

(09-001) - Successful Project Management of in the In-vitro Experimentation block of the TEC21 Educational Model

Saavedra Gastélum, Verónica ¹; González Almaguer, Carlos Alberto ¹; Angulo Bejarano, Paola Isabel ¹; Sharma, Ashutosh ¹

¹ Tecnológico de Monterrey

The TEC21 educational model based on competencies of Tecnológico de Monterrey is based on challenges that are elaborated in each block. The challenges are projects designed jointly with a training partner and seek to develop in the student disciplinary competences of the block and transversal competences.

The In-vitro experimentation block has been assigned as a block with human sensibility related to the UN's Sustainable Development Goal 15 (SDG): life on land, with a duration of 10 weeks. The challenge seeks to design and implement a protocol to sustainably and ethically conserve plant species with the use of biotechnology. The training partner for the August-December 2022 semester was the Management Unit for the Conservation of Wildlife (UMA) Dehesa San Isidro.

This contribution seeks to develop a project management process based on the reduction of time in research and development by applying design of experiments, which allows the plant to achieve its sustainable use.

The results obtained by the students when applying this educational innovation for the management of Challenges in biotechnology are presented, as well as recommendations for its application both at the educational level and in the industry.

Keywords: Biotechnology; Design of experiments; Project Management; Higher education; Educational innovation

Gestión de Proyectos Exitosos en el bloque Experimentación in-vitro del Modelo Educativo TEC21

El modelo educativo TEC21 basado en competencias del Tecnológico de Monterrey se basa en Retos que son elaborados en cada bloque. Los Retos son proyectos diseñados conjuntamente con un socio formador y buscan desarrollar en el estudiante competencias disciplinares del bloque y competencias transversales.

El bloque Experimentación in-vitro ha sido asignado como un bloque con sentido humano relacionado con el objetivo 15 de desarrollo sostenible (ODS) de la ONU: vida de ecosistemas terrestres, con una duración de 10 semanas. El Reto busca diseñar e implementar un protocolo para conservar de forma sustentable y ética las especies vegetales con el uso de la biotecnología. El socio formador para el semestre agosto-diciembre de 2022 fue la Unidad de manejo para la conservación de la Vida Silvestre (UMA) Dehesa San Isidro.

La presente contribución busca elaborar un proceso de gestión de proyectos basado en la reducción de tiempo de investigación y desarrollo aplicando diseño de experimentos, lo cual permite alcanzar en la planta su uso sustentable.

Se presentan los resultados obtenidos por los alumnos al aplicar esta innovación educativa para la gestión de Retos en biotecnología, así como recomendaciones para su aplicación tanto a nivel educativo como en la industria.



Palabras clave: Biotecnología; Diseño de experimento; Gestión de proyectos; Educación universitaria; Innovación educativa

Correspondencia: Verónica Saavedra Gastélum, veronica.saavedra@tec.mx

Agradecimientos: The authors would like to acknowledge the financial and the technical support of Writing Lab, Institute for the Future of Education, Tecnológico de Monterrey, Mexico, in the production of this work.

1. Introducción

En el modelo educativo TEC21 una unidad de formación es lo equivalente a una materia semestral, la diferencia radica en que se cursa en 5 semanas y las horas dedicadas al trabajo dentro y fuera del aula equivalen a las horas de una materia semestral. El éxito del despliegue de una unidad de formación se asegura al tratarlo como una administración de proyecto ágil, cuya constantemente es el cambio y ajustes constantes, que debe ser gestionado de manera profesional, con herramientas adecuadas y en donde cada miembro del equipo actúa como una sinfonía y sabe en qué momento entra a tocar su parte de la partitura, ya que esta impacta de manera positiva en el aprendizaje de los alumnos.

Las metodologías ágiles son las más indicadas para conceptualizar a la unidad de formación como un proyecto, una herramienta que permite hacer la definición e identificar tanto actores, restricciones y procesos es la metodología de sistemas suaves (SSM por sus siglas en inglés "*Soft Systems Methodology*"), también llamada metodología de sistemas blandos). Es por esta razón que el modelo educativo TEC21 basado en competencias del Tecnológico de Monterrey utiliza retos los cuales son diseñados y elaborados previamente al inicio de cada bloque.

