



MODELOS EXPLICATIVOS INICIALES DE ESTUDIANTES SORDOS SOBRE LOS TROPISMOS EN PLANTAS

INITIAL EXPLANATORY MODELS OF DEAF STUDENTS ON PLANT TROPISMS

Jesús Gabriel Cardozo Jiménez^{1*}

E-mail: jgcardozo@correo.unicordoba.edu.co

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-7543-0394>

Karen Patricia Agudelo Arteaga¹

E-mail: karenagudelo@correo.unicordoba.edu.co

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0792-1155>

Elvira Patricia Florez Nisperuza¹

E-mail: epatriciaflorez@correo.unicordoba.edu.co

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4621-8382>

¹Universidad de Córdoba, Córdoba, Colombia

*Autor para correspondencia

Cita Sugerida (APA 7ma Edición)

Cardozo Jiménez, J. G., Agudelo Arteaga, K. P. & Florez Nisperuza, E. P. (2025). Modelos explicativos iniciales de estudiantes sordos sobre los tropismos en plantas. *Revista Conrado*, 21(106). e4833.

RESUMEN

El estudio presenta los resultados preliminares de un trabajo de investigación en Didáctica de las Ciencias Naturales de la Universidad de Córdoba, Colombia. La problemática identificada se relaciona con las dificultades que enfrentan los estudiantes sordos para comprender las respuestas adaptativas y de respuesta a estímulos que exhiben las plantas, con un enfoque particular en los fenómenos de tropismo. El propósito del estudio consistió en caracterizar los modelos explicativos iniciales, destacando la importancia de identificar posibles barreras de aprendizaje, vacíos de conocimiento o interpretaciones alternativas que los estudiantes sordos emplean al momento de explicar las respuestas a estímulos en plantas. Para ello, se utilizó un enfoque de tipo cualitativo con diseño de estudio de caso. Aunque se evidencian avances, teniendo en cuenta que los estudiantes manifiestan una variedad de explicaciones, muchas de ellas basadas en la observación, la experiencia y la analogía, persisten desafíos en la transición conceptual con modelos animistas y explicaciones no científicas, siendo necesario fortalecer la explicación de los mecanismos fisiológicos y la apropiación del lenguaje científico, especialmente en contextos de diversidad sensorial y lingüística. Los resultados permiten identificar particularidades del aprendizaje en esta población, también destaca la importancia de la modelización para visibilizar los modelos explicativos iniciales de estudiantes sordos, al identificar su estado inicial y, a partir de ellos, planificar intervenciones pedagógicas que favorezcan una progresión conceptual que les

permitan desarrollar una mayor comprensión, mejorando significativamente las prácticas educativas y promoviendo la inclusión en la enseñanza de las Ciencias Naturales.

Palabras clave:

Modelización, Inclusión, Estudiantes Sordos, Tropismos

ABSTRACT

The study presents the preliminary results of a research in Didactics of Natural Sciences, University of Córdoba, Colombia. The identified problem is related to the difficulties that deaf students face in understanding the adaptive responses and stimulus responses exhibited by plants, with a particular focus on tropism phenomena. The purpose of the study was to characterize the initial explanatory models, highlighting the importance of identifying possible learning barriers, knowledge gaps, or alternative interpretations that deaf students employ when explaining plant responses to stimuli. To this end, a qualitative approach with a case study design was used. Although progress is evident, considering that students exhibit a variety of explanations, many of them based on observation, experience, and analogy, challenges persist in the conceptual transition with animistic models and non-scientific explanations. It is necessary to strengthen the explanation of physiological mechanisms and the appropriation of scientific language, especially in contexts of sensory and linguistic diversity. The results allow for the identification of particularities in the learning of this population, also highlighting the importance of modeling to make the initial



explanatory models of deaf students visible, by identifying their initial state and, based on that, planning pedagogical interventions that favor a conceptual progression enabling them to develop a greater understanding, significantly improving educational practices and promoting inclusion in the teaching of Natural Sciences.

Keywords:

Modeling, Inclusion, Deaf Students, Tropisms

INTRODUCCIÓN

La ciencia, como actividad cognitiva compleja, requiere comprender fenómenos y procesos a través de construcciones que los representen. En este marco, los modelos explicativos desempeñan un rol clave en la enseñanza de las Ciencias Naturales, al facilitar la comprensión de conceptos abstractos y promover el pensamiento científico. Según Adúriz-Bravo y Izquierdo-Aymerich (2009), los modelos se definen como representaciones análogas sustentadas en principios o leyes que buscan explicar el mundo natural. Gutiérrez (2014), destaca que los modelos explicativos son mediadores entre la teoría y la realidad, concebidos inicialmente como construcciones mentales del sujeto. Así, estudiar cómo los alumnos elaboran y utilizan estos modelos resulta esencial para favorecer procesos complejos de razonamiento y enriquecer su aprendizaje científico (Schwarz et al, 2009).

La modelización se posiciona cada vez más como una estrategia didáctica fundamental en la enseñanza y aprendizaje en diferentes contextos de las ciencias, atrayendo un interés creciente por su potencial para mejorar la comprensión. En este sentido la modelización se ha empleado con diferentes significados, entre ellas, podemos encontrar al menos cinco enfoques según Oliva, (2019): la modelización como progresión de modelos, como una práctica científica, como una competencia, como una dimensión instrumental y como estrategia de enseñanza. Esta diversidad de perspectivas probablemente ha contribuido a su creciente interés.

