo introducir material que esté en vías de extinción, material que no se haya cultivado *in-vitro* antes, etc. Para que el estudiante considere suyo el trabajo, tenga un aprendizaje significativo, contextualizado y permanente.

8.2.1.10 Micropropagación de plántulas *in vitro*.

Luego de la introducción de la planta a un medio de cultivo específico, se puede realizar la multiplicación o micropropagación (clonarlo) durante muchos períodos. Se pueden mantener clones de la planta original durante decenas de años, solo se requiere cambiar el medio periódicamente.

La actividad que realizan los estudiantes es que, a partir de plántulas desarrolladas de yuca, deben obtener de cada planta, 4 estacas, o fragmentos de ella para realizar una resiembra en otro medio de cultivo. El profesor muestra la forma de hacerlo correctamente y los estudiantes lo realizan de manera autónoma. Este material producido en el laboratorio se convierte en el material de trabajo de los estudiantes del próximo semestre, de manera que de su efectividad y cuidado, depende el material de los otros estudiantes. Esto les da un ingrediente llamativo a los estudiantes.

Los frascos con el material propagado se lleva al cuarto de crecimiento para su adaptación.

8.2.1.11 Aclimatación de plántulas *in vitro* a condiciones de invernadero.

Como parte final del de las fases del cultivo *in-vitro*, es necesario realizar un proceso gradual de aclimatación de las plántulas, antes de llevarlas a un invernadero y luego a campo. Este proceso es de sumo cuidado porque las plántulas se han adaptado a las condiciones *in-vitro* y hay que revertir estos cambios en la aclimatación. Esta etapa se realiza en el laboratorio tomando una planta de yuca y trasplantarla en un suelo estéril dentro de una cámara húmeda y gradualmente producirá el endurecimiento o adaptación de la planta (aproximadamente en un mes). Pasado este tiempo, a planta puede ser sembrada en campo.

Como en los casos anteriores, el profesor realiza una siembra en suelo estéril y los estudiantes realizan su actividad. Pero en esta fase se entregó a los estudiantes, un frasco con medio de cultivo y una planta de fresa. Se solicitó a los estudiantes que se llevaran la plántula y realizaran el proceso de aclimatación en su casa y reportaran el proceso con fotografías. Esto por fuera del módulo, no tenía ningún nexo con la valoración académica, solo por su propio interés.

Los resultados fueron diversos, pero tuvimos reportes de fresas maduras cultivadas en el balcón de un apartamento. Es claro que el ejercicio hay que mejorarlo, pero hubo mucho interés por parte de los estudiantes.

8.2.1.12 Entrega de material *in vitro* (plántulas de fresa) para aclimatación en casa.

A los estudiantes se les entrega material *in-vitro* de plántulas de fresa (*Fragaria* sp) y deben realizar el proceso de aclimatación en sus casas. Deben sembrar la planta y cuidarla técnicamente para su endurecimiento y adaptación al medio ambiente.

El ejercicio les llamó mucho la atención a los estudiantes y evidenciaron su trabajo en las siguientes fotos.



Figura 12. Plantas de Fresa aclimatadas en casa a partir de cultivo *in-vitro*.

8.2.1.13 Elaboración de un video comparando el video de la siembra de la rosa y la micropropagación en el laboratorio.

Como actividad de cierre del módulo de cultivo de tejidos vegetales *in-vitro*, se diseña una actividad que reúna y contraste el video de la siembra (clonación) empírica de una rosa con los aprendizajes de las clases y actividades teóricas con las habilidades técnicas y destrezas desarrolladas en el laboratorio.

La instrucción se realizó de la siguiente forma:

**Facultad de Ciencias Naturales
Curso de Biotecnología**

ACTIVIDAD QUE CONTRASTA LA TEORÍA DEL MÓDULO DE CULTIVO DE TEJIDOS VEGETALES Y EL LABORATORIO.

Apreciados estudiantes, ustedes realizaron un video donde muestran la forma de sembrar, a nivel casero, un clon de una rosa. En el laboratorio pudieron experimentar de manera ortodoxa cómo se introduce una planta a condiciones in-vitro, realizaron la micropropagación de plántulas y experimentaron el proceso de aclimatación o endurecimiento de una plántula in-vitro a condiciones de invernadero.

