

Prototipo de invernadero controlado con Arduino para enriquecer proyectos científicos modalidad STEAM

Protótipo de estufa controlada com Arduino para enriquecer
projetos científicos modalidade steam

Greenhouse prototype controlled with Arduino to enrich sci-
entific steam projects

Deyli Faynory Suta Chisica

Universidad de los Llanos, Sede Barcelona

Correo: deyli.suta@unillanos.edu.co

Diego Alejandro Mora Rojas

Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá

Correo: damorar@unal.edu.co

Adriana Hurtado Lozano

Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá

Correo: adhurtadol@unal.edu.co

Liliam Alexandra Palomeque Forero

Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá

Correo: lapalomequef@unal.edu.co

Óscar Rodríguez Bejarano

Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá

Correo: orodriguez@unal.edu.co

Resumen

En el marco del aprendizaje de la biología del desarrollo, la experimentación es necesaria para comprender el desarrollo vegetal. Por otro lado, ha sido una problemática constante el aprendizaje desarticulado del conocimiento. Frente a ello, los proyectos de aula son estrategias didácticas que permiten integrar el conocimiento disciplinar y la experimentación. Con base en lo anterior, se busca responder la siguiente pregunta: ¿Cómo integrar las disciplinas STEAM en proyectos de aula para solucionar problemas relacionados con la germinación en plantas? A continuación, se plantea un prototipo de invernadero accesible, controlado por Arduino UNO. Se desea que esta propuesta no sólo enriquezca la formulación de proyectos de aula para promover el aprendizaje significativo en los estudiantes, bajo una perspectiva STEAM, sino que también contribuya al desarrollo de los estudios sobre el color de la luz en el desarrollo de plantas.

Palabras Claves: aprendizaje basado en proyectos, microcontrolador, germinación, cultivo *in vitro*.

Resumo

No âmbito da aprendizagem da biologia do desenvolvimento, a experimentação é necessária para entender o desenvolvimento da planta. Por outro lado, a aprendizagem desarticulada do conhecimento tem sido um problema constante. Diante disso, os projetos de sala de aula são estratégias didáticas que permitem a integração dos saberes disciplinares e a experimentação. Com base no exposto, busca responder a seguinte questão: Como integrar as disciplinas STEAM em projetos de sala de aula para solucionar problemas relacionados à germinação de plantas? Em seguida, é proposto um protótipo de estufa acessível, controlado por Arduino UNO. Espera-se que esta proposta não apenas enriqueça a formulação de projetos de sala de aula para promover uma aprendizagem significativa nos alunos, sob uma perspectiva interdisciplinar STEAM, mas também contribua para o desenvolvimento de estudos sobre a cor da luz no desenvolvimento vegetal.

Palavras Chaves: aprendizagem baseada em projetos, microcontrolador, germinação, cultura *in vitro*.

Abstract

Within the framework of learning developmental biology, experimentation is necessary to understand plant development. On the other hand, the disjointed learning of knowledge has been a constant problem. Faced with this, classroom projects are didactic strategies that allow the integration of both disciplinary knowledge and experimentation. Based on the above, it seeks to answer the following question: How to integrate STEAM disciplines in classroom projects to solve problems related to plant germination? In that sense, an accessible greenhouse prototype controlled by Arduino UNO is proposed. It is hoped that this proposal not only enriches the formulation of classroom projects to promote meaningful learning in students, under an interdisciplinary STEAM perspective, but also contributes to the research about the effect of light color in plant development.

Keywords: project-based learning, microcontroller, germination, *in vitro* culture.

Introducción

En el contexto educativo, una de las problemáticas a la cual se enfrentan docentes y estudiantes es la enseñanza-aprendizaje desarticulada del conocimiento debido a la fragmentación de las disciplinas. Esta situación afecta a todos los niveles educativos, incluida la educación superior (Martín et al., 2021). Frente a ello, una posible solución es la implementación del enfoque STEAM, derivado de STEM. El enfoque STEM propone estrategias para el aprendizaje articulado de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas. Dada la necesidad de incluir más disciplinas, Corea del Sur introdujo el modelo STEAM para integrar las artes (Araya, 2016; Aguirre et al., 2020). La implementación del enfoque STEAM contribuye a estimular vocaciones científicas y desarrollar el pensamiento divergente, crítico, creativo y lógico-matemático, habilidades indispensables en el siglo XXI (Aguirre et al., 2020; López, 2019).