Estas estrategias permiten a los alumnos construir explicaciones de los fenómenos desde su propia perspectiva, en lugar de asimilar una gran cantidad de contenidos conceptuales descontextualizados y aislados (Adúriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich, 2009). Según Chamizo y García (2010), clasifican los modelos según la analogía en mentales, materiales o matemáticos, según el contexto en didácticos o científicos y según la porción del mundo que modelan en objeto, fenómeno o sistema. Para estos autores la modelización es vista como un camino para hacer los conceptos científicos más accesibles y significativos para los estudiantes. Es una forma de representar,

simplificar y explicar la realidad compleja de la naturaleza, al sugerir que no se trata solo de presentar modelos ya hechos, sino de involucrar a los estudiantes en el proceso de construcción, uso, evaluación y revisión de esos modelos. Es decir, la modelización es vista como una actividad que los estudiantes realizan.

La educación inclusiva presenta desafíos significativos en la enseñanza de las Ciencias Naturales, particularmente al abordar temas complejos como las funciones de relación en plantas. Estas funciones, que implican las respuestas de las plantas a estímulos como la luz y la gravedad, son cruciales para comprender procesos biológicos fundamentales. Sin embargo, los estudiantes sordos a menudo enfrentan barreras comunicativas y pedagógicas que restringen su acceso a este conocimiento (Berján y Amórtégui, 2021). Para la enseñanza efectiva de las ciencias a estudiantes sordos, es crucial implementar métodos que mejoren la comunicación y la accesibilidad. Según Molander et al. (2001) y Vázquez (2019), el uso del lenguaje de señas y recursos visuales es vital para asegurar que estos estudiantes accedan a la información de manera equitativa y participen activamente en el aprendizaje. Estos enfoques son fundamentales para superar las limitaciones que enfrentan los estudiantes sordos en entornos educativos convencionales, que tradicionalmente se han centrado en modos de comunicación auditivos. Además, la inclusión de estrategias didácticas inclusivas es crucial, como lo subrayan Umpiérrez-Oroño et al, (2023). Estos autores destacan la importancia de prácticas educativas que fomenten un entorno de aprendizaje equitativo y accesible. La implementación de enseñanza diferenciada y actividades grupales inclusivas no solo beneficia a los estudiantes con necesidades especiales, sino que enriquece la experiencia educativa de todos los estudiantes, promoviendo un ambiente colaborativo y empático en el aula.

En Colombia, las investigaciones en didáctica de las ciencias, con estudiantes sordos, aún son limitadas (Pérez Losada et al 2020), lo que evidencia una necesidad urgente de generar más estudios en este campo. Además, se requiere promover la participación activa de la comunidad sorda en la construcción de una cultura y habilidades científicas que les permitan comprender mejor el mundo que les rodea (Holcomb, 2010). Para avanzar hacia un entorno educativo verdaderamente inclusivo, es fundamental identificar las dificultades específicas que enfrentan los estudiantes sordos en el aula, con el fin de diseñar, ajustar y fortalecer las prácticas pedagógicas (Berján y Amórtégui, 2021).

Es imperativo garantizar el acceso a una educación de calidad para todos los estudiantes, fomentando la inclusión

educativa y ofreciendo oportunidades que respondan a sus diversas necesidades de aprendizaje (San Martín et al., 2020). Este enfoque no solo promueve la adquisición de conocimientos y el desarrollo de habilidades, sino que también contribuye al cultivo de actitudes positivas y a un mayor interés por el aprendizaje.

En el caso de los procesos de enseñanza-aprendizaje con estudiantes sordos, diversas estrategias han demostrado ser efectivas, Vázquez (2019) y Pérez Losada et al (2020). Entre ellas se destacan el uso de aplicaciones – videojuegos y la integración de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) para favorecer la comprensión de las Ciencias Naturales (Abella, 2019), el desarrollo de secuencias didácticas (Greca y Jerez-Herrero, 2017), la participación activa en laboratorios (Gormally, 2017) y los estudios de caso que documentan las experiencias de estudiantes sordos (Vázquez, 2019).

La enseñanza como el aprendizaje constituyen procesos diversos, interrelacionados y en constante evolución. Lejos de reducirse a una simple transmisión de conocimientos, estas dinámicas implican la construcción colectiva de significados, donde cada actor aporta desde su propia experiencia, lenguaje y comprensión del mundo Norambuena-Paredes (2025). Por ello, los estudiantes sordos, se constituyen en gran medida a partir de las experiencias y discursos que han interiorizado a lo largo de su vida, los cuales influyen en su forma de percibir y actuar en el mundo.

Sin embargo, en la institución donde se llevó a cabo esta investigación se identificaron importantes limitaciones, como la falta de formación específica por parte de los docentes y la insuficiencia de recursos didácticos adaptados a las necesidades de los estudiantes sordos. Estas condiciones evidencian la urgencia de diseñar propuestas pedagógicas inclusivas que reconozcan las particularidades de esta comunidad estudiantil y contribuyan al fortalecimiento de sus procesos de aprendizaje en el área de las ciencias naturales.

