



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**

**Instituto de Ciencias Sociales y Humanidades  
“Alfonso Vélaz Pliego”**

**Sobre el Discurso de la Divulgación Científica para niños**

**Tesis**

Para obtener el título de

**Doctor en Ciencias del Lenguaje**

**Presenta**

Javier Camacho Barajas

**Directora de tesis**

María Andrea Vázquez Ahumada

**Mayo 2021**

## Índice

1. Resumen .....	4
2. Introducción.....	6
3. La divulgación científica como fenómeno semiótico.....	12
3.1. ¿Qué es la divulgación científica?.....	12
3.2. Perspectiva de análisis .....	29
4. Metodología.....	32
4.1. Corpus.....	33
4.2. Marco teórico-metodológico.....	36
4.2.1. Estudios críticos del Discurso.....	36
4.2.2. LSF.....	38
4.2.3. Teoría de Legitimación de Códigos.....	41
4.2.4. <i>Affordance</i> , literacidad y fluidez.....	47
4.2.5. Multimodalidad.....	51
4.2.6. Registro y Género.....	60
4.3. Método de análisis.....	71
5. Análisis y Resultados.....	77
5.1. Libros de astronomía.....	77
5.2. Libros sobre física (dinámica y mecánica).....	120
5.3. Libros sobre ciencias en general.....	155
6. Resultados.....	174
6.1. Mapas de registros.....	174
6.2. Recontextualización de conocimiento científico.....	192
7. Discusión.....	245
8. Conclusiones.....	254
8.1. La divulgación de la ciencia bajo el marco de acontecimientos en el 2020.....	259
9. Anexo.....	261

*“Science is a way of thinking  
much more than it is  
a body of knowledge.”  
-Carl Sagan*

## 1. Resumen

El Discurso científico se entiende como un lenguaje no-natural, especializado y con un tecnolecto desarrollado a lo largo de siglos, utilizado por comunidades de individuos entrenados en maneras de observar, experimentar, teorizar y hablar de su entorno con el fin de describir los fenómenos naturales. Aún cuando la especialización de este lenguaje crea una brecha entre la comunidad científica y el público lego, el discurso científico ha encontrado medios para llegar a la sociedad y, en gran medida, ha participado para desarrollar el curso de la humanidad en los últimos siglos.

Discursos como la divulgación científica o divulgación de la ciencia permiten reformular, recrear o reconstruir conocimientos especializados para presentarlos a una comunidad no especializada en los campos de la ciencia. Este discurso tiene como objetivo construir conocimiento especializado por distintos medios, sean audiovisuales o textuales, e incluso en campos especializados como la museografía, conferencias y las artes.

El presente texto muestra una investigación sobre el discurso de la divulgación científica para niños entre 9 y 13 años, para lo cual se analizarán libros que presentan los temas de dinámica, mecánica y astronomía, pertenecientes a la rama de la física, para diseñar un aparato analítico que permita dar cuenta de la construcción del conocimiento en una comunidad no-especializada.

Se revisarán las estrategias discursivas que permiten la re-formulación de los conocimientos especializados para acercar a la población lego a la cultura científica, utilizando principalmente las herramientas analíticas de la lingüística sistémico funcional (Halliday: 2014) y la teoría de códigos de legitimación (Maton, 2014, 2016).

### ***Abstract***

*Scientific discourse is understood as a non-natural, specialized language with a technolect developed over centuries, used by communities of individuals trained in ways of observing, experimenting, theorizing and talking about their environment as ways to*

*describe natural phenomena. Even though the specialization of this language creates a gap between the scientific community and laypeople, scientific discourse has found ways to reach society and, in many ways, has taken part in developing the course of humanity in the last centuries.*

*Discourses such as scientific communication or science outreach allow to reformulate, recreate or rebuild specialized concepts to introduce them to a non-specialized community in the fields of science. This discourse has as an objective to build specialized knowledge through different media, be that audiovisual or textual, and even through specialized fields like museography, conferences and the arts.*

*The following text shows a research on science communication discourse for children aged between 9 and 13, analyzing books which introduce the topics of dynamics, mechanics and astronomy, belonging to the field of physics, in order to design an analytic tool that allows us to see the building of knowledge in a non-specialized community.*

*We will analyze the discourse strategies that allow the re-formulation of specialized knowledge to bring closer the laypeople to a scientific culture, using mainly the tools from systemic functional linguistics (Halliday: 2014) and legitimation code theory (Maton: 2014, 2016).*

## **2. Introducción**

En la consideración de cualquier tema relacionado con la ciencia, debemos primero revisar nuestro propio concepto de ciencia. Ésta ha sido, desde quizás finales del 1800, una búsqueda por la construcción de conocimiento y tecnología que ha contribuido al desarrollo de un mundo globalizado y tecnócrata, especialmente si se consideran los avances desde la Segunda Guerra Mundial, donde la mirada de las potencias mundiales fue el desarrollo de tecnologías y conocimiento científico. A partir de ello, la física aplicada, matemáticas, estadística, ingenierías, química, computación, teoría de sistemas y comunicaciones han emergido para reformular muchos sectores de la vida cotidiana, la cultura de consumo, instituciones de investigación y académicas, así como temas políticos y de distribución de poderes. Es importante notar que muchos de estos avances también han producido otra clase de situaciones sociales, la competitividad entre naciones por mejores avances tecnológicos y científicos que les otorgaran un lugar en el marco internacional como “ganador de la carrera espacial” o como nación tecnológicamente avanzada ha dejado de lado discusiones importantes sobre salud universal, calentamiento global, contaminación y sobreexplotación de recursos naturales y otros problemas que podrían ser relativamente fáciles de solucionar con nuestra capacidad tecnológica. Al final, las ciencias que cuentan son aquellas que producen capital, las que interesan a las grandes corporaciones en una sociedad regida por la capacidad tecnológica y el manejo de informaciones.

Bajo este panorama, entender los mecanismos internos de un discurso que busca acercar aquellos conocimientos científicos al grueso de la población se convierte en un tema relevante. Considerar los conocimientos importantes en temas como el control por la higiene, la relación humanidad-ecosistema, el funcionamiento de computadoras o componentes electrónicos, las capacidades y peligros de un mundo digitalizado, las dinámicas interpersonales en grupos sociales o las distintas aplicaciones de conceptos científicos de la física, química, biología y otras ciencias pueden ser vitales para la toma de decisiones en la vida diaria.