El reto se resuelve desarrollando competencias disciplinares y transversales, a través de un proyecto académico elaborado dentro de una unidad de formación, o bloque que tiene una duración de 5, 10 o 15 semanas, (Instituto para el Futuro de la Educación, 2020). El reto se compone de tres pilares: alumnos, profesores y socio formador, que en lenguaje de administración de proyectos se les puede considerar como los stakeholders. En este caso se pide que el socio formador sea un jardín botánico o una Unidad de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA) o algún otro socio formador relacionado con el tema de conservación de la vida silvestre.

Las metodologías ágiles han sido propuestas en su mayoría para el desarrollo de software en la educación. Tal es el caso del trabajo presentado por Orjuela en el cual se explora el marco teórico de referencia de las metodologías de desarrollo de la ingeniería del software educativo (Orjuela Duarte, 2008). Soto-Guerrero et al, a su vez, propusieron un modelo metodológico para la realización de tutoriales basados en metodologías ágiles en el área de innovación educativa para el desarrollo de software (Soto-Guerrero, 2018). También se han utilizado como una clasificación para el arte de medios inestables destacando sus características como productos de software en la que se realizó un ejercicio de producción, de una pieza de este tipo, utilizando metodologías ágiles de desarrollo. (Martínez, 2011)

Guerrero-Chanduví presentó una investigación en la que se establece la necesidad de una colaboración estrecha entre la educación superior, el mercado de trabajo y la sociedad para la adquisición de competencias profesionales. Para lograr dicho objetivo propone la estrategia docente para la adquisición de competencias por parte del alumnado. Dentro de las estrategias se propone el aprendizaje basado en proyectos (POL, por sus siglas en inglés "*Project-Oriented Learning*") como una manera de incorporar metodologías activas al proceso de enseñanza aprendizaje. (Guerrero-Chanduví, 2018)

La presente investigación proponer la implementación de la gestión profesional de proyectos complementada con el uso de metodologías de sistemas suaves para elaborar un proceso de gestión de proyectos basado en la reducción de tiempo de investigación y desarrollo aplicando diseño de experimentos, esto permite alcanzar en la unidad vegetal su uso sustentable y la micropropagación de manera ética y responsable. Asimismo, se busca la adquisición de competencias transversales por parte de los alumnos del Tecnológico de Monterrey. Este documento refleja la experiencia de aplicar el diseño de experimentos en la gestión de proyectos con metodología Ágil con SSM en el semestre agosto-diciembre 2022 dentro de los

grupos impartidos en el bloque Experimentación in vitro en el Tecnológico de Monterrey; con la clave BT2004B.

2. Desarrollo

La metodología que se aplicó en el despliegue de la unidad de formación es un híbrido entre agile y tradicional, esto para la definición de actividades y el control del proyecto, para el análisis de la situación problemática propuesta por el socio formador, y definir el problema, se utilizaron metodologías de sistemas suaves. La metodología de los sistemas suaves, impulsada por Checkland (González et al 2022), es un proceso que se utiliza para resolver situaciones problemáticas de manera organizada y flexible. El primer paso fue definir el objetivo de la UF y quiénes serían los *stakeholders* a través de aplicar las metodologías de sistemas suaves.