El estudio de las funciones de relación en las plantas es de gran relevancia en la enseñanza de las ciencias, ya que permite a los estudiantes sordos comprender cómo los seres vivos interactúan con su entorno y responden a diversos estímulos. Aunque las plantas carecen de sistemas nervioso y locomotor como los animales, desarrollan movimientos y adaptaciones esenciales para su supervivencia, tales como la orientación hacia la luz o el crecimiento de las raíces en busca de agua y nutrientes (Cassab y Sánchez, 2006). Comprender estos procesos contribuye al fortalecimiento de la alfabetización científica

y promueve en los estudiantes una visión más integral de la vida y de los mecanismos de adaptación de los seres vivos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo mediante un enfoque cualitativo con diseño de estudio de caso (Hernández et al., 2014). La población participante estuvo conformada por cuatro estudiantes sordos de grado octavo de la Institución Educativa Santa Rosa de Lima, escuela caracterizada por su enfoque inclusivo en la ciudad de Montería – Colombia. Se emplearon técnicas de observación, entrevista semiestructurada y análisis de producciones escritas y visuales realizadas a los 4 estudiantes. Durante el desarrollo de la entrevista se solicitó la utilización de diferentes formatos de representación de las explicaciones dadas por los estudiantes a las preguntas realizadas. Para ello, cada uno de los estudiantes se comunicaba en lengua de señas colombiana (LSC) y mediante dibujos. El objetivo de la actividad era conocer los modelos iniciales que habían construido los alumnos sobre los tropismos. El análisis se centra en los modelos explicativos iniciales, observando cómo los estudiantes interpretan y explican fenómenos biológicos fundamentales, como el fototropismo, gravitropismo e hidrotropismo. De la misma forma, se analizaron subcategorías que surgieron de la categoría central del objeto de estudio y que permitieron identificar los elementos conceptuales, pedagógicos y comunicativos presentes en los modelos elaborados. En ese sentido el análisis de los datos que se utilizó para la comprensión de los datos fue descriptivo.

RESULTADOS-DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos a partir del análisis de contenido de las respuestas dadas por los cuatro estudiantes sordos, en relación con el crecimiento de las plantas revelan diversas construcciones cognitivas que articulan saberes previos, observaciones empíricas y explicaciones intuitivas. Las respuestas fueron organizadas en torno a cinco subcategorías analíticas que representan modelos explicativos sobre el comportamiento vegetal: fototropismo, hidrotropismo, gravitropismo, interacción con el entorno y fototropismo dirigido. Este análisis permitió identificar tanto patrones comunes como divergencias en los significados atribuidos a los fenómenos naturales, reconociendo las particularidades comunicativas y semióticas propias de los estudiantes sordos, cuyas representaciones pueden estar mediadas por el lenguaje visual y la experiencia corporal del entorno (tabla 1).

Tabla 1: Resumen de la categorización de las voces de estudiantes sobre los modelos explicativos de los tropismos según Chamizo y García (2010).

Categoría	Subcategoría	Estudiante 1 (E1)	Estudiante 2 (E2)	Estudiante 3 (E3)	Estudiante 4 (E4)
Modelo Explicativo	Fototrópico intuitivo	"Cuando no hay sol, veo que las plantas no nacen... cuando sale el sol veo que la planta va creciendo poco a poco con ayuda del sol y el agua."	"Ella para crecer necesita agua y si no hay luz ella no va a crecer."	"Porque ella necesita del sol para crecer."	"Sí, porque es el ciclo de la planta, por ejemplo, la planta va buscando el sol que es el que va dando la energía."
	Hídrico basado en disponibilidad	"Puede afectar su crecimiento si el agua está en malas condiciones... Hay que regar el agua para que ellas puedan crecer."	"Absorbe por las raíces el agua y con ayuda del sol va creciendo."	"El agua las mantiene vivas junto con el sol."	"Por ejemplo, si el agua está sucia no le va a funcionar a la planta, es mejor entonces que sea agua potable."
	Gravitropismo pasivo	"Si la inclinan o la golpean... la raíz también va a crecer inclinadamente."	"Las raíces crecen hacia a un lado... si ella se va hacia un lado es porque está muy débil."	"Son fuertes, duras y se van esparciendo a los lados."	"Que la raíz al caer la planta, se va hacia un lado la raíz."
	Crecimiento influenciado por el entorno	"Porque de pronto necesita calor, necesita el sol... por eso crece torcida."	"Porque necesita del agua y del sol (interprete: lo dice cuando está seca la planta)."	"Pueden crecer de la forma que ellos quieren."	"Porque puede que la planta se caiga hacia un lado... Crece como extraño por eso."
	Fototropismo dirigido	"Primero la planta está buscando luz... es como cuando necesita traerse del sol."	"De pronto es que la obstruye una piedra... necesita sentir el sol."	"Va buscando la ventana o algo para sostenerse buscando el sol."	"Porque no hay sol... entonces como la ventana entran los rayos del sol, la planta va creciendo hacia la ventana."