El poder democratizar los saberes sociales, especializados y cotidianos, es un camino importante para el progreso de una sociedad informada, capaz de pensamiento crítico respecto a su entorno y posición en la comunidad. En *Divulgación de la ciencia: ¿educación, apostolado, o...?*<sup>1</sup> (2003: 9) Luis Estrada sostiene que con la divulgación de la ciencia “se pretende extender el conocimiento científico a un gran número de personas”. El discurso de la divulgación científica permite recrear el conocimiento especializado con el fin de llegar al grueso de la población, incluidos todos los sectores sociales para entender distintas perspectivas de la realidad en la que vivimos, entendida esta como un constructo social que coexiste con nuestra capacidad de hacerlo significar y de codificarlo en lenguaje. Con este último podemos idear los mecanismos para lograr el objetivo de la divulgación de la ciencia, reformular el conocimiento de manera que sea accesible a la realidad lingüística y experiencial del individuo que la recibe, y lograrlo de una manera significativa.

Tomando lo anterior en cuenta, cabe recalcar que el ejercicio de la divulgación científica ha tenido una larga historia con distintos inicios y medios en distintos países. Durante el siglo XIX, muchos países comenzaron con distintos programas de comunicación de la ciencia, período interrumpido por la Segunda Guerra Mundial, donde a los científicos de las grandes potencias mundiales no les era permitido divulgar sus descubrimientos por preocupaciones de seguridad nacional. Así, podemos ver que después del conflicto mundial, las ciencias se enfrentaron a una sociedad que aceleraba sus cambios sociales, culturales y económicos, dando lugar a un período de crecimiento exponencial en tecnología y ciencia. A partir de ello, el surgimiento de escuelas, instituciones, academias, laboratorios y empresas y corporaciones dedicadas a la tecnología, dio lugar a producción de nuevo conocimiento y aplicaciones del mismo en distintos sectores de la sociedad. Al mismo tiempo, esta producción exponencial de conocimiento también sugiere un alejamiento entre el lenguaje común del grueso de la sociedad y los lenguajes de las comunidades productoras de este conocimiento especializado, lo cuál también genera problemáticas en la recepción de estos desarrollos

---

<sup>1</sup> El texto citado fue de una conferencia recuperada de la página de la Dirección general de divulgación de la ciencia de la UNAM.

científicos y tecnológicos. La innovación científica y tecnológica supone nuevos desarrollos que inciden en la economía, política, relaciones exteriores, producción y demanda, lo cual a su vez invita a los organismos gubernamentales a tomar cartas en el asunto, regulando distintos aspectos de esta producción, ejemplo de ello han sido países como Rusia o EE.UU., donde el desarrollo científico tuvo tal importancia que en ambos casos sus gobiernos invirtieron grandes cantidades para lograr nuevos conocimientos y tecnologías, ya sea desde el sector militar o público, y maneras de acercar a la gente al entendimiento de la importancia de las ciencias y los efectos y beneficios de éstas en la vida diaria y el progreso de esos países.

Con ello, el principio de un ejercicio de divulgación científica tiene, como se dijo, varios momentos de primera aparición, en 1868, por ejemplo, Tailandia tiene un rey cuyo gusto por la astronomía le llevó a introducir políticas para la comunicación pública de la ciencia; en 1854 y 1877 Noruega y Dinamarca, respectivamente, habían fundado revistas de comunicación de la ciencia; para 1881, Inglaterra ya contaba con una Feria científica; en 1914 y 1936, Noruega y EE.UU., respectivamente, abrieron centros científicos interactivos; Corea del sur comienza su primera Semana nacional de ciencia en 1934, seguido de las Filipinas en 1951; sin embargo, no es hasta el siglo XX cuando empiezan a surgir más y más métodos y esfuerzos para la comunicación de la ciencia, tales como intervenciones en radio, televisión, programas académicos como diplomados, maestrías y doctorados (el primero registrado es EE.UU. con un programa de maestría en Comunicación de las ciencias), esto sin contar las distintas revistas, publicaciones, ferias científicas, semanas de la ciencia, congresos, iniciativas gubernamentales y otros eventos como premios a la divulgación científica que se desarrollaron en varios países entre los años 1970 y 2010 (Gascoigne et al.: 2020).

Con esta vasta historia de la divulgación científica en el marco mundial, podemos tomar el ideal que Vannevar Bush publicó en *Science: The endless frontier* en 1945, ante el cuestionamiento de para qué nos servirá la ciencia en tiempos de postguerra:

Los avances en la ciencia cuando son puestos en uso práctico significan más trabajos, salarios más altos, horas de trabajo cortas, cosechas más abundantes, más tiempo de ocio para la recreación, para estudiar [...] Los avances en la ciencia también traerán más altos estándares de vida, llevará a la prevención o tratamiento de enfermedades, promoverá la conservación de nuestros recursos naturales nacionales, y asegurará medios para la defensa ante la agresión. (Bush, 2020:7)

A pesar de lo anterior, la sociedad se ha enfrentado a golpes contra la recepción de nuevas tecnologías y avances científicos. Nuestra diversidad, observada en población, ingresos, religión, lugares geográficos, tipos de gobierno e historia y cultura son aspectos importantes a considerar en el ejercicio de la divulgación científica. Nos enfrentamos también a aspectos sociales como el miedo al cambio, indiferencia, escepticismo, supersticiones, diferencias culturales o religiosas, colonialismos, ideologías, todo ello representa obstáculos que la divulgación científica tiene que sondear para lograr su objetivo adecuadamente, esto sin contar aspectos políticos o gubernamentales que pudieran frenar los esfuerzos de los divulgadores. El diálogo entre saberes ancestrales, locales, regionales y de otros grupos sociales como el indígena también supone un campo importantísimo para la divulgación científica, ya que se debe considerar la inclusión no solo de “lo que saben” sino de sus prácticas, visiones, aspiraciones, necesidades y gran diversidad social.

En este sentido, la presente investigación cualitativa busca revisar los mecanismos internos del discurso de la divulgación científica con el fin de configurar un perfil general de estos desde el marco de los estudios del discurso, la lingüística sistémico funcional y la teoría de legitimación de códigos. Desde estas perspectivas podemos analizar no solo la estructura textual y semiótica de los textos revisados, sino sus alcances en tanto discurso que busca configurar distintos tipos de saberes, tanto especializados como cotidianos desde una mirada científica y especializada.

Este trabajo se divide en 8 capítulos, de los cuales los dos primeros corresponden a un breve resumen e introducción al campo de estudio, considerando los trabajos previos sobre el mismo, aunque dada la escasez de estudios sobre divulgación científica propiamente, se presentan aquellos trabajos que analizan el discurso científico en general, así como algunos estudios sobre publicaciones relacionadas a la

comunicación pública de la ciencia, como los libros informativos. El capítulo tercero busca revisar un perfil general del estado de la divulgación científica y sus antecedentes en México, así como el marco de estudio del lenguaje científico desde teorías propuestas por la lingüística sistémico funcional, los estudios del discurso y su consideración como un campo de estudio lingüístico y consideraciones sobre los ecosistemas lingüísticos y de prácticas sociales en los que aparecen los lenguajes científicos.

