

[Cierre de edición el 30 de abril del 2025]

<https://doi.org/10.15359/ree.30-1.20949>
<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/educare>
educare@una.ac.cr

Relaciones causales y comprensión lectora en textos de ciencias en docentes en formación

Causal Relationships and Reading Comprehension in Science Texts Among Pre-service Teachers

Relações causais e compreensão de leitura em textos científicos entre professores em formação

Nidia Yaneth Torres-Merchán

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

 <https://ror.org/04vdmk59>

Tunja, Colombia

nidia.torres@uptc.edu.co

 <https://orcid.org/0000-0003-4813-6428>

Jordi Solbes-Matarredona

Universidad de Valencia

 <https://ror.org/043nxc105>

Valencia, España

jordi.solbes@uv.es

 <https://orcid.org/0000-0002-8220-209X>

Thiago Barnabe-Correa

Universidade Federal do Triângulo Mineiro

 <https://ror.org/01av3m334>

Uberaba, Brasil

correa.uftm@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-7123-1074>



Recibido • Received • Recebido: 27 / 01 / 2025

Corregido • Revised • Revisado: 01 / 04 / 2026

Aceptado • Accepted • Aprovado: 22 / 04 / 2026

Resumen

Objetivo. Este estudio analiza la influencia de diferentes niveles de formación académica en el estudiantado de la licenciatura en la carrera de Ciencias Naturales y Educación Ambiental, cuando leen textos de física y química que contienen relaciones causales. **Metodología.** Es una investigación ex post facto de tipo descriptivo donde se aplicó un instrumento con tres textos de física y química utilizados por profesorado titular en sus asignaturas que contenían preguntas de relaciones causales. Participaron 65 estudiantes de primer, sexto y octavo semestre, que se constituye en una muestra no probabilística por conveniencia. **Resultados.** Hubo diferencias entre los tres grupos de personas lectoras en el establecimiento de las relaciones causales y su incidencia en la comprensión textual, así como el procesamiento estratégico del texto; se identificó una influencia de los conocimientos previos a la hora de establecer las relaciones causales en el estudiantado experimentado y dificultades en la



<https://doi.org/10.15359/ree.30-1.20949>

<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/educare>
educare@una.ac.cr

asociación con las oraciones que le anteceden. El estudiantado novato empleó un procesamiento estratégico mediante una lectura atenta que favoreció la interpretación y el sentido del texto. **Conclusiones.** El estudiantado novato adopta un enfoque fragmentado mientras que las personas estudiantes con más experiencia emplean estrategias orientadas a la construcción de significado. Se evidenció mayor facilidad para comprender textos de química que de física, y la necesidad de proponer ejercicios que involucren relaciones causales, desde los primeros semestres.

Palabras clave: Comprensión de textos; educación en ciencia; inferencias; relaciones causales.

ODS: ODS 4; educación de calidad.

Abstract

Objective. This study analyzes the influence of different levels of academic training in students enrolled in the undergraduate program in Natural Sciences and Environmental Education when reading physics and chemistry texts that contain causal relations. **Methodology.** This research corresponds to an ex post facto, descriptive study in which an instrument was provided containing three physics and chemistry texts used by full-time faculty members in their courses. These texts included questions on causal relations. A total of 65 students from the first, sixth, and eighth semesters participated, selected through non-probabilistic convenience sampling. **Results.** Differences were found among the three groups of readers regarding their ability to establish causal relations and the impact of these relations on textual comprehension, as well as on strategic text processing. An influence of prior knowledge was identified when establishing causal relations among more experienced students, along with difficulties in associating them with preceding sentences. Novice students employed strategic processing through careful reading, which supported text interpretation and meaning-making. **Conclusions.** Novice students tend to adopt a fragmented approach, whereas more experienced students use strategies aimed at constructing meaning. The study revealed greater ease in understanding chemistry texts compared to physics texts and highlighted the need to introduce exercises involving causal relations from the earliest semesters.

Keywords: Text comprehension; science education; inferences; causal relationships.

SDG: SDG 4; quality education.

Resumo

Objetivo. Este estudo analisa a influência de diferentes níveis de formação acadêmica em estudantes do curso de Licenciatura em Ciências Naturais e Educação Ambiental, quando leem textos de física e química que contêm relações causais. **Metodologia.** Trata-se de uma pesquisa ex post facto, de caráter descritivo, na qual foi aplicado um instrumento composto por três textos de física e química utilizados por docentes titulares em suas disciplinas, contendo perguntas sobre relações causais. Participaram 65 estudantes do primeiro, sexto e oitavo semestres, selecionados por amostragem não probabilística por conveniência. **Resultados.** Houve diferenças entre os três grupos de leitores no estabelecimento das relações causais e em sua incidência na compreensão textual, bem como no processamento estratégico do texto. Identificou-se a influência dos conhecimentos prévios na hora de estabelecer as relações causais entre os estudantes mais experientes, além de dificuldades na associação com as sentenças anteriores. Os estudantes iniciantes empregaram um processamento estratégico por meio de uma leitura atenta, o que favoreceu a interpretação e a construção de sentido do texto.

Conclusões. Os estudantes iniciantes tendem a adotar uma abordagem fragmentada, enquanto os mais experientes utilizam estratégias orientadas à construção de significado. Evidenciou-se maior facilidade na compreensão de textos de química em comparação aos de física, bem como a necessidade de propor exercícios que envolvam relações causais desde os primeiros semestres.

Palavras-chave: Compreensão de texto; educação em ciências; inferências; relações causais.

ODS: ODS 4; educação de qualidade.

Introducción

En el campo de la educación científica, se resalta la importancia de las relaciones causales en temas científicos, lo cual requiere que el alumnado comprenda las causas y consecuencias de los sistemas. Al respecto, [Cozijn et al. \(2011\)](#) señalan que las relaciones causales permiten establecer una representación mental coherente, donde el estudiantado puede inferir relaciones entre los enunciados fácticos con el conocimiento previo haciendo inferencias del conocimiento del mundo.

Se han descrito las implicaciones de la causalidad en la comprensión de textos científicos ([Carlson et al., 2014](#); [Cho & Jonassen, 2012](#)) y se ha establecido una relación de la comprensión de textos con el razonamiento causal, asociado a una variedad de recursos lingüísticos cuyos significados no siempre son entendibles para el estudiantado ([Abel & Hänze, 2019](#); [van den Broek, 1990](#)). En la lingüística, se ha estudiado la causalidad, desde el uso de los verbos y su capacidad de contener en su estructura conceptual o la influencia de los conectores como instrucciones de procesamiento discursivo ([Portolés, 1998](#)).

El tema en cuestión ha sido investigado desde estudios cognitivos, donde se evidencia diferencias en los resultados frente a la manera como el alumnado experto y el alumnado novato procesan los textos; por ello, es importante determinar cómo el profesorado de ciencias naturales, quien orienta estas materias, puede contribuir a facilitar la comprensión lectora desde el uso de las relaciones causales en textos científicos. Se requiere investigación en el campo de la didáctica de las ciencias que identifiquen la influencia de las relaciones causales y su papel determinante en la comprensión de este tipo de textos, ya que contribuye a una mejor comprensión y sentido de los conceptos al situarlos en el contexto de la enseñanza.