Fuente: Elaboración propia

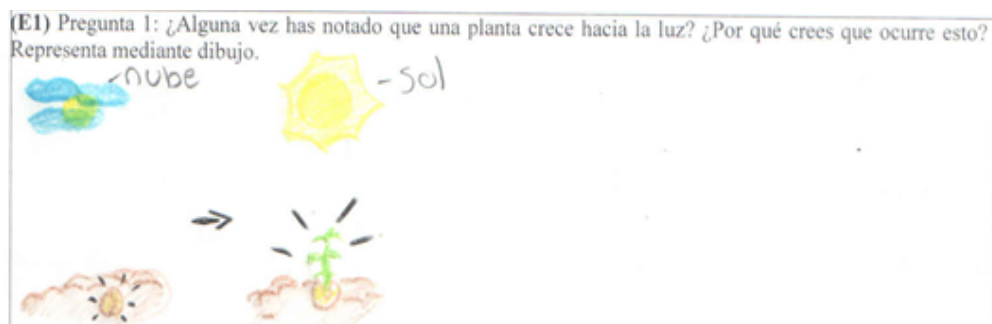
El análisis cualitativo de las respuestas expresadas por los estudiantes sordos frente a distintas situaciones relacionadas con el crecimiento vegetal permite identificar modelos explicativos diversos. Estos modelos emergen de la interacción entre su experiencia perceptual, su observación del entorno, y las formas particulares en que construyen significados desde una perspectiva visual y corporal del mundo natural. A continuación, se describen e interpretan las categorías analizadas en la tabla.

1. Comprensión intuitiva del fototropismo (crecimiento hacia la luz)

Los estudiantes relacionan directamente la presencia del sol con el crecimiento de las plantas, construyendo explicaciones de tipo funcional, pero no necesariamente científicas. Frases como "cuando no hay sol, veo que las plantas no nacen" (E1) y "porque ella necesita del sol para crecer" (E3) revelan una comprensión básica donde la luz solar es vista como condición necesaria, pero sin un desarrollo del concepto fisiológico de fotosíntesis. Sin embargo, algunos estudiantes como E4 expresan que "la planta va buscando el sol que es el que va dando la energía", mostrando una noción emergente de movimiento orientado, más cercana al fototropismo positivo. Obsérvese como ejemplo, en la (figura 1), la representación dada por el estudiante 1 (E1)



Fig. 1: Representación gráfica del estudiante 1 (E1).



Fuente: Archivo del proyecto de investigación

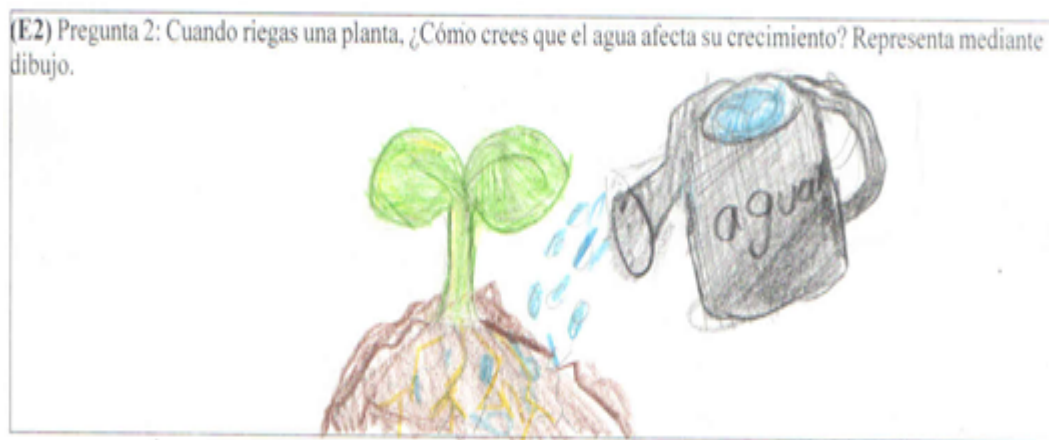
Estas construcciones, aunque aún influenciadas por ideas animistas o antropomorfizadas, se convierten en puntos de partida válidos para transitar hacia modelos científicos, especialmente cuando se implementan estrategias didácticas visuales y manipulativas que hagan visible la acción de la luz como estímulo. Como señalan Vázquez (2019) y Molander et al. (2001), el uso de recursos visuales y la lengua de señas facilita en los estudiantes sordos la construcción progresiva de explicaciones complejas a partir de elementos perceptibles del entorno.

2. Reconocimiento del agua como recurso vital (influencia hídrica)

En este modelo se evidencian ideas más elaboradas. Los estudiantes no solo reconocen la importancia del agua para el crecimiento vegetal, sino que introducen matices sobre su calidad y procedencia. E1 afirma que “puede afectar su crecimiento si el agua está en malas condiciones”, mientras que E4 aclara que “es mejor entonces que sea agua potable”. Estas afirmaciones revelan un pensamiento reflexivo que integra preocupaciones ambientales y observaciones empíricas.

Adicionalmente, se nota una concepción funcional de las raíces como órgano de absorción (“absorbe por las raíces el agua”, E2), como se muestra en la figura 2; y una asociación entre el agua, el sol y la vitalidad de la planta (“el agua las mantiene vivas junto con el sol”, E3). Según Umpiérrez-Oroño et al. (2023), este tipo de ideas puede consolidarse mediante experiencias prácticas —como la observación directa del crecimiento en plantas—, reforzando el pensamiento causal a través de estrategias inclusivas como experimentos, recursos visuales y explicaciones apoyadas en lengua de señas.

Fig. 2: Representación gráfica del estudiante 2 (E2).