La metodología STEAM permite la formulación de estudios científicos (Martín et al., 2021; Sierra et al., 2019). Una forma para implementar el enfoque STEAM se basa en la creación de prototipos aplicados a la comprensión de fenómenos naturales. A continuación, se propone la elaboración de un prototipo de invernadero, controlado a través de Arduino UNO, con el fin de proponer alternativas para la implementación de proyectos de laboratorio interdisciplinarios en el aula que promuevan el aprendizaje significativo y aporten a las investigaciones sobre el desarrollo de plantas. Se espera que el prototipo pueda ser replicado e implementado en el aula para resolver problemas científicos, integrando ciencia, tecnología, ingeniería, artes y matemáticas.

Metodología

Para determinar el impacto de la implementación del prototipo en el aula, se sugiere realizar una investigación cualitativa, siguiendo el modelo investigación-acción, en cuatro fases: observar, pensar, actuar y evaluar. En la Tabla N° 1 se describen los objetivos de cada una de las fases.

Tabla N° 1. Diseño experimental de investigación-acción para llevar a cabo una investigación cualitativa en cuatro (4) fases.

Fase	Objetivo
Observar	Plantear el problema de investigación con base en experiencias sobre la enseñanza de la biología del desarrollo.
Pensar	Articular las disciplinas STEAM para el estudio de problemas en biología relacionados con el desarrollo de plantas.
Actuar	Implementar proyectos de aula con el prototipo de invernadero, siguiendo el instruccional BSCS 5E.
Evaluar	Determinar el impacto de la intervención con base en el análisis de evidencias, tales como los productos de los estudiantes.

Fuente. Elaboración propia.