El capítulo cuarto presenta a detalle el corpus seleccionado y el marco teórico de esta investigación, desarrollados a partir de los estudios del discurso, la lingüística sistémico funcional, la teoría de legitimación de códigos, conceptos de disponibilidad semiótica y de recursos lingüísticos para la configuración de conocimientos (affordance y literacidad), multimodalidad y estudios de géneros textuales y discursivos. El conjunto de estas perspectivas teóricas permiten una revisión del lenguaje utilizado por el discurso de la divulgación científica desde distintas aristas que permitirán considerar a profundidad sus mecanismos, objetivos y naturaleza en los libros analizados. Finalmente, el último apartado del capítulo cuarto formula el método de análisis que será utilizado en el corpus, concluyendo con una tabla de referencia sobre los conceptos utilizados.

El capítulo quinto reúne el análisis a partir de lo anterior en tres clases de disciplinas científicas: libros de astronomía, de dinámica y mecánica, y libros de temas variados de interés científico. En el análisis se consideran las categorías de análisis propuestas por las teorías antes mencionadas. De aquí, el capítulo sexto propone versiones simplificadas de los análisis, resultando en mapas de registros de los libros de divulgación de ciencias y la formulación de ondas semánticas para visualizar el funcionamiento de la variación de densidades semánticas en la construcción de conocimientos especializados.

En el capítulo séptimo se exponen consideraciones a partir de los análisis y resultados obtenidos, resumiendo lo encontrado y perfilando las características relevantes de los libros analizados y poniendo dichos resultados en perspectiva. Se

agrega un apartado tomando en cuenta el discurso de la divulgación científica en el marco de los acontecimientos del año 2020 respecto a la pandemia por COVID-19.

El capítulo octavo presenta las conclusiones a las que se llegó en este trabajo, exponiendo la importancia de un discurso que permita mediar los conocimientos especializados en términos accesibles al público lego y al grueso de la sociedad que no tiene acceso a dichos saberes de las comunidades científicas.

### **3. La divulgación científica como fenómeno semiótico**

#### 3.1 ¿Qué es la divulgación científica?

La ciencia es un lenguaje no natural construido bajo metodologías específicas y estrictas, construidas con base en la observación y reproducción de fenómenos naturales, así como la construcción de teorías para la interpretación de algunos fenómenos y teorías que predicen otros fenómenos. La construcción discursiva del conocimiento científico implica tanto prácticas sociales, como recursos y estrategias discursivas que se realizan en configuraciones donde se pretende cierta ‘objetividad’, que consiste en evitar evaluaciones personales de la información presentada. Esto conlleva un distanciamiento de los científicos como observadores subjetivos para enfocar los intereses y objetivos de la ciencia, la construcción continua y progresiva del conocimiento, y a la vez un sentido de veracidad sobre los resultados reportados.

Se trata entonces de un discurso especializado que ha sido refinado a lo largo de siglos de progreso científico como práctica profesional de un individuo o una comunidad, codificado en usos lingüísticos particulares, razón que lo hace ajeno y muchas veces incomprensible a comunidades no-científicas. Es importante recalcar que aún cuando se busca la objetividad y el distanciamiento de las valoraciones personales del científico se debe considerar que existen, en algunos casos, agendas de instituciones, organizaciones e incluso individuos que buscan construir ciertas valoraciones para incentivar la recepción positiva o negativa de los resultados científicos, lo cual implicaría una objetividad parcial; sin embargo, este tema no será tratado en el presente trabajo.

A pesar de lo anterior, la ciencia no se presenta en un discurso único, producido para comunidades aisladas de los usos y contextos de una sociedad entera, sino que en función de interacciones sociales se encuentra la manera de transmitir los resultados, descubrimientos y conocimiento de estas comunidades al grueso de la sociedad.

Este interés por transmitir el conocimiento científico puede responder a una gran cantidad de objetivos de distintas comunidades o individuos. Podemos observar, por

ejemplo, el interés de comunicar la importancia de la higiene personal y de los espacios para evitar problemas patológicos y ecológicos. El conocimiento de conceptos como “efecto invernadero”, “calentamiento global”, “energías renovables” podría suponer el cambio en nuestras rutinas para beneficio de todos. Podemos también hablar, en la misma línea, del descubrimiento de los antisépticos para evitar infecciones en el cuerpo humano, ya sea por intervenciones quirúrgicas o heridas (motivo de su descubrimiento), o para la higiene personal, evitando otra clase de enfermedades contagiosas. Por otro lado, el conocimiento de las fuerzas naturales como son analizadas por la física permite dar cuenta de otros aspectos del mundo, como la capacidad de diagnosticar el clima y hacer predicciones del mismo, el uso efectivo de máquinas simples (como la palanca, la polea y la cuña, entre otras) para la realización de tareas, cuyo funcionamiento y efecto han sido observados y analizados por la física y utilizados cotidianamente para múltiples fines. Un artículo publicado en el portal “CienciaUNAM” por parte de la Dirección general de Divulgación de la Ciencia (DGDC), cita a Luis Estrada (sin fecha, publicado en línea) “La divulgación de la ciencia es un elemento de formación cultural que constituye un enorme capital social para los pueblos” y continúa “La formación cultural integral, debe incluir a la ciencia que aporta a las personas libertad de pensamiento, un elemento esencial en el quehacer de este campo”.

Podemos, a partir de lo anterior, hablar de la creación de literacidad científica, es decir, la capacidad de reconocer e interpretar significativamente una serie de conocimientos especializados sobre la naturaleza del mundo que habitamos, considerando los avances tecnológicos y científicos como base para la construcción de conocimiento y pensamiento crítico.

La divulgación de la ciencia es uno de los canales por los cuales los conocimientos científicos pueden ser transmitidos a distintas esferas sociales, tanto las apegadas a lo cotidiano como las profesionales e institucionales. La divulgación de la ciencia ha hecho uso de distintos medios para lograr su objetivo, informar a la gente sobre cuestiones acerca del mundo que nos rodea, así como presentar la perspectiva y modelo científico de pensamiento.

El medio escrito ha sido uno de los formatos predilectos para la comunicación de conocimientos científicos, autores como Charles Darwin, Isaac Newton o Gottfried Leibnitz fueron grandes científicos cuyos descubrimientos fueron revelados por publicaciones de libros y en revistas científicas del momento. Sin embargo, no es hasta mediados del s. XIX que la comunicación de resultados científicos del momento se presentan a un público que indaga por su propia curiosidad de saber. Algunas de estas revistas son *Astronomie populaire* del astrónomo francés Camille Flammarion publicada por primera vez en 1880 o la revista británica *Nature*, fundada por el astrónomo Norman Lockyer en 1869.