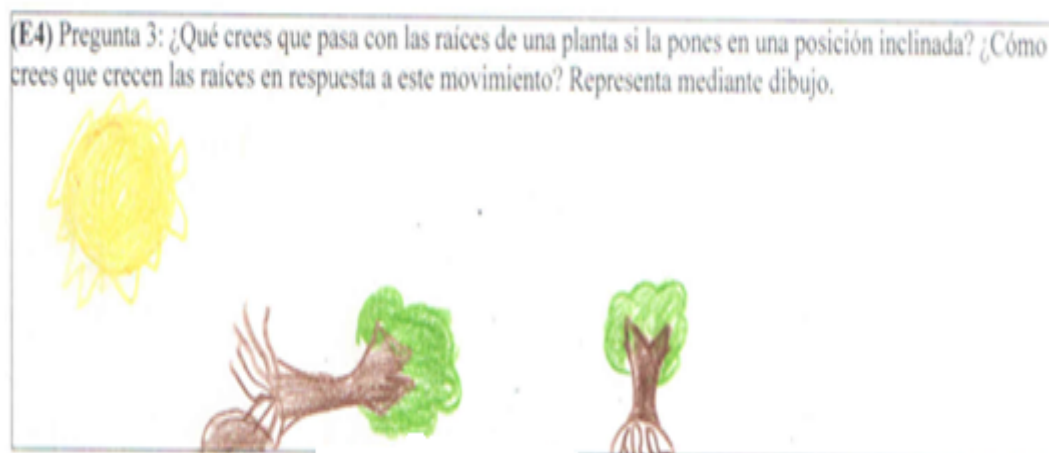
Fuente: Archivo del proyecto de investigación

3. Percepciones sobre la influencia de la gravedad (gravitropismo pasivo)

Las respuestas relacionadas con la dirección del crecimiento en función de la inclinación reflejan una comprensión espacial empírica. Los estudiantes no mencionan directamente la gravedad, pero describen efectos observables como que “la raíz también va a crecer inclinadamente” (E1) o que “se va hacia un lado la raíz” cuando la planta cae (E4), según se observa en la figura 3. Estos enunciados sugieren un modelo pasivo, donde el crecimiento se adapta a la posición física, sin que aún se comprenda el mecanismo que ejerce la gravedad sobre el crecimiento de los órganos de las plantas.

Aunque estas concepciones no alcanzan el nivel científico del gravitropismo, constituyen una base sobre la cual se pueden construir modelos más precisos. Chamizo y García (2010) proponen que el uso de modelos materiales (como maquetas o esquemas en relieve) permite representar fenómenos como este en entornos inclusivos, favoreciendo la comprensión desde una perspectiva visual y táctil.

Fig. 3. Representación gráfica del estudiante (E4).



Fuente: Archivo del proyecto de investigación.

4. Interpretaciones contextuales del entorno (plantas torcidas o inclinadas)

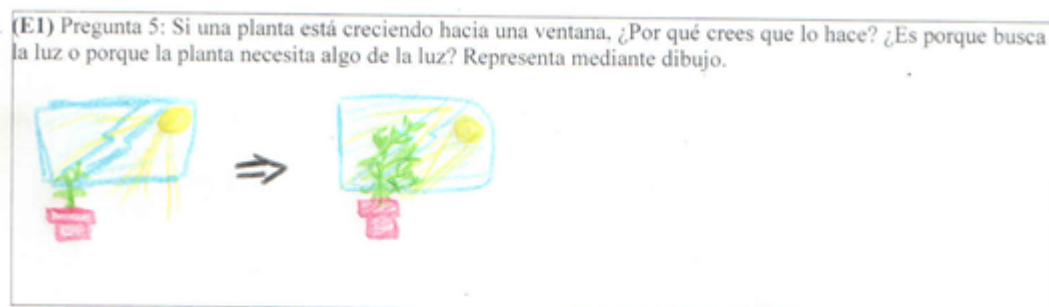
En este eje, los estudiantes atribuyen el crecimiento torcido o inclinado de las plantas a factores externos como la búsqueda de sol o agua, o incluso a estados físicos de la planta. E1 sugiere que “necesita calor, necesita el sol... por eso crece torcida”, mientras que E3 plantea que “pueden crecer de la forma que ellos quieren”, lo cual refleja una interpretación más espontánea, no determinada por leyes físicas, sino por una concepción libre o animista.

Estas respuestas ilustran cómo los estudiantes construyen significados desde la observación contextual, pero también desde metáforas de intención o necesidad. Estas ideas, si bien no científicas, ofrecen una oportunidad didáctica para intervenir con estrategias que reconecten las observaciones empíricas con explicaciones causales, mediadas por la modelización y el diálogo visual. Como lo plantea Callejas (2008), la comunicación entre pares y el uso del cuerpo y el espacio son fundamentales para la comprensión de fenómenos en estudiantes sordos.

5. Comprensión dirigida del fototropismo (búsqueda de la luz en contextos específicos)

Este modelo recoge las concepciones más elaboradas. Los estudiantes expresan que las plantas orientan su crecimiento hacia las fuentes de luz, particularmente en condiciones como la presencia de una ventana. E1 indica que “la planta está buscando luz”, y E4 explica que “como por la ventana entran los rayos del sol, la planta va creciendo hacia la ventana”. Estas respuestas denotan una comprensión cercana al modelo científico del fototropismo dirigido, donde la dirección de la luz regula la orientación del crecimiento (figura 4).

Fig. 4: Representación gráfica del estudiante (E1).



