UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOMAS DE ZAMORA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

LICENCIATURA EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS BIOLÓGICAS

TRABAJO FINAL DE GRADO

Directora: Alegre, Maria Luján
Autora: Pacífico, Camila

BIOROBÓTICA:

Una propuesta de enseñanza explícita y reflexiva de la Naturaleza de la Ciencia y el modelo escolar de fotosíntesis.

Agosto, 2026

“A quienes buscan cada día formas de enseñar que hagan que los ojos brillen y los horizontes se expandan.”

Melina Furman (1975-2024)

Índice

		Página
	Resumen	5
1	Introducción	5
2	Fundamentación Disciplinar y Epistemológica	10
	2.1 El modelo de nutrición vegetal a lo largo de la historia	11
	2.2 Naturaleza de la Ciencia y su enseñanza	11
3	Fundamentación Pedagógica	14
	3.1 Construcción de modelos y experimentación en la enseñanza de las ciencias	14
	3.2 El modelo instruccional de las 5E	15
	3.3 La robótica educativa como recurso para la enseñanza de las ciencias	16
4	Situación Problemática y Preguntas de Investigación	18
5	Objetivos General y Específicos	20
6	Materiales y Métodos	21
	6.1 Herramienta didáctica	21
	6.2 Enfoque metodológico	22
	6.3 Población y muestra	24
	6.4 Propuesta pedagógica	26
	6.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	29
	6.5.1 Instrumentos de recolección de datos	29
	6.5.2 Procedimiento de codificación	32
7	Resutados	35
	7.1 Preprueba	35
	7.2 Posprueba	36
	7.3 Análisis de los procesos metacognitivos	38
8	Discusión	42
	8.1 Comparación de preprueba y posprueba	42
	8.1.1 Superación de obstáculos centrales del modelo de fotosíntesis	43
	8.1.2 Análisis de datos contraintuitivos: desplazamiento de explicaciones genéricas por lenguaje técnico	45

8.2 Percepciones metacognitivas y valoración de la experiencia 45
8.3 Apreciación Personal 46
9 Conclusiones 48
10 Bibliografía 52
11 Anexos 62
11.1 Anexo 1: propuesta didáctica 63
11.2 Anexo 2: Posprueba 79

Resumen

La enseñanza de la fotosíntesis constituye un desafío para la educación secundaria debido a la complejidad conceptual de los procesos involucrados y a las dificultades que presentan los estudiantes para comprenderlos e integrarlos. En respuesta a esta problemática, el presente trabajo analiza una propuesta didáctica diseñada para favorecer la comprensión de este contenido mediante la articulación de actividades experimentales, la construcción de modelos y el empleo de recursos tecnológicos. La experiencia se desarrolló con estudiantes de quinto año de una institución de educación secundaria, en el marco de un estudio preexperimental que incluyó una evaluación diagnóstica inicial y una evaluación posterior a la implementación de la secuencia didáctica. Los resultados obtenidos muestran avances en la comprensión de los contenidos abordados y una mayor participación de los estudiantes durante el desarrollo de las actividades propuestas. Si bien el alcance de las conclusiones se encuentra circunscripto a las características del estudio realizado, la experiencia aporta evidencia empírica favorable acerca del potencial de propuestas didácticas que integran la experimentación, la modelización y los recursos tecnológicos para la enseñanza de procesos biológicos complejos, constituyéndose en una alternativa que justifica continuar siendo explorada en contextos educativos similares.

1- Introducción

La enseñanza de la fotosíntesis constituye uno de los desafíos persistentes de la educación en Biología debido a la complejidad conceptual de los procesos involucrados y al elevado nivel de abstracción que exige su comprensión. La integración de fenómenos físicos, químicos y biológicos, junto con la imposibilidad de observar directamente gran parte de los procesos que intervienen, favorece la persistencia de concepciones alternativas y dificulta la construcción de explicaciones científicas por parte de los estudiantes. Estas dificultades han sido ampliamente documentadas en la literatura especializada, particularmente en relación con la comprensión de los intercambios gaseosos implicados en la nutrición vegetal (González et al., 1998). En consecuencia, resulta frecuente que los estudiantes recurran a explicaciones simplificadas o intuitivas que obstaculizan la construcción de modelos científicos adecuados.

La relevancia de este problema trasciende la enseñanza de un contenido específico. La comprensión de la fotosíntesis constituye un componente fundamental de la alfabetización científica, en tanto posibilita interpretar procesos ecológicos y ambientales esenciales para comprender el funcionamiento de los ecosistemas y la sustentabilidad de la vida. En este sentido, favorecer aprendizajes significativos sobre la nutrición vegetal contribuye al desarrollo de actitudes orientadas al cuidado y la preservación del ambiente (González et al., 2020), en consonancia con los objetivos de la Educación para el Desarrollo Sostenible promovidos por la UNESCO (2016, citado en Rodríguez, 2024).

Frente a estas dificultades, la investigación en didáctica de las ciencias coincide en señalar la necesidad de promover propuestas de enseñanza que

involucren activamente a los estudiantes en la construcción del conocimiento. La experimentación constituye una estrategia privilegiada porque favorece la formulación de preguntas, la contrastación de explicaciones y el análisis de evidencias. Sin embargo, diversos trabajos advierten que las actividades experimentales, cuando se desarrollan de manera aislada o desarticuladas de una secuencia didáctica, no garantizan por sí mismas la comprensión de los fenómenos científicos que pretenden explicar.

En esta misma línea, Schibeci (1986) señala que las prácticas tradicionales de enseñanza suelen transmitir una imagen descontextualizada de la ciencia, centrada principalmente en la memorización de conceptos y procedimientos. En contraste, el enfoque explícito de la Naturaleza de la Ciencia propone incorporar de manera intencional aspectos relativos a la construcción del conocimiento científico, integrando aportes provenientes de la historia y la filosofía de la ciencia y promoviendo instancias de reflexión que permitan a los estudiantes comprender cómo se elaboran, validan y transforman las explicaciones científicas (Acevedo Díaz & García-Carmona, 2015). Asimismo, Monsalves González (2011) sostiene que la enseñanza requiere abandonar metodologías predominantemente transmisivas para favorecer propuestas que estimulen la exploración, la búsqueda de explicaciones y el desarrollo del pensamiento creador.

Desde esta perspectiva, la construcción de modelos ocupa un lugar central en la enseñanza de las ciencias. En el ámbito escolar, los modelos constituyen representaciones teóricas que permiten interpretar el mundo con distintos niveles de abstracción (Izquierdo Aymerich, 2005) y mantienen una relación de semejanza con los sistemas que representan (Giere, 1999). Su aprendizaje supone una progresión

gradual que considere las ideas iniciales de los estudiantes y permita incrementar progresivamente la complejidad conceptual y la demanda cognitiva asociada (Couso, 2013). En consecuencia, cada etapa de esa progresión debe constituirse en un objetivo de aprendizaje explícito dentro de la secuencia de enseñanza (Couso, 2013).

La construcción de modelos requiere, además, que los estudiantes desarrollen procesos metacognitivos que les permitan revisar, regular y transformar sus propias explicaciones. Diversas investigaciones compiladas por Pérez y González Galli (2020) destacan que la explicitación de las ideas y la reflexión sobre los propios modos de pensar favorecen el pasaje desde interpretaciones intuitivas hacia modelos científicos más elaborados (Kampourakis, 2014; Gelman & Legare, 2011; Grotzer & Mittlefehldt, 2012; Joshua & Dupin, 2005; Malmberg et al., 2015; Saab et al., 2012). En este sentido, González Galli (2019) sostiene que la vigilancia cognitiva posibilita reconocer y superar aquellas concepciones intuitivas que actúan como obstáculos epistemológicos para la apropiación del modelo científico.

Los fundamentos anteriormente desarrollados encuentran un marco integrador en el modelo instruccional de las 5E, propuesto por Bybee (1997, 2006), el cual organiza la enseñanza mediante una secuencia de experiencias articuladas que promueve la exploración de las ideas previas, la construcción progresiva de explicaciones científicas, la aplicación de los nuevos conocimientos y la evaluación continua de los aprendizajes. Más que una sucesión de actividades, este modelo constituye una estructura didáctica capaz de integrar la experimentación, la modelización, la reflexión metacognitiva y el aprendizaje activo dentro de una secuencia coherente, favoreciendo la construcción gradual de modelos científicos cada vez más complejos.

En este marco se inscribe el presente trabajo, que analiza la implementación de una propuesta didáctica destinada a la enseñanza de la fotosíntesis en estudiantes de quinto año del nivel secundario. La propuesta articula actividades experimentales, construcción de modelos y robótica educativa dentro de una secuencia organizada según el modelo de las 5E, procurando favorecer una comprensión integrada de los procesos fotosintéticos. Más que valorar aisladamente cada uno de estos recursos, el estudio se interesa por analizar el potencial didáctico de su articulación para abordar un contenido caracterizado por su elevada complejidad conceptual.

Con este propósito se desarrolló una experiencia de aula acompañada por un estudio de alcance preexperimental orientado a valorar los aprendizajes alcanzados por los estudiantes luego de la implementación de la secuencia didáctica. Si bien los resultados obtenidos corresponden a un contexto educativo particular y deben interpretarse atendiendo a las características del diseño metodológico adoptado, constituyen una evidencia empírica que permite reflexionar sobre las posibilidades que ofrece este tipo de propuestas para la enseñanza de la Biología.

En función de ello, el objetivo de este trabajo es analizar los resultados obtenidos tras la implementación de una propuesta didáctica que integra experimentación, modelización y robótica educativa, organizada según el modelo de las 5E, con el propósito de aportar evidencia acerca de su potencial para favorecer la comprensión de la fotosíntesis y, más ampliamente, de procesos biológicos de elevada complejidad conceptual en el nivel secundario.

2- Fundamentación Disciplinar Y Epistemológica

2.1. El modelo de nutrición vegetal a lo largo de la historia

La comprensión de la fotosíntesis supone la apropiación de un modelo científico complejo cuya construcción fue el resultado de un largo proceso histórico. En este sentido, recuperar la evolución de las explicaciones acerca de la nutrición vegetal no solo permite comprender cómo se consolidó el conocimiento científico actualmente aceptado, sino que también constituye un recurso valioso para interpretar las concepciones alternativas que suelen manifestar los estudiantes.

En una revisión bibliográfica sobre la evolución de los modelos explicativos de la nutrición vegetal, González Rodríguez, Martínez Losada y García Barros (2014) reconstruyen los principales aportes realizados desde la Antigüedad hasta la consolidación del modelo contemporáneo. Entre ellos destacan las contribuciones de Hipócrates, Aristóteles, Van Helmont, Boussingault y Sachs, haciendo especial referencia a la teoría del humus y a su posterior invalidación experimental.

El análisis histórico de estas explicaciones adquiere especial relevancia desde el punto de vista didáctico, ya que permite advertir semejanzas entre algunos modelos científicos históricos y las ideas iniciales que habitualmente expresan los estudiantes. Es frecuente que estos atribuyan el crecimiento de las plantas exclusivamente a los nutrientes obtenidos del suelo, reproduciendo razonamientos próximos a la teoría del humus, mientras que el modelo escolar actual incorpora la participación del agua, las sales minerales, la energía lumínica y, especialmente, el intercambio de gases como componentes fundamentales de la nutrición autótrofa. Precisamente, la comprensión del papel del dióxido de carbono y del oxígeno continúa siendo uno de los obstáculos más persistentes en la enseñanza de la fotosíntesis.

Diversas investigaciones han documentado estas dificultades. González et al. (1998) señalan que numerosos estudiantes presentan problemas para reconocer y explicar la función de los gases en la nutrición vegetal, mientras que Astudillo Pombo y Gené Duch (1984) y Charrier et al. (2006) identifican como otra concepción alternativa frecuente la creencia de que las plantas no respiran o que solo realizan respiración durante la noche.

Por su parte, el análisis bibliográfico desarrollado por investigadores del CONICET (González et al., 2020) atribuye el origen de muchas de estas concepciones a diversos factores, entre ellos la persistencia de errores conceptuales en algunos docentes, la presencia de explicaciones ambiguas en los textos escolares y el predominio de propuestas de enseñanza centradas en la memorización y la repetición de contenidos. En consecuencia, la superación de estas dificultades requiere no solo revisar los contenidos disciplinares, sino también promover formas de enseñanza que permitan comprender cómo fueron construidas las explicaciones científicas actualmente aceptadas.

2.2. Naturaleza de la Ciencia y su enseñanza

La incorporación de la historia de la ciencia en la enseñanza encuentra sustento en los aportes de la Naturaleza de la Ciencia (NdC), línea de investigación que analiza qué es la ciencia, cómo se construye el conocimiento científico, cuáles son sus métodos, quiénes participan en su producción y de qué manera influyen los contextos sociales, históricos y culturales en ese proceso (Adúriz-Bravo, 2005a). Desde esta perspectiva, la ciencia deja de concebirse como un conjunto acabado de conocimientos para comprenderse como una actividad humana, dinámica y situada históricamente.

Esta concepción representa un cambio respecto de la imagen tradicional de ciencia que comenzó a consolidarse durante la Revolución Científica de los siglos XVI y XVII, cuando los trabajos de Galileo, Copérnico, Bacon, Descartes y Newton promovieron una forma de interpretar la naturaleza basada en la observación, la experimentación y la racionalidad (Weiss de Schmidt, 2001). Como señalan Fernández et al. (2002), esta tradición favoreció la construcción de una imagen de la ciencia entendida como un sistema acumulativo de conocimientos objetivos y alcanzados mediante un método único de investigación. Sin embargo, diversos autores han cuestionado esta perspectiva por considerar que invisibiliza los factores sociales, culturales, éticos y políticos que intervienen en la producción del conocimiento científico (Acevedo, 1997, citado en Muñoz García, 2014).

Desde el campo de la didáctica de las ciencias, numerosos estudios muestran que, aunque los currículos incorporan contenidos relacionados con la Naturaleza de la Ciencia, estos suelen ocupar un lugar marginal en las prácticas de enseñanza (Lederman, 2006; Muñoz García, 2014). Como consecuencia, persiste una visión simplificada de la actividad científica y de sus protagonistas, centrada en la transmisión de resultados y desvinculada de los procesos históricos y sociales que les dieron origen (Schibeci, 1986). Esta imagen constituye, a su vez, un obstáculo para el aprendizaje científico (Campero & Maya, 1999).

En este marco, la literatura distingue dos enfoques principales para la enseñanza de la Naturaleza de la Ciencia. El enfoque implícito sostiene que la participación de los estudiantes en actividades científicas resulta suficiente para favorecer la comprensión de cómo se construye el conocimiento (Lawson, 1982). No obstante, diversas investigaciones muestran que este enfoque presenta limitaciones para promover concepciones adecuadas acerca de la ciencia (Acevedo & García-

Carmona, 2015). Por esta razón, distintos autores recomiendan adoptar un enfoque explícito que incorpore deliberadamente contenidos de historia y filosofía de la ciencia y promueva espacios de reflexión y debate sobre la construcción, validación y evolución del conocimiento científico (NRC, 1996; Acevedo, 2009, citado en Acevedo & García-Carmona, 2015).

Desde esta perspectiva, enseñar ciencias implica también problematizar el contexto histórico y social en el que se elaboran las explicaciones científicas, evitando presentar la ciencia como una sucesión lineal de descubrimientos y favoreciendo una visión más realista de su desarrollo (Adúriz-Bravo, 2005a). Ello supone analizar cómo se construyen los modelos científicos, cómo se validan las explicaciones y qué distingue al conocimiento científico de otras formas de interpretar la realidad (Adúriz-Bravo, 2001).

En consonancia con estos planteos, la presente propuesta incorpora la reconstrucción histórica del modelo de nutrición vegetal como una estrategia destinada no solo a favorecer la comprensión de la fotosíntesis, sino también a promover una concepción de la ciencia como una actividad humana en permanente construcción. De este modo, se procura generar oportunidades para que los estudiantes valoren el papel de la argumentación, la discusión fundamentada y la revisión crítica de las explicaciones, favoreciendo un ambiente de aprendizaje en el que la cooperación y el intercambio de ideas ocupen un lugar central (Sanmartí, 2008).

3- Fundamentación Pedagógica

3.1. Construcción de modelos y experimentación en la enseñanza de las ciencias

Desde una perspectiva constructivista, el aprendizaje de las ciencias supone que los estudiantes elaboren progresivamente modelos explicativos cada vez más próximos a los aceptados por la comunidad científica. En este proceso, la experimentación constituye una estrategia privilegiada, ya que permite establecer un vínculo directo entre los fenómenos naturales y las interpretaciones que los estudiantes construyen acerca de ellos. La observación, la formulación de preguntas, la elaboración de predicciones, la contrastación de hipótesis y el análisis de resultados favorecen la construcción de explicaciones fundamentadas y el desarrollo del pensamiento científico.

En este sentido, Thomas H. Huxley sostenía que la enseñanza de las ciencias debía poner a los estudiantes en contacto directo con los fenómenos naturales para favorecer la elaboración de conclusiones basadas en la observación (citado en De Boer, 1991, como se citó en Furman, 2018). Desde esta perspectiva, Furman (2018) destaca la importancia de promover situaciones de aprendizaje en las que los estudiantes manipulen materiales, interpreten evidencias y construyan explicaciones utilizando el lenguaje propio de las ciencias.

No obstante, reducir la enseñanza científica exclusivamente a la experimentación implicaría adoptar una visión empirista o positivista de la actividad científica. Como advierte Adúriz-Bravo (2008), la construcción del conocimiento científico involucra múltiples formas de representación y modelización, entre ellas el empleo de analogías, simulaciones, clasificaciones y modelos computacionales. En

consecuencia, la experimentación adquiere sentido cuando se integra con otras estrategias que permitan interpretar los fenómenos observados y elaborar modelos explicativos progresivamente más complejos.

3.2. El modelo instruccional de las 5E

En coherencia con esta concepción del aprendizaje, Bybee (1997, 2006) propone el modelo instruccional de las 5E, ampliamente utilizado en la enseñanza de las ciencias por organizar la secuencia didáctica a partir de cinco fases articuladas: Engage (Motivar), Explore (Explorar), Explain (Explicar), Elaborate (Elaborar) y Evaluate (Evaluar). Cada una de estas etapas cumple una función específica dentro del proceso de construcción del conocimiento y favorece que los estudiantes avancen desde sus ideas iniciales hacia modelos científicos progresivamente más elaborados.

El modelo parte de la recuperación de los conocimientos previos y del planteamiento de situaciones problemáticas que despierten el interés de los estudiantes. Posteriormente, promueve instancias de exploración y experimentación que permiten confrontar las explicaciones iniciales con la evidencia obtenida. Sobre esa base, se construyen explicaciones fundamentadas, se amplían mediante nuevas aplicaciones y, finalmente, se evalúan tanto los aprendizajes alcanzados como los procesos desarrollados durante la secuencia.

Más que una sucesión de actividades, las 5E constituyen un marco didáctico que integra la experimentación, la modelización, la reflexión sobre las propias ideas y la participación activa de los estudiantes. En este sentido, el modelo resulta consistente con los fundamentos epistemológicos desarrollados en el capítulo anterior, al promover una enseñanza que aproxima la actividad escolar a algunas de las formas de construcción del conocimiento científico.

3.3. La robótica educativa como recurso para la enseñanza de las ciencias

Dentro de este marco pedagógico, la robótica educativa constituye un recurso capaz de enriquecer las propuestas de enseñanza al favorecer la interacción entre los estudiantes, los fenómenos estudiados y las tecnologías digitales. Sus antecedentes se remontan a las investigaciones desarrolladas en el Instituto Tecnológico de Massachusetts durante la década de 1960, orientadas al diseño de dispositivos programables con fines educativos (Zamora, 2022).

Ruiz (2007) define la robótica educativa como un enfoque que posibilita concebir, diseñar y construir dispositivos tecnológicos destinados a favorecer el aprendizaje de las ciencias y la tecnología mediante la resolución de problemas y el trabajo colaborativo. En este contexto, la programación y la robótica se constituyen en herramientas que potencian la enseñanza interdisciplinaria, en consonancia con el enfoque STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics), promoviendo el desarrollo de habilidades complejas del pensamiento, tales como la formulación y comprobación de hipótesis, la resolución de problemas, el pensamiento crítico y la creatividad (Almanza Ortega, 2022).

Desde una perspectiva constructivista, la robótica educativa no representa un fin en sí mismo, sino un recurso didáctico que favorece la participación activa de los estudiantes en la construcción del conocimiento. Asimismo, diversos autores destacan su potencial para despertar el interés por las ciencias y la tecnología y señalan la importancia de incorporar este tipo de herramientas en la formación docente, con el propósito de ampliar las posibilidades de innovación en las prácticas de enseñanza (Sánchez Tendero et al., 2019).