La investigación aquí propuesta se concentra en el análisis del lenguaje de la divulgación científica en libros orientados a niños de entre 9 y 13 años, con el fin de abstraer los patrones discursivos presentes y revisar las funciones de las estrategias retóricas e interdiscursivas que permiten la reformulación del conocimiento científico especializado, utilizando un aparato de análisis particular que combina las herramientas de la Lingüística sistémico funcional y la Teoría de códigos de legitimación. Se ha seleccionado el rango de edades mencionado siguiendo la conceptualización de la adquisición de lenguaje de Michael Halliday, cuyo estudio en *The Language of Science* presenta tres rangos de edades para la conceptualización lingüística, comprendida por la *generalización*, que es la capacidad de transición entre sustantivos propios y sustantivos comunes dada en los primeros dos años de infancia; la *abstracción*, que permite el paso de categorías concretas a categorías abstractas, supuesta entre las edades de 4 y 6 años, donde también se comienza la abstracción escrita; y finalmente la etapa de *metáfora*, entre 9 y 13 años, que permite el paso de construcciones lingüísticas congruentes a construcciones metafóricas para lograr una *re-teorización* consecutiva, esto es, tomar abstracciones lingüísticas previas para construir nuevos conceptos a partir de ellas (2004: 4).

Las dos teorías mencionadas permiten hacer análisis en distintos niveles y dimensiones. Por un lado, la lingüística sistémico funcional permitirá analizar las estructuras discursivas puntualmente, estudiar su construcción lingüística y los recursos que la divulgación científica despliega en los libros para niños. Por otro lado, la teoría

de códigos de legitimación permite analizar las reglas particulares para la construcción del conocimiento, permitiendo analizar los textos en 3 dimensiones que implican a los elementos utilizados (constituyentes), las relaciones de estos elementos con una disciplina y disciplinas distintas, las relaciones epistémicas y sociales que son configuradas en el texto y también propone una alternativa para el análisis de la multimodalidad de los textos. Las relaciones que permiten usar estas teorías en conjunto serán discutidas más adelante.

La divulgación de la ciencia no está completamente definida, por lo que también debe hacerse una exploración de las diferentes conceptualizaciones presentes entre sus practicantes.

En general, se habla sobre educar, sin embargo, de acuerdo con la mayoría de los mismos divulgadores en México (Sanchez, 1996; González, 2007; Tonda, 2004; Muñoz, 2010, entre otros), la divulgación no es educación, aunque se favorece el aprendizaje y la enseñanza; no es difusión, pero se asumen roles jerárquicos, donde el científico proporciona ciencia para que la sociedad se apropie de ella, como una herramienta para simplificar algún aspecto de la vida cotidiana, como un elemento cultural valioso en la perspectiva del científico, para crear cultura científica en la sociedad o para construir pensamiento crítico; tampoco es un discurso meramente científico, sino que debe ser capaz de presentarse ante un público no especializado. “Traducción”, “vulgarización”, “popularización”, “literacidad científica”, “educación científica”, “comunicación de la ciencia”, “difusión”, “enculturación científica”, son todos términos utilizados para hablar de la divulgación, pero ninguno termina de definir cuál es la función y naturaleza de la divulgación científica.

Es importante hacer una distinción entre los términos antes mencionados. Luis Estrada, afamado padre de la divulgación científica en México, menciona que no se trata precisamente de una traducción del discurso de la ciencia sino la presentación de una “versión de la ciencia, por lo que para hacerla hay que elaborar explicaciones adecuadas a los conocimientos e intereses del auditorio” (Tonda et al., 2002:139). La vulgarización y popularización de la ciencia implican también una transformación del discurso original para su recepción por un público lego ajeno a los productores de ciencia que, al

igual que la traducción, suponen una pérdida de elementos significativos, una especie de ‘teléfono descompuesto’ de la ciencia. La comunicación y difusión de la ciencia son términos que en la perspectiva de Ana María Sánchez (en Tonda et al., 2002) son sinónimos; sin embargo, estos implican solamente la transmisión de conocimientos, es decir, información de índole científica a un público que sin más, no sabrá cómo llegar a producir (o incluso interpretar) ese tipo de conocimientos. Por tal motivo y para fines de este trabajo, adoptaremos el término “literacidad científica” como objetivo principal de la divulgación de la ciencia, dado que este término implica no solo la adquisición de conocimientos, sino de adquirir la capacidad de utilizar recursos semióticos apropiados para la construcción de conocimiento y comprensión de fenómenos y causalidades de orden científico, así como la posibilidad de desarrollar pensamiento crítico y la capacidad de aplicar técnicas y procedimientos de la práctica científica, esto es, el uso efectivo de los métodos científicos.

Ante esto, podemos comenzar por comprender que el conocimiento científico está acompañado de una serie de recursos semióticos que, utilizados de manera adecuada, dan lugar a una serie de posibilidades de significado para ‘hacer ciencia’. Si consideramos que toda comunidad lega al conocimiento científico tiene a su disposición una serie de recursos semióticos, podemos suponer que éstos pueden ser desplegados con una configuración particular para generar conocimiento científico. La divulgación científica muestra estrategias discursivas que hacen uso de los recursos semióticos accesibles a una comunidad amplia para la construcción de literacidad científica. Es importante notar que el uso de recursos semióticos ajenos a la práctica científica es solamente un primer acercamiento a la misma; sin embargo, el público interesado que progresa en la lectura y extiende la misma a otros recursos podría, en cierta medida, aprender a reconocer los términos, conceptos, usos lingüísticos y prácticas adecuadas y aceptadas por la comunidad científica.

Usos cotidianos como que algo “se cae” son interpretaciones de experiencias explicadas por la ciencia como “atracción gravitatoria”, dos formas de ver el universo, de las cuales una supone una interpretación abstracta del mundo en vista del conocimiento construido por la ciencia en una comunidad productora de conocimiento. El fenómeno que observamos en esta investigación presenta reinterpretaciones en

términos cotidianos del conocimiento especializado de las ciencias, motivando la adquisición de los recursos semióticos y prácticos para lograr “literacidad científica”.

Como ya se dijo, la divulgación de la ciencia es un discurso que hace accesible el conocimiento especializado a sujetos ajenos a las disciplinas científicas. Las estrategias discursivas que presenta implican una manera de educar y transmitir prácticas para la construcción de un conocimiento especializado. Una nota al respecto: la divulgación científica implica una forma de educar, mas no se trata de una educación institucionalizada como muchas veces se sobreentiende. Se trata de un proceso por el cual atravesamos continuamente y en todos los ámbitos de la vida humana. Educar implica guiar la observación a determinados aspectos, a poner atención a las acciones, hechos y pensamientos, implica construir un pensamiento crítico sobre todas las acciones que realizamos; educar no es solamente institución educativa, es proceso de aprendizaje constante, guiado por individuos, textos, experiencia propia, experiencia ajena y, en ocasiones, también por instituciones. La divulgación científica es una forma de educación con características particulares, una vía para obtener información que supone conocimientos especializados, no inmediatos al individuo ajeno a la práctica científica.