Fuente: Archivo del proyecto de investigación

Aquí se evidencia cómo la experiencia visual y espacial favorece una representación más precisa del fenómeno, tal como proponen Marzo et al. (2022), quienes destacan que la lengua de señas y las imágenes dinámicas permiten traducir el movimiento vegetal a un lenguaje comprensible para los estudiantes sordos. Este tipo de respuestas confirma la potencialidad de enfoques didácticos visuales y manipulativos para avanzar hacia un pensamiento más causal y menos anecdótico.

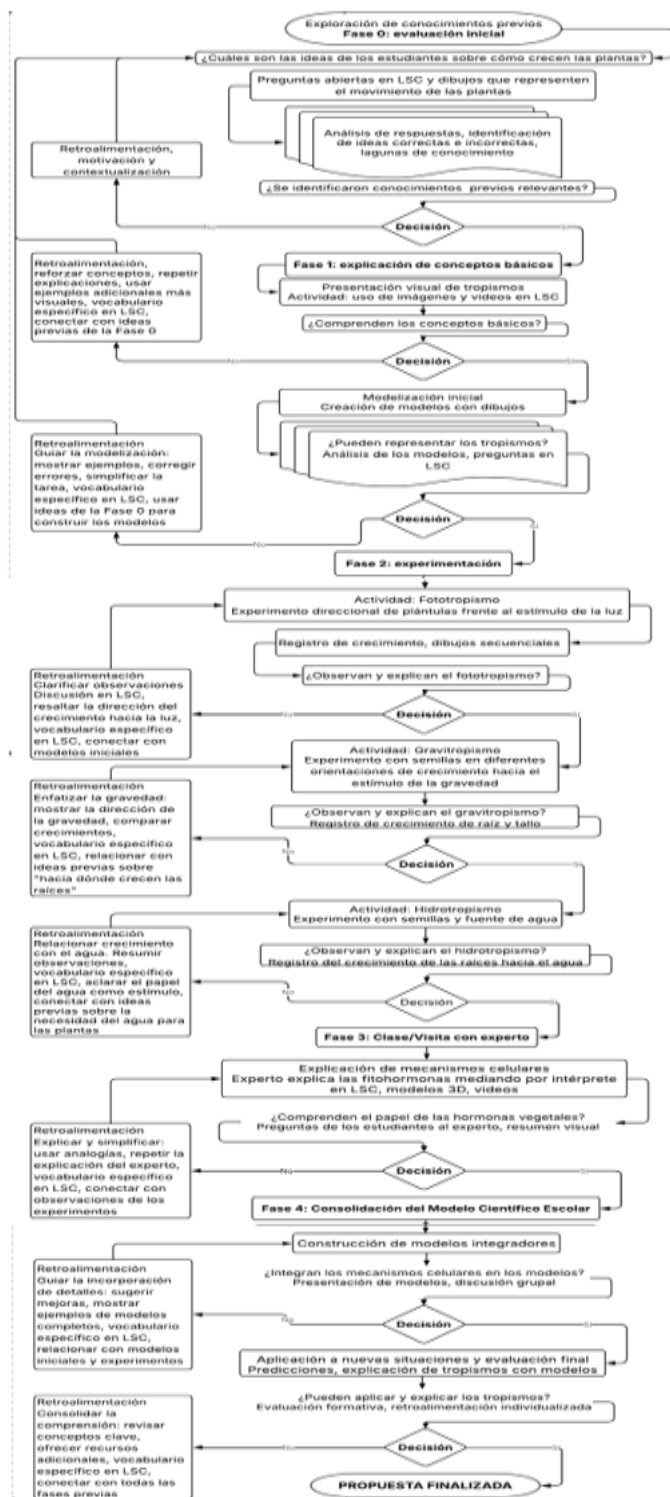
El análisis de las producciones de los estudiantes sordos permitió identificar tanto avances como dificultades en la construcción de modelos explicativos sobre el tropismo en las plantas. Según lo encontrado por Hamza y Wickman (2009), los estudiantes sordos se enfrentan a dificultades al comprender la práctica discursiva de las ciencias, ya que el estudiante; en primer lugar, debe aceptar palabras nuevas al igual que nuevos significados y, en segundo lugar, aprender a juzgar qué es relevante en una determinada situación. Este contexto, pudiera suponer que algunos estudiantes se encuentran en desventaja al participar en diálogos y discursos científicos. Molander et al (2001), descubrieron que, cuando se les pedía a estudiantes sordos que razonaran sobre fenómenos científicos, utilizaban muy poco los términos científicos. Esto sugiere que las palabras tenían poco significado para los estudiantes y no las emplean como herramientas para su razonamiento.

Respecto a cómo interactúan los niños en las discusiones, Lee y Fradd (1996) muestran que los antecedentes culturales y lingüísticos no solo afectan su comprensión del contenido científico, sino también los procesos discursivos. En esta misma línea, varios se ha encontrado que, en comparación con los niños oyentes, los niños sordos tienen un vocabulario más escaso y son incapaces de desarrollar una comprensión completa de las nuevas palabras que se les presentan (Durán-Bouza et al, 2025). Una comprensión superficial de las palabras también afecta la posibilidad de participar en un discurso nuevo y desconocido, como el científico, y puede resultar en el aprendizaje de la ciencia como hechos aislados (Quílez-Pardo et al, 2006).