En consecuencia, la propuesta desarrollada en este trabajo articula experimentación, construcción de modelos y robótica educativa dentro de una secuencia organizada según el modelo de las 5E. Esta integración procura generar condiciones para que los estudiantes construyan explicaciones científicas sobre la fotosíntesis a partir de la exploración de fenómenos, la contrastación de evidencias, la discusión de ideas y el empleo de recursos tecnológicos que favorezcan la comprensión de un contenido caracterizado por su elevada complejidad conceptual.

4. Situación Problemática y Preguntas de Investigación

Las investigaciones desarrolladas en el campo de la Didáctica de las Ciencias muestran que la comprensión de la fotosíntesis continúa representando una dificultad persistente para los estudiantes de los distintos niveles educativos. Desde hace varias décadas, el estudio de las concepciones alternativas sobre la nutrición vegetal constituye una línea consolidada de investigación, orientada a identificar los principales obstáculos que interfieren en la apropiación del modelo científico (Astudillo Pombo & Gené Duch, 1984).

En una revisión de las investigaciones sobre la enseñanza y el aprendizaje de la fotosíntesis, Charrier et al. (2006) identifican diversas concepciones alternativas recurrentes, entre ellas la idea de que las plantas obtienen su alimento exclusivamente del suelo, las dificultades para comprender las transformaciones de la energía durante el proceso fotosintético y las confusiones acerca de la función de las hojas y de los gases que intervienen en la nutrición vegetal. Estas investigaciones coinciden en señalar que uno de los obstáculos conceptuales más persistentes consiste en comprender que una sustancia gaseosa, como el dióxido de carbono, puede transformarse, mediante procesos biosintéticos, en materia vegetal sólida y observable (Rodríguez, 1998; González Rodríguez et al., 1998).

La persistencia de estas dificultades pone de manifiesto que la transmisión de contenidos conceptuales resulta insuficiente para favorecer una comprensión profunda del proceso de fotosíntesis. Como se desarrolló en los capítulos precedentes, distintos autores sostienen que la enseñanza de este contenido requiere propuestas que integren la experimentación, la construcción de modelos, la

explicitación de la Naturaleza de la Ciencia y el empleo de recursos didácticos que promuevan una participación activa de los estudiantes.

En este contexto, resulta pertinente analizar las posibilidades que ofrece una propuesta didáctica que articule dichos componentes dentro de una secuencia de enseñanza estructurada según el modelo de las 5E. Si bien existen antecedentes que analizan de manera independiente la enseñanza de la fotosíntesis, la incorporación de la Naturaleza de la Ciencia o el empleo de la robótica educativa (Melillán et al., 2006; Castiñeira Rodríguez & Pérez Rodríguez, 2024), resulta de interés indagar el potencial que presenta su integración en una misma propuesta didáctica.

En función de lo expuesto, la presente investigación se orienta a responder la siguiente pregunta:

> ¿Qué aportes realiza una propuesta didáctica que integra experimentación, construcción de modelos, reflexión sobre la Naturaleza de la Ciencia y robótica educativa, organizada según el modelo de las 5E, a la comprensión conceptual del proceso de fotosíntesis en estudiantes de quinto año del nivel secundario?

5- Objetivos General y Específicos

El objetivo general de esta investigación consistió en evaluar la contribución de una propuesta didáctica que integra la reflexión sobre la Naturaleza de la Ciencia y la robótica educativa al desarrollo de una comprensión conceptual del proceso de fotosíntesis.

Para alcanzar dicho objetivo general, se plantearon los siguientes objetivos específicos:

Identificar las concepciones previas de los estudiantes acerca del proceso de fotosíntesis.

Examinar los cambios en la comprensión del modelo científico escolar de la fotosíntesis luego de la implementación de la propuesta didáctica.

Indagar las percepciones metacognitivas de los estudiantes sobre sus propios procesos de aprendizaje, la gestión del error y la potencial transferencia de la tecnología a nuevos problemas contextualizados.

6. Materiales y Métodos

6.1. Herramienta didáctica

El modelo de las 5E como organizador de la propuesta didáctica

Los fundamentos disciplinares, epistemológicos y pedagógicos desarrollados en los apartados precedentes requirieron una estrategia de enseñanza capaz de articular, de manera coherente, la experimentación, la construcción de modelos, la reflexión sobre la Naturaleza de la Ciencia y el empleo de recursos tecnológicos. En este sentido, la propuesta didáctica fue organizada a partir del modelo instruccional de las 5E, desarrollado por Bybee et al. (2006), por considerarse un marco adecuado para integrar estos componentes en una secuencia de enseñanza orientada a favorecer la comprensión de la fotosíntesis.

El modelo de las 5E se fundamenta en una perspectiva socioconstructivista del aprendizaje y propone que los estudiantes construyan progresivamente el conocimiento mediante procesos de indagación, recolección e interpretación de evidencias. Para ello organiza la enseñanza en cinco fases sucesivas e interrelacionadas: Engage (Motivar o Comprometer), Explore (Explorar), Explain (Explicar), Elaborate (Elaborar) y Evaluate (Evaluar) (Bybee et al., 2006). Lejos de constituir una secuencia rígida de actividades, este modelo ofrece una estructura didáctica que favorece la recuperación de las ideas previas, la exploración de fenómenos, la elaboración y revisión de explicaciones científicas, la aplicación de los conocimientos en nuevas situaciones y la evaluación continua de los aprendizajes. Asimismo, diversos trabajos destacan su potencial para promover propuestas interdisciplinarias centradas en la participación activa de los estudiantes (Castellano & Peralta, 2020).

La elección de este modelo respondió a su capacidad para integrar los diferentes fundamentos que sustentan la presente investigación. En efecto, la fase de Enganche favorece la explicitación de las ideas previas y el planteamiento de problemas; la Exploración ofrece un espacio para el desarrollo de actividades experimentales y la obtención de evidencias; la Explicación promueve la construcción y discusión de modelos científicos incorporando la reflexión sobre la Naturaleza de la Ciencia; la Elaboración posibilita la aplicación de dichos modelos a nuevas situaciones mediante actividades de modelización y robótica educativa; finalmente, la Evaluación permite valorar tanto los aprendizajes alcanzados como el proceso de construcción conceptual desarrollado por los estudiantes.

De este modo, el modelo de las 5E no constituye únicamente un recurso metodológico para organizar las clases, sino el eje articulador de la propuesta didáctica implementada, al posibilitar la integración de la experimentación, la modelización, la reflexión metacientífica y la incorporación de recursos tecnológicos en una secuencia de enseñanza coherente con los fundamentos desarrollados en esta investigación.

La secuencia didáctica completa, junto con las actividades, consignas e instrumentos utilizados durante su implementación, se presenta en el Anexo 2.

6.2. Enfoque metodológico

La presente investigación se desarrolló desde un enfoque metodológico mixto con predominio cualitativo, ya que se buscó analizar la evolución de las concepciones de los estudiantes acerca del proceso de fotosíntesis y valorar los aportes de una propuesta didáctica basada en la Naturaleza de la Ciencia y la robótica educativa. El componente cualitativo permitió interpretar las producciones escritas y las reflexiones

elaboradas por los estudiantes durante la secuencia didáctica, mientras que el componente cuantitativo se utilizó con fines descriptivos para comparar los resultados obtenidos en las evaluaciones inicial y final.

De acuerdo con la clasificación propuesta por Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista (2014), el estudio adoptó un diseño preexperimental de un solo grupo con dos instancias de medición, utilizadas para caracterizar las concepciones iniciales y explorar transformaciones en las explicaciones elaboradas luego de la intervención. Dicha comparación tiene carácter descriptivo y cualitativo, debido a las diferencias entre los instrumentos y las condiciones de aplicación.

La evaluación inicial tuvo como finalidad identificar las ideas previas de los estudiantes acerca de la nutrición vegetal y del proceso de fotosíntesis. Posteriormente se implementó la secuencia didáctica organizada según el modelo de las 5E e integrada con actividades de experimentación, reflexión sobre la Naturaleza de la Ciencia y uso de recursos de robótica educativa. Finalmente, se realizó una evaluación de cierre orientada a recuperar las explicaciones construidas por los estudiantes y analizar posibles cambios en la comprensión del modelo científico escolar de la fotosíntesis.

Si bien las evaluaciones inicial y final presentaron diferencias en su formato y nivel de complejidad, ambas permitieron relevar información sobre las concepciones de los estudiantes respecto de los gases intervinientes en la fotosíntesis, la nutrición vegetal y las explicaciones elaboradas para dar cuenta del proceso. Por esta razón, la comparación entre ambos momentos se realizó mediante un análisis descriptivo y cualitativo de categorías conceptuales, atendiendo a la complejidad de las

explicaciones, el uso del vocabulario científico y la coherencia entre las distintas producciones.

En relación con la validez externa, los resultados de esta investigación deben interpretarse con cautela, ya que el estudio se realizó con una muestra no probabilística por conveniencia, integrada por estudiantes de un único curso y pertenecientes a una institución con características particulares. Asimismo, la implementación de la secuencia didáctica dependió de recursos específicos —como laboratorio escolar, kits de robótica y tiempos institucionales determinados— que podrían no estar disponibles en otros contextos educativos. En consecuencia, los hallazgos no pretenden ser generalizados de manera directa a la totalidad de los estudiantes de educación secundaria, sino aportar evidencias exploratorias sobre el potencial de una propuesta didáctica basada en la Naturaleza de la Ciencia y la robótica educativa para la enseñanza de la fotosíntesis en contextos similares.

6.3. Población y muestra

La experiencia se desarrolló en un instituto de gestión privada con subvención estatal del 100 %, ubicado en el partido de San Vicente, provincia de Buenos Aires, perteneciente al tercer cordón del conurbano bonaerense. La institución ofrece, entre otras propuestas curriculares, el espacio **Taller de Investigación y Laboratorio,** orientado al abordaje de contenidos y prácticas propias de la Biología.

La intervención se implementó con un curso de quinto año de la modalidad Ciencias Naturales, integrado por 31 estudiantes de entre 16 y 17 años de edad. Durante el desarrollo de la experiencia, los alumnos trabajaron organizados en seis equipos estables (cinco grupos de cinco integrantes y uno de seis), modalidad que se mantuvo durante toda la secuencia didáctica. Cabe señalar que, si bien la matrícula

nominal del curso ascendía a treinta y un estudiantes, veintisiete de ellos sostuvieron una asistencia regular a lo largo del desarrollo de la secuencia didáctica, constituyendo el grupo efectivamente involucrado en las distintas instancias de la propuesta.

A los fines de identificar y analizar las producciones individuales correspondientes a la posprueba, se asignó a cada uno de los veintidós estudiantes que la completaron un número correlativo del 1 al 22, siguiendo el orden de los equipos de trabajo estables a los que pertenecían durante la secuencia didáctica; de este modo, la numeración resulta correlativa en cada equipo.

Es oportuno aclarar que esta numeración no corresponde con ningún registro previo de la matrícula del curso, sino que fue creada específicamente para permitir la trazabilidad de los datos en este trabajo; por lo tanto, los estudiantes que no completaron la posprueba no recibieron número identificatorio. A continuación, se presenta la distribución de estos veintidós estudiantes según el equipo al que pertenecían:

Equipo	Número de estudiante asignado según grupo (posprueba)
Equipo N°1	1, 2 y 3
Equipo N°2	4, 5, 6 y 7
Equipo N°3	8, 9, 10 y 11
Equipo N°4	12, 13, 14, 15 y 16
Equipo N°5	17, 18 y 19
Equipo N°6	20, 21 y 22

Tabla 1: Conformación de los grupos.

La selección de los participantes respondió a un muestreo no probabilístico, de tipo intencional o por conveniencia, dado que la investigación se llevó a cabo en el curso donde la investigadora se desempeñaba como docente del espacio curricular mencionado. Esta condición permitió implementar la propuesta en el marco de las actividades habituales de enseñanza y realizar un seguimiento sistemático del proceso de aprendizaje de los estudiantes.

En relación con sus conocimientos previos, los participantes contaban con aprendizajes construidos en distintas áreas disciplinares que resultaban pertinentes para el desarrollo de la propuesta. En el área de Fisicoquímica habían abordado conceptos tales como reacción química, enlace químico y transformaciones de la materia. Desde Biología reconocían a los seres vivos como sistemas abiertos que intercambian materia y energía con el ambiente, identificaban las principales estructuras vegetales implicadas en la nutrición y manejaban el modelo escolar básico de la fotosíntesis. No obstante, persistían algunas concepciones alternativas vinculadas con el papel del suelo, la luz y los gases en la nutrición vegetal, en concordancia con las dificultades descritas en la literatura especializada y desarrolladas en el planteamiento del problema.

Asimismo, los estudiantes disponían de conocimientos básicos de informática que les permitían utilizar herramientas digitales para la búsqueda de información y el empleo de aplicaciones de inteligencia artificial, competencias que facilitaron la incorporación de recursos tecnológicos durante la implementación de la propuesta didáctica.

6.4. Propuesta metodológica

La propuesta didáctica implementada estuvo destinada a estudiantes de quinto año de la modalidad Ciencias Naturales de nivel secundario y tuvo como eje la enseñanza del modelo escolar de fotosíntesis. La secuencia se desarrolló durante aproximadamente ocho a diez clases y se organizó según el modelo de enseñanza de las 5E: Enganche, Exploración, Explicación, Elaboración y Evaluación. La propuesta completa, con sus actividades, consignas, recursos y producciones previstas, se presenta en el Anexo 2.

El problema organizador de la secuencia consistió en el desafío de diseñar un sistema automatizado de cultivo vegetal destinado a una estación espacial. A partir de esta situación, los estudiantes debieron considerar las condiciones necesarias para el crecimiento y la nutrición de las plantas y construir un prototipo de invernadero automatizado. De este modo, el problema permitió articular los contenidos biológicos con conocimientos vinculados con la tecnología y la programación.

La primera fase, Enganche, estuvo orientada a recuperar las ideas previas de los estudiantes acerca de la nutrición vegetal y la fotosíntesis. Para ello se presentó una situación vinculada con un proyecto local de cultivo de plantas nativas y se propusieron actividades destinadas a explicitar las concepciones iniciales de los estudiantes. Posteriormente se presentó el desafío del invernadero espacial, que funcionó como problema central de la secuencia.

Durante la fase de Exploración, los estudiantes participaron en actividades experimentales destinadas a poner en relación sus conocimientos iniciales con la observación y el análisis de fenómenos vinculados con la nutrición vegetal. La fase de Explicación permitió sistematizar los conocimientos construidos y abordar, entre otros aspectos, la construcción histórica del modelo de fotosíntesis y elementos

vinculados con la Naturaleza de la Ciencia. Asimismo, se incorporaron contenidos relacionados con la placa Arduino, los sensores, los actuadores y la automatización de circuitos.

En la fase de Elaboración, los estudiantes trabajaron en equipos en el diseño y construcción de los invernaderos espaciales. Para ello debieron seleccionar materiales, decidir qué planta cultivar, justificar las condiciones necesarias para su desarrollo, diseñar circuitos automatizados y programar sensores y actuadores. La construcción del prototipo debía fundamentarse en los conocimientos científicos trabajados durante las fases anteriores. Como evidencias del proceso se contemplaron los bocetos y diseños, la programación, el prototipo construido y las fundamentaciones escritas.

Finalmente, la fase de Evaluación incorporó instancias de valoración del producto construido y de reflexión sobre el propio proceso de aprendizaje. Los estudiantes revisaron el desarrollo del proyecto y participaron en actividades de metacognición orientadas a identificar aprendizajes, dificultades y posibilidades de aplicación de los conocimientos y recursos tecnológicos utilizados.

En conjunto, la intervención articuló tres dimensiones de contenido: Biología, particularmente el modelo de fotosíntesis; Naturaleza de la Ciencia, mediante el abordaje de la construcción histórica de los modelos científicos; y Robótica y Programación, a través del uso de Arduino para la automatización de un sistema de riego. La secuencia buscó así generar una situación de aprendizaje en la que la construcción de explicaciones sobre la nutrición vegetal se vinculara con la experimentación, la modelización, la reflexión sobre la actividad científica y la resolución de un problema tecnológico concreto.

6.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

6.5.1. Instrumentos de recolección de datos

Instancias de medición

De acuerdo con el diseño preexperimental adoptado, la investigación contempló dos instancias de medición: una evaluación diagnóstica previa a la implementación de la propuesta didáctica y una evaluación posterior a la intervención. Ambas permitieron relevar información acerca de las explicaciones elaboradas por los estudiantes respecto del proceso de fotosíntesis y valorar los aprendizajes construidos a lo largo de la secuencia.

Primera medición: evaluación diagnóstica

Antes del inicio de la propuesta didáctica se implementó una evaluación diagnóstica individual destinada a explorar las concepciones iniciales de los estudiantes sobre la nutrición vegetal y el proceso de fotosíntesis. Para ello se proyectó un video institucional referido al Plan de Reforestación Nativa del distrito de San Vicente y, posteriormente, los estudiantes respondieron por escrito dos preguntas abiertas orientadas a explicar cómo crecen las plantas y de dónde obtienen los materiales necesarios para hacerlo.

Esta primera medición, que se corresponde con nuestra preprueba, permitió caracterizar las ideas previas de los participantes, constituyendo el punto de referencia para el análisis de las producciones realizadas una vez finalizada la intervención.**Plan de reforestación nativa en San Vicente.**

Te invitamos a ver este video (https://www.youtube.com/watch?v=gKX-YfSgMmc) en el que Fabricio, trabajador de la cooperativa Prosperidad, y Gustavo, integrante del equipo territorial de San Vicente, nos comparten su experiencia sobre el trabajo que vienen realizando en el Vivero Forestal de Plantas Nativas Local. Este proyecto lo llevan adelante junto al Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible (OPDS), el Organismo Provincial de Integración Social y Urbana (OPISU) y el municipio de San Vicente.

El vivero del Polo Productivo del Barrio Biocca cuenta con un invernadero y un sombráculo, donde se desarrollaron hasta el momento aproximadamente unos 6 mil plantines de plantas autóctonas. La producción que están llevando a cabo permitirá fortalecer el arbolado de los barrios populares de la Provincia, en donde el organismo lleva adelante distintos proyectos de reurbanización.

Responder:

¿Cómo logran crecer las plantas dentro del invernadero o sombráculo?

¿De dónde obtienen los materiales para crecer?

Modelo de evaluación inicial (diagnóstica)

Segunda medición: evaluación posterior a la intervención

Concluida la implementación de la secuencia didáctica, se realizó una segunda instancia de medición o posprueba, a la que se le sumó un breve cuestionario abierto.

En primer lugar, cada estudiante elaboró de manera individual un texto explicativo dirigido a un estudiante de sexto año del nivel primario, en el que debía comunicar el trabajo realizado e integrar los principales conceptos desarrollados durante la propuesta.

Finalmente, se realizó una entrevista con preguntas abiertas orientada a promover la reflexión de los estudiantes sobre los aprendizajes alcanzados, las dificultades encontradas durante el desarrollo del proyecto y la contribución de la propuesta didáctica a la comprensión de la fotosíntesis, la Naturaleza de la Ciencia y el empleo de la robótica educativa.

En conjunto, estas dos actividades conformaron la segunda instancia de medición, aportando información acerca de los aprendizajes construidos y de las valoraciones realizadas por los propios participantes sobre la experiencia desarrollada.

A) Responder de manera individual:

En el mes de noviembre se realizará la muestra institucional donde cada curso muestra lo abordado en clase. Acuden a dicha exposición diversidad de personas, como por ejemplo personal docente de otras asignaturas, directivos, políticos, familiares y niños de primaria.

Su invernadero ha sido escogido como una de las mejores producciones del año y será expuesto en la muestra. Por esta razón debe poder explicar el trabajo realizado, los contenidos abordados y el significado que tiene su investigación a diferentes destinatarios.

En esta oportunidad escriba lo que le contaría sobre su proyecto a un niño de 6to grado de primaria. Incluyendo los siguientes términos: fotosíntesis, agua, nutrición, energía, plantas, gases, robótica, automatización, estomas, ARDUINO, ciencia, riego,tecnología, estación espacial, autótrofa y luz.

Cuestionario

Resolver de manera individual:

¿Qué considerás que pudimos aprender gracias a este proyecto?

¿En qué nos equivocamos?

¿Qué es lo que más nos costó y podríamos mejorar?

¿Creés que sirvió la construcción del invernadero espacial para comprender mejor el proceso de fotosíntesis?

¿Creés que sirvió la construcción del invernadero espacial para vivenciar los modos de hacer ciencia?

¿Qué otros problemas se podrían resolver utilizando este tipo de tecnología?

6.5.2. Procedimiento de codificación

Para el análisis de las producciones escritas se adoptó un procedimiento de análisis de contenido cualitativo, mediante la definición de categorías conceptuales

elaboradas a partir de los obstáculos epistemológicos documentados en la literatura especializada (González *et al.,* 1998; Charrier *et al.,* 2006).