Por lo tanto, el propósito de este estudio fue abordar la siguiente pregunta: ¿Existen diferencias en estudiantes con diferentes niveles de formación académica en el establecimiento de las relaciones causales y la comprensión de textos en física y química?

En este marco, el estudio examina cómo estudiantes de distintos niveles educativos de un programa de formación docente en Ciencias Naturales establecen relaciones causales al trabajar con textos de física y química. Para ello, en primer lugar, se analizó el tipo de respuestas que



<https://doi.org/10.15359/ree.30-1.20949>
<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/educare>
educare@una.ac.cr

el estudiantado proporciona a preguntas sobre inferencias y relaciones causales; en segundo lugar, se examinaron sus producciones escritas con el fin de evidenciar su nivel de comprensión textual. Asimismo, se buscó ampliar los hallazgos de investigaciones previas sobre las diferencias en la generación de inferencias y establecimiento de relaciones causales en la comprensión de textos científicos, considerando a estudiantes que cursan estas asignaturas. De este modo, se pretende contribuir a la ampliación de los contextos propios de la didáctica de las ciencias y a los métodos empleados en la literatura existente.

Marco teórico

El lenguaje causal y su relación con la educación en ciencias

El lenguaje causal alude a palabras o frases que permiten establecer relaciones de causalidad, es decir, el cambio de un evento o un objeto conduce al cambio de otro evento; las relaciones casuales en un enfoque gramatical se suelen organizar a partir de un eje central: coordinación-subordinación (Zunino, 2017). No obstante, esta jerarquía no siempre resulta clara para abordarla en otros campos de conocimiento, como la educación científica. De la misma manera, se han establecido estudios sobre el papel de los conectores causales como expresiones que establecen relaciones entre oraciones y párrafos, y que se suelen utilizar para generar conexiones y vínculos de diversos tipos en la estructura sintáctica (Abel & Hänze, 2019; Borzi, 2012).

Por ejemplo, Borzi (2012) analiza específicamente relaciones causales y hace referencia al uso de conectores específicos, ya que estos aportan significados y su uso responde a patrones definidos. Al respecto ha realizado investigaciones para analizar la distribución de *cómo*, *ya que* y *porque*. Si bien hay suficiente evidencia de que las personas lectoras deberían derivar inferencias causales para comprender los textos, también se ha señalado que esta lectura no siempre va acompañada de coherencia causal, particularmente en los casos en que estas no poseen conocimiento específico de los temas (Sanders & Noordman, 2000). Por ejemplo, Escudero & León (2007) indican que la comprensión del discurso científico requiere de diferentes tipos de conocimiento para generar una explicación: conocimiento abstracto y conceptual, argumentación lógico-matemática y un conocimiento procedimental o estratégico; por ello, se hacen evidentes niveles de abstracción que no necesariamente están relacionados con la experiencia directa, sino con relaciones conceptuales de un sistema formal, matemático, de descripción y explicación. Aparte de la complejidad y densidad de información de los textos científicos, la multicausalidad de los fenómenos científicos parece ser un desafío especial para las personas lectoras (Britt et al., 2014). Por ello, el alumnado tiene dificultades para seleccionar las ideas principales del texto, organizarlas de manera significativa e integrar el contenido con los conocimientos previos.

Por ende, la cohesión causal se considera una característica esencial para apoyar la formación de coherencia (Sanders & Noordman, 2000). Wiley & Myers (2003) han propuesto que los resultados con textos científicos son atribuibles a la dificultad del contenido y las técnicas utilizadas para evaluar la generación de las inferencias. Abel & Hänze (2019), Allen et al. (2015), Lin et al. (2020), han encontrado vínculos entre el rendimiento del aprendizaje y el grado de cohesión causal en las respuestas lingüísticas del alumnado durante las actividades de auto-explicación y pensamiento en voz alta. Se ha examinado que la generación de preguntas de alto nivel, que involucran a relaciones conceptuales y causales en el texto, apoya la comprensión. Por ejemplo, McCrudden et al. (2007) indican que involucrar al estudiantado en el aprendizaje con mapas conceptuales los impulsa a analizar el contenido del aprendizaje en términos de causas y consecuencias. Estudios de Sanders & Noordman (2000) señalan que las personas estudiantes con mayor experiencia, a diferencia de las personas novatas, poseen una sofisticada representación en red de causas y consecuencias en su dominio de conocimiento. Sin embargo, se ha detectado que los textos de ciencias producen menos inferencias que otro tipo de textos, y que las personas lectoras con bajo conocimiento en el tema no siempre realizan inferencias causal-antecedente (Abel & Hänze, 2019).

Por otra parte, el análisis de las relaciones causales puede favorecer el desarrollo del pensamiento crítico del alumnado, ya que puede ayudarlo a distinguir la verdadera causalidad de la espuria o pseudocausalidad, tan utilizada en las ideas no basadas en evidencias científicas como los negacionismos o las pseudociencias (Torres Merchan et al. 2022).

Relaciones causales en la comprensión de textos

Cartoceti & Abusamra (2013) señalan que la comprensión de un texto es una actividad cognitiva compleja que requiere de varios mecanismos y de personas lectoras activas, capaces de desplegar una serie de habilidades cognitivas y metacognitivas, lo cual implica que para entender un texto se requiere construir una representación mental consecuente del contenido, proveniente de la información del texto e integrarla con el conocimiento previo de quien lee.

Estudios de McNamara & Kintsch (1996), Muñoz Calvo et al. (2013) indican que la comprensión de textos científicos implica activar conocimientos previos, comprensión más profunda, inferir el significado implícito del texto y reformular el texto en sus propias palabras, con el fin de establecer una situación modelo que se ajusta a la esencia del texto completo. Por ejemplo, Escudero & León (2007) sostienen que la comprensión de los textos científicos plantea dificultades al intentar combinarlos inferencialmente, especialmente cuando su contenido resulta poco familiar para la persona lectora, lo cual obstaculiza la formación de una unidad coherente; por lo tanto, este tipo de textos requieren mayor nivel de abstracción y no siempre estaría relacionado con la experiencia directa.



<https://doi.org/10.15359/ree.30-1.20949>
<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/educare>
educare@una.ac.cr

Carlson et al. (2014) señala que las personas lectoras pueden confiar en varias fuentes de entrada, haciendo relación en la conexión del texto actual, el texto anterior y el conocimiento previo y asegura que, para construir relaciones causales en un texto, hay varios tipos de inferencias que se pueden generar. En su estudio sobre las inferencias, las agrupa en dos amplias categorías: basadas en el texto y basadas en el conocimiento, esta apreciación coincide con McNamara (2007). Sin embargo, las personas lectoras con dificultades en la comprensión de textos a menudo exhiben limitaciones para hacer inferencias y para integrar antecedentes relevantes y conocimiento con el texto.