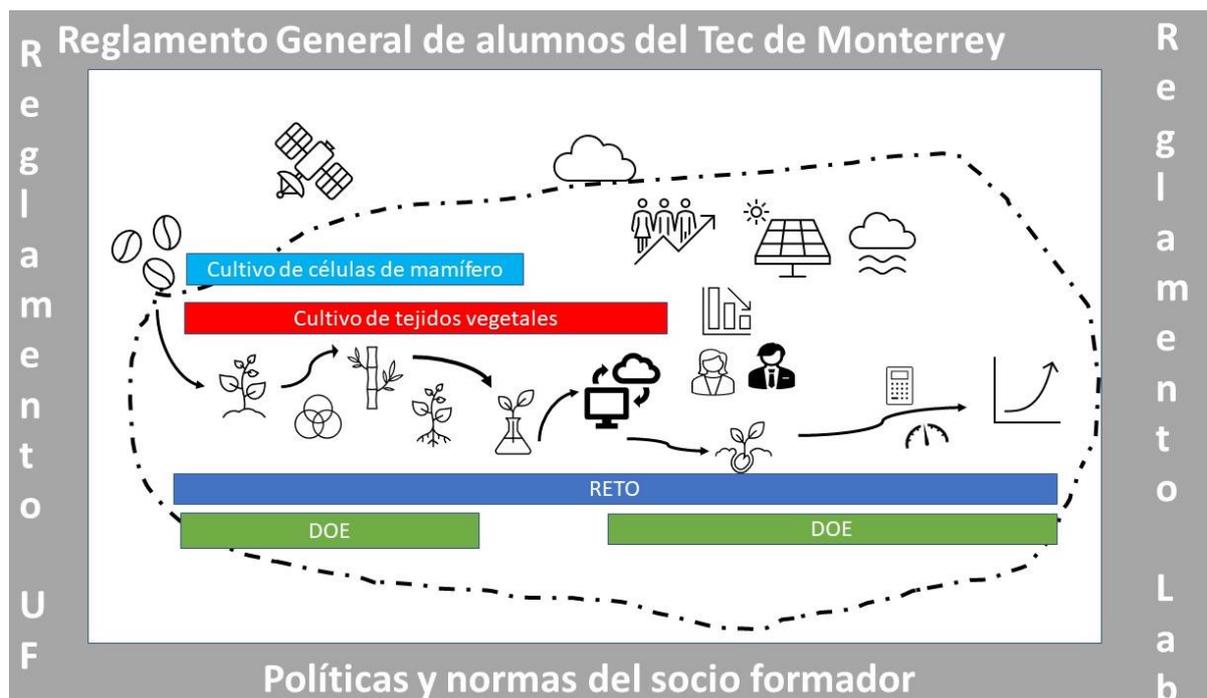
El sistema CATWOE (es un acrónimo de las palabras: Clientes (C, *Customers* en inglés), Actores (A, *Actors* en inglés), Transformación (T, *Transformation* en inglés), Visión Global (W, *World view* en inglés), Propietario (O, *Owner* en inglés) y Limitaciones Ambientales (E, *Environmental constraints* en inglés) es una lista de chequeo en la que se incluyen una serie de componentes del sistema que permite analizar de una forma más organizada el sistema. Podemos definir al sistema como una organización, una escuela, un país, etc. Para esta unidad de formación se definieron todas las entidades que afectan el sistema (UF), quedando definido como se muestra a continuación:

- **C** El cliente para la unidad de formación es el socio formador.
- **A** Los actores son alumnos, profesores, socio formador, diseñadores, laboratoristas.
- **T** Es el objetivo del reto.
- **W** Es el contexto en el que se aplica la UF en aprendizaje remoto y restricción de laboratorio.
- **O** En este caso es el Tecnológico de Monterrey.
- **E** Son las normativas y restricciones para la UF.

El siguiente paso fue utilizar un mapa enriquecido (*Rich picture*), Figura 1, en donde se describen las cuatro etapas en las que está dividida la UF donde la parte más importante del modelo educativo es el Reto. Para Experimentación in-vitro el reto está dividido en 4 etapas: Investigación, Diseño, Experimentación y Análisis e interpretación y presentación de la solución al reto. Durante las 4 etapas los profesores y alumnos trabajan en conjunto en la elaboración del reto.

Durante este reto se contó con la colaboración de la Unidad de manejo para la conservación de la Vida Silvestre (UMA) Dehesa San Isidro (2023) como socio formador. La unidad de formación fue asignada como un bloque con sentido humano relacionado con el objetivo de desarrollo sostenible (ODS) 15: vida de ecosistemas terrestres de la ONU. Por su parte, el socio formador acompaña en momentos específicos a lo largo del bloque, al inicio de este para conceptualizar las necesidades que tienen como UMA, a mitad del reto en la parte de retroalimentación en los avances de los proyectos presentados por los equipos y finalmente participa en la evaluación de las presentaciones finales al final del bloque. La UMA Dehesa San Isidro será la responsable de proveer el material vegetal con el que se trabajará, el cual, se tiene identificado taxonómicamente y de las cuales se pretende alcanzar su uso sustentable.

Figura 1: *Rich Picture* de la UF Experimentación in Vitro. (Fuente propia)



La UF tiene una duración de dos periodos académicos dentro de un semestre, cada periodo consiste en 5 semanas, y entre ambas semanas hay una dedicada a desarrollar competencias transversales, no disciplinares llamada semana Tec, en la que algunos alumnos aprovechan para trabajar en el laboratorio y adelantar los tiempos de entrega. La figura central del equipo docente es el coordinador del bloque y, el segundo nivel el coordinador del grupo, para esta UF en el caso de agosto 2021 había 3 grupos de estudiantes, pero por la logística y restricciones de salud por el confinamiento, se convirtieron en 6 grupos.