Se estableció como unidad de registro la unidad temática , es decir, todo fragmento textual -palabra, frase u oración- que expresara una idea vinculada con alguna de las categorías definidas, independientemente de su extensión. Cuando el sentido de un fragmento resultaba ambiguo, se recurrió a la unidad de contexto, constituida por la producción individual completa del estudiante, para determinar su pertenencia a la categoría correspondiente. La unidad de enumeración adoptada para la comparación entre la preprueba y la posprueba fue el equipo de trabajo, dado que la primera instancia de medición se relevó de manera grupal.

A continuación se presenta el libro de códigos elaborado que explicita la definición operacional de cada categoría, sus criterios de inclusión y un ejemplo ilustrativo extraído de las producciones analizadas.

Categoría	Definición operacional	Criterio de inclusión	Ejemplo
Reconoce el agua como sustancia nutritiva	Presenta el agua como sustancia nutritiva en sí misma	Se codifica cuando el agua aparece asociada directamente a la idea de nutrición o alimento, sin mediar en el proceso fotosintético	*“la nutrición de la planta suplementada mediante el agua y la tierra”* Estudiante 6.
Alude a que las plantas crecen a partir de los nutrientes del suelo	Atribuye el crecimiento vegetal a nutrientes contenidos en la tierra	Menciona la tierra, el suelo o el compost como fuente de materiales o nutrientes para el crecimiento	*“Los materiales salen del compost y de los nutrientes que contiene la tierra"* Grupo 1

Indica que la luz es la fuente de energía de las plantas	Reconoce explícitamente la luz solar como origen de la energía utilizada por la planta	Se codifica cuando aparece una relación explícita luz→energía, aunque sea de forma intuitiva	*"es como si las plantas comieran luz del Sol y la convirtieran en energía para crecer"* Estudiante 10.
Menciona el proceso de fotosíntesis y reconoce a las plantas como seres autótrofos	Nombra explícitamente "fotosíntesis" y/o "autótrofa(o)" como concepto articulador del proceso de nutrición vegetal	Basta con que aparezca uno de los dos términos aplicado correctamente al contexto	*"realiza... la fotosíntesis, así obtiene la energía que necesitan para vivir y crecer, haciendo su propia nutrición autótrofa"* Estudiante 1
Aparece en la explicación el término "estomas"	Identifica la estructura vegetal por la que se produce el intercambio gaseoso	Mención explícita de la palabra "estomas" o una perífrasis inequívoca	*"estomas (poros por donde pasan los gases en las plantas y pueden respirar)"* Estudiante 7
Reconoce los gases intervinientes en la fotosíntesis	Menciona explícitamente el dióxido de carbono y/o el oxígeno como parte del proceso	Se codifica aun si el estudiante no nombra los gases, siempre que identifique el intercambio gaseoso como parte del proceso	*"...intercambian esos gases y obtienen la energía…"*
Menciona el proceso de respiración celular	Refiere a la respiración de la planta como proceso distinto de la fotosíntesis	Se codifica toda mención de "respirar"/"respiración" asociada a la planta, aun cuando conceptualmente la confunda con el intercambio gaseoso fotosintético	*"puede respirar gracias a los estomas, que son los poros que tienen en las hojas"* Estudiante 8

Tabla 2: Categorías de análisis.

La codificación fue realizada por la autora del trabajo, lo cual constituye una limitación en términos de confiabilidad; no obstante, la aplicación de un libro de códigos explícito buscó atenuar el grado de subjetividad en la asignación de categorías.

7. RESULTADOS

7.1. Preprueba

Con el propósito de identificar las ideas previas de los estudiantes acerca de la nutrición vegetal y del proceso de fotosíntesis, se implementó una preprueba grupal al inicio de la secuencia didáctica. La actividad consistió en la proyección de un video referido al Plan de Reforestación Nativa del distrito de San Vicente, a partir del cual cada uno de los seis grupos respondió de manera consensuada la siguiente consigna:

> ¿Cómo logran crecer las plantas dentro del invernadero o sombráculo?
>
> ¿De dónde obtienen los materiales para crecer?

A continuación, se presenta la tabla correspondiente a la preprueba con el conteo de frecuencias absolutas de las categorías propuestas en la tabla 2.

Grupo	Reconoce el agua como sustancia nutritiva	Alude a que las plantas crecen a partir de los nutrientes del suelo	Indica que la luz es la fuente de energía de las plantas	Menciona el proceso de fotosíntesis y reconoce a las plantas como seres autótrofos	Aparece en la explicación el término “estomas”	Reconoce los gases intervinientes en la fotosíntesis	Menciona el proceso de respiración celular
1	-	X	-	-	-	-	-
2	-	X	X	X	-	-	-

3	-	X	-	-	-	-	-
4	-	X	X	-	-	-	-
5	-	X	-	-	-	-	-
6	-	X	X	-	-	X	-

Tabla 3: Matriz de resultados de la preprueba

Del análisis de las producciones grupales se observa que cinco de los seis grupos asociaron el crecimiento de las plantas con la disponibilidad de agua, luz solar y suelo, atribuyendo a este último el origen de los materiales necesarios para su desarrollo. En la mayoría de las respuestas predomina una concepción según la cual la tierra constituye la principal fuente de nutrición vegetal, mientras que las referencias al proceso de fotosíntesis aparecen de manera general y sin una explicación de los procesos de transformación de la materia involucrados.

Solo un grupo incorporó de forma explícita la mención a la fotosíntesis; sin embargo, dicha referencia no fue acompañada por una explicación acerca del papel del dióxido de carbono, del agua o de la producción de materia orgánica. Asimismo, solo uno de los grupos hizo referencia al intercambio gaseoso, a la función de los estomas, a la síntesis de glucosa ni a las transformaciones químicas que ocurren en los cloroplastos.

En conjunto, las respuestas obtenidas muestran que, al inicio de la intervención, predominaban explicaciones parciales compatibles con las concepciones alternativas ampliamente documentadas en la literatura especializada sobre la enseñanza de la fotosíntesis. Estos resultados constituyeron el punto de partida para el desarrollo de la secuencia didáctica y permitieron orientar las

actividades hacia aquellos aspectos conceptuales que presentaban mayores dificultades de comprensión.

7.2. Posprueba

A continuación, se presenta la tabla correspondiente a la prosprueba con el conteo de frecuencias absolutas de las categorías propuestas en la tabla 2 (En anexo 2, se adjuntan las producciones de los estudiantes).

Estudiante/ grupo	Reconoce el agua como sustancia nutritiva	Alude a que las plantas crecen a partir de los nutrientes del suelo	Indica que la luz es la fuente de energía de las plantas	Menciona el proceso de fotosíntesis y reconoce a las plantas como seres autótrofos	Aparece en la explicación el término "estomas"	Reconoce los gases intervinientes en la fotosíntesis	Menciona el proceso de respiración celular
1/1	-	-	-	X	X	X	-
2/1	-	-	-	-	-	-	-
3/1	-	-	-	X	X	-	-
4/2	X	X	X	X	-	X	-
5/2	X	-	-	X	X	X	-
6/2	X	X	-	-	-	X	-
7/2	-	-	-	X	X	X	X
8/3	-	-	-	X	X	X	X
9/3	X	-	-	X	X	X	-
10/3	X	-	X	X	X	X	X
11/3	-	-	-	X	X	X	-
12/4	X	-	-	X	-	X	-

13/4	-	-	-	X	X	X	-
14/4	-	-	-	X	X	X	-
15/4	-	-	-	X	X	X	-
16/4	-	-	-	X	X	X	-
17/5	-	-	-	X	X	X	-
18/5	X	-	-	X	-	X	-
19/5	-	X	-	X	X	X	-
20/6	-	-	X	-	-	X	X
21/6	-	-	X	X	X	X	-
22/6	X	-	X	X	X	X	-

Tabla 4: Matriz de resultados de la posprueba

De los veintisiete estudiantes que sostuvieron una asistencia regular durante la intervención, veintidós completaron la producción individual correspondiente a la evaluación de cierre. Esta diferencia se explica por dos factores: la irregularidad en la asistencia de algunos estudiantes durante el tramo final de la secuencia; por otro lado, el ausentismo registrado específicamente el día de la aplicación del instrumento.

Finalizada la implementación de la secuencia didáctica se desarrolló una segunda instancia de medición integrada por tres instrumentos complementarios. El primero consistió en una producción escrita individual destinada a indagar la apropiación conceptual alcanzada por los estudiantes. El segundo correspondió a una producción grupal, en la cual cada equipo elaboró un póster explicativo y presentó el invernadero automatizado construido durante la intervención. Finalmente, se aplicó un cuestionario de valoración con preguntas abiertas, orientado a recuperar las percepciones de los estudiantes acerca del proceso de aprendizaje y de la propuesta didáctica implementada.

7.3. Análisis de los procesos metacognitivos

PREGUNTA	INTENCIÓN	RESPUESTAS
¿Qué pudimos aprender gracias a este proyecto?	Averiguar la valoración del alcance de la propuesta por parte de los estudiantes.	"Que es posible realizar un invernadero espacial" "Reforzamos conocimientos sobre fotosíntesis y programación y aprendimos algo sobre robótica". "Este proyecto nos ayudó a crear, investigar distintos modelos de robots que ayudaron a proyectar un ambiente ecológico creado desde cero y autónomo (gracias al mismo robot)" "cómo funcionan los sensores, características ideales para el crecimiento de las plantas y cómo investigarlo"

¿En qué nos equivocamos? ¿Qué es lo que más nos costó y podríamos mejorar?	Valorar el error como parte del aprendizaje. Mejorar los aspectos negativos para futuros trabajos.	"Considero que realizamos el trabajo de manera adecuada, tuvimos obstáculos, pero teníamos las herramientas para resolverlos." "Creo que perdimos demasiadas clases en eso, en algunas siquiera hacíamos algo ya que nos poníamos a hacer otras cosas que no eran parte del proyecto." "Tendríamos que haberlo probado por un tiempo más prolongado. "Tal vez los materiales eran pocos y terminaba dificultando que funcione bien."
¿Qué otros problemas se podrían resolver utilizando este tipo de tecnología?	Posible transferencia de la metodología a otros problemas, intereses que pueden llegar a despertar la curiosidad por seguir investigando.	"Problemas ecológicos, sirve para regar en un campo sin la intervención humana constante." "Muchísimos pero en este momento no se me ocurre qué." "Cualquier problema puede ser automatizado, excepto las de cosas sociales."

Tabla 5: Matriz de resultados del cuestionario.

Del análisis de las respuestas se desprende que los estudiantes realizaron una valoración mayoritariamente favorable de la experiencia. Entre los aprendizajes identificados con mayor frecuencia se destacan la comprensión de aspectos vinculados con la fotosíntesis, la programación y la robótica educativa, así como la posibilidad de integrar conocimientos provenientes de diferentes áreas en la resolución de un problema concreto. Asimismo, varios grupos señalaron que el proyecto favoreció procesos de investigación, experimentación y construcción colaborativa del conocimiento.

Respecto de las dificultades encontradas durante el desarrollo de la propuesta, las respuestas hacen referencia principalmente a cuestiones organizativas y materiales. En particular, algunos estudiantes mencionaron la disponibilidad limitada de equipamiento para la construcción de los dispositivos automatizados, mientras que otros señalaron la necesidad de optimizar la distribución del tiempo destinado al proyecto. Resulta significativo que estas observaciones se orienten fundamentalmente a aspectos operativos de la experiencia y no a cuestionamientos sobre la pertinencia de la propuesta didáctica.

Finalmente, al consultar acerca de la posible aplicación de este tipo de tecnología en otros ámbitos, la mayoría de las respuestas planteó posibilidades de transferencia hacia problemáticas vinculadas con la automatización de procesos, la producción agrícola y el cuidado del ambiente. Estas apreciaciones permiten inferir que los estudiantes reconocieron el potencial de los recursos tecnológicos empleados para abordar situaciones que exceden el contexto específico de la experiencia desarrollada.

Cabe señalar que las respuestas obtenidas mediante esta encuesta constituyen información de carácter cualitativo y se incorporan como un insumo complementario para la interpretación de los resultados alcanzados mediante la intervención didáctica. En consecuencia, las apreciaciones expresadas por los estudiantes deben interpretarse como indicadores de valoración de la experiencia y no como una medida directa de los aprendizajes conceptuales alcanzados.

8. Discusión

8.1. Comparación de preprueba y posprueba

CATEGORÍA	PREPRUEBA	POSPRUEBA
Refiere que el agua es la fuente de alimento vegetal.	0/6	5/6
Alude que las plantas crecen a partir de los nutrientes del suelo.	6/6	2/6
Indica que la luz es la fuente de energía de las plantas.	4/6	2/6

Menciona el proceso de fotosíntesis y reconocen a las plantas como seres vivos autótrofos.	1/6	6/6
Aparece en la explicación del término “estomas”	0/6	6/6
Reconocen los gases intervinientes en el proceso de fotosíntesis.	1/6	6/6
Mencionan el proceso de respiración celular.	1/6	4/6

Tabla 6: Comparación entre preprueba y posprueba.

El análisis comparativo de la preprueba y la posprueba evidencia una evolución conceptual en las explicaciones elaboradas por los seis grupos de trabajo respecto del modelo escolar de fotosíntesis y la nutrición vegetal.

Al inicio de la secuencia didáctica, las explicaciones teóricas de los seis grupos respondían la las concepciones consolidadas de la literatura didáctica que aportan Astudillo Pombo & Gené Duch, (1984) y Charrier et al. (2006). En la preprueba , los

seis grupos atribuyeron el crecimiento vegetal exclusivamente a la absorción de materia/nutrientes del suelo, asociándose a la noción de la “teoría del humus”. Asimismo, cinco de los seis grupos omitieron por completo el rol de los gases en el proceso.

8.1.1. Superación de obstáculos centrales del modelo de fotosíntesis

Al evaluar las producciones y explicaciones de la posprueba tomando los grupos como unidad de análisis podemos entender que las manifestaciones conjuntas de los integrantes de cada grupo arrojan los siguientes cambios significativos:

a) Inclusión del intercambio gaseoso y de las estructuras especializadas.

Los seis grupos incorporaron explícitamente el rol de los gases (absorción de CO2 y/o liberación de O2) en la fotosíntesis. En cuanto a las estructuras biológicas especializadas, cinco de los seis grupos integraron la presencia y función de los estomas como puertas de entrada/salida para el intercambio gaseoso y la regulación hídrica. De esta manera, se puede afirmar que los grupos evidenciaron un avance significativo respecto de los obstáculos epistemológicos tradicionales mencionados por González *et al.* (1998) y Rodríguez (1998).

b) Apropiación del modelo de nutrición autótrofa.

Los seis grupos lograron caracterizar a las plantas como organismos autótrofos, superando la mera memorización del término y conceptualizando la fotosíntesis como el proceso de síntesis de biomasa a partir de la energía aportada por la luz.

c) Desplazamiento de la teoría del humus.

Mientras que en la preprueba los seis grupos explicaron el crecimiento vegetal desde los nutrientes del suelo, luego de la aplicación de la secuencia didáctica, solo en uno de los seis grupos sus integrantes mantuvieron, de forma explícita, la idea del suelo como fuente principal de materia. Los cinco grupos restantes redefinieron al suelo como suministro de agua y sales minerales, desplazando hacia el carbono atmosférico el origen del incremento en la biomasa.

8.1.2. Análisis de datos contraintuitivos: desplazamiento de explicaciones genéricas por lenguaje técnico

Un análisis detallado de dos de las categorías abordadas sugiere que la caída en las frecuencias no debería interpretarse como una regresión conceptual. Las categorías asociadas a los nutrientes del suelo y a la luz como fuente de energía mostraron una caída en sus frecuencias de 6/6 a 2/6 y de 4/6 a 2/6 respectivamente. Esto puede deberse a que, en la preprueba, los estudiantes recurrían a explicaciones genéricas e intuitivas (como la luz y la tierra) para llenar vacíos conceptuales acerca de la nutrición vegetal. En la posprueba, al haberse apropiado de un vocabulario técnico y de un modelo explicativo más complejo y preciso, los grupos priorizaron esta categorías recién consolidadas en sus respuestas finales dando por sentadas las variables ambientales más primarias.

8.2. Percepciones metacognitivas y valoración de la experiencia

Como se planteó en el marco pedagógico, la construcción de modelos científicos requiere que los estudiantes desarrollen procesos metacognitivos que les permitan revisar y regular sus propias explicaciones (pérez y González Galli, 2020), en tanto la vigilancia cognitiva constituye una condición necesaria para superar dichos

obstáculos que actúan sobre la apropiación de un modelo científico. (González Galli, 2019).

En este sentido, el cuestionario propuesto a los estudiantes (Tabla 5) permite complementar los resultados conceptuales analizados en el apartado anterior con evidencia acerca de cómo los propios estudiantes percibieron su proceso de aprendizaje.

Respecto a los aprendizajes reconocidos, las respuestas evidencian que lograron identificar explícitamente los componentes disciplinares articulados en la propuesta (fotosíntesis, programación y robótica y naturaleza de la ciencia), lo que sugiere un ejercicio de explicitación coherente con la dimensión procesual de la evaluación descripta por Anijovich y Cappelletti (2017): más que una instancia de acreditación final, el cuestionario funcionó como una oportunidad para que los estudiantes revisaran y comunicaran su propio recorrido.

En cuanto a la gestión del error, resulta significativo que las dificultades señaladas por los estudiantes se orientaran mayoritariamente hacia aspectos organizativos y materiales —disponibilidad de recursos, distribución del tiempo— y no hacia cuestionamientos sobre la comprensión de los contenidos disciplinares. Esta distinción resulta relevante: mientras que las limitaciones logísticas remiten al carácter situado y contextual de toda propuesta de robótica educativa (Ruiz, 2007), la ausencia de cuestionamientos conceptuales resulta coherente con los avances observados en la comprensión del modelo de fotosíntesis analizados en el apartado 8.1.

Finalmente, en relación con la transferencia, las respuestas de los estudiantes dan cuenta de una proyección del recurso tecnológico empleado hacia problemáticas vinculadas con la automatización de procesos, la producción agrícola y el cuidado ambiental. Esta capacidad de trasladar lo aprendido a nuevos contextos resulta consistente con el potencial atribuido a la robótica educativa para el desarrollo de habilidades complejas del pensamiento, tales como la resolución de problemas y el pensamiento crítico, en el marco del enfoque STEAM (Almanza Ortega, 2022).

En conjunto, estos resultados permiten sostener que la propuesta didáctica no solo favoreció avances en la comprensión conceptual del proceso de fotosíntesis, sino

que también propició instancias de reflexión metacognitiva sobre el propio proceso de aprendizaje, en línea con el objetivo específico planteado.

8.3. Apreciación personal

A lo largo del desarrollo y la continuidad de este proyecto, mi práctica docente se vio atravesada por diversos desafíos contextuales que exigieron adaptar y reconfigurar la propuesta tecnológica inicial. Con posterioridad a la experiencia analizada en este trabajo dejé de contar con el equipamiento robótico educativo que utilicé en las primeras etapas y, con el objetivo de sostener la propuesta, asumí el compromiso de dar sostenibilidad a la propuesta adquiriendo un kit de Arduino básico junto con un conjunto de sensores electrónicos.

Este cambio implicó un salto en la complejidad del montaje y la programación. La transición desde un entorno de programación por bloques hacia el código estructurado en Arduino representó un desafío valioso: para la resolución de los circuitos y la depuración del código debí recurrir, junto a mis estudiantes, a tutoriales especializados y al uso estratégico de herramientas de inteligencia artificial para la corrección de la sintaxis. Si bien por restricciones de tiempo y complejidad técnica no fue posible integrar en esta etapa el sistema de aireación ni la alternancia automática de luces, el objetivo central se cumplió de manera satisfactoria: los estudiantes lograron diseñar, programar y validar un dispositivo funcional capaz de automatizar el riego de una planta en respuesta a la humedad del suelo. Este prototipo constituye el recurso práctico que presentaré en el marco del coloquio de este trabajo.

Por otro lado, la disponibilidad de insumos físicos continúa siendo una limitante en la enseñanza de la tecnología en las aulas. Frente a este obstáculo, identifiqué el valor pedagógico de los simuladores virtuales de robótica y programación. Estas

plataformas permiten diseñar y testear circuitos de manera virtual antes de su ensamblaje en la realidad, presentándose como una alternativa muy prometedora para optimizar los tiempos de aula y democratizar el acceso a la robótica sin depender exclusivamente del hardware físico.

Asimismo, la riqueza de esta propuesta didáctica radica en su capacidad de transferirse a distintos niveles educativos. Actualmente, me encuentro implementando esta línea de trabajo en el Nivel Superior dentro de un taller vinculado a la *Biorrobótica*, donde los estudiantes avanzados se hallan en la fase de culminación de los prototipos. Esta experiencia abre la posibilidad de profundizar y articular la propuesta a lo largo de la carrera docente en espacios curriculares como *Fisicoquímica de los Sistemas Biológicos* (2.° año), *Biología de Algas y Plantas* y *Didáctica de la Biología I* (3.er año), o bien en *Didáctica de la Biología II* e *Investigación Educativa* (4.° año).