Molander et al (2007) sugieren que las dificultades de los estudiantes sordos para usar el razonamiento científico pueden deberse, en parte, a que las señas median significados distintos a los de las palabras correspondientes en la lengua en que fueron escritos. Teniendo en cuenta que la lengua de señas es una lengua propia y no debe considerarse una forma alternativa de expresarse, teniendo en cuenta que posee su propio vocabulario y sintaxis. Esto pudiera complicar la situación de los estudiantes sordos y aquellos con dificultades auditivas (hipoacúsicos). Al traer sus experiencias a la escuela, expresadas principalmente en su lengua materna, y tener que enfrentarse a conceptos científicos tanto en su segunda lengua como en su lengua materna, lo que también se convierte en una barrera lingüística para los estudiantes. De allí, que en el análisis de las respuestas de todos los estudiantes recurran a explicaciones vivenciales o analógicas para referirse al proceso de tropismos en plantas.

La información obtenida del estudio ha permitido avances en el desarrollo de una propuesta didáctica para la enseñanza y aprendizaje de las respuestas de estímulos en plantas en estudiantes sordos. Esta propuesta incluye el uso de la lengua de señas, recursos visuales y experiencias prácticas relacionadas con las particularidades del aprendizaje de esta población que consideramos apropiadas (figura 5).

Fig. 5: Propuesta de ciclo de modelización para la enseñanza y aprendizaje de los tropismos vegetales en estudiantes sordos



Fuente: Elaboración propia

Esta propuesta inicia con la activación de conocimientos previos, es crucial para la construcción de modelos explicativos iniciales. Este proceso puede tener lugar de forma espontánea, como parte integrante del razonamiento del alumno o bien promovido por el profesor mediante preguntas que lo lleven a percibir qué analogías pueden traspasar el proceso de representación de sus ideas (Justi, 2006).

Para los estudiantes sordos, esta fase permite al docente establecer un punto de partida accesible, quizás a través de experiencias cotidianas o representaciones visuales que compensen las barreras comunicativas. Una segunda fase, que contempla la intervención con experiencias de laboratorio para identificar tropismos, siendo fundamental para refinar y expandir esos modelos explicativos iniciales. La observación directa y la manipulación experimental de fenómenos, les permite a los estudiantes sordos, conectar sus ideas previas con los resultados observados, identificando patrones y relaciones causales. La naturaleza visual y práctica de los experimentos es particularmente ventajosa para esta población, facilitando la comprensión de conceptos abstractos a través de la interacción.

La visita con un experto representa un punto clave para la validación y enriquecimiento de los modelos explicativos iniciales. Al interactuar con un especialista, los estudiantes sordos tienen la oportunidad de contrastar sus comprensiones con una perspectiva más profunda sobre los mecanismos subyacentes a los tropismos.

Finalmente, la elaboración de un modelo que integre los conocimientos adquiridos en los pasos anteriores es la culminación de este proceso de construcción de modelos explicativos iniciales. Este paso es el momento en que los estudiantes sintetizan toda la información recopilada –desde sus ideas iniciales y las observaciones de laboratorio hasta las explicaciones del experto– en una representación coherente y comprensible de los tropismos vegetales. En este punto, los modelos explicativos iniciales se transforman en modelos más robustos, capaces de predecir y explicar los fenómenos observados, sentando las bases para futuros aprendizajes y una comprensión más profunda de los procesos biológicos.

CONCLUSIONES

El estudio demuestra que los modelos construidos por los estudiantes sordos reflejan una preferencia por representaciones visuales asociadas a sus propias experiencias.

Las estrategias pedagógicas inclusivas, que incorporan recursos visuales y el uso de la Lengua de Señas

Colombiana, son fundamentales para superar las barreras comunicativas y promover aprendizajes significativos.

Es necesario fortalecer la formación docente en metodologías inclusivas y desarrollar materiales educativos adaptados para mejorar la enseñanza de las Ciencias Naturales en poblaciones diversas, como el empleo de secuencias didácticas propias para esta población.