Como ejercicio de cierre de este proceso de enseñanza-aprendizaje, y que les vale como nota para su parcial de teoría de este módulo, ustedes deben:

- 1) Conformar grupos de tres personas.*
- 2) Producir un video, subirlo a You Tube y enviar el link a la plataforma Slack.*
- 3) Deben **comparar** desde su conocimiento científico, teórico y práctico ambos procedimientos: el casero y el del laboratorio.*
- 4) Deben editar el video utilizando como insumos el video casero, las fotos que tengan, los comentarios que quieran hacer, la música que mejor les guste y los videos hechos en el laboratorio, todo esto utilizando un editor de videos ej: Filmora.*
- 5) En el contenido del video que va producir debe responder las siguientes preguntas guía:*

- a. *¿Qué utiliza como planta madre?*
 - b. *¿Por qué escoge explantes con meristemas?*
 - c. *¿Qué características tiene el sustrato que utiliza?*
 - d. *¿qué condiciones abióticas tiene en cuenta en cada caso?*
 - e. *¿Qué fase del cultivo in-vitro de plantas corresponde en cada momento?*
 - f. *¿Qué importancia podría tener el cultivo de tejidos vegetales in-vitro para el desarrollo de la agricultura en Colombia?*
- 6) *Sean creativos, originales, claros, utilicen un lenguaje adecuado, y lo más importante; disfruten la actividad.*
 - 7) *El video debe tener una duración máxima de 20 minutos*
 - 8) *Deben entregar el link solo el día 24 de mayo.*

Figura 13. Instrucciones para la elaboración del video comparativo entre la siembra de la rosa y la micropropagación de yuca.

Al observar los videos es interesante apreciar que los estudiantes llegan a realizar una comparación paralela entre las dos actividades. Tienen claro qué es lo que estaban haciendo cuando recibían instrucciones del familiar, la validez de cada recomendación, ya que trabajaron los conceptos inherentes del proceso y luego se desarrollaron a nivel de laboratorio haciendo un actividad similar, pero desde el punto de vista científico.

Todavía se puede observar que falta un poco más de independencia y autonomía para realizar los proyectos audiovisuales, se nota que les hace falta más práctica y hasta formación audiovisual para que el producto mejore su calidad. De todas formas, se logró contextualizar a los estudiantes con una técnica biotecnológica de gran utilidad en el mundo de la investigación, el mundo comercial y el mundo científico, que los estudiantes construyeron en gran medida su conocimiento respecto al cultivo de tejidos vegetales *in-vitro* y esperamos que haya sido significativo, contextualizado y permanente.

Tabla 5. Links de los videos comparativos entre la siembra de una rosa y la micropropagación de Yuca. Fuente propia.

	Link de los videos comparativos de la rosa y la yuca
1	https://youtu.be/ry1wkXz6924
2	https://youtu.be/QjCTs3Fl4uw
3	https://www.youtube.com/watch?v=G99ZGemUWFw&t=8s
4	https://youtu.be/5PmhqS-H4bo

Acerca de la fase de evaluación se encuentra integrada en todas las fases, debido a que, en los métodos desarrollados en cada una de estas se efectuó un acompañamiento y seguimiento continuo a los procesos de formación integral de los estudiantes, realizados a través de una evaluación formativa que incluye una retroalimentación del aprendizaje, asimismo implicó una evaluación sumativa aplicada a la finalización de la unidad que permitió determinar el cumplimiento de los objetivos y la competencia de egreso, como también conocer ciertas dificultades que aún presentaban los estudiantes en algunos temas, los cuales se reforzaron en los encuentros sostenidos de forma sincrónica.

8.3 Interpretación de la práctica educativa.

Lo primero que se resalta en esta sistematización es que el tiempo para desarrollar el módulo es muy corto y es necesario repensarlo todo para mejorar el aprendizaje de los estudiantes. Para que ellos puedan tener un aprendizaje más significativo, contextualizado y permanente. Posiblemente un aprendizaje basado en proyectos, con un proyecto a lo largo de todo el curso, pueda contribuir a estos objetivos. Aunque el tiempo de las clases y el del laboratorio son cortos y se realizaron diversas actividades antes, durante y después de la clase, los estudiantes no manifestaron ningún tipo de inconformidad sólo, pidieron que tuvieran tiempo para realizar las actividades. Este fue uno de los mejores aspectos durante el módulo, no se sintieron presionados para realizar sus actividades y manifestaron haberlas disfrutado.