Metodología

Este estudio corresponde a una investigación ex post facto, de carácter descriptivo y exploratorio, enmarcada en el paradigma interpretativo (Hernández Sampieri et al., 2014), con el objetivo de analizar diferencias en estudiantes con diferentes niveles de formación académica en el establecimiento de las relaciones causales y la comprensión de textos en física y química.

Participantes

En este estudio participaron 65 estudiantes, una muestra no probabilística por conveniencia, con edades comprendidas entre los 17-25 años, pertenecientes a tres semestres académicos de la licenciatura en la carrera de Ciencias Naturales de una universidad de Colombia, cuyo objetivo es formar docentes de enseñanza básica en esta área del conocimiento. La distribución fue la siguiente, primer semestre, 30 estudiantes (23 mujeres y 7 hombres); sexto semestre, 17 estudiantes (12 mujeres y 5 hombres); y octavo semestre, 18 estudiantes (13 mujeres y 5 hombres).

En el contexto colombiano, las licenciaturas en cuestión tienen una duración de diez semestres académicos; por tanto, el estudio involucró a estudiantes en tres momentos de su trayectoria formativa: de ingreso, de mitad de carrera y próximos a finalizarla. Durante estos semestres, cursan asignaturas tanto disciplinares como pedagógicas.

En el primer semestre se incluyen materias como Química General y Pensamiento Matemático. Para el sexto semestre, el estudiantado ya ha cursado asignaturas como Química Inorgánica, Fundamentos de Matemáticas, Química Orgánica, Química Analítica, Bioquímica, Fenómenos Mecánicos y Fenómenos Termodinámicos. En el octavo semestre, además de las anteriores, han cursado Fenómenos Ondulatorios y Fenómenos Electromagnéticos.

En este sentido, el propósito del estudio es analizar la influencia de los distintos niveles de formación académica en el estudiantado de una carrera universitaria al enfrentarse a la lectura de textos de física y química que contienen relaciones causales.



Instrumento

Se construyó un cuestionario utilizando 3 textos que abordaba temas de (Presión atmosférica; Catálisis; Principio de Bernoulli). El propósito del texto fue analizar como el estudiantado asume las relaciones causales en textos de física y química y su habilidad de comprensión textual. Se utilizaron textos científicos de los cursos de química y física, tomados de textos utilizados por el profesorado en las clases, tales como *Química Física* de [Atkins & de Paula \(2008\)](#), *Química* de [Chang \(2002\)](#), y *Física cotidiana* ([Lozano & Solbes, 2014](#)). (Ver Tabla 1)

Tabla 1: Descripción de cada uno de los textos

Textos	Contenido	Descripción
1. Presión atmosférica, Tomado de <i>Química</i> de Chang (2002, p. 156) .	Relación de variables altura, densidad, presión densidad,	Este primer texto se presenta como un fragmento de texto científico, que el estudiantado debe completar incorporando dos conectores causales y una palabra derivada de una inferencia del propio texto. Además, se proponen cuatro actividades (tres preguntas sobre comprensión textual y una que propone escribir un texto científico sobre el tema para explicarlo a su futuro estudiantado).
2. Catálisis. Tomado de <i>Química física</i> de Atkins y de Paula (2008, p. 838)	Concepto de catalizador, energía de activación, tipos de catálisis	Este segundo texto presenta un fragmento de texto científico, no se presenta ningún espacio en blanco para completar; por lo que el estudiantado tiene un fragmento de texto completo. Propone tres actividades, dos de ellas preguntas y una tercera tarea que solicita la escritura un texto científico sobre el tema para explicar a su futuro estudiantado, se ofrece además una lista de conectores que pueden utilizar para redactar el texto.
3. <i>Principio de Bernoulli</i> . Lozano & Solbes (2014, p 103)	Concepto de principio de Bernoulli, Ejemplos y aplicaciones	Este tercer texto presenta tres espacios en blanco para completar. El primero está relacionado con ejemplos del principio de Bernoulli, el segundo sobre inferencia del cambio de presión y el tercero sobre aplicaciones de este principio.

Nota: Elaboración propia.

El instrumento tuvo como base los estudios de [Carlson et al. \(2014\)](#), [Rapp et al. \(2007\)](#) quienes utilizaron preguntas causales para la actividad de cuestionamiento; allí se proponían preguntas con información específica del texto para desarrollar la coherencia local y global durante la lectura. En el instrumento cada una de las preguntas propuestas buscaron la relación e inferencia causal.

Los textos fueron aplicados durante el mes de abril de 2022, de manera presencial, aprovechando el retorno a clases tras la pandemia. Los datos se recopilaban en sesiones de las asignaturas de Química general (primer semestre), Fenómenos electromagnéticos (sexto semestre) y Taller experimental (octavo semestre). Cada sesión tuvo una duración de 120 minutos, durante los cuales el profesorado de la asignatura correspondiente otorgó permiso para la aplicación del instrumento. Se obtuvo el consentimiento informado firmado de cada participante, así como su participación voluntaria; de igual manera, se garantizó el anonimato.



<https://doi.org/10.15359/ree.30-1.20949>
<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/educare>
educare@una.ac.cr

Los textos fueron analizados por cuatro docentes: dos internos, pertenecientes a la universidad donde se desarrolló la investigación –un doctor en física biomolecular y un doctor en didáctica de las ciencias experimentales–, y dos externos, quienes laboran en distintas universidades –doctores en química y en física–, con amplia experiencia en la enseñanza de estas disciplinas. Los datos obtenidos por cada docente fueron discutidos de manera conjunta, constatándose coincidencias en la gran mayoría de las respuestas para cada ítem.

Se procuró que los textos incorporaran relaciones causales, es decir, que cumplieran una función inferencial y garantizaran la coherencia entre variables, evitando una mera descripción. De este modo, cada texto se configura a partir de la relación entre pregunta y respuesta.

Análisis de datos

Se revisó cada respuesta proporcionada por el estudiantado al instrumento, y a partir de ellas, se elaboró un listado por pregunta. Posteriormente, las respuestas se agruparon según sus similitudes y diferencias, de acuerdo con los criterios establecidos: respuestas adecuadas (RA), respuestas no adecuadas (RNA) y ausencia de respuestas (NR). Una vez realizada esta codificación, se analizaron las respuestas con el fin de identificar los tipos de relaciones causales generadas, así como las facilidades y dificultades asociadas a cada una. Asimismo, se codificaron tanto los tipos como la frecuencia de las respuestas del estudiantado a las distintas preguntas. Esta clasificación y agrupación se llevó a cabo, siguiendo los lineamientos metodológicos propuestos por [Torres & Solbes \(2016\)](#) para el análisis de respuestas a Cuestiones Socio-científicas (CSC).

A continuación, en la [Tabla 2](#), mostramos un ejemplo de clasificación de respuestas en las categorías determinadas. Frente a la pregunta ¿Cómo es el aire a la altura de los aviones? del texto sobre presión atmosférica.