Ante esta noción, se han revisado distintos estudios sobre el lenguaje de la ciencia y algunos procesos de divulgación de las ciencias en lenguas anglosajonas e hispanas (Halliday, 2004; Halliday y Martin, 1993; Martin y Veel, 1998; Lemke, 1990; Cereijido, 2014; Calvo, 2003; Biro, 2007; Tonda, Sanchez y Chávez, 2002; Sánchez y Biro, 2010; Airey, 2017, 2009; Airey y Linder, 2017) donde se discuten las estrategias discursivas con las que la ciencia se desarrolla en lo social e instituciones educativas, así como las construcciones textuales que permiten el ejercicio y transmisión de los conocimientos científicos, dentro y fuera de las comunidades científicas.

El lenguaje de la ciencia se reconoce, entre otras cosas, por sus estructuras lingüísticas. El léxico de la ciencia, por un lado, crece continuamente y es organizado en taxonomías bien definidas de acuerdo a la disciplina científica a que se refiera; por otro lado, sus estructuras gramaticales presentan recursos retóricos específicos que permiten delimitar un ejercicio de las ciencias experimentales como una forma particular de

argumentación razonada (Halliday y Martin, 1993: 7). La creación de un léxico técnico también implica el desarrollo de una gramática que al ser utilizada dentro de patrones discursivos determinados completa un sistema que da lugar a convenciones sobre los términos técnicos recién construidos, una forma de construir teoría sobre eventos “virtuales”. Estos procesos son parte de un mismo sistema de construcción de significados que desarrolla sus elementos a lo largo de la práctica discursiva científica. Un lenguaje especializado.

Halliday (2004) hace una exploración de las estructuras metafóricas en el discurso científico desde lo histórico hasta su proceso de desarrollo sincrónico. El autor considera uno de los procesos más importantes del lenguaje, la capacidad de teorizar y comprender nuestra existencia y la del mundo que nos rodea, de reformular conocimiento común en conocimiento especializado y condensarlo en teorías científicas. El autor propone que las formas de construir significado “evolucionan, de lo congruente a lo metafórico, de lo cláusular a lo nominal” (2004: vii) y propone el concepto de *Metáfora Gramatical*, que ejemplifica con las palabras “longitud” y “movimiento”.

Ambas palabras son conjunciones de categorías significativas distintas. “Longitud” implica la calidad de “largo” y la categoría significativa de un nominal, que lo convierte en entidad o ‘cosa’; y “movimiento” es la conjunción del proceso mover y, nuevamente, la categoría significativa de un nominal. La metáfora gramatical, expone Halliday, es la característica crítica de la gramática por la cual el discurso de la ciencia ha evolucionado. En los dos ejemplos citados, no se trata solamente de una transformación de un verbo o adjetivo en un sustantivo, sino una fusión de categorías gramaticales para construir un nuevo elemento. Estos procesos de metaforización son ejercidos una y otra vez en el discurso; repetir el proceso de metaforización modifica profundamente la manera en que pensamos sobre el mundo, “haciéndolo una forma-sustantivo (estable en el tiempo) mientras es observado, se experimenta con él, es medido y razonado”<sup>2</sup> (2004: 16). Así, la construcción del conocimiento científico se

---

<sup>2</sup> Traducción propia.

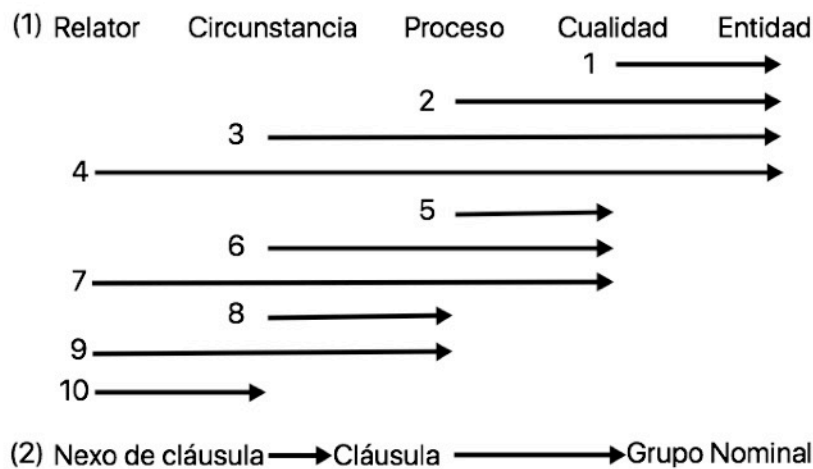
basa en dos procesos fuertemente arraigados en la capacidad metafórica de la gramática. Por un lado, la gramática debe ser capaz de construir significados técnicos elaborados en categorías taxonómicas definidas; por otro lado, dicha gramática debe tener la capacidad de construir razonamientos a partir de la observación y la experimentación.

Es notorio que los procesos de *nominalización*, como los revisados en el párrafo anterior, son las metáforas más comunes en el lenguaje científico. Sin embargo, no se limita solo al cambio de categorías semánticas. “La metáfora gramatical crea fenómenos virtuales —entidades virtuales, procesos virtuales— que existen solamente en el plano semiótico: esto las hace poderosas herramientas abstractas para pensar” (Halliday, 2004: xvii). Volvemos a una de las teorías básicas de Halliday, la capacidad humana de transformar la experiencia en significado. Sin embargo, la capacidad misma implica la realización simultánea (y, quizás, instantánea) de experimentar y construir significado, es decir, no podemos internalizar una experiencia hasta que esta ha sido transformada en significado. Lo que determina nuestra capacidad de internalizarla como significado es el lenguaje, por medio del cual podemos también transmitir nuestra experiencia en palabras, transformarla en texto.

Anteriormente también fue mencionado que existen tres etapas en la formación lingüística de un niño: *generalización*, que permite el paso de términos propios a comunes; *abstracción*, de elementos concretos a abstractos; y la *metafórica*, de constructos congruentes a metafóricos. Cada una de estas etapas es crítica en la formación adecuada del lenguaje en la infancia, la primera etapa permite la construcción de la experiencia, la transformación a significado; la segunda etapa permite la reconstrucción de esa experiencia en modos progresivamente teóricos, construyendo en forma sistémica mientras que se elabora y extiende el potencial de significado a procesos relativamente estables; finalmente la etapa metafórica permite mejorar el potencial de significado, moviéndose a planos más abstractos donde lo conocido debe ser reconstituido en una perspectiva más profunda y duradera (Halliday, 2004: 27-28).