El ejercicio de transformación del enfoque didáctico del módulo, de conductista y cognitivista a constructivista, tuvo un avance considerable en el sentido de que los estudiantes pudieron vivenciar diferentes actividades, el profesor no fue el centro del proceso, y los estudiantes pudieron construir su propio conocimiento a partir de sus conocimientos previos. Como se mostró en la gráfica 3 estos conocimientos eran muy heterogéneos y en las clases teóricas se discutieron algunos de esos vacíos o dudas que tenían. También se vieron involucradas personas de su entorno familiar cercano, dándole apoyo a la contextualización del aprendizaje, pero se requiere que se mejore la propuesta.

Como se mencionó anteriormente, realizar un análisis de los saberes previos de un grupo de estudiantes antes del desarrollo de un curso (en este caso de un módulo) es de suma importancia. En nuestra experiencia, la cuantificación de estos saberes previos mostró una robusta radiografía de los temas que debían ser abordados y sustentados durante el módulo. Además, incluir preguntas sobre la pertinencia del tema que se desarrollará, también genera una buena información para el diseño de las actividades.

Otro factor muy importante y transversal durante todo el módulo, fue el uso de las TIC como apoyo al proceso de aprendizaje y para facilitar todas las actividades. En especial, los videos son una buena herramienta didáctica pues los estudiantes deben programar, planear, diseñar y autoanalizarse en todo el proceso y hace parte de los pequeños proyectos que les permiten desarrollar habilidades comunicativas y de trabajo en equipo. Con este tipo de herramienta, los estudiantes pueden desarrollar su pensamiento crítico y autocrítico, su autonomía, su creatividad y su aprendizaje puede ser más significativo y permanente, además por estar subidos a una plataforma pública, cualquiera puede volver a consultarlos.

De acuerdo a la experiencia realizada en esta sistematización, surge una propuesta de cambio para mejorar el proceso y la secuencia didáctica orientada hacia un enfoque más constructivista del aprendizaje. La propuesta es utilizar una sola especie para que el

estudiante realice todo el proceso con su material. Se propone la utilización de maíz (*Zea mays*), e iniciar con la siembra de las plantas en un vivero de la universidad para ser utilizadas durante todo el proceso de incorporación de material del medio ambiente a condiciones *in-vitro*. Se sugiere generar material inducido o tratado con diferentes concentraciones de factores de crecimiento o fitohormonas para identificar su efecto, diferentes concentraciones de elementos nutricionales para identificar el efecto de su carencia. Finalmente, que los estudiantes puedan tener plántulas *in-vitro* para ser exhibidas como material ornamental de la universidad.

8.4 Fase de evaluación

El modelo de evaluación que se llevó a cabo durante el proceso fue una evaluación formativa. Cada actividad fue evaluada con base en las instrucciones que se presentaban, estas se convirtieron en las rúbricas de evaluación. Cada actividad tuvo su respectiva retroalimentación, dándole al estudiante la posibilidad de mejorar en los problemas o errores que cometieron.

Al final del proceso, las observaciones (evaluaciones formativas) realizadas a los estudiantes, sobre las entregas de las actividades, fueron transformadas a los valores de una evaluación sumativa con escala de 1 a 5.

8.5 Consideraciones éticas.

También es importantes mencionar como consideraciones éticas, que la participación y autorización de los estudiantes en esta sistematización fue consultada y aceptada a través de la firma de un consentimiento informado y que la profesora coordinadora del curso de biotecnología también dio su aprobación con la firma del consentimiento informado (anexo 1). También quiero hacerle un especial reconocimiento a los familiares y conocidos que, muy amable y desinteresadamente, compartieron sus experiencias y conocimientos de jardinería para asesorar a los estudiantes; muchísimas gracias!

9 Conclusiones

Las actividades didácticas con un enfoque constructivista permitieron cambiar el ambiente de aprendizaje de los estudiantes y mejoró la disposición para desarrollarlas. No se observó la apatía, el desinterés y el inconformismo de semestres anteriores, todo lo contrario, se manifestó mucho interés por la técnica y su aplicación para su vida profesional.

En los trabajos se puede inferir que los estudiantes pudieron darle significado y contextualizar su aprendizaje pues logran mostrar sus habilidades y destrezas al momento de realizar las actividades del laboratorio y al explicar en el video, las aplicaciones del cultivo de tejidos.

La incorporación de los elementos del entorno de los estudiantes cumplió con los objetivos, pues se pudo evidenciar que padres, madres, abuelas y jardineros les compartieron sus conocimientos en jardinería a los estudiantes, esto les dejó una buena impresión tanto a los familiares como a los estudiantes.