Tabla 2: Ejemplos de clasificación de respuestas

Tipo de respuesta	Descripción	Ejemplo de respuesta
Respuesta adecuada (RA)	Se clasifican aquí respuestas que tienen coherencia y consistencia a la pregunta establecida	E53. Es menos denso y presenta menos cantidad de oxígeno
Respuesta no adecuada (RNA)	Se clasifican aquí respuestas que carecen de coherencia.	E11: A mayor altitud menor será la atracción gravitacional y a mayor altitud sucederá todo lo contrario

Nota: Elaboración propia.

Resultados

Para determinar si hubo diferencias entre los tres grupos de personas lectoras frente al establecimiento de las relaciones causales y su incidencia en la comprensión textual, se da cuenta de la frecuencia y descripción cualitativa de los resultados obtenidos. En este sentido, los resultados se orientan a describir como el estudiantado de tres semestres diferentes atienden a las relaciones causales.



Relaciones causales

Texto 1. Presión atmosférica. El texto presenta una asociación entre variables para comprender las diferencias en la presión atmosférica. En este contexto, el estudiantado debía completar el texto con una palabra que establece la relación densidad-presión. Se evidencian errores en la asignación de dicha palabra, así como dificultades para vincularla con las oraciones precedentes. En otras palabras, se esperaba que indicaran cómo varía la presión cuando aumenta la densidad del aire.

En la [Tabla 3](#), se presenta los resultados del abordaje del primer texto, y se evidencia resultados más bajos en el estudiantado de primer semestre; no obstante, disminuye en los niveles de sexto y octavo semestre, lo que pone de manifiesto cómo los conceptos previos y niveles de conocimiento pueden influir en la coherencia del párrafo. Sin embargo, 15 estudiantes de primer semestre logran establecer la inferencia, lo cual puede dar cuenta de un procesamiento estratégico del texto.

Tabla 3: Número de respuesta por cada grupo: I (n=30); VI (n=17); VIII (n=18)

Tipo Res-puesta	Uso de conectores			Inferencia dentro del texto			¿Cómo es el aire a la altura de los aviones?			¿Cómo varía la densidad del aire con la presión atmosférica?			¿Por qué la altura modifica la presión?		
	I	V	VIII	I	VI	VIII	I	VI	VIII	I	VI	VIII	I	VI	VIII
GRUPO															
RA	21	10	17	15	11	16	18	13	14	8	12	11	16	9	15
RNA	7	4		9	6		7	2	3	13	4	5	8	5	1
NR	2	3	1	6		2	5	2	1	9	1	2	6	3	2

RA: Respuestas Adecuadas; **RNA:** Respuestas no Adecuadas; **NR:** No responde.

I (n=30); VI (n=17); VIII (n=18)

Nota: Elaboración propia.

En general los tres grupos hacen uso de conectores, siendo los más frecuentes los siguientes: *entonces, sin embargo, además, es decir, por lo tanto, por lo que, por esta razón, etc.* En el caso del estudiantado de primer semestre se observa el uso de palabras con mayor incoherencia dentro del párrafo donde utilizan términos científicos como *átomo, presión, o molécula*, y también conectores explicativos como *por esto o por esta razón*. Sin embargo, 4 estudiantes de sexto semestre no utilizaron conectores sino palabras como *aire y densidad* que daba coherencia con el texto pero no establece la relación causal.

En relación con preguntas, *¿cómo es el aire a la altura de los aviones?* el estudiantado de primer semestre muestra facilidad en resolver esta pregunta; sin embargo, cuando se pide relacionar la densidad con la presión evocan la relación entre altura y fuerza gravitacional. Si bien un número de estudiantes indica la respuesta adecuada, otras personas estudiantes evidencian errores en la asociación de variables. También se observa incoherencia en la interpretación de la pregunta; por ejemplo, señalan que el aire a la altura de los aviones es más denso que en la superficie de la tierra. El estudiantado de los tres semestres muestra fácil asociación entre



<https://doi.org/10.15359/ree.30-1.20949>
<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/educare>
educare@una.ac.cr

presión y altura. En la mayoría de los casos, se recurre al ejemplo de la presión a la altura del mar, pero no consideran la relación densidad del aire y altura.

Se observa una mejor comprensión en el estudiantado de sexto y octavo semestre, ya que logra dar cuenta de la relación entre la altura y la densidad del aire, estableciendo que la altitud a la que vuelan los aviones el aire es menos denso. Por ejemplo, una persona estudiante de sexto semestre (E53) señala: *Es menos denso y presenta menos cantidad de oxígeno.*

En el caso del estudiantado de octavo semestre, si bien la mayoría indica que la densidad del aire disminuye con la altura de los aviones, se identificaron tres casos que sostienen lo contrario. Por ejemplo, E34 afirma: *El aire es más denso a la altura de los aviones que en la superficie.*

Como se indicó en la caracterización de la muestra, el estudiantado de sexto semestre cursa asignaturas de física en el momento de la aplicación del instrumento.

En relación con la variación de la densidad del aire con la presión atmosférica, se evidencia dificultades en el estudiantado de primer semestre, que relacionan la altura y la presión, y muestran limitaciones al establecer la relación densidad y presión. E23 indica que *depende de la localización, la temperatura y las condiciones climáticas.*

En contraste, el estudiantado de sexto semestre ofrece respuestas como la de E51: *Menor presión atmosférica a mayor altura, el aire es menos denso.* Tanto en sexto como en octavo semestre se observa una mayor capacidad para establecer asociaciones entre los elementos del texto, lo que da cuenta de un procesamiento del texto que le facilita la construcción de relaciones causales.

Texto 2. Catálisis. Como segundo texto se presentó un extracto sobre el papel de los catalizadores y la energía de activación. A partir de este, se propusieron tres actividades: dos preguntas orientadas a evidenciar la construcción de relaciones causales y una tarea final en la que se solicitaba redactar un texto sobre el tema dirigido a su futuro estudiantado. A diferencia del primer texto, este se presentó de manera completa, sin espacios para completar.

Se presenta a continuación la [Tabla 4](#) comparativa en cada uno de los grupos.

Tabla 4: Número de respuesta por cada grupo

Tipo respuesta	¿Qué significa que la velocidad de reacción no altere las condiciones de equilibrio?			¿Cómo afecta la energía de activación en la catálisis?		
	I	VI	VIII	I	VI	VIII
GRUPO						
RA	17	14	18	10	12	15
RNA	8	2		12	3	2
NR	5	1		8	2	1

RA. Respuestas Adecuadas; **RNA:** Respuestas no Adecuadas; **NR:** No responde
Nota: Elaboración propia.



En la primera pregunta, *¿qué significa que la velocidad de reacción no altere las condiciones de equilibrio?*, se identifica que el estudiantado de primer semestre concibe la velocidad de reacción como el tiempo que tarda en completarse una reacción. Asimismo, presenta dificultades para relacionarla con la cantidad de sustancia que se transforma por unidad de tiempo. No obstante, algunas respuestas evidencian el reconocimiento del papel del catalizador en el aumento de la velocidad de reacción. Si bien este grupo no utiliza conceptos como energía de activación, sí establece una asociación entre catalizadores y velocidad de reacción.