El uso de metáforas gramaticales es una herramienta para expandir el potencial de significado, lo que permite hacer abstracciones a partir de la transformación de

estructuras gramaticales para configurar un elemento que apunta a categorías significativas de orden mayor, como se observa en el caso de longitud y movimiento. Los procesos de metáfora gramatical permiten *empacar* distintos significados en un texto, para la construcción progresiva de conocimiento, de manera que se abre la capacidad individual de potencial de significado a partir de nuevos órdenes semogénicos. Es importante notar que la complejidad semántica de un texto aumenta en tanto que hay más empaquetamientos, y también que las clases gramaticales en un lenguaje particular de alguna disciplina (como la física que nos interesa en este trabajo) buscan estabilidad para poder ser utilizados como elementos para la construcción progresiva del conocimiento sincrónica y diacrónicamente. Halliday encontró que los cambios metafóricos gramaticales muestran la tendencia a lo concreto, a la entitización, para que cada elemento sea reconstruido en la forma del elemento siguiente en dirección a la estabilización y persistencia en el tiempo. Con ello el autor pudo clasificar 10 movimientos de metáfora gramatical, como muestra la figura 1.



**Figura 1.** La deriva general de la metáfora gramatical: (1) estatus, (2) rango.

Cada una de las flechas enumeradas del 1 al 10 son una operación metafórica de cambio de clases gramaticales en función de su clase semántica (marcadas con (1)), en términos de Halliday, su estatus.

El paso de experiencia a significado es una operación teórica y un proceso metafórico, ya que involucra la construcción de la experiencia en términos semióticos

creando un universo semiótico paralelo al universo material. Entre más avanzamos en la transformación de la experiencia en términos de operaciones teóricas, es decir, los sistemas de conocimiento designados en la ciencia y humanidades, expandimos la capacidad de construir y teorizar dentro de lo semiótico, y en este proceso las entidades semióticas se vuelven más y más complejas.

Las ciencias experimentales teorizan sobre el mundo físico al crear nuevos mundos llenos de entidades virtuales creadas en la intersección de procesos y objetos por la metáfora gramatical, las cuales se convierten en entidades sistémicas una vez que la metáfora en ellas muere, es decir, cuando su uso se normaliza a tal grado que ya no es necesario desempaquetarlo. Así, estos elementos estabilizados y con mayor persistencia temporal pueden funcionar como agentes, con los roles que estos pueden tomar y las reglas de uso como recursos del Discurso de la ciencia.

Estos recursos retóricos y discursivos presentes en la construcción del conocimiento científico son reflejo de nuestra construcción del mundo, tal como defiende Halliday (Halliday y Martin, 1993: 9), el lenguaje científico también es una manera de interpretar nuestra experiencia del mundo y los procesos de construcción de significado de la práctica científica han sido una de las bases para la construcción del conocimiento occidental en general, convirtiéndose, con base en su constante uso y desarrollo, en el lenguaje de la literacidad (Halliday y Martin, 1993: 12). Este proceso se da a partir de un complejo y constante cambio de clases semióticas para lograr una teorización progresiva, añadiendo nuevas dimensiones de potenciales de significado al modelo total de nuestra experiencia del mundo.

Es posible vislumbrar que el mismo proceso de construcción y adquisición de recursos semióticos se presenta en cualquier participación en usos lingüísticos particulares, es decir, aprendemos los recursos y estructuras lingüísticas que nos permiten participar en una comunidad particular, como las profesionales.

La divulgación de la ciencia recontextualiza y reconstruye conocimientos especializados, producto que se pone a disposición de un público que no reconoce las

particularidades de los campos semióticos de la ciencia, pero que busca resolver su propia curiosidad sobre el mundo.

Por otro lado, Lemke hace énfasis en un aspecto importante de cualquier práctica lingüística: “‘hablar de ciencia’ no solo es hablar acerca de la ciencia. Significa *hacer* ciencia por medio del lenguaje” (Lemke, 1990: ix), tomando en cuenta al lenguaje como un sistema de recursos para construir significados. A parte de los aspectos léxicos y gramaticales discutidos por Halliday, Lemke habla de la capacidad semántica del lenguaje, refiriéndola como una constante que permitirá hablar de ciencia desde distintas ramas de estudio, pero con relaciones significativas similares en tanto que representa el contenido “científico” de un texto. Estos recursos semánticos son uno de los fundamentos para la comunicación de las ciencias, así como los medios para entender la manera en que utilizamos el lenguaje para crear significados.

Lemke enfatiza que la comunicación es precisamente la creación de comunidades, en tanto que es un proceso social por medio del cual manipulamos situaciones (Lemke, 1990: x). Nos comunicamos mejor con individuos que comparten los mismos sistemas de significación que nosotros, miembros de la misma comunidad. Lemke estudia la enseñanza de un lenguaje científico considerando a los profesores como miembros de una comunidad que utiliza efectivamente este lenguaje, y una comunidad de alumnos que serán iniciados en esa práctica discursiva. Esto presenta algunos problemas también discutidos por Halliday y Martin (1993: 3) como la alienación de los estudiantes, ya que, al no conocer las estructuras léxico-gramaticales y los recursos y estrategias retóricas de la ciencia, esta parece tener características dogmáticas, autoritarias e impersonales que pueden proyectar a la ciencia como “mucho más complicada de lo que realmente es, y a los científicos como genios con los que los estudiantes no pueden identificarse” (Lemke, 1990: xi). Lemke y Halliday coinciden en que la ciencia es un proceso social, un proceso que comprende maneras de hablar, de razonar, de observar, de analizar y escribir lo que aprendemos de una comunidad, y cómo utilizamos esto para construir argumentos ‘científicos’.

Es importante entrever que Lemke, Halliday y Martin hablan de contextos escolares principalmente, donde existe el compromiso profesor-alumno, en el que se asumen roles jerárquicos marcados y se establecen regulaciones conductuales e intelectuales a las que el alumno se somete para lograr una adquisición “aceptable” de conocimientos o competencias, es decir, debe desempeñarse aceptablemente ante una evaluación de los conocimientos aprendidos. Los textos de divulgación de la ciencia prescinden del compromiso con un agente activo, como lo es el profesor, pero busca el compromiso del lector consigo mismo y su lectura y apropiación del texto. Es importante recalcar esta vital diferencia entre la enseñanza escolarizada de la ciencia y la divulgación científica. La educación institucional requiere de un compromiso en la forma de un contrato por el cual el receptor llamado alumno, es dispuesto a ser educado y evaluado en distintos aspectos aún cuando éstos no sean de su interés, mientras que en la divulgación científica el público receptor requiere de un acercamiento puramente voluntario, por lo que el divulgador busca que la transmisión del conocimiento sea amena y responda a las necesidades del público (Bonfil, 2005: 11-15).