Finalmente, aunque evitaré realizar afirmaciones concluyentes, percibo en los estudiantes un mayor entusiasmo. Además, el nivel de involucramiento con la tarea y los patrones de aprendizaje que observo en estas nuevas implementaciones replican de manera consistente los resultados consolidados durante la experiencia inicial de la que se trata este trabajo (2023/24). Esto refuerza la validez del diseño didáctico y su potencial de replicabilidad en diversos contextos de enseñanza.

9· Conclusiones

Objetivos específicos

A partir del análisis precedente, es posible retomar los objetivos específicos planteados oportunamente:

- En relación con el primer objetivo específico, "identificar las concepciones previas de los estudiantes acerca del proceso de fotosíntesis", los resultados de la preprueba mostraron que la totalidad de los seis grupo explicaba el crecimiento vegetal a partir de los nutrientes del suelo, en consonancia con la denominada "teoría de humus", mientras que uno solo de los seis grupos hacía referencia al proceso de fotosíntesis o a los gases intervinientes, y ninguno mencionaba el término "estomas". Estos resultados confirman, para el grupo estudiado, la persistencia de los obstáculos epistemológicos documentados por Astudillo Pombo y Gene Duch (1984) y Charrier *et al.* (2006), y permiten dar por cumplido este objetivo.
- Respecto al segundo objetivo específico, "examinar los cambios en la comprensión del modelo científico escolar luego de la implementación de la propuesta didáctica", la comparación entre la preprueba y posprueba (Tabla 6) evidenció avances significativos en los seis grupos: la totalidad incorporó el reconocimiento de los gases intervinientes en la fotosíntesis (1/6 →6/6), la mención del término "estomas" (0/6→6/6) y la

caracterización de las plantas como organismos autótrofos (1/6 →6/6), a la vez que la teoría del humus dejó de sostenerse como explicación exclusiva del crecimiento vegetal en cinco de los seis equipos (6/6 →1/6). Tal como se discutió en el apartado 8.1.2, el descenso observado en las categorías vinculadas a explicaciones genéricas (nutrientes del suelo y luz como energía) no deben interpretarse como una regresión conceptual, sino como el desplazamiento de explicaciones intuitivas por un vocabulario técnico más preciso. En conjunto, estos resultados permiten sostener que la propuesta didáctica contribuyó efectivamente a la superación de los principales obstáculos conceptuales identificados en la instancia diagnóstica.

- En cuanto al tercer objetivo, "indagar las percepciones metacognitivas de los estudiantes sobre sus propios procesos de aprendizaje, la gestión del error y la potencial transferencia de la tecnología", el cuestionario de valoración (Tabla 5) mostró una apreciación mayormente favorable a la experiencia, en la que las dificultades señaladas por los estudiantes se orienaron principalmente hacia aspectos organizativos y materiales, y no hacia cuestionamientos sobre la comprensión de los contenidos disciplinares. Asimismo, los estudiantes reconocieron posibilidades de transferencia de la tecnología empleada hacia problemáticas vinculadas

con la automatización de procesos, la producción agrícola y el cuidado ambiental. Estos hallazgos , discutidos en el apartado 8.2 a la luz de los aportes de González Galli (2019) y Anijovich y Cappelletti (2017), permiten sostener que la propuesta favoreció instancias genuinas de reflexión sobre el propio proceso de aprendizaje.

Objetivo general

- En síntesis, y en respuesta al objetivo general de evaluar la contribución de una propuesta didáctica que integra la reflexión sobre la Naturaleza de la Ciencia y la robótica educativa al desarrollo de una comprensión conceptual del proceso de fotosíntesis, los resultados obtenidos aportan evidencia empírica favorable: la intervención favoreció tanto la superación de obstáculos epistemológicos históricamente documentados como una valoración positiva del propio proceso de aprendizaje por parte de los estudiantes, evidenciando el potencial de una propuesta que articula experimentación, modelización, Naturaleza de la Ciencia y robótica educativa.

  No obstante, estos resultados deben interpretarse a la luz de las limitaciones propias del diseño preexperimental adoptado, que no contempló grupo de control ni asignación aleatoria, así como de la codificación de las producciones escritas a cargo de la investigadora, cuyo efecto buscó mitigarse mediante la aplicación de un libro de códigos (apartado 6.5.2).

  Estas limitaciones no invalidan los hallazgos, sino que delimitan su alcance: los resultados presentados constituyen evidencia preliminar

acerca del potencial de esta propuesta didáctica, que amerita continuar siendo explorada en investigaciones futuras que incorporen diseños con mayor capacidad de generalización.

10. Bibliografía

Acevedo, J. A. y García-Carmona, A. (2015). “Algo antiguo, algo nuevo, algo prestado”. Tendencias sobre la naturaleza de la ciencia en la educación científica. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 13 (1), 3-19, 2016

Acuña Zúñiga, A.L. (2012) DISEÑO Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS DE ROBÓTICA EDUCATIVA: LECCIONES APRENDIDAS Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información, vol. 13, núm. 3, pp. 6-27 Universidad de Salamanca Salamanca, España

Adúriz-Bravo, A. (2008) “¿Existirá el “método científico”?”. Buenos Aires: Biblos

Anijovich, R. & Cappelletti, G. (2017) La evaluación como oportunidad. Voces de la Educación. Paidós. Presente en: http://fediap.com.ar/wp-content/uploads/2020/07/La-evaluacion-como-oportunidad-Anijovich-y-Cappelletti.pdf

Arenas Jaramillo, J. et al. (2018). Obstáculos epistemológicos para el aprendizaje de la estructura y el funcionamiento del Sistema Circulatorio Sanguíneo Humano (SCSH) en estudiantes de grado séptimo y décimo: un constructo teórico desde la perspectiva sistémica. Pontificia Universidad Javeriana Maestría en Educación. https://doi.org/10.11144/Javeriana.10554.35299

Aristizabal Llorente, P. et al (2019). Robótica educativa en la formación inicial del profesorado. Revista Innovación y tecnología en contextos educativos. País Vasco. pp 260-268

Astudillo Pombo,H. & Gene Duch, A.M. (1984) Errores conceptuales en Biología. La fotosíntesis de las plantas verdes. Revista de Enseñanza de las Ciencias. España. pp 15-16

Beneyto-Seoane, M. y Collet-Sabé, J. (2018) Análisis de la actual formación docente en competencias TEC. Por una nueva perspectiva basada en las competencias, las experiencias y los conocimientos previos de los docentes. Profesorado: Revista de currículum y formación del profesorado Vol 22, n°4 pp 91-110. España. Disponible en: https://revistaseug.ugr.es/index.php/profesorado/article/view/8396/7139

Benitti, F. B. V. (2012). Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review. Computers & Education, 58(3), 978-988. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.10.006

Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (2000). How people learn: Brain, mind, experience, and school. National Academy Press. Disponible en: https://cradall.org/sites/default/files/How%20People%20Learn-Brain_Mind_Experience_and%20School%20-%20Expanded%20Edition.pdf

Castiñeira Rodríguez, N. y Pérez Rodríguez, U. (2024). Recursos TIC y robótica para la enseñanza de las ciencias: una experiencia con profesorado en formación inicial [ICTr esources and robotics for science teaching: an experience with teachers in initial training]. European Public & Social Innovation Review, 9, 01-18. https://doi.org/10.31637/epsir-2024-342

Chachagua M. R. (2020) Inclusión digital y educación: estado de la situación actual en la Argentina. Simposio Argentino sobre Tecnología y Sociedad.

Charrier Melillán, M. et al. (2006) LAS CONCEPCIONES DE LOS ESTUDIANTES SOBRE LA FOTOSÍNTESIS Y LA RESPIRACIÓN: UNA REVISIÓN SOBRE LA INVESTIGACIÓN DIDÁCTICA EN EL CAMPO DE LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE DE LA NUTRICIÓN DE LAS PLANTAS. España y Argentina ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS, 24(3), 401–410

Couso,D. (2013) La Elaboración de Unidades Didácticas Competenciales. Alambique. Barcelona.

Curtis, H. et al. (2000), inv. a la Biología, 6ª. ed, Edit. Médica Panamericana.

Danagen-Bioted “Experimento sobre Fotosíntesis” presente en https://www.bioted.es/protocolos/FOTOSINTESIS.pdf

Dapozo, G.N. et al. (2017) Programación en las escuelas. Experiencia de formación docente en el Nordeste Argentino. Memorias del Encuentro Internacional de Educación a Distancia. Universidad de Guadalajara, México

Diseño curricular de la Provincia de Buenos Aires para el Profesorado de Educación Secundaria en Biología (2022): https://abc.gob.ar/secretarias/sites/default/files/2024-03/Biolog%C3%A

Diseño curricular de la Provincia de Buenos Aires para el Profesorado de Educación Primaria (2017): https://isfd78-

bue.infd.edu.ar/sitio/profesorado-en-educacion-primaria/upload/Profesorado%20de%20Educacion%20Primaria.pdf

DUSCHL, R.A. (1996). Renovar la enseñanza de las ciencias. Importancia de las teorías y su desarrollo. Madrid: Narcea.

Fernández I. et al. (2002) Visiones deformadas de la ciencia. ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS, vol 20 (3), pp. 477-488 Universidad de Valencia, Aveiro y Porto.

Fernández N. (2017) Algo más que locos experimentos para la escuela. 1° ed - CABA: Centro de Publicaciones Educativas y Material Didáctico

Fernandez Ruiz R. (2016) Evaluación de la autopercepción del nivel de competencia profesional docente específica en robótica educativa. Máster Interuniversitario. Tecnología Educativa: e-learning y gestión del conocimiento. Universidad de Lleida. España.

Furman, M. (2021) Enseñar distinto: Guía para innovar sin perderse en el camino. Siglo XXI, Argentina.

Furman, M. et al. (2018) La ciencia en el aula: Lo que nos dice la ciencia sobre cómo enseñarla / - 1° ed - CABA: Siglo XXI

García Carmona, A. et al (2011) “Estado actual y perspectivas de la enseñanza de la naturaleza de la ciencia : una revisión de las creencias y obstáculos del profesorado”. Enseñanza de las ciencias : revista de investigación y experiencias didácticas. 2011, v. 29, n. 3, noviembre ; p. 403-412

García J. M. (2015) Robótica Educativa. La programación como parte de un proceso educativo. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales FLACSO. Uruguay.

Garcia, J. M. (2017) ¿ES POSIBLE ENSEÑAR CUANDO NO SE SABE? Estrategias y metodologías utilizadas por docentes en estas situaciones. Tesis de la Maestría en Procesos Educativos mediados por tecnologías, Universidad de Córdoba. Argentina.

Giere, R. (1999) Usando modelos para representar la realidad. Link de acceso: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4615-4813-3_3

Gonzalez, C. et al (1998) Concepciones de los alumnos de Bachillerato acerca de la Función de los Gases en el proceso de Fotosíntesis. La Didáctica de las Ciencias. Tendencias actuales p.335-344 Universidad de Coruña.1998.

Gonzalez Galli, L. (2019) Enseñanza de la Biología y pensamiento crítico: la importancia de la metacognición. Revista de Educación en Biología, Vol 22, N°2 PP 4-20

Gonzalez Galli, L. y Pérez, G. (2020) Una posible discusión de metacognición para la enseñanza de las ciencias. Revista Investigaciones en Enseñanza de las Ciencias V25 (1) PP 385 - 404.

Gonzalez Rebollo, J. E. (2022) Pensamiento Computacional y Robótica Educativa en Formación Docente del Uruguay. Tesis de posgrado en Robótica e Inteligencia Artificial UTEC - FURG.

Gonzalez Rodriguez et al. (2014) ,-Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias 11(1), 2-12.

Gonzalez. R. et al (2020) El proceso de fotosíntesis como contenido escolar: análisis en textos de nivel secundario. Revista de Educación, Lenguaje y Sociedad EISSN Vol XVIII. Argentina. pp 1-25

Hernández Sampieri, R. (2014) “Metodología de la Investigación” (6a ed.) Mac Graw Hill Education

Izquierdo Aymerich (2005) Hacia una teoría de los contenidos escolares. - Barcelona. Link de acceso: https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/22008/332750

Jairo E. et al (2014) ROBÓTICA EDUCATIVA APLICADA A LA ENSEÑANZA BÁSICA SECUNDARIA. Revista DIM Vol 30. Disponible en: http://www.pangea.org/dim/revista.htm

Manual de actividades EDUCABOT (2018)

Marco A. & Zamora, L. (2022) Conceptos de robótica educativa, el aprendizaje STEAM, y el pensamiento computacional. Con-Ciencia Boletín Científico de la Escuela Preparatoria No. 3 Publicación semestral, Vol. 9, No. 18 pp 122-124

Martinez Padilla, A.I. (2019) Opinión de los futuros docentes ante la robótica educativa.. Universidad de Jaén, Trabajo Final de Grado. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. España. Disponible en: https://crea.ujaen.es/items/853c9288-adb7-4171-9a83-be35dfefc868

Meinardi, E. et al. (2018) Propuestas didácticas para enseñar Ciencias Naturales y Matemática VI / - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Ediciones Fundalma. Libro digital, PDF

Monsalves González, S. (2011) Estudio sobre la utilidad de la robótica educativa desde la perspectiva del docente. Revista de Pedagogía, vol. 32, núm. 90, pp. 81-117. Venezuela

Muñoz García, G. A. (2014) COMPRENSIÓN SOBRE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS DESDE EL ENFOQUE CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD (CTS) Trilogía Ciencia Tecnología Sociedad, vol. 6, núm. 11, julio-diciembre, 2014, pp. 61-76 Instituto Tecnológico Metropolitano Medellín, Colombia Presente en: https://www.redalyc.org/pdf/5343/534366861005.pdf

Neus Sanmartí (2010) El diseño de unidades didácticas. Universidad Autónoma de Barcelona.

Ochoa, L. (2003). Módulo 2: La documentación narrativa de experiencias escolares. En *Manual de capacitación sobre registro y sistematización de experiencias pedagógicas*, Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología.

Orcos L. & Aris N. (2019) Percepciones del Profesorado de Educación Secundaria ante la Robótica Educativa como recurso didáctico en el enfoque STEM. Revista Opción, Año 35, Regular No.90 (2019): 810-843. Venezuela.

Pinto Salamanca, M.L, et al. (2010) El uso de la robótica educativa como herramienta en los procesos de enseñanza. Disponible en https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ingenieria_sogamoso/article/view/912/912

Presentación sobre “Relevamiento de datos” del Ing. Arg. MBA José Maria Aulicino del 14/5 para la cátedra de Métodos y Procedimientos en el Estudio de las Ciencias Biológicas de la UNLZ FCA.

Pujalte, A. et al. (2019) Manual de elaboración de secuencias didácticas para la enseñanza de las Ciencias Naturales- 1a ed . - Ushuaia : Universidad Nacional de Tierra del Fuego.

Pujalte, A. et al. (2014). Las imágenes inadecuadas de ciencia y de científico como foco de la naturaleza de la ciencia: estado del arte y cuestiones pendientes. Ciência & Educação (Bauru), 20(3), 535-548.Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-73132014000300535&script=sci_arttext

Quevedo, E. et al. (2020) Expectativas del profesorado en la implementación curricular de una plataforma modular de robótica educativa. VII Jornadas Iberoamericanas de Innovación Educativa en el Ámbito de las TIC y las TAC, España.

Quintana, R. (2016) La narrativa en obras académicas o didácticas. Blog Nisaba. Disponible en: https://blognisaba.wordpress.com/2016/09/08/la-narrativa-en-obras-academicas-o-didacticas/

Ravanal Moreno,E. y Quintanilla Gatica,M. (2010) "Caracterización de las concepciones epistemológicas del profesorado de Biología en ejercicio sobre la naturaleza de la ciencia" Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol. 9, Nº 1, 111-124

Romero-Rodríguez, J. M. et al. (2023). Robótica educativa para el desarrollo de la competencia STEM en maestras en formación. Bordón, Revista de Pedagogía, 75(4), 75-92. https://doi.org/10.13042/Bordon.2023.97174

Sanchez Tendero E. et. al. (2019) Robótica en la enseñanza de conocimiento e interacción con el entorno. Una investigación formativa en Educación Infantil. Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado, vol. 33, núm. 1, pp. 11-28. Universidad de Zaragoza

Sarmiento Bolivar M. I. (2019) Experiencias y estrategias educativas con TIC para el desarrollo del pensamiento computacional en Iberoamérica. Revista Pensamiento Actual Vol 19 n° 32 Universidad de Costa Rica.

Suárez, D. et al. (2004), Manual de capacitación sobre registro y sistematización de experiencias pedagógicas. Módulo 1 "Narrativa

docente, prácticas escolares y reconstrucción de la memoria pedagógica" y Módulo 2" La documentación narrativa de experiencias escolares". Buenos Aires: MECyT / OEA.

Suárez, D. & Ochoa, L. (2005) La documentación narrativa de experiencias pedagógicas. Una estrategia para la formación de docentes. Buenos Aires: MECyT / OEA.

Suárez, D. (2007) "Docentes, narrativa e investigación educativa. La documentación narrativa de las prácticas docentes y la indagación pedagógica del mundo y las experiencias escolares", en Sverdlick, I (comp.), La investigación educativa. Una herramienta de conocimiento y acción. Buenos Aires: Novedades Educativas.

Tirado, F. y Peralta, J. (2021). Desarrollo de Diseños Educativos Dinámicos. Perfiles Educativos, 43(172). https://doi.org/10.22201/iisue.24486167e.2021.172.59490

UAS - "Observación de Estomas" Disponible en: https://es.slideshare.net/slideshow/practicas-estomas/4453481

Vázquez Alonso, Á. et al. (2013). Análisis de materiales para la enseñanza de la naturaleza del conocimiento científico y tecnológico. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol. 12, Nº 2, 243-268 (2013)

Zapata E. (2016) EVOLUCIÓN DE LOS MODELOS EXPLICATIVOS DE LA FOTOSÍNTESIS A TRAVÉS DE LAS REPRESENTACIONES EXTERNAS. UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA. Colombia.

11. Anexos

11.1. Anexo 1

PROPUESTA DIDÁCTICA

Título: Diseño de un invernadero automatizado para el cultivo de plantas en una estación espacial: una propuesta didáctica para la enseñanza de la fotosíntesis desde el modelo 5E.

Asignatura: Biología

Nivel educativo: Educación secundaria

Población a la que se dirige:

Estudiantes de 16 y 17 años, correspondientes a 5° año de Secundaria del conurbano bonaerense.

Duración estimada: 8 a 10 clases

Tema general: Nutrición vegetal: Fotosíntesis

Organización: Modelo 5E

FUNDAMENTACIÓN

La presente propuesta didáctica se enmarca en enfoques contemporáneos de enseñanza de las ciencias que conciben al estudiante como un sujeto activo en la construcción del conocimiento. Desde esta perspectiva, aprender ciencias implica no solo incorporar conceptos disciplinares, sino también participar en prácticas vinculadas con la producción, comunicación y aplicación del conocimiento científico.

La secuencia se estructura a partir del modelo didáctico 5E (Enganche, Exploración, Explicación, Elaboración y Evaluación), el cual promueve procesos de

aprendizaje significativos mediante situaciones problemáticas, actividades de indagación y construcción progresiva de modelos explicativos.

Asimismo, la propuesta recupera aportes de la enseñanza por indagación y de la perspectiva de alfabetización científica, promoviendo el desarrollo de habilidades tales como observar, formular hipótesis, interpretar evidencias, construir explicaciones y comunicar resultados.

El problema central que organiza la secuencia consiste en el diseño de un sistema automatizado de cultivo vegetal destinado a una estación espacial. Esta situación busca favorecer la contextualización de los contenidos biológicos, promoviendo la articulación entre conocimientos científicos y tecnología.

La propuesta incorpora además elementos vinculados con la Naturaleza de la Ciencia, especialmente aquellos relacionados con el carácter histórico, dinámico y social de la construcción del conocimiento científico.

Finalidades del aprendizaje científico de la que se desprenden los objetivos y orientaron el diseño de la secuencia didáctica:

> Valorar la ciencia como una actividad humana que intenta planear y responder a preguntas críticamente, promoviendo un ambiente de clase en el que prime la cooperación y facilite la expresión de dudas y de argumentos relacionados con los distintos puntos de vista y se facilite también los pactos o acuerdos (Sanmartí, 2008)

> Aplicar la ciencia en la vida cotidiana, desarrollando actitudes científicas como la curiosidad y la perseverancia, aprendiendo técnicas de trabajo

experimental utilizando el pensamiento lógico y racional (ej comparando, infiriendo y deduciendo). (adaptación de Sands y Hull,1985)

Contenidos:

Biología:

Fotosíntesis.

Naturaleza de la Ciencia:

Construcción histórica de los modelos de fotosíntesis.

Robótica y Programación:

Uso de la Tecnología ARDUINO UNO para la automatización de circuitos de riego.

Prerrequisitos:

La siguiente unidad didáctica fue diseñada para estudiantes que:

Desde el área de fisicoquímica ya abordaron el concepto de reacción química, enlace químico y unión química.