En este sentido, el tema no presentó mayores dificultades para el estudiantado de sexto y octavo semestre, cuyas respuestas se orientaron de manera consistente hacia la relación entre la velocidad de reacción y el efecto del catalizador.

Frente a la segunda pregunta, *¿cómo afecta la energía de activación en la catálisis?*, se espera que el estudiantado reconozca que un catalizador disminuye la energía de activación, lo que conlleva un aumento en la velocidad de reacción.

Esta pregunta presentó dificultad para el estudiantado de primer semestre y repiten la respuesta a la primera pregunta, es decir, el aumento de la velocidad de la reacción con el catalizador; en muy pocos casos se utiliza el término energía de activación. Sin embargo, algunas personas del estudiantado de primer semestre, como E24, logran hacer la asociación entre los términos de catalizador y energía de activación. Por ejemplo: E24 señala: *Se afecta al añadir un catalizador, el catalizador interviene en la energía de activación acelerando la reacción y bajando la energía de activación.*

Texto 3. Bernoulli. Como tercer texto se presentó un extracto del libro de [Lozano y Solbes \(2014\)](#). Este fragmento de texto presentó dos actividades una que corresponde a completar espacios dentro del texto que se constituye en inferencias y la segunda pregunta corresponde a establecer una relación causal. Se presenta a continuación la [Tabla 5](#) comparativa en cada uno de los grupos.

Tabla 5: Número de respuesta por cada grupo

Tipo de RTA	Completar el texto con un ejemplo sobre el principio de Bernoulli			¿Qué pasaría si aumenta la velocidad del fluido?		
	I	VI	VIII	I	VI	VIII
GRUPO						
RA	10	14	13	5	7	14
RNA	5	1	2	18	1	2
NR	15	1	3	7	9	2

RA. Respuestas Adecuadas; **RNA:** Respuestas no Adecuadas; **NR:** No responde

Nota: Elaboración propia.



<https://doi.org/10.15359/ree.30-1.20949>
<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/educare>
educare@una.ac.cr

El texto sobre Bernoulli planteaba una pregunta para completar en el texto, esta se constituye en una inferencia del mismo texto donde se señalaba: *Esto nos permite comprender porque pueden volar aviones pesados, por lo que las alas de los aviones se diseñan de forma que las líneas de corriente se aprieten encima del ala, lo que evidencia que allí la velocidad del aire es mayor que debajo del ala. Por tanto, la presión del aire encima será menor y habrá una fuerza resultante hacia arriba, denominada sustentación.* (Texto tomado del instrumento)

En este texto se evidencia que la mitad del estudiantado de primer semestre no contestan las preguntas. Sin embargo, mencionan algunas palabras como *fluidos, tránsito de agua, aviación, fluidos hidráulicos, autos, aerodinámica*. En esta misma pregunta para completar la oración se evidencia las siguientes respuestas:

E31. Señala que la presión del aire encima será menor porque al disminuir el aire aumenta la velocidad y es consecuencia del aumento de la distancia de la tierra. E52. Señala que es menor porque a menor presión mayor velocidad. E60. Cerrada por que el avión es aero-dinamico (sic)

Si bien el estudiantado de los tres grupos logra establecer la inferencia, se evidencia un mayor número de estudiantes de primer semestre en la categoría *No responde*, lo cual indica dificultades para integrar información proveniente de textos leídos previamente, de los conocimientos previos o de ambos durante el proceso de lectura.

Frente a la pregunta, *¿qué pasaría si aumenta la velocidad del fluido?*, se evidenció que cinco estudiantes de primer semestre responden adecuadamente. Asimismo, se identificó que el estudiantado de sexto semestre presenta dificultades, mientras que la pregunta resultó más accesible para el de octavo semestre, grupo en el cual se registraron catorce respuestas correctas.

En este texto se observa una marcada influencia de los conocimientos previos en el establecimiento de relaciones causales, así como dificultades para abordar conceptos de física en el estudiantado participante. Esto sugiere que estas asignaturas requieren un procesamiento de la información más complejo, que demanda la construcción de una red de conceptos y principios sobre fenómenos caracterizados por su complejidad e interrelación. Lo anterior se ve reforzado por el hecho de que el estudiantado identificó este texto como el de mayor dificultad y, en varios casos, lo dejó sin resolver.

Los resultados obtenidos evidencian que, en el caso del texto sobre catálisis, presentado de manera completa, no necesariamente se favorece al estudiantado de primer semestre. En consecuencia, esta actividad pone de manifiesto la necesidad tanto de contar con conocimientos previos como de desarrollar inferencias apoyadas en estrategias de lectura.

Análisis de escritos para evidenciar las relaciones causales y la comprensión en textos

Como parte de las actividades correspondientes a los textos 1 y 2, se propuso a las personas participantes la escritura de los textos dirigido a su futuro estudiantado, con el fin de valorar el establecimiento de relaciones causales en la comprensión lectora. En la [Tabla 6](#), se presenta los principales resultados:

Tabla 6: Características principales de los textos redactados

Número de Texto	Semestre I	Semestre VI	Semestre VIII
Redacción y coherencia			
Texto 1	<ul style="list-style-type: none"> • Frases sin conexión, hacen uso de ejemplos para dar a entender el fenómeno. • Algunas personas del estudiantado lograron establecer textos con coherencia • No se hace uso de conectores causales • Algunos textos no corresponden a la temática solicitada 	<ul style="list-style-type: none"> • Se observa más estructuración, en algunos casos el estudiantado dividió el texto en párrafos y cada uno de estos hacía referencia a una variable. • Hay estudiantes que transcribieron el texto • Se observa facilidad en orientar los textos a la relación presión altura que presión densidad. • El estudiantado utiliza ejemplos para contextualizar el concepto • El conector más utilizado, es: sin embargo • Se formulan preguntas en el texto • Inician el texto con el concepto de presión o densidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Los textos inician con la definición de concepto de presión atmosférica y utilizan alguna analogía ejemplo texto. • Se refleja una organización de los textos desde lo general a lo particular. • En algunos casos los textos son densos y repetitivos, pero logran reflejar la idea. • Los textos carecen de título • La mitad del estudiantado no hace uso de conectores • Los conectores más utilizados son por lo cual; sin embargo • Se observan 9 textos inconclusos esto hace referencia a la descripción de una sola de las variables sin asumir las otras. • El estudiantado utiliza ejemplos para contextualizar el concepto
Texto 2	<ul style="list-style-type: none"> • El estudiantado efectúa un resumen coherente tomando como ejemplo el texto asignado 	<ul style="list-style-type: none"> • Plantean textos secuenciales que van de lo general a lo particular; por ejemplo, inician con el concepto de reacción, reactivos, productos para incluir luego lo de energía de activación, catalizador, tipos de catalizadores 	<ul style="list-style-type: none"> • Efectúan textos coherentes que dan cuenta de la comprensión de los conceptos de efecto de catalizadores,
Uso de conectores			
Texto 1	<ul style="list-style-type: none"> • Se escribieron textos más sencillos y comprensibles que relacionan la densidad con altura y fuerza 	<ul style="list-style-type: none"> • Se utilizan palabras como <i>es importante, cabe destacar, por lo anterior, por lo que</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Se observó que 5 textos presentan conectores explicativos tales como <i>por esta razón, debido a lo anterior, por lo cual</i>
Texto 2	<ul style="list-style-type: none"> • Los conectores más utilizados son: <i>es decir, en consecuencia, a esto</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Pocos conectores utilizados, pero los más comunes son en <i>consecuencia, es decir.</i> • En los textos suelen utilizarse conectores explicativos más que causales 	<ul style="list-style-type: none"> • Se utilizan conectores como: <i>entonces, es decir, en consecuencia, por ello, por esta razón</i>
Comprensión textual			
Texto 1	<ul style="list-style-type: none"> • Se evidencia la comprensión de la relación variable altura presión, pero no de las demás. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se refleja una mayor articulación de las variables indicadas en el texto guía. Otros textos quedan en la generalidad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se refleja una mayor articulación de las variables indicadas en el texto guía.
Texto 2	<ul style="list-style-type: none"> • Logran comprender que la reacción entre catalizador velocidad de reacción, pero hay dificultades para establecer la relación catalizador energía de energía de activación 	<ul style="list-style-type: none"> • Se evidencia buena comprensión de conceptos como reacción, energía de activación y catalizador 	<ul style="list-style-type: none"> • Se evidencia buena comprensión de conceptos como reacción, energía de activación y catalizador