Los docentes deben mediar activamente para guiar la transición desde el antropomorfismo y la analogía, hacia el lenguaje y razonamiento científico, así como en los estudiantes sordos, expresar su comprensión a través de dibujos, recursos visuales, manipulables y explicaciones señantes adaptadas con el nuevo vocabulario.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abella, S. (2019). Inclusión Digital y Enseñanza de las Ciencias. En: *Inclusión Digital y Enseñanza de las Ciencias Aprendizaje de competencias del futuro para promover el desarrollo del Pensamiento Científico* (pp. 169–194). <http://repositorio.unan.edu.ni/2986/1/5624.pdf>
- Adúriz-Bravo, A. y Izquierdo-Aymerich, M. (2009). Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 4(1), 40-49. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=273320452005>.
- Berján, P. A. y Amórtegui Cedeño, E. F. (2021). ¿Qué caracteriza la enseñanza de las ciencias naturales con población sorda? revisión documental. *Revista Electrónica EDUCyT*, 11(Extra), 1231–1241. <https://die.udistrital.edu.co/revistas/index.php/educyt/article/view/126>.
- Callejas, R.E. (2008). Desarrollo de habilidades de pensamiento científico en estudiantes sordos de grado séptimo de aula integrada. [Tesis de pregrado, Universidad Pedagógica Nacional]. Colombia. <http://repositorio.pedagogica.edu.co/handle/20.500.12209/2102>.
- Cassab, G.I. y Sánchez, Y. (2006). Diferenciación y crecimiento diferencial: la capacidad motriz de las plantas. En Squeo, F.A. y Cardemil, L. (Eds.), *Fisiología vegetal*, 1-26. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile. <http://www.biouls.cl/librofv/web/pdf/word/Capitulo%2017.pdf>
- Chamizo, J.A. y García Franco A. (2010). *Modelos y modelaje en la enseñanza de las Ciencias Naturales*. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Química. Primera Edición. México. <https://hdl.handle.net/20.500.12799/4900>.
- Durán-Bouza, M., Pernas, L., y Brenlla-Blanco, J-C. (2025). Evaluación de la competencia lingüística en niños con pérdida auditiva: un análisis basado en la modalidad de comunicación empleada. *Anales de Psicología*, 41(1), 41-54. <https://dx.doi.org/10.6018/analesps.614641>
- Gormally, C. (2017). Deaf, Hard-of-Hearing, and Hearing Signing Undergraduates' Attitudes toward Science in Inquiry-Based Biology Laboratory Classes. *CBE Life Sciences Education*, 16(1), 1-13. <https://doi.org/10.1187/cbe.16-06-0194>
- Greca, I. M. y Jerez-Herrero, E. (2017). Propuesta para la enseñanza de Ciencias Naturales en Educación Primaria en un aula inclusiva. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(2), 385-397. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92050579007>
- Gutiérrez, R. (2014). Lo que los profesores de ciencias conocen y necesitan conocer acerca de los modelos: aproximaciones y alternativas. *Bio-grafía*, 7(13), 37-66. <https://doi.org/10.17227/20271034.vol.7num.13bio-grafia3766>
- Hamza, K. y Wickman, P. (2009). Beyond explanations: What else do students need to understand science?. *Science Education*, 93(6), 1026–1049. <https://doi.org/10.1002/sce.20343>.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta Edición). México. Mc Graw Hill. <https://api.periodico.jalisco.gob.mx/api/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia-de-la-investigacion-roberto-hernandez-samperi.pdf>.
- Holcomb, T. K. (2010). Deaf epistemology: the deaf way of knowing. *American Annals Of The Deaf*, 154(5), 471–478. <http://www.jstor.org/stable/26235007>.
- Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 24(2), 173-84. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/75824>.
- Lee, O. y Fradd, S. (1996). Interactional patterns of linguistically diverse students and teachers: Insights for promoting science learning. *Linguistics and Education*, 8(3), 269–297. [https://doi.org/10.1016/S0898-5898\(96\)90024-8](https://doi.org/10.1016/S0898-5898(96)90024-8).
- Marzo, A., Rodríguez, X. y Fresquet, M. M. (2022). La lengua de señas. Su importancia en la educación de sordos. *Varona*, 75. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=360673304006>.
- Molander, B., Halldén, O. y Lindahl, C. (2007). Ambiguity as a motor for communication – Differences between hearing and deaf students' ways of reasoning about energy. *International Journal of Educational Research*, 46(6), 327–340. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2007.04.001>

- Molander, B., Pedersen, S. y Norell, K. (2001). Deaf pupils reasoning about scientific phenomena. School science as a framework for understanding or school science as fragments of factual knowledge. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 6(3), 200–211. DOI: 10.1093/deafed/6.3.200
- Norambuena-Paredes, I (2025). Self-understanding and encountering the other: Reflections on education and otherness in contemporary society. *Desde El Sur*, 17(3), e0076 <https://revistas.cientifica.edu.pe/index.php/desdeelsur/article/view/2217>
- Oliva, J. M. (2019). Distintas acepciones para la idea de modelización en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 37(2), 5-24. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2648>.
- Pérez Losada, P. A., Amórtegui, E. F. y Mosquera, J. A. (2020). La inclusión de estudiantes sordos en la enseñanza de las ciencias naturales: una aproximación al estado del arte. *Revista Electrónica EDUCyT*, 11(Extra), 1365–1379. <https://die.udistrital.edu.co/revistas/index.php/educyt/article/view/138>.
- Quílez-Pardo, J. (2016). El lenguaje de la ciencia como obstáculo de aprendizaje de los conocimientos científicos e propuestas para superarlo. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 16(2), 449-476. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=571677220011>
- San Martín, C., Rogers, P., Troncoso, C. y Rojas, R. (2020). Camino a la Educación Inclusiva: Barreras y Facilitadores para las Culturas, Políticas y Prácticas desde la Voz Docente. *Revista latinoamericana de educación inclusiva*, 14(2), 191-211. <https://dx.doi.org/10.4067/s0718-73782020000200191>
- Schwarz, C., Reiser, B., Davis, E., Kenyon, L., Acher, A., Fortus, D., Shwartz, Y., Hug, B. y Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632–654. <https://doi.org/10.1002/tea.20311>
- Umpiérrez-Oroño, S., Píriz-Giménez, N., Olivero, M. J., Cabrera-Borges, C. y Donato, N. (2023). Competencias científicas y modelización: estudio de un caso en la formación de docentes. *Ciência & Educação (Bauru)*, 29, e23046. <https://doi.org/10.1590/1516-731320230046>.
- Vázquez, S. (2019). ¿De qué hablamos cuando “hablamos ciencias” en el aula inclusiva con alumnado sordo? *Revista de Estudios de Lenguas de Signos REVLES: Aspectos lingüísticos y de adquisición de las lenguas de signos*. Morales López, E. y Jarque Moyano, M. J. (eds.), 1, 269-288. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8091049>.