Desde Cs. Naturales:

Reconocen las características de los seres vivos y funciones vitales.

Identifican a los seres vivos como sistemas abiertos, es decir, que intercambian materia y energía con el entorno.

Pueden concebir a las plantas como sistemas autótrofos e identifican las principales estructuras que realizan la nutrición en plantas.

Manejan medianamente el modelo escolar de fotosíntesis. Es decir, que reconocen que las plantas como seres vivos autótrofos que necesitan de luz, tierra y agua para poder nutrirse y crecer.

Confronten e intercambien sus puntos de vista con los de sus compañeros al realizar tareas en grupo.

Desde Informática:

Conocen los principales componentes de una computadora y es capaz de encender la máquina y buscar información en Internet/ Apps de Inteligencia Artificial.

Objetivos generales:

Que los estudiantes sean capaces de:

Explicar fenómenos utilizando conceptos y modelos escolares estudiados en clase de Biología.

Identificar a la Ciencia como una actividad humana sujeta a conflictos que atraviesan la sociedad en la que se desarrolla.

Formular conjeturas y ponerlas a prueba por medio de la experimentación.

Objetivos específicos:

Que los estudiantes logren:

Construir un invernadero automatizado teniendo en cuenta los requerimientos nutricionales de las plantas.

Explicar el proceso de fotosíntesis explicitando los gases intervinientes en este proceso biológico.

Reflexionar sobre la construcción de la ciencia.

Propósitos:

Estimular la comprensión del proceso de fotosíntesis.

Cuestionar la imagen de la ciencia que poseen los estudiantes.

Ejemplificar las metodologías científicas por medio de la resolución de un problema real.

Utilizar la experimentación y la programación de microcontroladores para el armado de un circuito de riego automático.

Brindar herramientas a docentes y docentes en formación para mejorar la enseñanza del modelo de fotosíntesis escolar a través de la robótica educativa.

PROBLEMA ORGANIZADOR DE LA SECUENCIA

Se propondrá a los estudiantes el siguiente desafío: "Diseñar un sistema automatizado de cultivo vegetal que permita producir alimentos en una estación espacial, considerando las necesidades biológicas de las plantas y las condiciones necesarias para garantizar su supervivencia."

A partir de esta situación problemática, los estudiantes deberán construir explicaciones científicas sobre la nutrición vegetal y elaborar un prototipo de invernadero automatizado.

SECUENCIA:

Fase 1 Modelo 5E: ENGANCHE

Finalidad docente: Introducción a la temática. Identificar ideas y conocimientos previos sobre fotosíntesis.

Objetivos: Que los estudiantes sean capaces de..

Explicar sus conocimientos sobre el proceso de fotosíntesis.

Diseñar un invernadero automatizado teniendo en cuenta los requerimientos nutricionales de las plantas.

DIAGNÓSTICO

Luego de dar la bienvenida a los estudiantes, se planteará una situación problemática relacionada con un proyecto local con el objetivo de indagar sus concepciones previas sobre el proceso de fotosíntesis. La actividad buscará identificar las ideas que los estudiantes sostienen acerca de la nutrición de las plantas, tanto aquellas acordes con el modelo científico escolar como aquellas alternativas o parcialmente elaboradas, las cuales pueden persistir aun después de haber trabajado previamente estos contenidos.

CONTEXTUALIZACIÓN

Luego de la instancia diagnóstica y de la entrega de las copias correspondientes, se presentará la situación problemática central de la secuencia didáctica. Esta actividad propondrá a los estudiantes diseñar un sistema de cultivo capaz de producir alimentos en una estación espacial, con el propósito de garantizar la supervivencia humana en futuros asentamientos fuera de la Tierra.

Para abordar este desafío, los estudiantes deberán poner en juego sus conocimientos acerca del proceso de fotosíntesis, explicitarlos y compartirlos con sus

compañeros. A partir de este momento, el curso se organizará en equipos de trabajo que se mantendrán estables durante el desarrollo de toda la secuencia didáctica.

Fase 2 Modelo 5E: EXPLORACIÓN

Finalidad docente: Potenciar la experimentación, la observación activa. Motivar a la formulación de preguntas y emisión de hipótesis. Ofrecer diversidad de materiales y recursos para la interacción y relación con el contenido.

Objetivos: Que los estudiantes sean capaces de:

Reflexionar sobre la construcción del modelo de fotosíntesis y la imagen de las personas que se dedican a la investigación.

Explicar el proceso de fotosíntesis explicitando los reactivos y productos de este proceso biológico.

Formular conjeturas sobre el proceso de fotosíntesis y ponerlas a prueba por medio de la experimentación en el laboratorio escolar.

Para llevar a cabo la construcción de los invernaderos, se vuelve necesario entender cómo se nutren las plantas. En esta instancia se les facilitará recortes de la historia de la ciencia con el fin de complejizar el modelo de fotosíntesis.

Como este proceso es investigado desde hace muchísimos años, históricamente se construyeron varios modelos explicativos. En esta oportunidad abordaremos los aportes de Hipócrates-Aristóteles, Van Helmont, Boussingault y Sachs.

Se reparte un texto a cada grupo y luego de la lectura en conjunto, los estudiantes deben responder un cuestionario en sus carpetas.

EXPERIMENTACIÓN EN EL LABORATORIO ESCOLAR.

Con el propósito de complejizar el modelo explicativo de la fotosíntesis, se llevarán a cabo dos actividades experimentales en el laboratorio escolar. Para su desarrollo, los estudiantes se organizarán en grupos y distribuirán distintas responsabilidades, tales como la lectura de la guía de trabajo, la búsqueda y preparación de materiales, el registro fotográfico de las actividades, la toma de notas sobre el procedimiento realizado y el registro de los resultados obtenidos.

Los registros elaborados por cada grupo serán recuperados al finalizar la clase para su posterior análisis y discusión.

Primera parte: Observación de células vegetales al microscopio óptico.

Los estudiantes observarán muestras vegetales mediante distintas técnicas de preparación microscópica.

Se propondrá:

Observación directa,

Utilización de impresiones con esmalte transparente,

Coloración con azul de metileno.

Los estudiantes registrarán:

Estructuras observadas,

Tipos celulares,

Presencia de estomas,

Relaciones entre estructura y función.

Segunda parte: Observación del intercambio gaseoso en plantas

Los estudiantes realizarán una experiencia destinada a observar indirectamente el intercambio gaseoso involucrado en la fotosíntesis.

Para ello se colocarán plantas en recipientes sometidos a distintas condiciones de iluminación.

Antes de la experiencia, los grupos formularán predicciones acerca de los posibles resultados.

Posteriormente, analizarán:

Diferencias observadas,

Relación entre luz y fotosíntesis,

Producción de gases,

Necesidades de las plantas.

Evidencias de aprendizaje

Predicciones iniciales.

Registros experimentales.

Interpretación de resultados.

Fase 3 Modelo 5E: EXPLICACIÓN

Finalidad docente: Presentar recursos necesarios para la comprensión y construcción de un discurso más técnico relativo al proceso de fotosíntesis, naturaleza de la ciencias y construcción de un robot.

Objetivos: Que los estudiantes sean capaces de..

Reconocer los componentes del kit de robótica “Arduino” y sus correspondientes funciones.

Seleccionar los componentes del kit que son necesarios para diseñar un robot que permita automatizar un invernadero teniendo en cuenta los requerimientos nutricionales de las plantas.

INTRODUCCIÓN A LA AUTOMATIZACIÓN DE CIRCUITOS.

Con el propósito de vincular los contenidos biológicos con herramientas tecnológicas, se introducirá el uso de placas programables ARDUINO por medio de la entrevista a un exestudiante de la Escuela Técnica local.

Los estudiantes explorarán:

La placa controladora,

Sensores,

Actuadores,

Sistemas de riego automatizados en formato papel.

Evidencias de aprendizaje:

Resolución de cuestionarios.

Identificación de componentes.

Participación en actividades guiadas.

Fase 4 Modelo 5E: ELABORACIÓN

Finalidad docente: Promover el trabajo en equipo y exponer nuevos contextos para la aplicación de lo aprendido.

Objetivos: Que los estudiantes sean capaces de..

Construir un invernadero automatizado.

Explicar el funcionamiento del invernadero teniendo en cuenta los requerimientos nutricionales de las plantas.

TALLER N° 1: Robótica y Programación a cargo de docente especialista.

TALLER N° 2 DE BIO-ROBÓTICA: Construcción de los invernaderos espaciales

En equipos de trabajo, los estudiantes diseñarán un prototipo de invernadero automatizado destinado a una estación espacial.

Para ello deberán:

Seleccionar materiales,

Decidir el tipo de planta a cultivar,

Justificar las condiciones necesarias para su desarrollo,

Diseñar circuitos automatizados,

Programar sensores y actuadores.

La construcción del modelo deberá fundamentarse en los contenidos trabajados previamente.

Evidencias de aprendizaje

Bocetos y diseños.

Programación realizada.

Prototipo construido.

Fundamentaciones escritas.

Fase 5 Modelo 5E: EVALUACIÓN

Finalidad docente: Permitir la autoevaluación y valorar la evolución de los conocimientos.

Objetivos: Que los estudiantes sean capaces de..

Evaluar la metodología aplicada para el estudio del proceso de fotosíntesis.

Valorar su propio proceso de aprendizaje.

METACOGNICIÓN

A modo de cierre, se dividirá la clase en pequeños grupos de trabajo, quienes podrán consensuar y compartir su valoración del proyecto. Incluyendo su evaluación del producto final construido y una reflexión de sus propios procesos de aprendizaje por medio de una entrevista.

De esta forma, la evaluación se constituye como producto y como proceso (Anijovich & Cappelletti, 2017) ya que no solo se tiene en cuenta la construcción final desarrollada por los estudiantes, sino que también se registra y analiza cada uno de sus avances (representaciones externas, ya sean pictóricas, escritas o verbales) grupales e individuales a lo largo de la secuencia didáctica.

En torno al enfoque cualitativo de la investigación, durante el desarrollo de la secuencia se recolectan las respuestas de cada actividad que resuelven los estudiantes y se registra cada producción por medio de fotografías.

Los instrumentos de evaluación (sus producciones escritas en la carpeta, la cartulina grupal, el modelo de invernadero construido y la encuesta se analizan de acuerdo a los siguientes criterios:

Uso correcto de los conceptos trabajados, particularmente si consideran los gases intervinientes en el proceso de fotosíntesis.

Coherencia entre sus distintas producciones.

Cumplimiento de las normas de laboratorio.

Entrega en tiempo y forma.

Originalidad y producción propia.

RECURSOS

Laboratorio escolar.

Microscopios ópticos.

Portaobjetos y colorantes.

Plantas y recipientes.

Kits de robótica educativa.

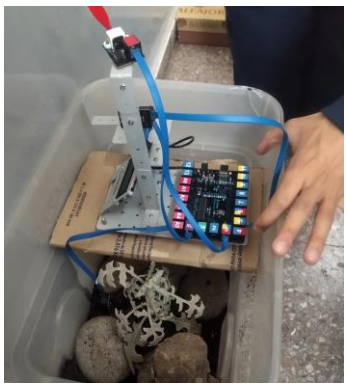
Computadoras con acceso a internet.

Video y material bibliográfico.

Anexo 2 Imágenes

Construcción de los invernaderos espaciales

Los chicos utilizaron diversidad de materiales, como listones de madera, rejillas de alambre, cartón, tuppers y recipientes que trajeron desde sus casas. Cada grupo construyó su invernadero. Al contar sólo con dos robots, se turnaron para realizar las pruebas de ensamblaje. A continuación, se muestran dos versiones de invernaderos:



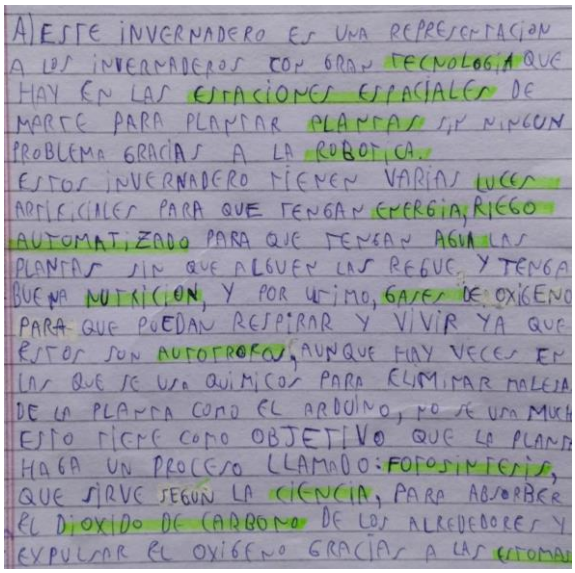
Resultado 10 - Versión 1: En un tupper



Resultado 10 - Versión 2: Estructura de madera envuelta en film

Muestra institucional

Ejemplo de producción escrita que explica el proyecto llevado a cabo:



A) ESTE INVERNADERO ES UNA REPRESENTACION A LOS INVERNADEROS CON GRAN TECNOLOGIA QUE HAY EN LAS ESTACIONES ESPACIALES DE MARTE PARA PLANTAR PLANTAS SIN NINGUN PROBLEMA GRACIAS A LA ROBOTICA.
ESTOS INVERNADERO TIENEN VARIAS LUCES ARTIFICIALES PARA QUE TENGAN ENERGIA, RIEGO AUTOMATIZADO PARA QUE TENGAN AGUA LAS PLANTAS SIN QUE ALGUEN LAS REGUE, Y TENGA BUENA NUTRICION, Y POR ULTIMO, GASES DE OXIGENO PARA QUE PUEDAN RESPIRAR Y VIVIR YA QUE ESTOS SON AUTOTROFOS, AUNQUE HAY VECES EN LAS QUE SE USA QUIMICOS PARA ELIMINAR MALEZA DE LA PLANTA COMO EL ARDUINO, NO SE USA MUCH
ESTO TIENE COMO OBJETIVO QUE LA PLANTA HAGA UN PROCESO LLAMADO: FOTOSINTESIS, QUE SIRVE SEGUN LA CIENCIA, PARA ABSORBER EL DIOXIDO DE CARBONO DE LOS ALREDEDORES Y EXPULSAR EL OXIGENO GRACIAS A LAS ESTOMAS

Resultado 11: Texto que incluye el vocabulario específico abordado durante la secuencia.

Sus invernaderos y cartulinas se mostraron en el patio cubierto de la Escuela. En total se construyeron seis invernaderos pero había un solo robot, ya que el resto eran utilizados por otros cursos de la Institución. Se alternó su colocación en los distintos cultivos.



Imagen 16: Muestra Institucional 2023 de Bachiller del Instituto San José. Participación de los seis invernaderos espaciales diseñados por los estudiantes de 5to Ciencias Naturales.

11.2. Anexo 2

Posprueba

Producciones escritas que explican el proyecto llevado a cabo.

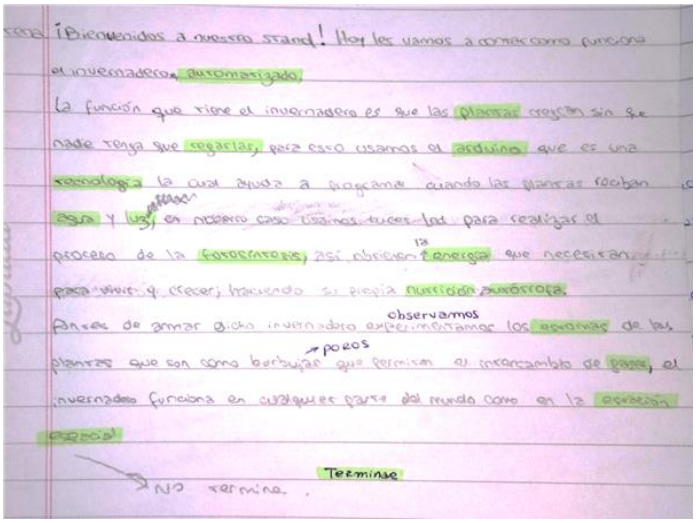
Consigna:

En el mes de noviembre se realizará la muestra institucional donde cada curso muestra lo abordado en clase. Acuden a dicha exposición diversidad de personas, como por ejemplo personal docente de otras asignaturas, directivos, políticos, familiares y niños de primaria. Su invernadero ha sido escogido como una de las mejores producciones del año y será expuesto en la muestra. Por esta razón debe poder explicar el trabajo realizado, los contenidos abordados y el significado que tiene su investigación a diferentes destinatarios. En esta oportunidad escriba lo que le contaría sobre su proyecto a un niño de 6to grado de primaria. Incluyendo los siguientes términos: fotosíntesis, agua, nutrición, energía, plantas, gases, robótica, automatización, estomas, ARDUINO, ciencia, riego,tecnología, estación espacial, autótrofa y luz.

Respuestas:

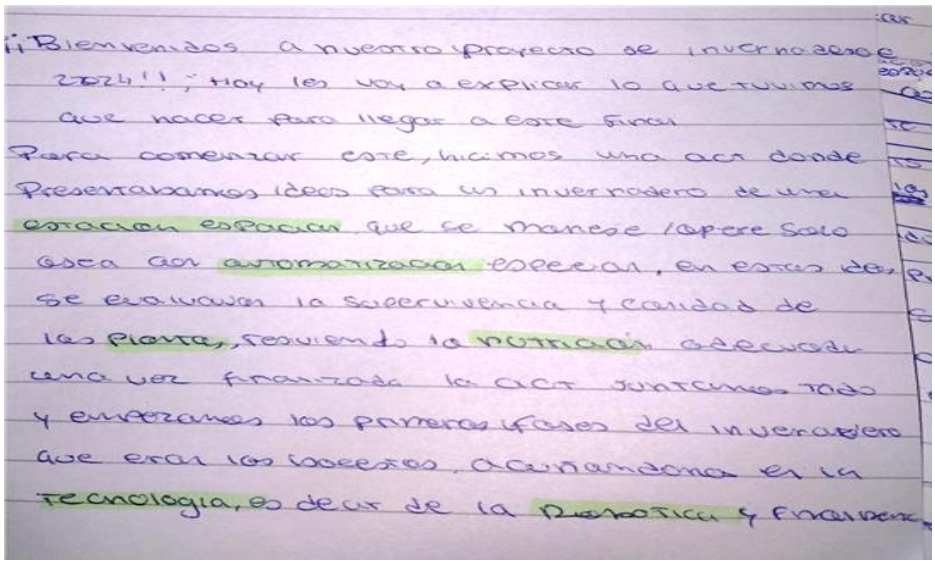
- Equipo 1

  Estudiante 1



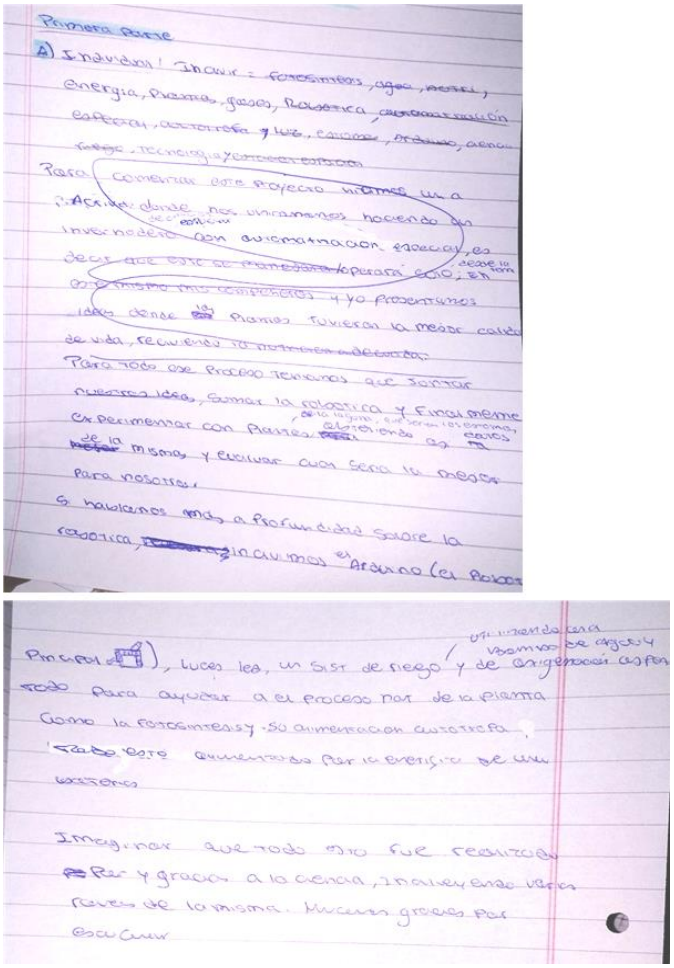
Transcripción: “¡Bienvenidos a nuestra stand! Hoy le vamos a contar cómo funciona el invernadero automatizado. La función que tiene el invernadero es que las plantas crezcan sin que nadie tenga que regarlas, para eso estamos usando el arduino que es una tecnología la cual ayuda a programar cuándo las plantas reciben agua y luz, en nuestro caso usamos luces led para realizar el proceso de la fotosíntesis, así obtiene la energía que necesitan para vivir y crecer, haciendo su propia nutrición autótrofa. Para armar dicho invernadero experimentamos los estomas de las plantas que son como burbujas que permiten el intercambio de los gases, el invernadero funciona en cualquier parte del mundo como en la estación espacial.”