Nota: Elaboración propia.



<https://doi.org/10.15359/ree.30-1.20949>
<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/educare>
educare@una.ac.cr

De lo anterior, se infiere que, si bien los cursos de la asignatura influyen en la estructuración de los textos (dado que el estudiantado de sexto y octavo semestre presenta mayor precisión, coherencia y especificidad conceptual), también resulta notable que algunas personas de primer semestre (9) logran producir este tipo de textos. Esto sugiere que no solo influyen los conocimientos previos, sino también el procesamiento estratégico de la información escrita.

En la construcción del texto sobre catálisis, se observa que el estudiantado de primer semestre tiende a elaborar resúmenes en los que emplea conceptos del texto modelo, tales como *catalizador*, *efecto en la reacción* y *tipos de catalizadores*; en la mayoría de los casos, se limitan a repetir las ideas expuestas en dicho texto.

En cuanto a la escritura, no se observa un uso frecuente de conectores en ninguno de los semestres. Se evidencia que el estudiantado de primer semestre hace referencia a algunas de las variables de manera aislada, mientras que el de sexto y octavo semestre redacta textos más coherentes, con una organización conceptual que suele partir de nociones como *reacción*, *reactivos* y *productos*, para luego incorporar *catalizador*, *energía de activación* y *tipos de catalizadores*.

En general, los textos elaborados por el estudiantado de sexto y octavo semestre presentan mayor coherencia y cohesión. Estos escritos evidencian relaciones entre variables y una organización global de las ideas, estableciendo vínculos entre conceptos. Asimismo, se identifica una estructura textual formal, reconocible para las personas lectoras por el tipo de conexiones entre las ideas. Se observa que la característica predominante de estos textos es de carácter explicativo, en los cuales se recurre a ejemplos para exponer las relaciones entre variables.

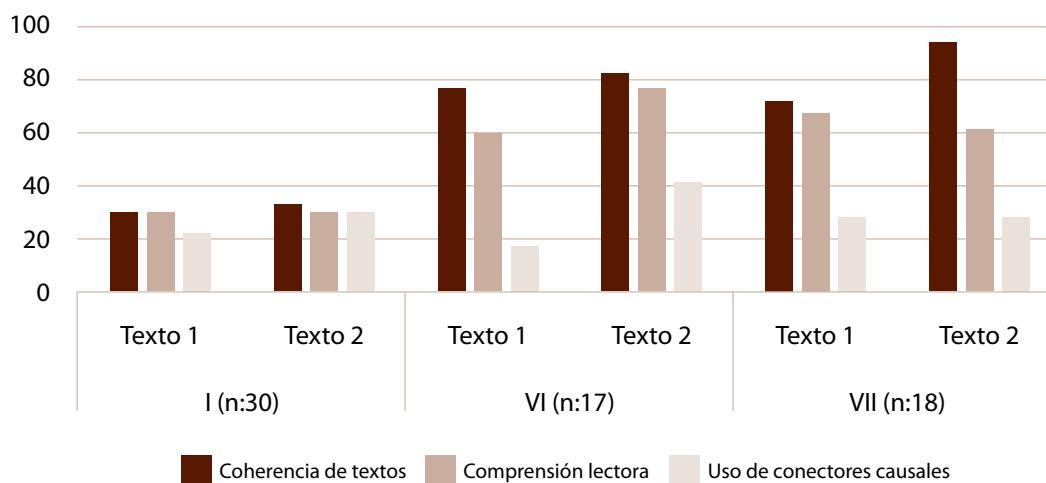
En los semestres superiores también se evidencia la inclusión de elementos de contextualización de los conceptos para facilitar la comprensión, ya sea mediante ejemplos o analogías, lo cual refleja un proceso de apropiación conceptual por parte del futuro profesorado.

A continuación, se presenta una representación gráfica (ver Figura 1) de los principales aspectos analizados en los textos escritos.

La Figura 1 permite evidenciar cómo el aspecto de coherencia, comprensión de textos es mayor en estudiantes de VI y VIII semestre; sin embargo, el uso de conectores causales no es usual en ninguno de los tres semestres. Se infiere también que el nivel académico influye en la estructuración de los textos, pues el estudiantado de sexto y octavo semestre presentan mayor precisión y coherencia y especificidad en algunos conceptos. Es también notable que algunas personas del estudiantado de primer semestre logran este tipo de texto; por lo cual no siempre influye aspectos como conocimiento previo sino procesamiento estratégico de textos.

El estudiantado de primer semestre escriben textos tomando como base el resumen del texto guía; sin embargo, en la escritura del texto utilizan ejemplos cotidianos. En semestres superiores, se observa que los textos tienen una mejor estructura que empieza desde lo general a lo particular.

Figura 1: Aspectos evidentes en escritura de textos



Nota: Elaboración propia.

Discusión

Las relaciones causales en la comprensión textual en ciencias permiten identificar cómo se afectan entre sí las variables y qué factores se interrelacionan en los fenómenos científicos. Sin embargo, los resultados de este estudio evidencian que el estudiantado de primer semestre presenta dificultades en este tipo de análisis, así como obstáculos para completar antecedentes relevantes. No obstante, se registraron respuestas positivas en los tres grupos, y se observa una influencia de los conocimientos previos en la construcción de representaciones coherentes en el estudiantado más avanzado; asimismo, se identifican estrategias de procesamiento estratégico en las personas estudiantes novatas. Finalmente, se encontró que las personas lectoras competentes conectan ideas de textos previos y evidencian estrategias de integración.