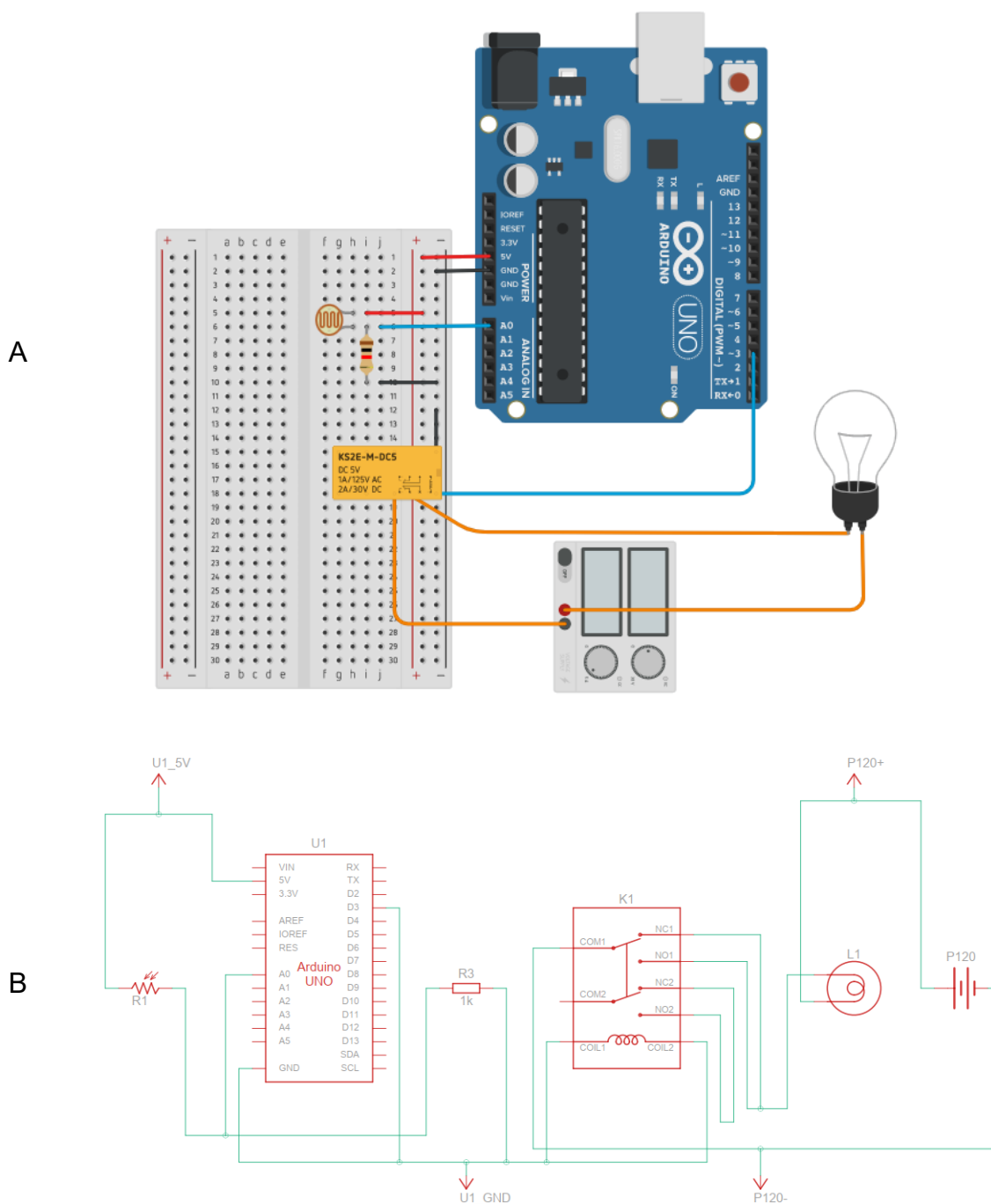
Para la elaboración del prototipo de invernadero se emplearon materiales accesibles. El invernadero estaba equipado con un termohigrómetro DHT11 y un bombillo LED de 120 V que se enciende por acción de un relé SRD05VDCSLC, que a su vez responde a la señal de una fotorresistencia. En el Gráfico N° 1 se muestra el esquema del circuito del bombillo LED acoplado a la fotorresistencia. El control se llevó a cabo a través de una tarjeta de Arduino UNO. Los datos de temperatura y humedad se visualizaron a través de un *display* QY1602A. El apartado del código de Arduino para el encendido del bombillo es:

```
void setup()
{
    pinMode(0, INPUT);
    pinMode(3, OUTPUT);
    digitalWrite(3, LOW);
}

void loop()
{
    {
        if (analogRead(0) < 800)
        {
            digitalWrite(3, LOW);
        }
        else {
            digitalWrite(3, HIGH);
        }
    }
}
```