Estudiante 2-



Transcripción: “¡¡Bienvenidos a nuestro proyecto invernadero 2024!! Hola vamos a explicar lo que tuvimos que hacer para llegar a este final. Para comenzar este, hicimos una actividad donde presentamos ideas para un invernadero de una estación espacial que se se mantiene solo osea con automatización especial, en estas ideas evaluaron la supervivencia y cantidad de plantas, recibiendo la nutrición adecuada una vez finalizada la actividad juntamos todo y empezamos las primeras fases del invernadero que eran los bocetos acuñándonos en la tecnología es decir de la robótica y finalmente experimentando.”

Estudiante 3-

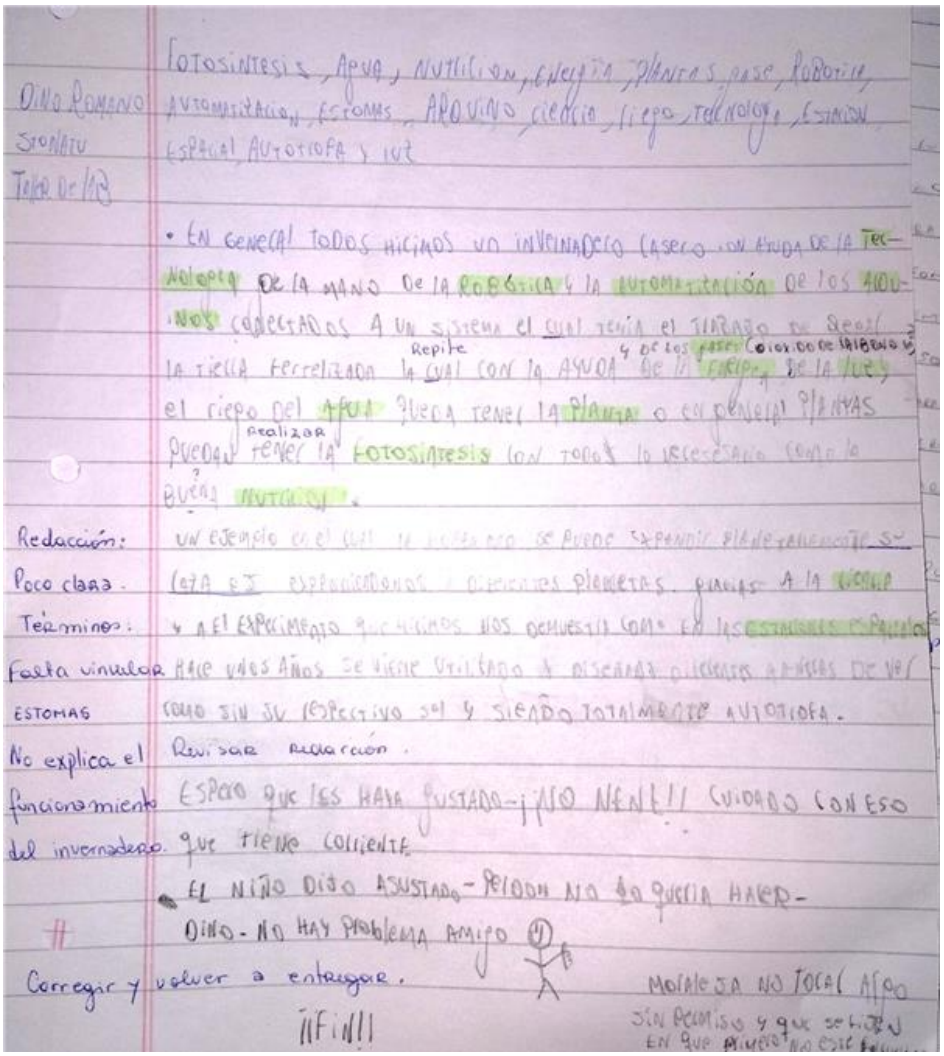


Transcripción: “Para todo este proceso teníamos que juntar nuestras ideas, sumar la robótica y finalmente experimentar con plantas de la laguna que serían los estomas obteniendo datos de las mismas y evaluar cuál sería lo mejor para nosotros.

Si hablamos más a profundidad sobre la robótica, incluimos el arduino (el robot principal) luces led un sistema de riego utilizando una bomba de agua y de oxigenación todo para ayudar al proceso natural de la planta como la fotosíntesis y su alimentación autótrofa. Todo esto aumentando por la energía de las baterías imaginar que todo esto fue realizado por y gracias a la ciencia incluyendo varias ramas de la misma Muchas gracias por escuchar.”

- Equipo 2

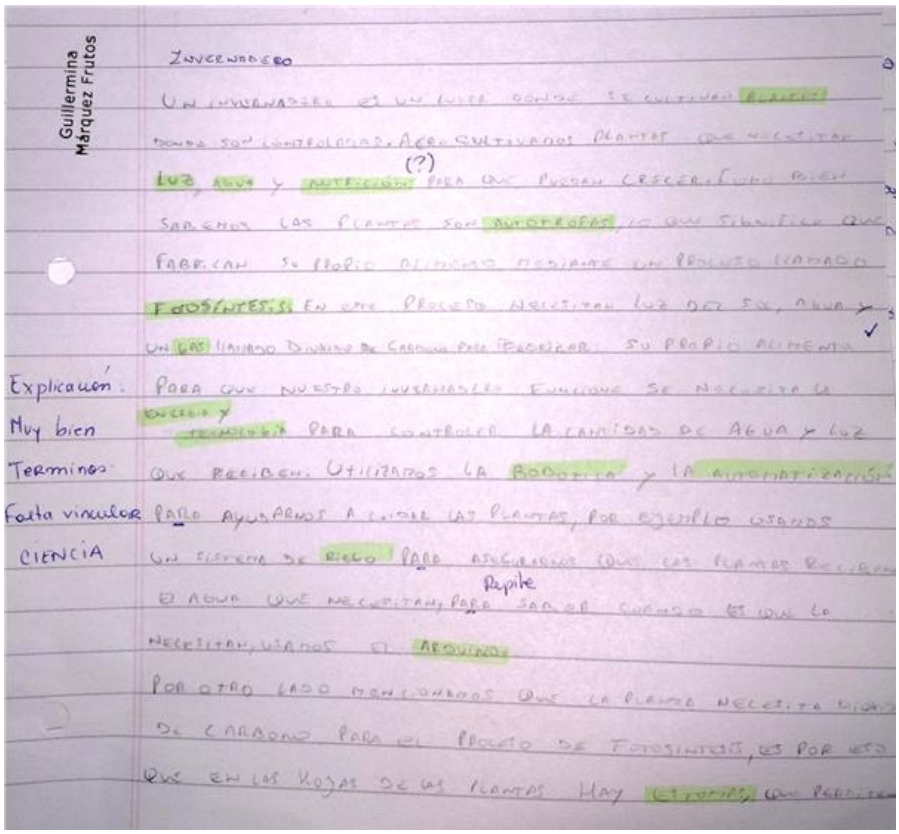
  Estudiante 4



Transcripción: “En general todos hicimos un invernadero casero con la ayuda

de la tecnología de la mano de la robótica y la automatización de los arduinos conectados a un sistema en el cual tenía el trabajo de regala tierra fertilizada la cual con la ayuda de los gases dióxido de carbono de la energía de la luz y el riego del agua pueda tener la planta o en general plantas puedan tener la fotosíntesis con todo lo necesario como la buena nutrición. Un ejemplo en el cual la humanidad se puede expandir planetariamente su casa ejemplo expandiéndose a diferentes planetas. Gracias a la ciencia y el experimento que hicimos nos demuestran Cómo en las estaciones espaciales hace unos años se viene utilizando y diseñando diferentes maneras de ver como sin su respectivo sol y siendo totalmente autótrofa. Espero que les haya gustado. ¡¡No nene!! Cuidado con eso que tiene corriente. El niño dijo asustado - perdón no lo quería hacer - Dino: no hay problema amigo."

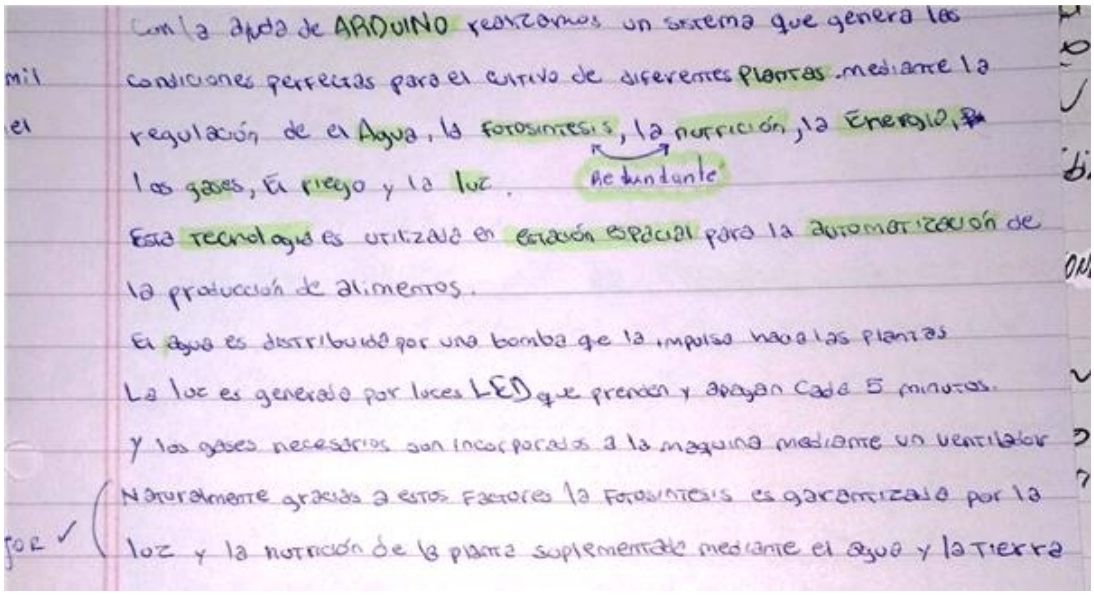
Estudiante 5



Transcripción:"Un invernadero es un lugar donde se cultivan plantas donde son controladas. Acá cultivamos plantas que necesitan luz agua y nutrientes para que

puedan crecer. Como bien sabemos las plantas son autó, lo que significa que fabrican su propio alimento mediante un proceso llamado fotosíntesis. En este proceso necesitan la luz del sol agua y un gas llamado dióxido de carbono para fabricar su propio alimento. Para que nuestro invernadero funcione se necesita la energía y tecnología para controlar la cantidad de agua y luz que recibe. Utilizamos la robótica y la automatización para ayudarnos a cuidar las, por ejemplo usamos un sistema de riego para asegurarnos que las plantas reciban el agua que necesitan, para saber cuándo es que la necesitan, usamos el arduino. Por otro lado mencionamos que la planta necesita dióxido de carbono para el proceso de fotosíntesis, es por esto que las hojas de las plantas hay estomas, que permiten que las plantas intercambien gases. Todo esto lo llevamos a cabo gracias a una actividad a principio de año, donde a través de la imaginación debíamos crear un invernadero en una estación espacial."

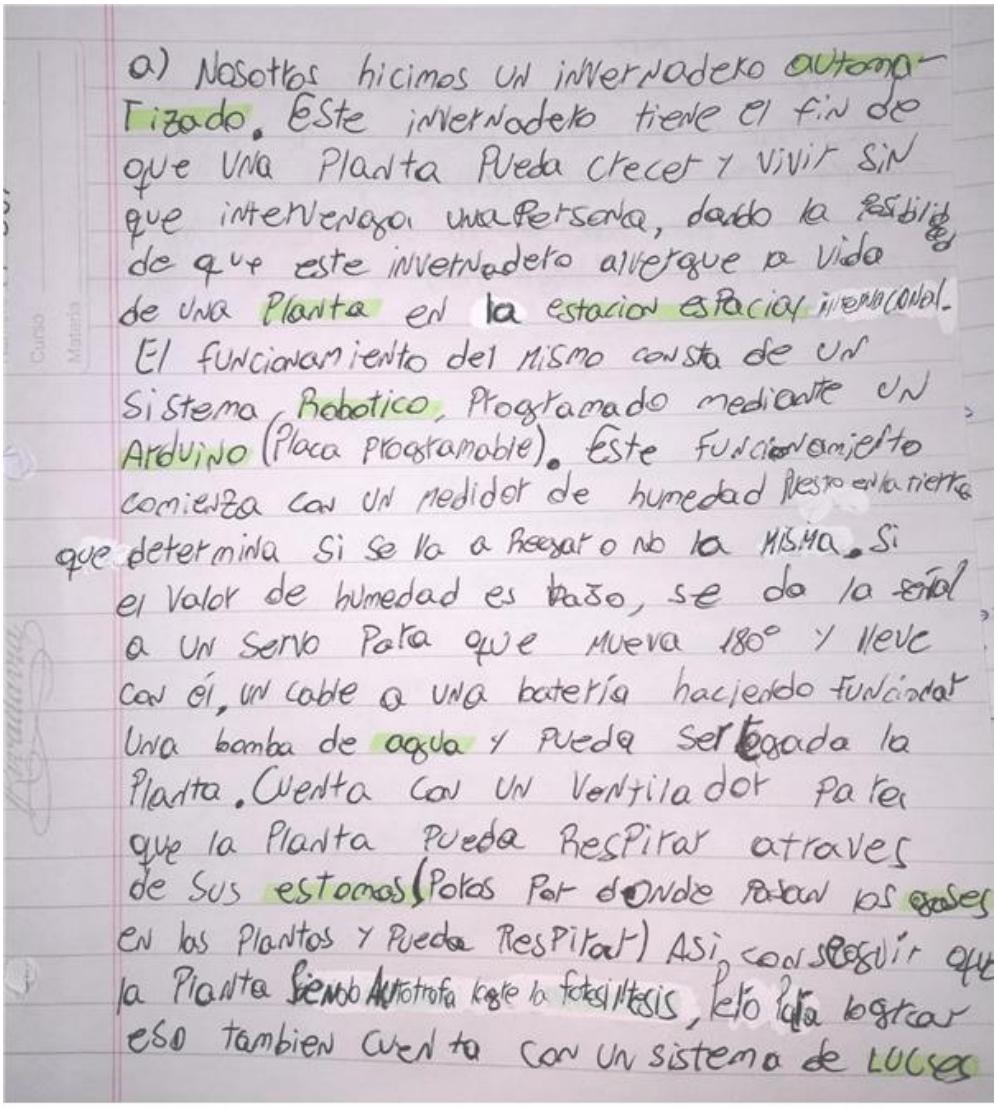
Estudiante 6



Transcripción: "Con la ayuda de arduino realizamos un sistema que genera las condiciones perfectas para el cultivo diferentes plantas. Mediante La regulación del agua, la fotosíntesis, la nutrición, la energía, los gases de riego y la luz. Esta tecnología es utilizada en estación espacial para la automatización de la producción

de alimentos. El agua es distribuida por una bomba que la impulsa hacia las plantas. La luz es generada por luces led que prenden y apagan cada 5 minutos. Los gases necesarios son incorporados a la máquina mediante un ventilador. Naturalmente gracias a esto factores la fotosíntesis es garantizada por la luz y la nutrición de la planta suplementada mediante el agua y la tierra.”

Estudiante 7

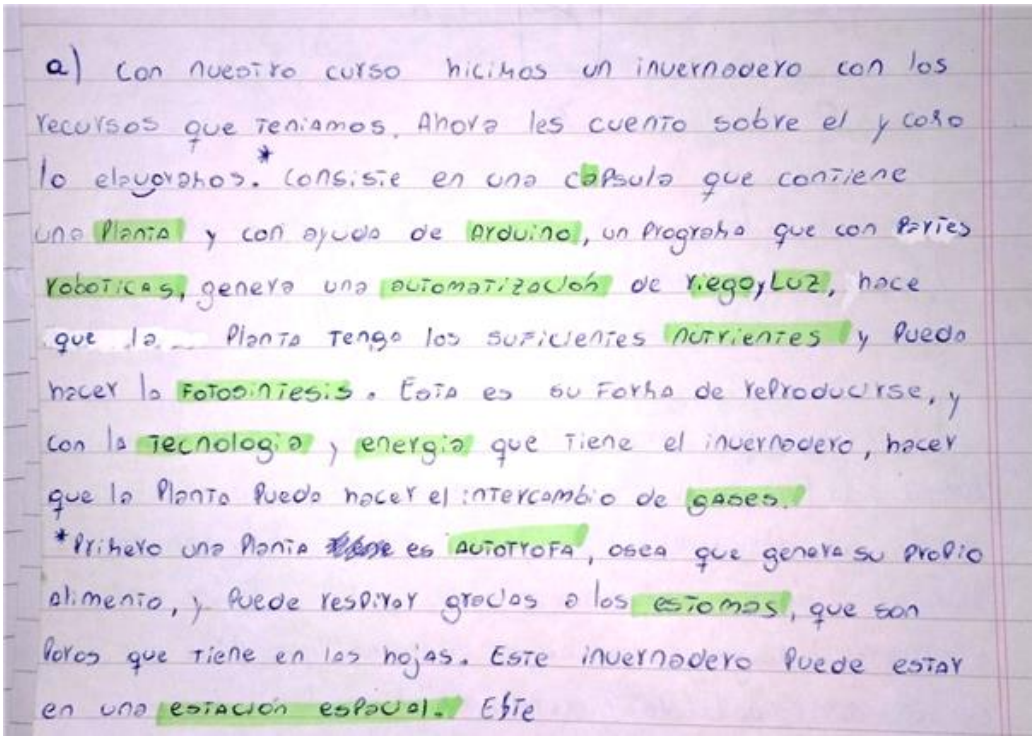


Transcripción: “Nosotros hicimos un invernadero automatizado. Este invernadero tiene el fin de que una planta pueda crecer y vivir sin que intervenga una persona,dando la posibilidad de que este invernadero albergue la vida de una planta en la estación espacial internacional. El funcionamiento del mismo consta de un sistema robótico, programado mediante un arduino (placa programable). Este

funcionamiento comienza con un medidor de humedad puesto en la tierra que determina si se va a regar o no la misma. Si el valor de humedad es bajo, se da la señal a un servo para qué mueva 180° y lleve con él un cable a una batería haciendo funcionar una bomba de agua y pueda ser regada la planta. Cuenta con un ventilador para que la planta pueda respirar a través de sus estomas (poros por donde pasan los gases en las plantas y pueden respirar) así conseguir que la planta sienta autótrofa logre la fotosíntesis, para lograr eso también cuenta con un sistema de luces que prende y apaga cada cinco minutos individualmente con el objetivo de brindarles luz y así consiguiendo energía y pudiendo nutrirla. Así como nosotros tuvimos en cuenta todos los procesos de la planta para con la tecnología poder hacer este invernadero funcional. ”