El proceso de evaluación dejó de ser un motivo de estrés para los estudiantes, se evaluó el proceso de manera formativa a lo largo del módulo y las instrucciones de cada actividad, se convirtió en la rúbrica de evaluación. Luego de la conversión de las calificaciones formativas al modelo sumativo, ninguno de los estudiantes obtuvo una calificación inferior a 4.0, mostrando el buen desempeño de los estudiantes.

Hay que seguir repensando las actividades que aún siguen siendo no significativas ni contextualizadas.

Bibliografía

Agudelo O. Bonilla M. Aguirre A,C. (2017). Desarrollo de material didáctico multimedia de cultivo de tejidos vegetales con aplicaciones agrarias y ambientales. Revista de investigación agraria y ambiental. Universidad nacional de Colombia. Volumen 8 Número 2. Julio 2017.

Ardila, R. (2013). Los orígenes del conductismo, Watson y el manifiesto conductista de 1913. Revista latinoamericana de psicología. Vol. 45. Nro. 2. Pg. 315-319

Barnechea M., Morgan M. (2010). La sistematización de experiencias: producción de conocimientos desde y para la práctica. Tend. Retos. Volumen 15.

Castaño, A. Saenz, J. Ávila, C. Bianchá, H. Antury, J. López, J. (2019). Sistematización de práctica educativas: Guía conceptual para educadores. Edukafé. Nro 7.

Cardona, M. (2013). Diseño e implementación de una estrategia didáctica para la enseñanza - aprendizaje de los tejidos vegetales utilizando una secuencia didáctica en grado séptimo: Estudio de caso en la institución educativa La Candelaria de Medellín. Tesis: Magister en enseñanza de las ciencias exactas y naturales. Medellín Universidad Nacional de Colombia.

Delgado. C. A., (2012). Un modelo pedagógico para la enseñanza de la producción biotecnológica de material vegetal. Tesis: Magister en la enseñanza de las ciencias exactas y naturales. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

De la Fuente, J. (1997). El lenguaje desde la biología del amor. Literatura y lingüística. Num. 10.

Florian, A,K. (2019). Diseño de una unidad didáctica sobre el cultivo de tejidos vegetales in vitro que permitan la enseñanza de conceptos relacionados con el desarrollo de las plantas, para estudiantes del grupo de biotecnología del colegio CAFAN. Tesis licenciatura en Biología. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá.

Ocampo, G. (2016). Curso de biotecnología Hortícola. Universidad estatal de Sonora. Recuperado de:

https://ues.mx/archivos/secuencias/006_14_AGR12C1.pdf?0.9372386175673455
chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/

Ortega. H., Pennesi. M., Sobrino. D., Vasquez. A.. (2012). Tendencias emergentes en educación con TIC. Barcelona, España: Espiral. Recuperado de:

[file:///E:/Tendencias emergentes en educacin con TIC%20libro%20y%20capitulo%20de%20adell%20\(1\).pdf](file:///E:/Tendencias%20emergentes%20en%20educacin%20con%20TIC%20libro%20y%20capitulo%20de%20adell%20(1).pdf)

Ortiz, D. (2015). El constructivismo como método como teoría y método de enseñanza. Sophia, colección de filosofía en la educación. Nro. 19. Pg. 93-110

Pabellón, R. (2013). Watson y Skinner y algunas disputas dentro del conductismo. Revista colombiana de psicología. Vol 22. Nro. 2. Pg. 389-399.

Peggy, A. Ertmer y Timothy J. Newby. (1993). Conductismo, cognitivismo y constructivismo: una comparación de los aspectos críticos desde la perspectiva del diseño de instrucción. Performance improvement quarterly. Vol. 6. Nro 4. Pg. 50-72

Perea M., (2009). Cultivo de tejidos vegetales *in-vitro*. Tesis de Biología. Primera edición. Universidad nacional de Colombia. Bogotá Colombia.

Schunk D. (2012) Teorías del aprendizaje. Una perspectiva educativa. Ciudad de México. México. Pearson Educación.

Suárez P. (2013) Watson, Skinner y algunas disputas dentro del conductismo. Universidad Nacional de educación a Distancia. Revista colombiana de psicología. 22 (2), 389-399

Valdez A. (2012). Teorías educativas y su relación con las tecnologías de la información y de la comunicación (TIC. Universidad I de autónoma de México. XVII congreso internacional de contaduría, administración e informática.

Velázquez, R. Piguave, C. Valdés, I. Zúñiga, K. (2020). Metodologías de enseñanza-aprendizaje constructivista aplicadas a la educación superior. Revista Sinapsis. Vol.3. Nro 18. Pg 1-9.