El dominio de conceptos y conocimientos previos en la identificación y respuesta adecuada de la inferencia también fue evidenciado en estudios de [Gil-Contreras et al. \(2020\)](#), donde identificaron cómo el estudiantado que cursa la asignatura de ecología, son capaces de establecer cadenas causales con estructura, función, comportamiento. Como manifiestan [Hashem & Mioduser \(2013\)](#), el estudiantado sesga la comprensión cuando no comprende la causalidad y el azar con el que se rige el sistema complejo de carácter multinivel. Por lo tanto, se evidencia la necesidad de enfrentar al estudiantado a este tipo de tareas que generan desafíos cognitivos que les permiten comprender las dinámicas funcionales y causales de los sistemas complejos.

<https://doi.org/10.15359/ree.30-1.20949>
<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/educare>
educare@una.ac.cr

En el caso de los estudiantes de primer semestre que, aun sin contar con conocimientos previos, lograron responder acertadamente las preguntas, se evidencia que el establecimiento de estructuras causales claras puede compensar dicha ausencia de saberes iniciales. Al respecto, [McNeill y Krajcik \(2011\)](#), así como [Bernhardt \(2011\)](#), identificaron que las personas lectoras competentes no siempre utilizan sus conocimientos previos para guiar la comprensión; asimismo, estos planteamientos se alinean con los hallazgos de estudios sobre lectura que sugieren que las personas lectoras hábiles construyen significado a partir del procesamiento activo del texto, en lugar de basarse únicamente en el conocimiento previo.

En esta línea, [McNeill y Krajcik \(2011\)](#) señalan que las personas lectoras con un alto nivel de conocimiento, gracias a su eficiente procesamiento del lenguaje, disponen de mayores recursos cognitivos para aplicar estrategias como el control de la comprensión de manera efectiva, lo cual resulta más útil que el uso exclusivo del conocimiento previo.

Lo anterior evidencia la necesidad de promover ejercicios que involucren relaciones causales desde los primeros semestres. Los datos mostraron que el estudiantado puede establecer dichas relaciones no solo a partir de la activación de conocimientos previos, sino también mediante el uso de estrategias de lectura.

Lo encontrado por [Maggioni y Fox \(2009\)](#) señala que, mientras las personas estudiantes novatas tienden a adoptar un enfoque fragmentado de recopilación de datos, las personas estudiantes con mayor experiencia optan por una estrategia en la que construyen significado mediante la comparación, el contraste y la integración de contenidos a través de múltiples textos. Algo similar se identifica en este estudio; sin embargo, también fue evidente que algunas personas del estudiantado –en menor proporción (4 y 7 de sexto y octavo semestre)– no logran establecer la asociación entre todas las variables.

Se evidenció una mayor dificultad para comprender el texto de física, ya que este exige un mayor nivel de abstracción, presenta una causalidad simultánea y requiere una lectura multimodal constante.

En relación con la escritura de los textos, se observaron mejores resultados en el estudiantado con mayor experiencia, en cuyos escritos se identifican características de organización, coherencia y claridad conceptual, junto con el uso de ejemplos para facilitar la comprensión. En este sentido, resulta pertinente lo planteado por el modelo de construcción-integración de la comprensión lectora de [Kintsch \(1998\)](#), es decir, el establecimiento de un modelo contextual necesario para la explicación de temas propios del futuro profesorado.

Estos resultados permiten inferir implicaciones educativas relacionadas con la necesidad de abordar el procesamiento estratégico y la escritura de textos en ciencias naturales que incorporen relaciones causales a lo largo de todo el proceso de formación académica. Aunque

se desarrollan tareas como la escritura de ensayos, es necesario prestar atención a la manera en que se utilizan dichas relaciones causales, de modo que la escritura se constituya en un ejercicio de transformación del conocimiento.

Este ejercicio lleva a considerar que la producción de textos en el lenguaje científico debe garantizar actividades que favorezcan el aprendizaje y contribuyan al desarrollo de habilidades propias del pensamiento científico; es decir, evidenciar la comprensión de los conceptos, realizar predicciones y fundamentar conclusiones.

Consideraciones finales y perspectivas de investigación

En esta investigación se identifica que el estudiantado con mayor nivel de formación académica establece con mayor eficacia relaciones causales en la comprensión de textos de física y química. No obstante, algunas personas de primer semestre también son capaces de establecer dichas relaciones, lo cual evidencia que el conocimiento previo no siempre es el único factor determinante en la comprensión textual, sino que también intervienen estrategias de procesamiento estratégico que implican una lectura cuidadosa y la construcción de significado a partir del lenguaje del texto.

Se observan diferencias en la escritura: mientras que las personas estudiantes novatas tienden a adoptar un enfoque fragmentado, aquellas con mayor experiencia optan por estrategias orientadas a la construcción de significado mediante la comparación, el contraste y la integración de contenidos. Lo anterior permite inferir que tanto el estudiantado novel como el avanzado pueden recurrir a distintas estrategias en función de las demandas y dificultades de la lectura. Asimismo, los textos producidos por el estudiantado de sexto y octavo semestre evidencian mayores niveles de coherencia y comprensión, al presentar redacciones más claras y precisas.

Se requiere profundizar en el campo de la didáctica de las ciencias, tomando como base cuestiones epistemológicas relacionadas con las relaciones causales y la inferencia, así como su incidencia en la educación científica. En este sentido, se considera pertinente desarrollar investigaciones que permitan describir y promover el razonamiento causal en contextos como las experiencias de laboratorio y las cuestiones sociocientíficas, las cuales pueden contribuir significativamente al desarrollo del pensamiento científico y crítico.

Finalmente, el análisis de este tipo de estudios, centrados en la comprensión lectora de textos científicos, pone de manifiesto la necesidad de fomentar diálogos académicos interdisciplinarios que posibiliten el diseño de estrategias de enseñanza más efectivas en la educación científica.



<https://doi.org/10.15359/ree.30-1.20949>
<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/educare>
educare@una.ac.cr

Contribuciones

Las personas autoras declaran que han contribuido en los siguientes roles:

N. Y. T. M.: Escritura: Borrador original; Supervisión; Conceptualización y Análisis formal.

J. S. M.: Escritura: Borrador original; Supervisión; Metodología y Análisis formal.

T. B. C.: Escritura: Borrador original; Supervisión; Metodología y Análisis formal.

Conflictos de interés

Las personas autoras no reportan ningún conflicto de interés.

Datos y material complementario

Este artículo tiene disponible material complementario:

Preprint: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14503828>

Uso de Inteligencia Artificial

Las personas autoras no reportan uso de IA para la escritura del artículo o la elaboración de sus contenidos.