Por otro lado, Martin y Veel hablan de la recontextualización, semogénesis, intertextualidad y la hegemonía del discurso científico en lengua inglesa, que es un punto importante para la divulgación de lo que el mundo occidental supone como “conocimiento legítimo”. Con la recontextualización, Martin y Veel (a partir de trabajos previos de Halliday y Martin) consideran la relación entre el discurso científico y la comunidad, y cómo éste es utilizado en las escuelas bajo un propósito pedagógico, por lo que los autores presentan no solo una exploración de la recontextualización en términos pedagógicos sino en otras prácticas sociales que implican un discurso científico, tales como la escritura científica, la ciencia ficción, el discurso tecnológico en la industria científica, y la influencia del discurso científico en las ciencias sociales y cognitivas (Martin y Veel, 1998: 4-5). Por otro lado, se consideran los cambios en el discurso como una variable que funciona conjuntamente con los cambios en los recursos gramaticales que un lenguaje utiliza para construir significado. Así, podemos hablar de los cambios generados dentro de un mismo texto (logogénesis), cambios a lo largo de la vida de un individuo en términos de desarrollo lingüístico (ontogénesis) y los

cambios en una perspectiva multi-generacional, como evolución de la cultura (filogénesis). Estos distintos niveles de cambio permiten la apropiación de elementos discursivos como construcción significativa de nuestra experiencia del mundo y la transmisión de dicho conocimiento, así como una regularización de un discurso, lo cual a su vez habla de nuestra capacidad de construcción de discursos abstractos que permean toda la estructura social.

Con la intertextualidad se busca explorar la manera en que distintas prácticas discursivas, con sistemas de significación distintos, son instanciadas en un mismo texto. Hablamos entonces del caso de géneros discursivos y la hibridación de los mismos, el proceso de incluir sistemas de prácticas discursivas distintas en un mismo texto, para comprender los recursos particulares a una práctica y la construcción de textos con fines particulares (Martin y Veel, 1998: 8).

La divulgación científica presenta fenómenos de hibridación de textos, tanto literarios, como técnicos, profesionales y cotidianos, favoreciendo la reinterpretación y recontextualización en términos cotidianos. Las presentaciones y formatos de libros de ciencias buscan retomar los aspectos crípticos y abstractos de los conocimientos científicos para presentarlos, explicados en términos de un contexto cotidiano, al público inexperto. A raíz de esto, Martin y Veel consideran el discurso científico como un ejercicio de poder sobre una comunidad determinada. Este poder otorga al discurso científico de una posición privilegiada, dado que es un medio por el cual se puede tener control sobre el mundo material a partir de recursos técnicos y tecnológicos y sobre el mundo socio-cultural y político, en otras medidas.

La divulgación científica (DC) ha sido abordada por autores, entre otros, como Daniel Cassany y Helena Calsamiglia apoyados en trabajos hechos por franceses como Yves Jeanneret (1994) quien propone una definición de la divulgación científica como una popularización de saberes especializados, una simplificación, reducción o ejemplificación de conocimientos previamente elaborados con el lenguaje técnico de cada disciplina (1994: 21-80), por lo que se entiende esta operación como una recontextualización y reconfiguración de un lenguaje alto, culto y técnico, a otro

considerado más familiar y accesible a un público general, bajo cierta conceptualización jerárquica del lenguaje. Luis Estrada habla de la DC como la comunicación de resultados de investigaciones científicas a un público en general, utilizando reformulaciones, metáforas, analogías y otros recursos, con el consecuente riesgo de deformar el mensaje, es decir, una perspectiva primeriza y un tanto difusa sobre las particularidades del conocimiento científico (1992).

Daniel Cassany (2003) considera la operación discursiva de la divulgación científica como una *traducción* o *interpretación* entre registros de la lengua, es decir, entre el lenguaje de una disciplina y un uso lingüístico “general que conoce el público no especializado” (2003: 6). En el estudio de Cassany encontramos también la relación entre aspectos léxicos y gramaticales del uso lingüístico de la DC. Cassany considera también la *recontextualización* como parte de una perspectiva pragmática de la DC, en la que el conocimiento construido con herramientas comunicativas especializadas es reelaborado para el consumo de la comunidad de habla como un todo, es decir, una comunidad masiva, heterogénea y con medios y propósitos distintos, por lo que es necesario considerar los contextos discursivos y comunicativos en que se presenta.

Sin embargo, Cassany habla de una divulgación de la ciencia en los medios periodísticos donde la institución científica, restringida a la comunidad de investigadores, es el campo en que se produce un discurso objeto de la recontextualización, mismo que contiene conceptualizaciones de un saber expuesto con un lenguaje altamente especializado, además de prácticas institucionalizadas de investigación y comunicación. Este discurso especializado es sometido a una reinterpretación y recontextualización en términos de una empresa o institución dedicada al periodismo, lo cuál conlleva implicaciones particulares, como el reporte de descubrimientos importantes, noticias recientes o artículos como “curiosidades científicas”. Cassany también menciona a la comunidad de habla como la receptora de la recontextualización, construida por hablantes que comparten una lengua común y un contexto cultural variable. En esta comunidad, el consumo de la ciencia se da en términos similares al consumo de noticias o reportajes de otros ámbitos, en los que las

variables de interés personal, amenidad o facilidad de comprensión son tangibles, de manera que los géneros de divulgación de la ciencia tienden a utilizar recursos más variados y dinámicos para llamar la atención de una comunidad heterogénea (Cassany, 2003: 7).

En cuanto a la popularización o vulgarización de la ciencia, la autora Jeanne Fahnestock considera que una de sus funciones no es el validar la ciencia, sino celebrarla y también debe ser explícita acerca del valor de los descubrimientos científicos que intentan comunicar, es decir, que no se debe confiar de la capacidad de la audiencia para reconocer el significado de la información. Fahnestock sostiene que “el trabajo de una retórica epidíctica (demostrativa) en [la divulgación científica] requiere ajustes de nueva información en los valores y suposiciones presentes en una audiencia particular” (McRae, 1993:20). Es decir, la divulgación se presenta con una configuración interpersonal y de afecto sobre sus contenidos, a esto se suma la confrontación con las valoraciones del público, por lo que es posible un choque discursivo. Toda esta información se regula en la configuración particular del texto, expuesta con estrategias discursivas con el fin de construir un pensamiento crítico sobre aspectos observables de los fenómenos naturales.