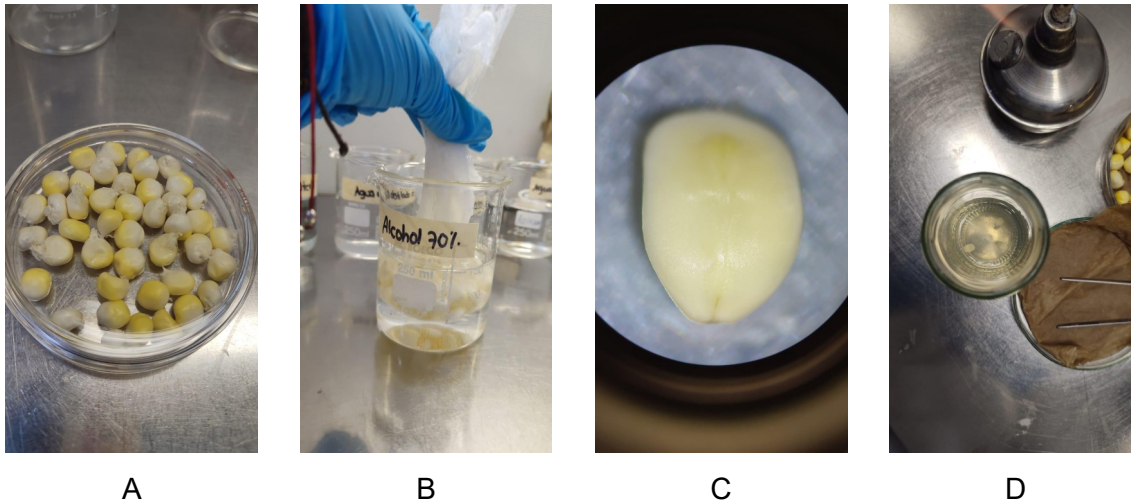
Para probar el prototipo, se prepararon cultivos *in vitro* de embriones de *Zea mays*. El procedimiento para preparar los cultivos se ilustra en el Gráfico N° 2. Se utilizaron 18 semillas comerciales de *Zea mays*, previamente seleccionadas para el rescate de embriones (Gráfico N° 2A) y desinfectadas (Gráfico N° 2B). La extracción del embrión se hizo bajo condiciones asépticas, haciendo un corte en la capa superior de la semilla. En el Gráfico N° 2C se muestra un embrión de *Zea mays*. Luego, se sembraron los embriones en 6 frascos con medio de Murashige y Skoog (1962), bajo condiciones estériles (Gráfico N° 2D).

Gráfico N° 1. Esquema (A) y representación (B) del circuito del bombillo LED acoplado a la fotorresistencia. Están representados el microcontrolador de Arduino UNO (U1), la fotorresistencia (R1), la resistencia de $103\ \Omega$ (R3), la fuente de energía (P1), el bombillo LED (L1) y el relé (K1).



Fuente. Elaborado con Tinkercad. Disponible en <https://www.tinkercad.com/dashboard>.

Gráfico N° 2. Procedimiento general para la preparación de cultivos *in vitro* de embriones de *Zea mays* en medio de Murashige y Skoog (1962). El procedimiento implica la selección (A) y desinfección (B) de semillas, la extracción (C) y siembra (D) de embriones.



Fuente. Elaboración propia.

Resultados y análisis

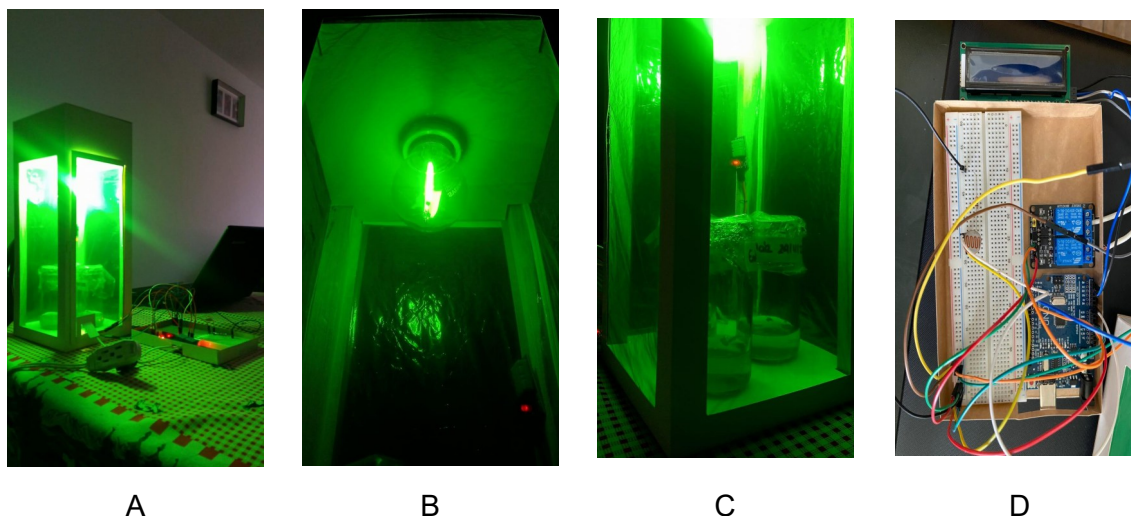
En el Gráfico N° 3 se observa el prototipo de invernadero elaborado y algunos equipamientos. Las dimensiones del invernadero son 150 mm por 150 mm por 385 mm (Gráfico N° 3A). Al interior, se ubica un bombillo LED verde de 120 V (Gráfico N° 3B) y un sensor de temperatura y humedad DHT11 (Gráfico N° 3C). El bombillo se enciende por acción de un relé, que a su vez responde a la señal de una fotorresistencia, mientras que los datos de temperatura y humedad se visualizan a través de un *display* (Gráfico N° 3D).