Referencias

- Abel, R. & Hänze, M. (2019). Generating causal relations in scientific texts: The long-term advantages of successful generation. *Frontiers in Psychology*, 10,1-17. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00199>
- Allen, L. K., McNamara, D. S., & McCrudden, M. T. (2015). Change your mind: Investigating the effects of self-explanation in the resolution of misconceptions. *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society*, 37(0), 78-83. <https://escholarship.org/content/qt2nh7f831/qt2nh7f831.pdf?v=lg>
- Atkins, P. & de Paula, J. (2008). *Química física* (8ª ed.). Editorial Médica Panamericana.
- Bernhardt, E. (2011). *Understanding advanced second-language reading*. Nueva York: Routledge.
- Borzi, C. (2012). Gramática y discurso: Cláusulas y conectores de la zona causal. *Revista Philologus*, 18(53), 212-230. https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/196339/CONICET_Digital_Nro.27f07985-ae63-4e5e-9a7a-2afaae179ec6_B.pdf?sequence=2&isAllowed=y



- Britt, M. A., Richter, T., & Rouet, J.-F. (2014). Scientific literacy: The role of goal-directed reading and evaluation in understanding scientific information. *Educational Psychologist*, 49(2), 104-122. <https://doi.org/10.1080/00461520.2014.916217>
- Carlson, S. E., van den Broek, P., McMaster, K., Rapp, D. N., Bohn-Gettler, C. M., Kendeou, P., & White, M. J. (2014). Effects of comprehension skill on inference generation during reading. *International Journal of Disability, Development and Education*, 61(3), 258-274. <https://doi.org/10.1080/1034912X.2014.934004>
- Cartoceti, R. V. & Abusamra, V. (2013). El rol del mecanismo de actualización en la comprensión de textos. *Revista Neuropsicología Latinoamericana*, 5(2), 1-10. https://www.neuropsicolatina.org/index.php/Neuropsicologia_Latinoamericana/article/view/141/141
- Chang, R. (2002). *Química* (7ª ed.). McGraw-Hill. <https://sacaba.gob.bo/images/wsacaba/pdf/libros/quimica/Chang-QuimicaGeneral7thedicion.pdf>
- Cho, Y. H. & Jonassen, D. H. (2012). Learning by self-explaining causal diagrams in high-school biology. *Asia Pacific Education Review*, 13, 171-184. <https://doi.org/10.1007/s12564-011-9187-4>
- Cozijn, R., Noordman, L. G. M., & Vonk, W. (2011). Propositional integration and world-knowledge inference: Processes in understanding because sentences. *Discourse Processes*, 48(7), 475-500. <https://doi.org/10.1080/0163853X.2011.594421>
- Escudero, I. & León, J. A. (2007). Procesos inferenciales en la comprensión del discurso escrito: Influencia de la estructura del texto en los procesos de comprensión. *Revista signos*, 40(64), 311-336. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-09342007000200003>
- Gil-Contreras, J., Navarro-Roldan, C., & Pinzón-Prieto, I (2020). Razonamiento funcional y causal sobre el desequilibrio ecosistémico en estudiantes universitarios. *Educación y Humanismo*, 22(39), 1-22. <https://doi.org/10.17081/eduhum.22.39.4081>
- Hashem, K. & Mioduser, D. (2013). Learning by modeling (LbM): Understanding complex systems by articulating structures, behaviors, and functions. (*IJACSA*) *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 4(4), 1-7. <http://dx.doi.org/10.14569/ijacsa.2013.040414>
- Hernández Sampieri, R., Fernánde Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ª. ed.). McGraw-Hill.
- Kintsch, W. (1988). The role of knowledge in discourse comprehension: A construction-integration model. *Psychological review*, 95(2), 163-182. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.95.2.163>



<https://doi.org/10.15359/ree.30-1.20949>
<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/educare>
educare@una.ac.cr

- Lin, H.-H., Tzeng, Y.-T., Chen, H.-C., & Huang, Y.-H. (2020). The cause-effect relation of latent variables in scientific multi-text reading comprehension: Testing the sequential mediation model. *Reading & Writing, 11*(1), 1-12. <http://dx.doi.org/10.4102/rw.v11i1.256>
- Lozano, Ó.R. & Solbes, J. (2014). *85 experimentos de física cotidiana*. Graó.
- Maggioni, L. & Fox, E. (2009). Adolescents' reading of multiple history texts: An interdisciplinary investigation of historical thinking, intertextual reading, and domain-specific epistemic beliefs. *Annual meeting of the American Educational Research Association*.
- McCrudden, M. T., Schraw, G., Lehman, S., & Poliquin, A. (2007). The effect of causal diagrams on text learning. *Contemporary Educational Psychology, 32*(3), 367-388. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2005.11.002>
- McNamara, D. S. & Kintsch, W. (1996). Learning from texts: Effects of prior knowledge and text coherence. *Discourse processes, 22*(3), 247-288. <https://doi.org/10.1080/01638539609544975>
- McNamara, D. S. (Ed.), (2007). *Reading comprehension strategies. Theories, interventions and technologies*. Erlbaum. <https://doi.org/10.4324/9780203810033>
- Mcneill, K. & Krajcik, J. S. (2011). *Supporting grade 5-8 students in constructing explanations in science: The claim, evidence, and reasoning framework for talk and writing*. Pearson.
- Muñoz Calvo, E. M., Muñoz Muñoz, L. M., García González, M. C., & Granado Labrada, L. A. (2013). La comprensión lectora de textos científicos en el proceso de enseñanza-aprendizaje. *Humanidades Médicas, 13*(3), 772-804. <http://scielo.sld.cu/pdf/hmc/v13n3/hmc13313.pdf>
- Portolés, J. (1998). *Marcadores del discurso*. Ariel.
- Rapp, D. N., van den Broek, P., McMaster, K. L., Kendeou, P., & Espin, C. A. (2007). Higher-order comprehension processes in struggling readers: A perspective for research and intervention. *Scientific Studies of Reading, 11*(4), 289-312. <https://doi.org/10.1080/10888430701530417>
- Sanders, T. J. M. & Noordman, L. G. M. (2000). The role of coherence relations and their linguistic markers in text processing. *Discourse Processes, 29*(1), 37-60. https://doi.org/10.1207/s15326950dp2901_3
- Torres Merchan, N. Y., Bernabe Correa, T. H., & Solbes Matarredona, J. A. (2022). Relaciones causales explicativas en la educación científica y su contribución al pensamiento crítico. *Investigações em Ensino de Ciências, 27*(3), 239-253. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2022v27n3p239>

- Torres, N. Y. & Solbes, J. (2016). Contribuciones de una intervención didáctica usando cuestiones sociocientíficas para desarrollar el pensamiento crítico. *Enseñanza de las Ciencias*, 34(2), 43-65. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1638>
- van den Broek, P. (1990). Causal inferences and the comprehension of narrative texts. *Psychology of learning and motivation*, 25, 175-196. [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(08\)60255-8](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(08)60255-8)
- Wiley, J. & Myers, J. L. (2003). Availability and accessibility of Information and causal inferences from scientific text. *Discourse Processes*, 36(2), 109-129. https://doi.org/10.1207/S15326950DP3602_2
- Zunino, G. (2017). Procesamiento de causalidad y contracausalidad: Interacciones entre estructura sintáctica y conocimiento del mundo en la comprensión de relaciones semánticas. *Revista Signos*, 50(95), 472-491. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-09342017000300472>