- Equipo 3

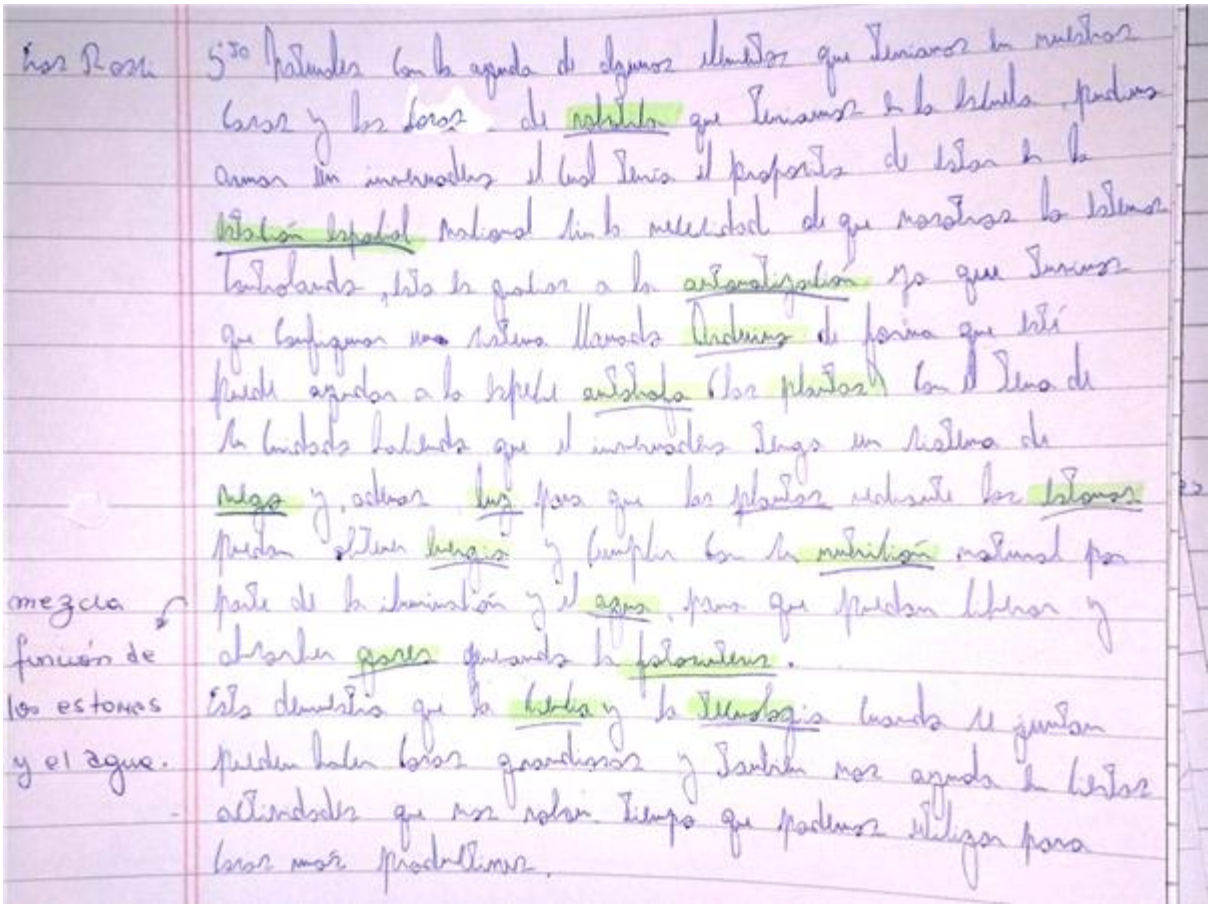
  Estudiante 8


a) Con nuestro curso hicimos un invernadero con los recursos que teníamos. Ahora les cuento sobre el y como lo elaboramos. Consiste en una cápsula que contiene una Planta y con ayuda de Arduino, un Programa que con Partes Robóticas, genera una automatización de riego y Luz, hace que la Planta tenga los suficientes nutrientes y pueda hacer la Fotosíntesis. Esta es su Forma de reproducirse, y con la Tecnología y energía que tiene el invernadero, hacer que la Planta pueda hacer el intercambio de gases.
*Primero una Planta es AUTOTROFA, osea que genera su propio alimento, y puede respirar gracias a los estomas, que son Poros que tiene en las hojas. Este invernadero puede estar en una estación espacial. Este

Transcripción: “Con nuestro curso hicimos un invernadero con los recursos que teníamos. Ahora les cuento sobre él y cómo lo elaboramos. Primero una

planta es autótrofa, o sea que genera su propio alimento y puede respirar gracias a los estomas, que son los poros que tienen en las hojas. Este invernadero puede estar en una estación espacial. Este consiste en una cápsula que contiene una planta y con ayuda de arduino, es un programa que compartes robóticas, genera una automatización de riego y luz, hace que la planta tenga lo suficiente nutrientes y puede hacer la fotosíntesis. Esta es su forma de reproducirse y con la tecnología y energía que tiene el invernadero, hacer que la planta pueda hacer el intercambio de gases. ”

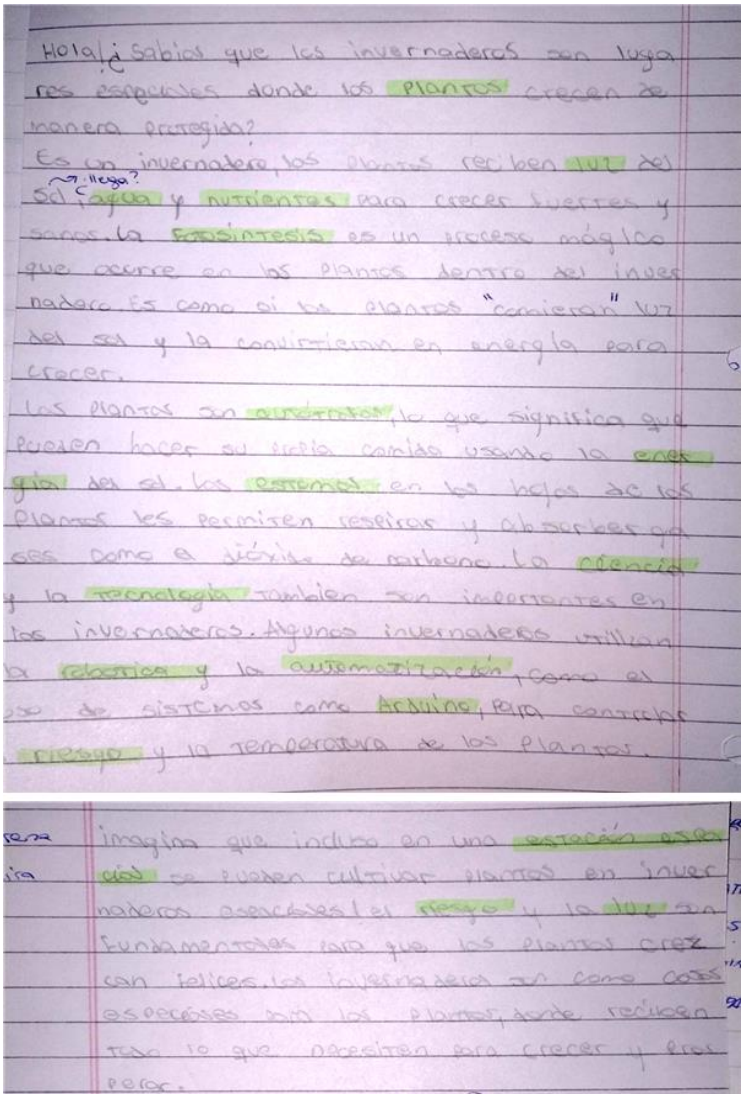
Estudiante 9



Transcripción: “5to Naturales con la ayuda de algunos elementos que teníamos en casa y las cosas de robótica que teníamos en la escuela pudimos armar un invernadero el cual tenía el propósito de estar en la estación espacial internacional sin la necesidad de que nosotros lo estemos controlando, esto es gracias a la automatización ya que tuvimos que configurar un sistema llamado arduino de forma

que este pueda ayudar a la especie autótrofa (las plantas) con el tema de su cuidado haciendo que el invernadero tenga un sistema de riego y además luz para que las plantas mediante los estomas puedan obtener energía y cumplir con la nutrición natural por parte de la iluminación y el agua, para que puedan liberar y absorber gases generando la fotosíntesis. Esto demuestra que la ciencia y la tecnología cuando se juntan pueden hacer cosas grandiosas y también nos ayuda en ciertas actividades que más .. tiempo que podemos utilizar para cosas más productivas.”

Estudiante 10

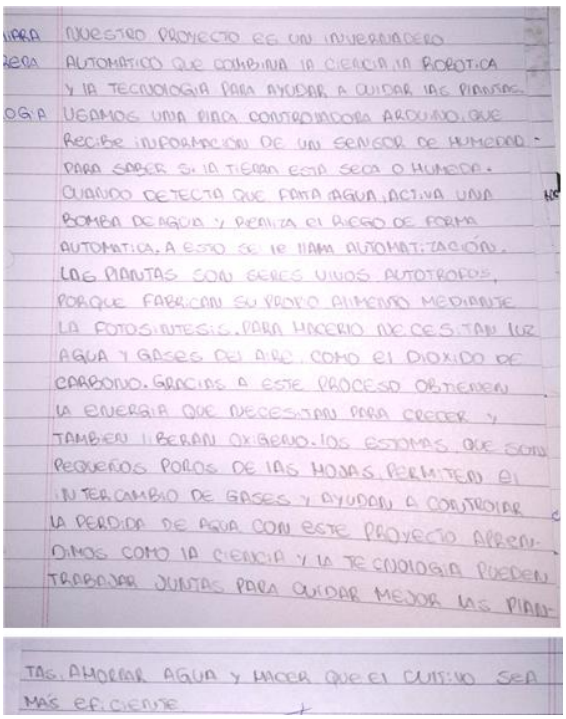


Transcripción: “Hola! ¿Sabías que los invernaderos son lugares espaciales donde las plantas crecen de manera protegida?

Es un invernadero las plantas reciben luz del sol agua y los nutrientes para crecer fuertes y sanas. La fotosíntesis es un proceso mágico que ocurre en las plantas dentro del invernadero. Es como si las plantas comieran luz del Sol y la convirtieron en energía para crecer. Las plantas son autótrofas, lo que significa que pueden hacer su propia comida usando la energía del sol. Los estomas en las hojas de las plantas les permiten respirar y

absorber gases como el dióxido de carbono punto la ciencia y la tecnología también son importantes en los invernaderos. Algunos invernaderos utilizan la robótica y la automatización, como el uso de sistemas como arduino, para controlar el riego y la temperatura de las plantas. Imagina que incluso en una estación espacial se pueden cultivar plantas en invernaderos espaciales el riego y la luz son fundamentales para que las plantas crezcan felices. Los invernaderos son como cosas especiales para las plantas, donde reciben todo lo que necesitan para crecer y prosperar.”

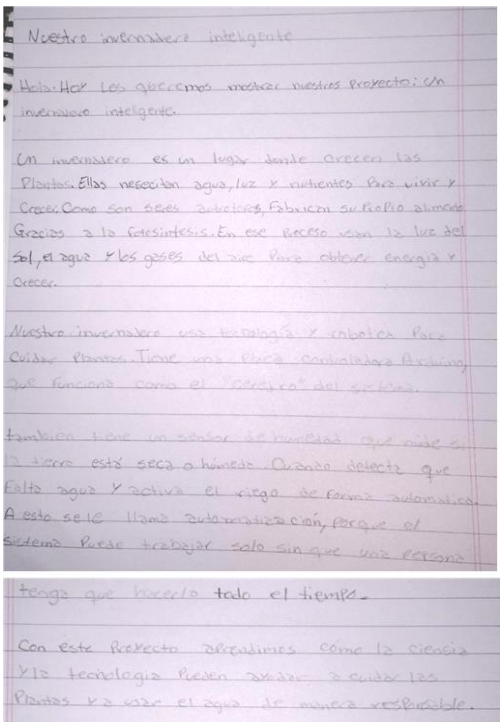
Estudiante 11


NUESTRO PROYECTO ES UN INVERNADERO AUTOMATICO QUE COMBINA LA CIENCIA, LA ROBOTICA Y LA TECNOLOGIA PARA AYUDAR A CUIDAR LAS PLANTAS. USAMOS UNA PLACA CONTROLADORA ARDUINO, QUE RECIBE INFORMACION DE UN SENSOR DE HUMEDAD PARA SABER SI LA TIERRA ESTA SECA O HUMEDA. CUANDO DETECTA QUE FALTA AGUA, ACTIVA UNA BOMBA DE AGUA Y REALIZA EL RIEGO DE FORMA AUTOMATICA. A ESTO SE LE LLAMA AUTOMATIZACION. LAS PLANTAS SON SERES VIVOS AUTOTROFOS, PORQUE FABRICAN SU PROPIO ALIMENTO MEDIANTE LA FOTOSINTESIS. PARA HACERLO NECESITAN LUZ AGUA Y GASES DEL AIRE, COMO EL DIOXIDO DE CARBONO. GRACIAS A ESTE PROCESO OBTIENEN LA ENERGIA QUE NECESITAN PARA CRECER Y TAMBIEN LIBERAN OXIGENO. LOS ESTOMAS, QUE SON PEQUEÑOS POROS DE LAS HOJAS, PERMITEN EL INTERCAMBIO DE GASES Y AYUDAN A CONTROLAR LA PERDIDA DE AGUA. CON ESTE PROYECTO APRENDIMOS COMO LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA PUEDEN TRABAJAR JUNTAS PARA CUIDAR MEJOR LAS PLANTAS, AHORRAR AGUA Y HACER QUE EL CULTIVO SEA MAS EFICIENTE

Transcripción: “Nuestro proyecto es un invernadero automático que combina La ciencia la robótica y la tecnología para ayudar a cuidar las plantas punto usamos una placa controladora arduino que recibe información de un sensor de humedad para saber si la tierra está seca o húmeda punto cuando detecta que falta agua activa una bomba de agua y realiza el riego de forma automática a esto se le llama automatización. Las plantas son seres vivos autótrofos porque fabrican su propio alimento mediante la fotosíntesis. Para hacerlo necesitan luz, agua y gases del aire como el dióxido de carbono. Gracias a este proceso obtienen energía que necesitan para crecer y también liberan oxígeno. Los estomas que son pequeños poros de las hojas permiten el intercambio de gases y ayudan a controlar la pérdida de agua con este proyecto aprendimos como a las 10 y la tecnología pueden trabajar juntas para cuidar mejor las plantas, ahorrar agua y hacer que el cultivo sea eficiente.”

Equipo 4

Estudiante 12-



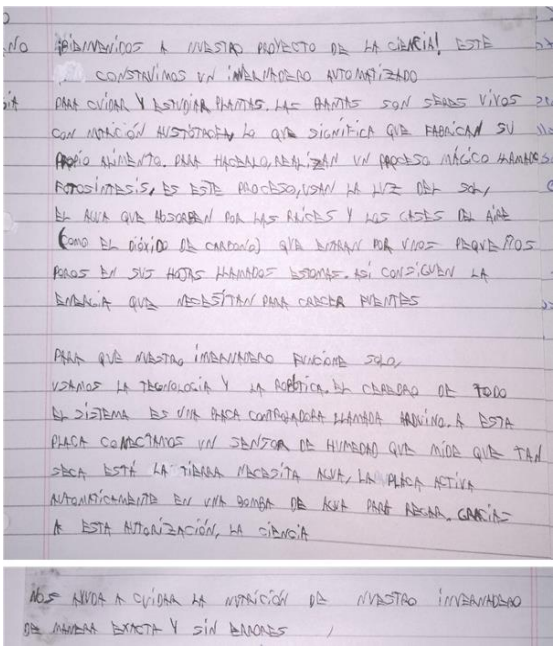
Transcripción: “Nuestro invernadero inteligente.

Hola. Hoy le queremos mostrar nuestro proyecto: un invernadero inteligente. Un invernadero es un lugar donde crecen las plantas. Ellas necesitan agua luz y nutrientes para vivir y crecer punto como son seres autótrofos fabrican su propio alimento gracias a la fotosíntesis.

En este proceso usan la luz del Sol el agua y los gases del aire para obtener energía y

crecer. Nuestro invernadero usa tecnología robótica para cuidar plantas. Tiene una placa controladora arduino que funciona como el “cerebro” del sistema. También tiene un sensor de humedad que mide si la tierra está seca húmeda punto cuando detecta que falta agua y activa riego de forma automática. A esto se le llama automatización porque el sistema puede trabajar solo sin que una persona tenga que hacerlo todo el tiempo punto con este proyecto aprendimos Cómo la ciencia y la tecnología pueden ayudar a cuidar las plantas y a usar el agua de manera responsable.”

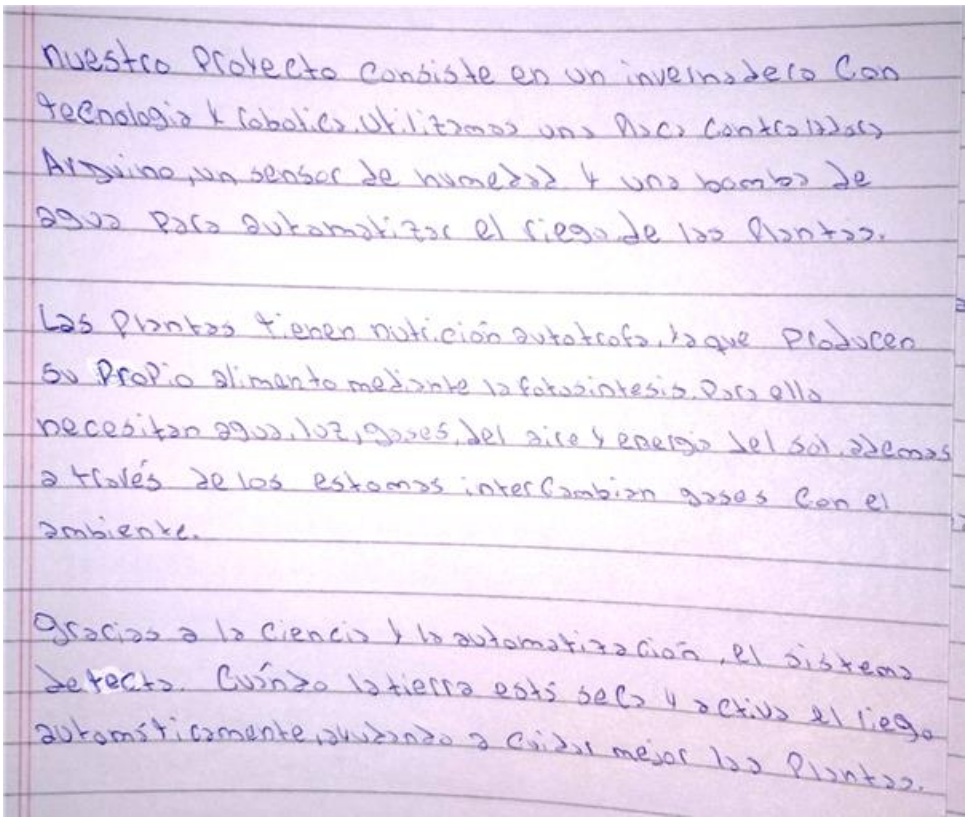
Estudiante 13



Transcripción: “Bienvenidos a nuestro proyecto de ciencia este año

construimos un invernadero automatizado para cuidar y estudiar las plantas. La planta son seres vivos con nutrición autótrofa lo que significa que fabrican su propio alimento. Para hacerlo realizan un proceso mágico llamado fotosíntesis. En este proceso usa la luz del Sol el agua que absorben gracias a las raíces y los gases del aire (como el dióxido de carbono) que entran por unos pequeños poros en sus hojas llamados estomas. Así consigue la energía que necesitan para crecer fuertes. Para que nuestro invernadero funcione solo usamos la tecnología y la robótica. El cerebro de todo el sistema es una placa controladora llamada arduino. A esta placa conectamos un sensor de humedad que mide qué tan seca está la tierra necesita agua la placa activa automáticamente en una bomba de agua para regar. Gracias a esta automatización la ciencia nos ayuda a cuidar la nutrición de nuestro invernadero de manera exacta y sin errores."