El *scrum master* y/o *Project Manager* es el coordinador de la UF, y los miembros del equipo son el coordinador de cada grupo y el equipo de docentes que imparten cada módulo, nuestra herramienta o control de proyecto es la plataforma CANVAS con el calendario de entregas de cada actividad de módulo. Hay 3 revisiones que son consideradas como *sprints* fundamentales (porque están asociados al reto) y *sprints* secundarios asociados a los entregables de actividades del módulo. Se implementó el uso de un tablero Kanban, los cuales son herramientas que reflejan los estados de las actividades que se deben realizar en un proceso determinado para monitorear las tareas por hacer y así alcanzar el éxito de estos (León, 2022), en este caso; para monitorear las actividades formativas y evaluativas por cada módulo de la UF.

2.1 Investigación

Al inicio del reto se pide a los alumnos generar los antecedentes y objetivos del proyecto para elaborar una propuesta de uso del recurso vegetal que van a utilizar, de tal manera que su propuesta sea original e innovadora. Se pretende a su vez, que la propuesta cumpla con la normativa necesaria para su realización. Para poder establecer esta propuesta, se pide al alumno que responda las siguientes preguntas:

- ¿Cuáles son las características del modelo vegetal con que se va a trabajar?
- ¿Existen patentes publicadas en donde se haya utilizado el modelo vegetal (planta) en cuestión?

- ¿Existen medidas para evitar el plagio de hallazgos científicos o patentes en el contexto vegetal?
- ¿Existen protocolos de micropropagación publicados del modelo vegetal (planta) a estudiar? ¿En qué consisten?
- ¿Qué metodologías de micropropagación se utilizaron?
- ¿Cuál es la importancia económica de este modelo vegetal?
- ¿Existe una normativa vigente sobre el manejo de la especie con la que vas a trabajar? Documenta.
- ¿Cuáles son los usos medicinales encontrados del modelo vegetal?
- ¿Hay reportes previos sobre compuestos aislados con propiedad nutracéutica?
- ¿Qué métodos de extracción se han reportado?
- ¿Qué línea celular podría usarse para probar alguno de los beneficios de los extractos obtenidos de estas plantas?
- ¿Cuál sería la metodología a seguir para probar el uso de estos extractos sobre la línea celular?
- ¿Qué compuestos pueden estar presentes en el extracto, en un análisis en cromatografía en capa fina?

2.2 Diseño

Una vez que el alumno ha establecido el recurso vegetal que desea analizar puede comenzar con la etapa de diseño. En esta fase, se busca que los alumnos realicen la propuesta de protocolo de experimentación basado en un diseño experimental. Esta parte es esencial para la gestión de proyectos, debido a que, si el experimento se establece de manera clara y precisa, llevará a una disminución en el tiempo del desarrollo del proyecto y en la eficiencia de uso de los recursos.

El alumno deberá definir las variables que desea analizar (variable respuesta) y las variables que impactan a la variable respuesta (factores), así como los niveles que se desean probar en los diferentes factores. Una vez definido lo anterior, será posible seleccionar el diseño experimental y se podrá continuar con la etapa de experimentación.

2.3 Experimentación

Durante la etapa de experimentación los alumnos realizan experimentos que ellos mismos plantean para resolver un reto específico en el laboratorio de cultivo de tejidos vegetales. Es importante que los alumnos ya posean los conocimientos básicos del diseño de experimentos para así poder reducir el porcentaje de error en la experimentación y minimizar el efecto de todos los factores perturbadores que puedan afectar el experimento.

Se espera que al final de los experimentos realizados para completar el reto ante la organización socio formadora los estudiantes hagan entrega de su bitácora donde han documentado todos los pasos realizados en su experimentación y se obtengan los resultados del experimento a través del análisis de su diseño experimental. Asimismo, los estudiantes realizarán la presentación formal de sus resultados de manera oral y entregarán los resultados en formato de reporte técnico escrito.