La implementación del prototipo ofrece la posibilidad de integrar las disciplinas STEAM. Se pretende que los estudiantes no sólo usen el prototipo sino que también lo diseñen y construyan ellos mismos, en el marco del aprendizaje basado en proyectos. De esta manera, se espera que los estudiantes se enfrenten a cuestiones orientadas a optimizar el diseño de tal manera que se logre una estructura arquitectónica que garantice condiciones ambientales favorables y estables de luz, temperatura, humedad y nutrientes para la germinación óptima de los embriones. Ello implica la integración de las disciplinas científico-técnicas y el arte: el diseño y construcción del invernadero, que requiere conocimientos en tecnología, ingeniería y artes, aporta a la solución de problemas científicos.

A través de un enfoque interdisciplinar, la presente propuesta responde al problema de la calidad de la educación en términos de pertinencia y constituye una alternativa para la enseñanza-aprendizaje de

contenidos curriculares con base en los alimentos. De acuerdo con Swart et al. (2020), la introducción de alimentos en los programas curriculares busca impactar en la vida de los estudiantes. De hecho, un reporte del 2017 de *The Center for Food Integrity* indicó que los encuestados expresaron interés por saber más acerca de la agricultura (65%) y manufactura de los alimentos (63%). Sin embargo, los recursos educativos disponibles sobre el origen y la fabricación de los alimentos no son implementados por los profesores porque ellos no están suficientemente preparados en el tema, desconocen cómo integrarlos en el currículo, prefieren usar el tiempo de clase para entrenar a los estudiantes en las pruebas estandarizadas, entre otras razones.

Gráfico N° 3. Prototipo de invernadero para estudiar el efecto de la luz verde en la germinación de embriones de *Zea mays* (A). Se muestran detalles del bombillo LED verde (B), el sensor de temperatura y humedad DHT11 (C) y el circuito eléctrico controlado con Arduino UNO (D).



Fuente. Elaboración propia.

Frente a ello, en la Tabla N° 2 se sugiere una secuencia de 7 fases para implementar el prototipo en proyectos de aula, siguiendo el modelo instruccional BSCS 5E: enganche, exploración, explicación, elaboración y evaluación. Dicho modelo ha sido ampliamente empleado en el diseño de secuencias de aprendizaje en ciencias (Bybee et al., 2006). La propuesta se basa en experiencias de otros proyectos de aula realizados en el curso de Biología del Desarrollo, dirigido a estudiantes de pregrado de la Universidad de los Llanos, Sede Barcelona. La etapa de evaluación no se hace explícita dado que se considera como un proceso continuo cuyas evidencias se recuperan a lo largo del desarrollo del proyecto de aula. Particularmente, se sugiere identificar e implementar oportunidades de mejora del experimento a través de la coevaluación y la metacognición.

Tabla N° 2. Secuencia de 7 fases para implementar el prototipo de invernadero en proyectos de aula, basada en el modelo instruccional BSCS 5E.

Etapas	Fase	Deberes de los estudiantes
Enganche	Revisión	Identificar problemáticas asociadas a la germinación en plantas.
	Planeación	Plantear el proyecto para solucionar una de las problemáticas identificadas.
Exploración	Diseño	Realizar el boceto del prototipo que permitirá solucionar el problema planteado.
	Construcción	Construir el prototipo incluyendo circuitos electrónicos, sensores y microcontrolador (Arduino).
	Aplicación	Usar el prototipo para llevar a cabo la germinación de las plantas y registrar datos experimentales.
Explicación	Explicación	Explicar los datos experimentales desde una perspectiva disciplinar.
Elaboración	Socialización	Dar a conocer los resultados importantes del trabajo mediante un póster o una publicación escrita.