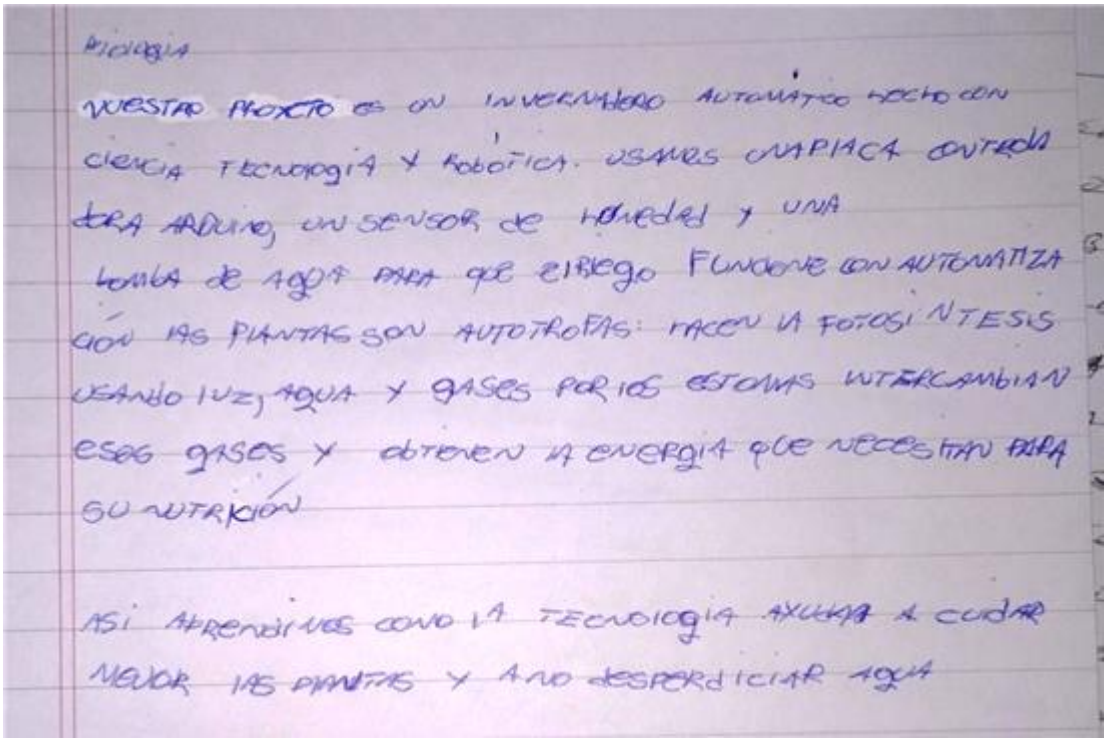
Estudiante 14



Transcripción: "Nuestro proyecto consiste en un invernadero con tecnología

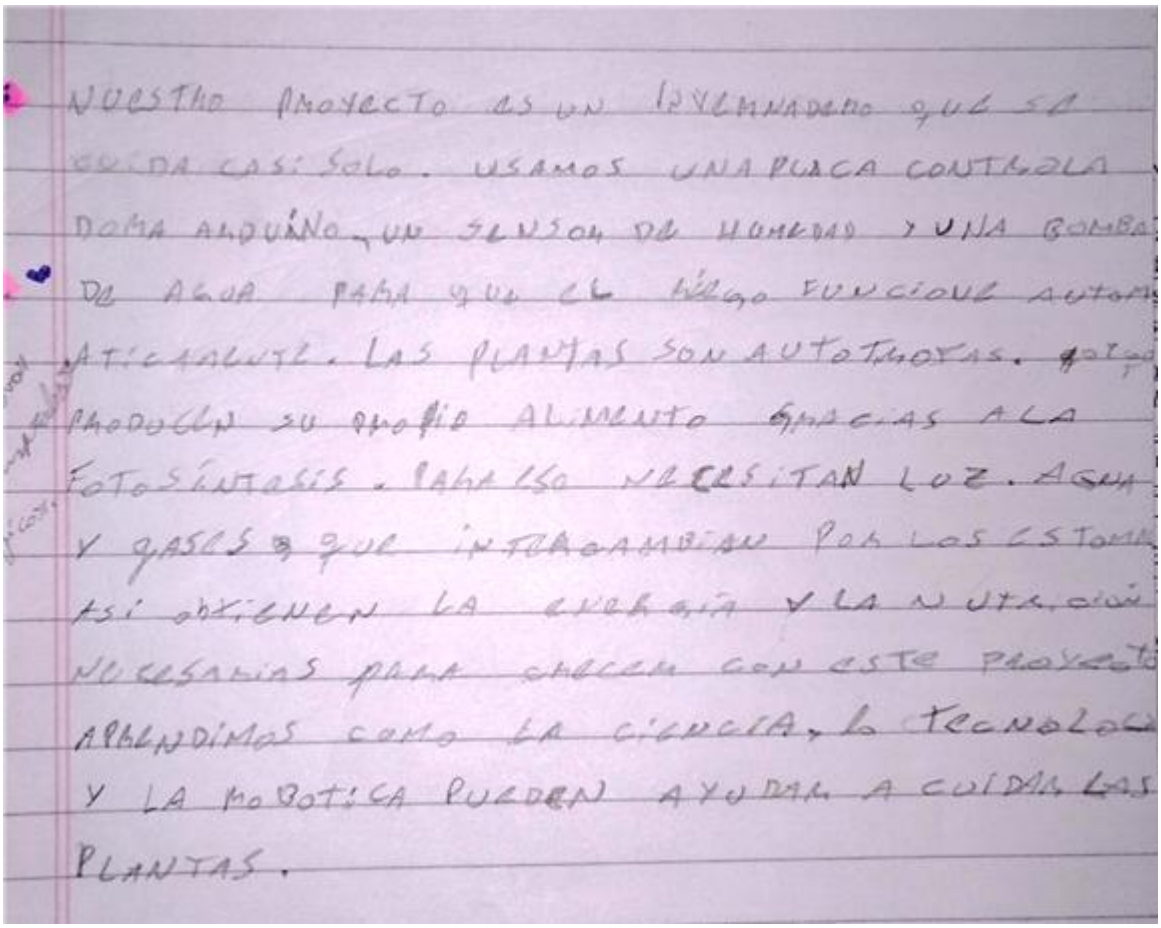
robótica. Utilizamos una placa controladora arduino, un sensor de humedad y una bomba de agua para automatizar el riego de las plantas. Las plantas tienen nutrición autótrofa ya que produce su propio alimento mediante la fotosíntesis. Para ello necesitan agua, luz, gases del aire y energía del sol. Además a través de los estomas intercambian gases con el ambiente. Gracias a la ciencia y la automatización el sistema detecta cuando la tierra está seca y activa el riego automáticamente ayudando a cuidar mejor las plantas. ”

Estudiante 15



Transcripción: “Nuestro proyecto es un invernadero automático hecho conciencia y tecnología y robótica. Usamos una placa controladora arduino, un sensor de humedad y una bomba de agua para que el riego funcione con automatización las plantas son autótrofas hacen la fotosíntesis usando luz agua y gases por los estomas intercambian esos gases y obtienen la energía que necesitan para su nutrición. Así aprendemos como la tecnología ayuda a cuidar mejor las plantas y a no desperdiciar agua.”

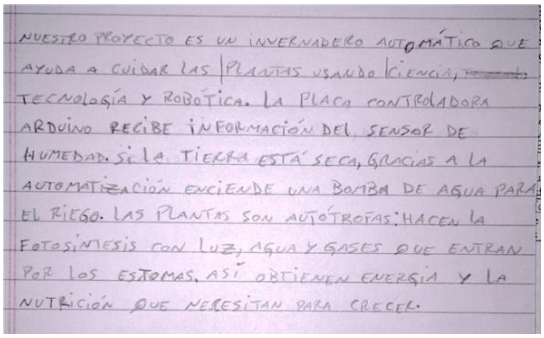
Estudiante 16



Transcripción: “Nuestro proyecto es un invernadero que se cuida casi solo. Usamos una placa controladora arduino, un sensor de humedad y una bomba de agua para que el riego funcione automáticamente. Las plantas son autótrofas, producen su propio alimento gracias a la fotosíntesis. Para eso necesita luz, agua y gases que intercambian por los estomas. Así obtienen la energía y la nutrición necesaria para crecer con este proyecto aprendimos como la ciencia y la tecnología y la robótica pueden ayudar a cuidar las plantas. ”

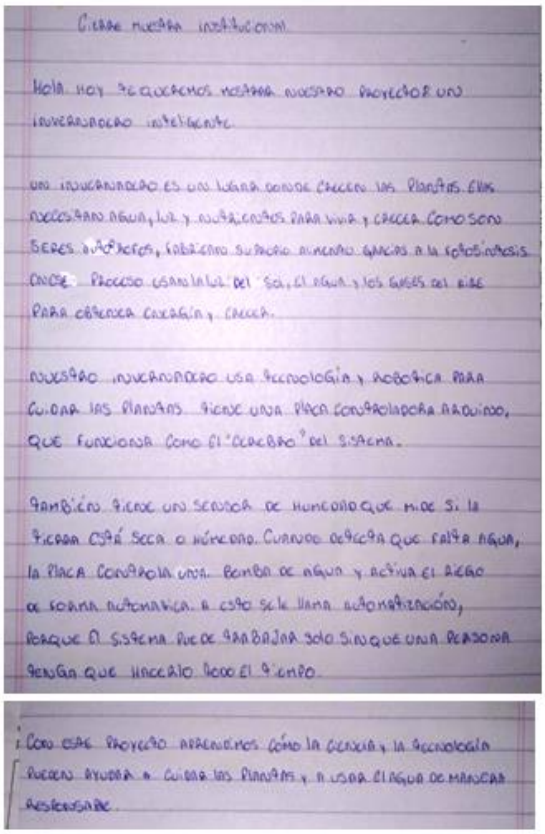
- Equipo 5

  Estudiante 17-



: “Nuestro proyecto es un invernadero automático que ayuda a cuidar las plantas usando ciencia, tecnología y robótica. La placa controladora arduino recibe información del sensor de humedad si la tierra está seca gracias a la automatización enciende una bomba de riego para que el riego. Las plantas son autótrofas hacen la fotosíntesis con la luz, agua y gases que entran por los estomas. Así obtienden energía y la nutrición que necesitan para crecer.”

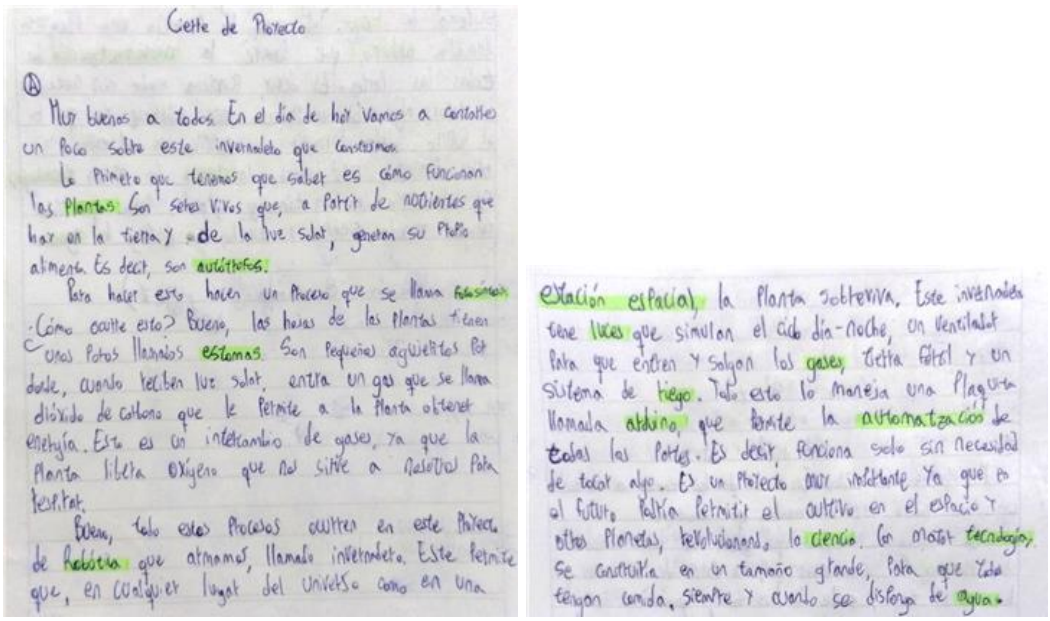
Estudiante 18-



Transcripción: “. Hoy te queremos mostrar nuestro proyecto: un invernadero

inteligente. es un lugar donde crecen las plantas, ellas necesitan agua luz y nutrientes para vivir y crecer. Como son seres autótrofos fabrican su propio alimento gracias a la fotosíntesis. En ese proceso usa la luz del Sol, el agua y los gases del aire para obtener energía y crecer. Nuestro invernadero usa tecnología y robótica para cuidar las plantas. Tiene una placa controladora arduino que funciona como el "cerebro"del sistema. También tiene un sensor de humedad que mide si la tierra está seca o húmeda. Cuando detecta que falta agua la placa controla una bomba de agua y activa el riego de forma automática a esto se le llama automatización porque el sistema puede trabajar solo sin que una persona tenga que hacerlo todo el tiempo. Con este proyecto aprendimos como la ciencia y la tecnología pueden ayudar a cuidar las plantas y usar el agua de manera responsable. "

Estudiante 19

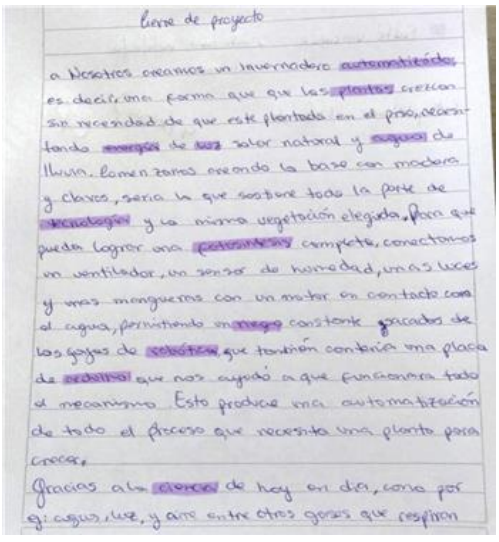


Transcripción: "Muy buenas a todos. En el día de hoy vamos a contarles un poco sobre este invernadero que construimos. Lo primero que tenemos que saber es cómo funcionan las plantas. Son seres vivos que, a partir de nutrientes que hay en la tierra y de la luz solar, generan su propio alimento. Es decir, son autótrofos. Para

hacer esto hacen un proceso que se llama fotosíntesis ¿Cómo ocurre esto? Bueno, las hojas de las plantas tienen unos poros llamados estomas. Son pequeños agujeros por donde cuando reciben luz solar, entra un gas que se llama dióxido de carbono que le permite a la planta obtener energía. Esto es un intercambio de gases ya que la planta libera oxígeno que no sirve a nosotros para respirar. Bueno, todos estos procesos ocurren en este proyecto de robótica que armamos llamado invernadero. Este permite que en cualquier lugar del universo como en una estación espacial la planta sobreviva. Este invernadero tiene luces que simulan el ciclo día - noche, un ventilador para que entren y salgan los gases, tierra fértil y un sistema de riego. Todo esto lo maneja una plaquita llamada arduino que permite la automatización de todas las partes. Es decir, funciona solo sin necesidad de tocar algo. Es un proyecto muy importante ya que en el futuro podría permitir el cultivo en el espacio y otros planetas revolucionando la ciencia. Con mayor tecnología, se construiría en un tamaño grande,para que todos tengan comida, siempre y cuando se disponga de agua."

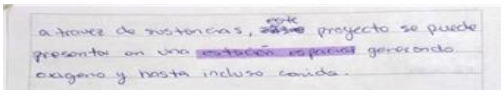
- Equipo 6

  Estudiante 20


Tierra de proyecto

a Nosotros creamos un invernadero automatizado, es decir, una forma que que las plantas crezcan sin necesidad de que este plantado en el piso, recreando energías de luz solar natural y oxigeno de lluvia. Comenzamos creando la base con madera y clavos, seria la que sostiene todo la parte de tecnologia y la misma vegetación elegida, para que pueda lograr una fotosintesis completa, conectamos un ventilador, un sensor de humedad, unas luces y unas mangueras con un motor en contacto con el agua, permitiendo un riego constante gracias de los pasos de robótica que tambien contenia una placa de arduino que nos ayudó a que funcionara todo el mecanismo. Esto produce una automatización de todo el proceso que necesita una planta para crecer.

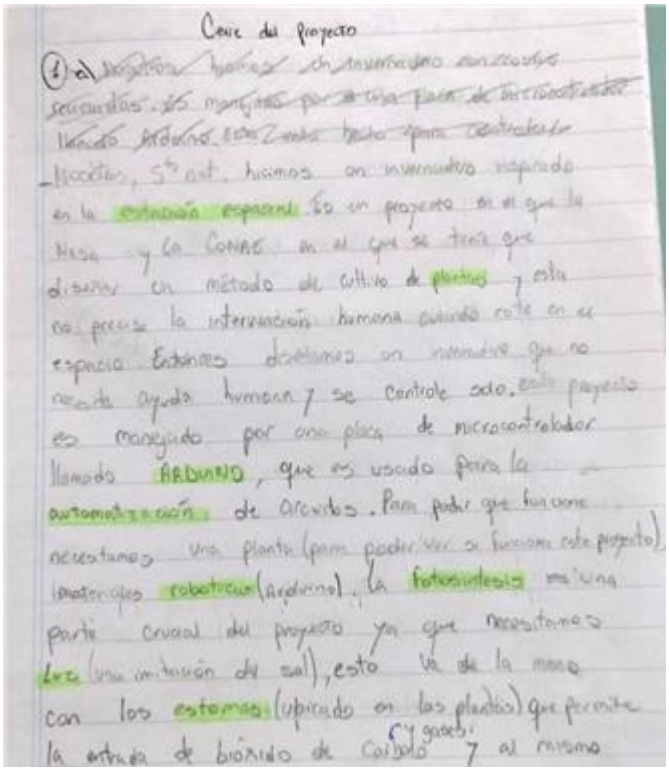
Gracias a la ciencia de hoy en dia, como por ej: agua, luz, y aire entre otros gases que respiran

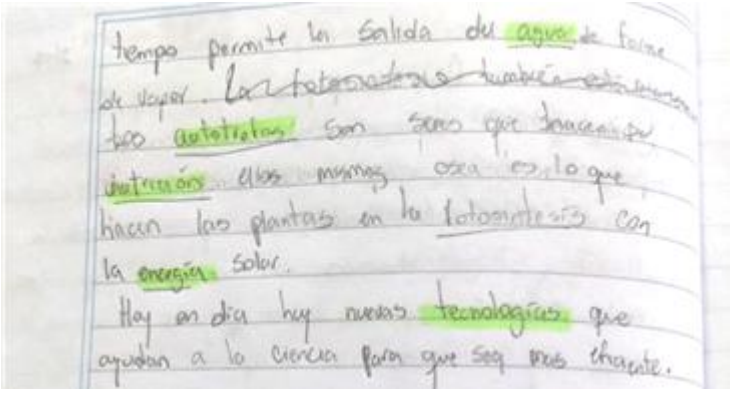

a través de sustancias, ~~este~~ este proyecto se puede presentar en una estación espacial generando oxigeno y hasta incluso comida.

Transcripción: “Nosotros queremos un invernadero automatizado es decir una forma de que las plantas crezcan sin la necesidad de que esté plantada en el piso, necesitando energía del uso luz natural y agua de lluvia.

Comenzamos creando la base con madera y clavo, sería lo que se obtiene toda la parte tecnología y la misma vegetación elegida. Para que pueda lograr una fotosíntesis completa, conectamos un ventilador, un sensor de humedad, unas luces y una manguera con un motor en contacto con el agua permitiendo un riego constante sacado de las cajas de robótica, que también contenía una placa de arduino que nos ayuda a que funcionara todo el mecanismo. Esto produce una automatización de todo el proceso que necesita una planta para crecer. Gracias a la ciencia de hoy en día, como por ejemplo agua, luz, y aire entre otros gases que respiran a través de sustancias, este proyecto se puede presentar una estación espacial generando oxígeno y hasta incluso comida. ”

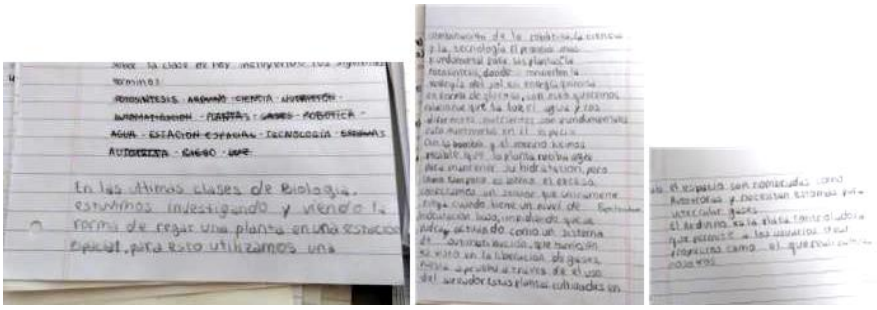
Estudiante 21





Transcripción: “Nosotros, 5to Nat, hicimos un invernadero inspirado en la estación espacial. Es un proyecto en el que la NASA y la CONAE en el que se tenía que diseñar un método de cultivo de plantas y esta no precisa la intervención humana cuando esté en el espacio. Entonces diseñamos un invernadero que no necesita ayuda humana y se controla solo. Este proyecto es manejado por una placa de microcontrolador llamado arduino, que es usado para la automatización de circuitos. Para pedir que funcione necesitamos una planta (para poder ver si funciona este proyecto) materiales robóticos (arduino) la fotosíntesis que es una parte crucial de proyecto ya que necesitamos luz (una imitación del sol), esto va de la mano con los estomas (ubicado en las plantas) que permiten la entrada de dióxido de carbono y gases al mismo tiempo permite la salida de agua de forma de vapor. Los autótrofos son seres que hacen su nutrición ellos mismos o sea que hacen las plantas en la fotosíntesis con la energía solar. Hoy en día y nuevas tecnologías que ayudan a la ciencia para que esto sea más eficiente”

Estudiante 22



Transcripción: “En las últimas clases de biología estuvimos investigando y viendo la forma de arreglar una planta en una estación espacial, para esto utilizamos una combinación de la robótica, la ciencia y la tecnología. El proceso más fundamental para las plantas es la fotosíntesis, donde convierte la energía del Sol en la energía química en forma de glucosa. Con esto queremos relacionar que la luz, el agua y los diferentes nutrientes son fundamentales para mantenerlas en el espacio. Con la bomba y el arduino hicimos posible que la planta reciba agua para mantener su hidratación, pero como tampoco es bueno el exceso colocamos un sensor que únicamente arriba cuando tiene un nivel de hidratación bajo, impidiendo que se pudra y actuando como un sistema de automatización que también es visto en la liberación de gases, puesta a prueba a través del uso del aireador. Estas plantas cultivadas en el espacio son nombradas como autótrofas y necesitan estomas para intercambiar gases. El arduino es la placa controladora que permite a los usuarios crear proyectos como el que realizamos nosotros. ”