En esta etapa la metodología Ágil adquiere un papel preponderante, por un lado, se tiene la premisa de que todos los experimentos planteados van a funcionar de acuerdo con lo planeado, sin embargo, en la realidad los procesos biológicos vegetales no son constantes en su totalidad, son el conjunto de variables intrínsecas o inducidas las que dan lugar a cambios morfológicos tanto a niveles moleculares y celulares hasta a nivel fisiológicos. Por ello, aun cuando se realiza una investigación bibliográfica para fundamentar los diseños experimentales en procesos conocidos, no siempre se tiene una tasa del 100% de éxito. Una

de las etapas cruciales en el establecimiento de cultivo de tejidos vegetales es obtener tejidos axénicos libres de microorganismos patógenos.

Sin embargo, en las plantas es común encontrar aquellos que tienen microorganismos endógenos que son difíciles de erradicar por lo que cuando se está trabajando un diseño de experimentos para encontrar las condiciones más adecuadas para establecer la germinación de plántulas y esto puede causar la aparición de contaminación en estas etapas dado que el sistema de limpieza no fue el más adecuado.

En el tiempo de espera que ocurre para que se lleve a cabo el crecimiento de radícula o de generación de brotes, pueden ocurrir eventualidades como la aparición de contaminación fúngica o simplemente no se cuenta con el tiempo suficiente para que el recurso vegetal proporcione los resultados necesarios para el análisis.

2.4 Análisis e interpretación y la presentación de la solución al reto

Al término de la etapa de experimentación se procede con la etapa 4 en la cual se realiza el análisis e interpretación de resultados obtenidos. Se prepara una reunión con el socio formador para la presentación de los resultados del reto, la cual debe incluir propuestas de mejora en el modelo vegetal. Algunos ejemplos pueden ser: protocolos de desinfección más eficientes, combinación de hormonas propuestas para el desarrollo del explante de manera más eficiente, métodos de extracción que permiten mejores resultados en el cultivo celular, etc.

Asimismo, se pide al alumno reflexionar y exponer los elementos de originalidad o innovación del protocolo o el proceso que se desarrolló en el modelo vegetal asignado, verificar si se siguieron los estándares y normas oficiales de manejo y seguridad en el proceso de implementación del producto biotecnológico; revisar los principios éticos que se consideraron para el desarrollo de su investigación y las herramientas y metodologías utilizadas en el desarrollo del protocolo, así como la búsqueda de principios activos que se realizaron aplicando principios de sostenibilidad.

Pero ¿Qué sucede si no se obtuvieron las unidades experimentales necesarias para su análisis? En este caso, se realizan ajustes con los expertos en el área de biotecnología, los expertos en el área estadística y con los alumnos para encontrar la mejor manera de analizar la información con el material con el que se cuenta y poder entregar al socio formador una posible solución al reto.

La propuesta generada con los resultados obtenidos debe estar lista para divulgación con la finalidad de dar a conocer al socio formador, a la comunidad y a la industria los hallazgos derivados de la resolución del reto.

3. Resultados

El reto está diseñado para que los estudiantes desarrollen competencias disciplinares utilizando los elementos teóricos y prácticos de los módulos de cultivo de tejidos vegetales y animales que se imparten a lo largo de las 10 semanas de duración que tiene la unidad de formación, mismos que no son continuos, sino que tienen una interrupción derivada de la semana Tec (es una unidad de formación en la que se busca tener una inmersión total en actividades o experiencias que permitirán desarrollar competencias transversales como comunicación, autogestión, inteligencia social, así como disciplinares en los estudiantes). El reto en sí depende en gran medida de lo que solicita el socio formador, en esta ocasión se

aplicó para los 4 grupos de Experimentación *in vitro* conformados por 5 a 6 equipos cada uno. El sistema vegetal modelo proporcionado a cada estudiante se puede observar en la Tabla 1.

Tabla 1. Especies utilizadas para los retos propuestos para analizar la viabilidad de las semillas

Nombre Científico	Nombre común
<i>Echinocactus platyacanthus</i> Link & Otto	Biznaga
<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd	Huizache
<i>Olea europaea</i> L.	Olivo
<i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ortega) Sarg.	Palo azul
<i>Prosopis laevigata</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C.Johnst.	Mezquite blanco
<i>Condalia velutina</i> I.M.Johnst.	Zarcigüil

Nota: World Flora Online

Se pidió a los alumnos desarrollar un protocolo de propagación *in vitro* para la especie vegetal asignada, además de sopesar cierta normatividad, se buscaba la adecuación de las condiciones nutricionales, hormonales y ambientales óptimas propias del genotipo en cada una de las 4 etapas para alcanzar los objetivos de cultivo, crecimiento y multiplicación hasta llegar a plantas completas. Para el reto se pidió que los alumnos presentarán por lo menos hasta la etapa de establecimiento de cultivo *in vitro*.