Fuente. Elaboración propia.

Por otro lado, se mencionan las perspectivas de la investigación sobre el efecto de la luz verde en la germinación de semillas de *Zea mays*. Se espera que la luz verde favorezca un mayor crecimiento y una germinación más rápida en las plantas. De acuerdo con Wang y Foltá (2013), la longitud de onda verde no es de gran eficiencia en la fotosíntesis pero sí tiene un efecto en el crecimiento de las plantas. Ello se debe a la presencia de ciertos fotorreceptores que responden a las longitudes de onda de luz verde. Por otra parte, es probable que las longitudes de onda de la luz verde puedan servir como señal de regulación en la germinación de semillas al verse favorecida en ambientes sombreados. En consecuencia, se espera que la germinación y crecimiento de los embriones de *Zea mays* sea óptima bajo condiciones de luz verde. De esta manera, se aportan soluciones al problema de la demanda de maíz tanto de calidad como de cantidad.

Conclusiones

La propuesta es innovadora y posee potencial didáctico porque contribuye al aprendizaje significativo mediante el diseño, construcción y uso de prototipos de invernaderos en las aulas.

Se espera que la implementación de esta propuesta cree motivación porque integra ciencia, tecnología, ingeniería, artes y matemáticas (STEAM), y promueve el desarrollo del pensamiento creativo, crítico y científico.

La propuesta es una alternativa viable y accesible, que puede implementarse en instituciones de educación básica, media o superior, localizadas en zonas urbanas o rurales, mejorando la calidad en términos de pertinencia.

Se recomienda llevar a cabo el estudio del efecto de la luz verde en la germinación de *Zea mays* con una muestra significativa para tener mayor certeza sobre los resultados preliminares.

Bibliografía

- Aguirre, J., Moyano, E., Poveda, R., y Vaca, V. (2020). STEAM como metodología activa de aprendizaje en la educación superior. *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, 5(8), 467-492.
- Araya, R. (2016). STEM y Modelamiento Matemático. *Cuadernos de Investigación y Formación en Educación Matemática*, 15, 291-317.
- Bybee, R., Taylor, J., Gardner, A., Van-Scotter, P., Carlson, J., Westbrook, A. y Landes, N. (2006). *The BSCS 5E Instructional Model: Origins and Effectiveness*. BSCS.
- Lopez, M. (2019). Implementación y articulación del STEAM como proyecto institucional. *Latin American Journal of Science Education*, 6, 12034. http://www.lajse.org/may19/2019_12034.pdf.
- Martín, J., Suan, B., y Mesa, J. (2021). Diseño de prototipo acuapónico educativo para fortalecer competencias STEAM, de sostenibilidad y ciudadanía científica. En *Entre papel y letras. 1er Congreso Internacional Departamentos Académicos* (pp. 49-56).
- Murashige, T. y Skoog, F. (1962). A Revised Medium for Rapid Growth and Bio Assays with Tobacco Tissue Cultures. *Plant Physiology*, 15, 473-497. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x>.
- Sierra, D., Rojas, J., y García, Á. (2019). Implementando las metodologías STEAM y ABP en la enseñanza de la física mediante Arduino. En *Memorias del Congreso AmITIC 2019* (pp. 133-137).
- Swart, J., Richards, J., y Zhao, W. (2020). Understanding food processing and systems: Pilot testing a standards-aligned middle school curriculum. *Journal Of Food Science Education*, 19(2), 74-84. <https://doi.org/10.1111/1541-4329.12181>.
- Wang, Y. y Folta, K. (2013). Contributions of green light to plant growth and development. *American Journal of Botany*, 100(1), 70-78. <https://doi.org/10.3732/ajb.1200354>.