Los alumnos verificaron en cada caso de acuerdo con la NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (2010) si la especie estaba en peligro de extinción o amenazada. Después realizaron una búsqueda bibliográfica para verificar condiciones nutricionales, hormonales y ambientales óptimas propias del genotipo y los análisis previos en su especie o especies de la misma familia para decidir y para poder dar solución al reto de diseñar e implementar un protocolo para conservar de forma sustentable y ética, los vegetales con el uso de la biotecnología.

Basado en el diseño experimental, los alumnos llevaron a cabo la evaluación del efecto de diferentes fitorreguladores o sus combinaciones para lograr micropropagar las especies seleccionadas, resultado esperado al reto propuesto, tomando como unidad experimental una caja petri con el tratamiento correspondiente.

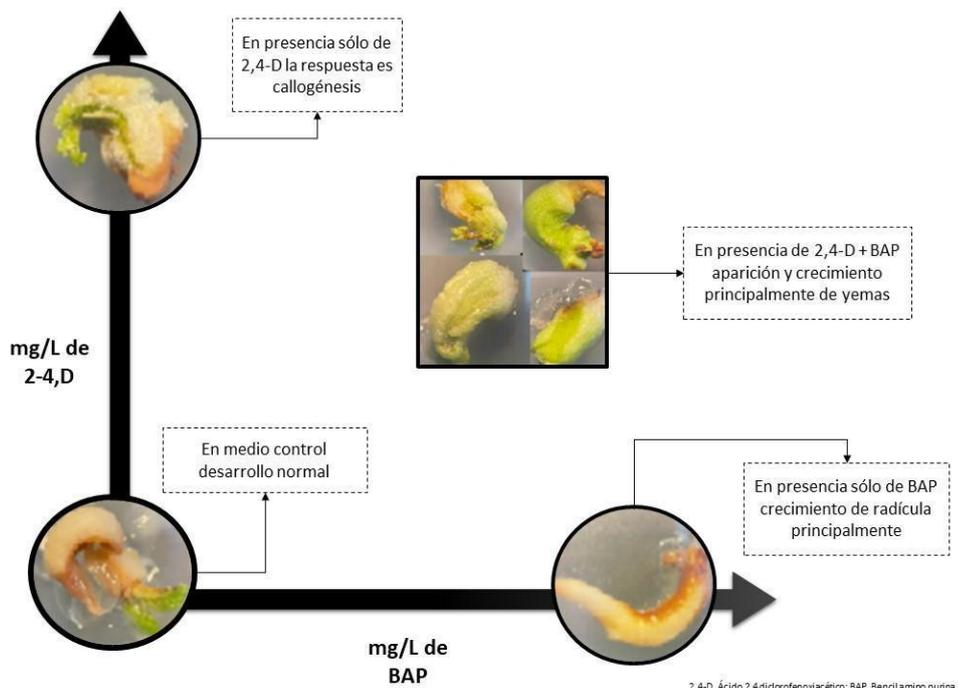
En la figura 2 se puede observar un ejemplo de la metodología propuesta para la micropropagación utilizada por los equipos, desde la preparación de los medios de cultivo hasta el sembrado de las placas y su incubación. Esta metodología propuesta es presentada ante el socio formador y los estudiantes deben ser capaces de entender y explicar todas las fases del proceso realizado.

Figura 2: Ejemplo de metodología para el establecimiento de proceso de micropropagación presentada por los equipos. (Fuente propia)

METODOLOGÍA PROPUESTA:



Figura 3: Ejemplos de resultados observados sobre unidades experimentales por efecto de fitorreguladores (Fuente propia).



En la figura 3 se pueden observar algunos de los resultados de los retos de Experimentación *in vitro* en el periodo agosto-diciembre de 2022. Se muestran ejemplos de los resultados del efecto de los diferentes tratamientos con fitorreguladores sobre los explantes vegetales evaluados después de un periodo de 5 semanas en incubación. Por ejemplo, calogénesis como variable respuesta al utilizar hormona 2,4-D, el crecimiento y la aparición de yemas al utilizar hormona 2,4-D + BAP, el desarrollo normal en el grupo control, así como el crecimiento de radícula con la hormona BAP.

Los alumnos presentan estos resultados en fotografías para su exposición ante el socio formador; esto es debido a que la presentación de resultados ante el socio formador es en la semana 10 del reto y sería imposible presentar las etapas de manera física.

Una vez obtenidos los resultados los estudiantes analizan sus resultados a través de diseño de experimentos, el cual fue definido y modificado de acuerdo con las necesidades del reto durante las primeras 8 semanas. En la última semana los estudiantes realizan el análisis estadístico y la validación de los supuestos de este. Con base en sus resultados, los estudiantes pueden dar recomendaciones y propuestas al socio formador para el mejor tratamiento o combinación de tratamientos de su reto en particular; basados en estadística inferencial.

Asimismo, todos los equipos evaluaron la actividad citotóxica de extractos acuosos de diferentes secciones de la especie *Myrtillocactus geometrizans* (Mart. ex Pfeiff.) Console mejor conocida como Garambullo, desde la raíz hasta su fruto. Esta cactácea es un ejemplo de lo que actualmente se conoce como alimento funcional, es decir que no solo presenta características nutricionales deseables, sino que también presenta compuestos bioactivos probados que podrían servir para prevenir o incluso reducir algunos padecimientos.

4. Conclusiones

El uso de las metodologías ágiles para conceptualizar a la unidad de formación como un proyecto es el más indicado porque reduce la probabilidad de falla en el proyecto. Esta herramienta permite hacer la definición e identificación de los actores, restricciones y procesos mediante sistemas suaves. Conjuntamente con el diseño experimental permite que la calidad de los entregables y el tiempo de terminación del proyecto se minimice. En principio parecería que el tiempo dedicado a la metodología de gestión de proyectos y al diseño experimental consumen tiempo en la realización del reto; sin embargo, al utilizar sistemas suaves se mejora el aprendizaje por parte de los alumnos y los proyectos son aceptados por los socios formadores por su alto nivel de profesionalismo.

Con la integración del diseño experimental, el alumno puede reconocer con claridad el objetivo de su investigación, las variables involucradas y la metodología que se requiere para la resolución del reto; disminuyendo el uso de materiales innecesarios y el tiempo para la realización del proyecto. Al obtener los resultados de sus experimentos, los alumnos son capaces de realizar el análisis estadístico, realizar el diseño de experimentos y su análisis y generar conclusiones confiables listas para su publicación.

El alumno a su vez adquiere no sólo el conocimiento en experimentación *in vitro* sino la capacidad de revisar la bibliografía y sustentar su trabajo con fuentes referenciadas. Asimismo, adquiere el conocimiento necesario sobre las normas inherentes a las especies analizadas, así como la conciencia para utilizar la biotecnología conforme a los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) 12 y 15.

Para futuras investigaciones se podría diseñar diagramas de Gantt para poder exponer el tiempo de dedicación previsto para diferentes tareas o actividades a lo largo de un tiempo total

determinado y así poder hacerlo más eficiente. También se podría implementar la Cruz de Malta en conjunto con los sistemas suaves para apoyar la toma de decisiones al estudiar el bloque como un sistema.

5. Referencias

- Checkland, P. B. (1989). Soft systems methodology. *Human systems management*, 8(4), 273-289.
- Checkland, P. (1993). Systems science. In *Systems Science* (pp. 7-10). Springer, Boston, MA
- González-Almaguer, C., Gómez-Valdez, C. R., Barbosa, E., Zubieta, C., Frías-Reid, N. (2022) *Metodologías de Sistemas Suaves y Ágiles en la Gestión de Proyectos Exitosos en el Modelo Educativo TEC21*. 26th International Congress on Project Management and Engineering, Terrassa, 5th-8th July 2022.
- González-Almaguer, C., Saavedra, V., Caballero, E., Acuña, A., Zubieta, C., Barbosa, E. & Lule, M. (2021, September). Design Thinking and Design Experiments: The Fusion of the School of Design and Industrial Engineering to Create Learning Experiences in The Tec21 Educational Model. In *International Conference on Engineering and Product Design Education, EPDE 2021*, Herning.
- Guerrero-Chanduví, D. A. & Girón-Escobar C. (2018) *Herramientas y experiencias para la evaluación por competencias en Dirección de Proyectos*. Capítulo 5: Aprendizaje y evaluación de competencias en dirección de proyectos: Experiencias de una estrategia docente. Dirección de Ingeniería de Proyectos, Edit. UCA, vol. 2, 142-197.
- León Yacelga, A. R., & Checa Cabrera, M. A. (2022). Uso de tableros Kanban como apoyo para el desarrollo de las metodologías ágiles. *Universidad Y Sociedad*, 14(S2), 208–214. Obtenido el 14 de mayo de 2024. Disponible en: <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/2760>
- Martínez, M. T. G., Herrero, C. P. d. C., & Aguilar, G. C. (2011). *Aplicación de las metodologías ágiles en el proceso de producción de piezas de arte de nuevos medios: bio-lencia como caso de estudio/application of agile software methodologies in new media art: bio-lencia as a study case*. *Journal of Information Systems and Technology Management: JISTEM*, 8(2), 407-424. Obtenido el 14 de mayo de 2024. Disponible en: <https://0-search-proquest-com.biblioteca-ils.tec.mx/scholarly-journals/aplicación-de-las-metodologías-ágiles-en-el/docview/892052988/se-2>
- Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, *Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo*. Obtenido el 30 de marzo de 2023. Disponible en: https://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5173091
- Ochoa Londoño, E. D., Herrera Pérez, J. C. (2022) *Pedagogía por proyectos como estrategia metodológica de motivación para la enseñanza*. *REVISTA EDUCARE*. vol. 26, núm. 1, 2022.
- Observatory IFE. (2020, Febrero 7). World Bank shows worldwide Tecnológico de Monterrey's Educational Model. *Institute for the Future Education*. Obtenido el 30 de marzo de 2023. Disponible en: <https://observatory.tec.mx/edu-news/world-bank-tec21-tec-de-monterrey-educational-model/>
- Orjuela Duarte, A., & Rojas, M. (2008). Las Metodologías de Desarrollo Ágil como una Oportunidad para la Ingeniería del Software Educativo. *Revista Avances en Sistemas e Informática*, vol. 5, núm. 2, junio, 2008, 159-171. Universidad Nacional de Colombia.

Medellín, Colombia. Obtenido el 14 de mayo del 2024. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/pdf/1331/133115027022.pdf>

Rodelgo, A. (2019) *Gestión Ágil vs Gestión Tradicional de Proyectos ¿Cómo Elegir?* Escuela de negocios fedea. Obtenido el 18 de mayo de 2023. Disponible en:
<https://www.escueladenegociosfedea.com/blog/50-la-huella-de-nuestros-docentes/471-gestion-agil-vs-gestion-tradicional-de-proyectos-como-elegir>

Soto-Guerrero, F., Quezada-Sarmiento, P., Condolo-Herrera, L., Mengual-Andrés, S., Moreno-León, D. I., & Rey-Mendoza, I. (2018). Desarrollo de un framework metodológico para la innovación educativa en el contexto de la acción tutorial basado en metodologías ágiles y estándares de conocimiento de ingeniería de software. *Revista Ibérica De Sistemas y Tecnologías De Información*, , 233-242. Obtenido el 14 de mayo de 2024. Disponible en: <https://0-search-proquest-com.biblioteca-ils.tec.mx/scholarly-journals/desarrollo-de-un-framework-metodologico-para-la/docview/2041144082/se-2>

Tecnológico de Monterrey. (2022). Curso de Experimentación in Vitro, clave: BT2004B. Reto Incorporando a la vida el potencial de las plantas.

Tecnológico de Monterrey. (2021) *Semana Tec LIFE*. Obtenido el 18 de mayo de 2023. Disponible en: <https://market.tec.mx/semana-tec-life-1677/p>

Tecnológico de Monterrey. (2020) *Tu potencial mueve al mundo*. Obtenido el 18 de mayo de 2023. Disponible en: https://issuu.com/tecdemy/docs/folletonacional2019_4_issuu

Unidad De Manejo Para La Conservación De La Vida Silvestre. Obtenido el 30 de marzo de 2023. Disponible en: <https://www.dehesasanisidro.com/> (2023)

United Nations. (n.d). *Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles*. Obtenido el 17 de mayo de 2023, Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-consumption-production/>

United Nations. (n.d). *Objetivo 15: Gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras, detener la pérdida de biodiversidad*. Obtenido el 29 de marzo de 2023, Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/biodiversity/>

World Flora Online. Obtenido el 30 de marzo de 2023. Disponible en: <https://wfoplantlist.org/plant-list>

**Comunicación alineada con los
Objetivos de Desarrollo Sostenible**