El fenómeno de reformulación de conocimientos para nuevos propósitos y contextos es una de las razones por las que la ciencia ha alcanzado una profunda influencia en toda la vida social, tanto en términos técnicos y tecnológicos, como discursivos y hegemónicos. Halliday (1993) sostiene que cuando un nuevo paradigma para la actividad científica emerge hay una tendencia a retomar términos ya existentes en el contexto general de la ciencia para ser reconfigurados y reordenados de acuerdo a los principios y necesidades del nuevo paradigma. En el caso de la divulgación científica, podemos suponer no una recontextualización que busca instaurarse a nuevos contextos, sino a nuevos y distintos *tipos de relaciones sociales* entre los usuarios de la divulgación científica y el discurso científico.

Por otro lado, y considerando las relaciones sociales a que se aludía en el párrafo anterior, debemos considerar al (dispositivo) pedagógico (Bernstein 1994, 1996) en el

ejercicio de la enseñanza y, en términos de Francis Christie (en Martin y Veel, 1998: 152), cómo éste no implica solamente la transmisión de ‘contenido’ científico, sino la transmisión de una serie de valores, actitudes y modos de experimentar e interpretar el mundo, los cuales son elementos necesarios para el desarrollo de individuos capaces de operar dentro de un rango de prácticas sociales, así como interpretar y aplicar conocimiento científico reconocido y utilizarlo en situaciones fuera del aula.

De partida, Christie asume al discurso científico como alejado del sentido común (*uncommonsense*), es decir, requiere un aprendizaje de nuevos usos de un lenguaje, mientras que el discurso del sentido común es aquel que se aprende en lenguajes más cotidianos. La divulgación de la ciencia permite una proximidad discursiva entre el conocimiento científico y los discursos cotidianos de un público inexperto, utilizando recursos semióticos y discursivos de distintos tipos configurados con propósitos particulares en el texto. El uso de libros de divulgación científica supone recursos de las ciencias, de la pedagogía, de recursos culturales y sociales, y de una particular visión del mundo.

Es importante recalcar que al nombrar la pedagogía en este trabajo, se refiere al hecho de estudiar la manera en que la información está organizada para lograr un fin educativo, no necesariamente en el contexto institucional, pero sí como un proceso de socialización por medio del cual se desarrollan capacidades cognitivas, tales como son construidas por el conocimiento científico en la divulgación científica, que si bien no tiene como principal objetivo la educación formal, si presenta una manera de construir una literacidad científica.

Ante esto, cabe mencionar la conceptualización de Ana Garralón en *Leer y Saber* (2013) sobre los libros informativos para niños como libros dedicados a presentar información organizada para desarrollar pensamiento crítico y comprender el mundo a un nivel fiable, científico y riguroso, que utiliza muchos recursos distintos tanto discursivos como mediáticos. Estos libros también suponen una posibilidad de utilizar libros más complejos y materiales y contenidos cada vez más especializados (20). No

solo se presentan como una puerta a conocimientos, sino como posibilidad de una exploración más profunda de distintos temas.

Calsamiglia (2001) propone una cuestión interesante respecto a la vulgarización de la ciencia como forma de divulgación: ¿qué tanta información se pierde? Es notable que cualquier proceso de simplificación (o la traducción, por ejemplo) suponen una modificación del registro, y por lo tanto podría, o no, implicar pérdida de información. Sin embargo, siguiendo a Garralón (2013), se entiende que el lector aprenderá a utilizar el discurso científico y los conocimientos y prácticas asociados a este mientras avance en su lectura, por lo que podemos no hablar de una pérdida de información, sino una construcción paulatina del conocimiento, tomando en cuenta que el objetivo de la divulgación científica no es crear científicos, sino acercar el conocimiento al público.

Cassany, Ferrero y Martí (2000) hablan de los canales por los cuales circula la ciencia en la sociedad para detectar problemas y necesidades de ésta, así como formular objetivos y proyectos de investigación, la presentación de resultados entre especialistas y la misma divulgación de información importante al público. Estos canales de transmisión implican la modulación del discurso de la divulgación científica para adaptarse a las necesidades de cada canal y los cambios contextuales que puedan ocurrir. Así, los autores consideran a la divulgación científica como un complejo circuito social a través del cual se elabora y disemina la ciencia, pero que mantiene una heterogeneidad interna (2000: 3). Por tanto, el discurso científico puede manifestarse a partir de la divulgación científica en la notificación de descubrimientos, análisis de causas y consecuencias de un incidente, educar a la sociedad sobre potenciales riesgos de salud pública, las presentaciones de museos, las revistas divulgativas, suplementos en periódicos, etc. La idea de libros informativos, como los presenta Ana Garralón (2013), nos permite analizar un medio para la divulgación científica en formatos que combinan recursos semióticos variados expuestos en texto e imagen, dedicados a la construcción de conocimiento de carácter especializado.

### **3.2 Perspectiva de análisis**

Considerado lo anterior, el discurso científico supone un uso especializado del lenguaje, el cual no está al alcance de la población en general, sin embargo, existen estrategias para la transmisión de conceptos, descubrimientos y métodos científicos, de tal manera que su comprensión sea más accesible a lectores no-científicos. El estudio de la divulgación científica permite entender las distintas maneras en que es posible reconstruir y recontextualizar conceptos científicos abstractos para su comprensión por una población determinada y, al mismo tiempo, supone un medio por el cual el discurso de la ciencia y sus prácticas llegan a la sociedad. Hablamos así de por lo menos 3 fenómenos que funcionan en conjunto para construir el discurso de la divulgación científica: la producción de información, la legitimación de la misma por medios de producción especializados, y efectos sociales procurados por la práctica de divulgación científica.

Proponemos las herramientas de la lingüística sistémico funcional en conjunto con la teoría de códigos de legitimación, para analizar los recursos discursivos y semióticos con los cuales este discurso adquiere validez y los medios para lograr el objetivo de interesar al público por temas científicos, así como desarrollar métodos de indagación y pensamiento crítico.

Si bien el discurso científico ha sido abordado desde distintas perspectivas, el discurso de la divulgación científica ha recibido poca atención, y los estudios hechos al respecto se concentran en revistas periódicas. En general, los libros de divulgación científica han sido poco estudiados a partir del análisis crítico de su discurso y los estudios con las herramientas de la Lingüística sistémico funcional y la Teoría de códigos de legitimación se limitan mayormente al lenguaje científico. Con esta investigación se busca lograr una caracterización de los distintos recursos retóricos y estrategias discursivas que permiten la construcción de literacidad científica en un público infantil.

Como objetivo principal de este trabajo de investigación se propone diseñar un aparato analítico que permita dar cuenta de las estructuras lingüísticas en una descripción sistémico funcional así como las estructuras que permiten su uso efectivo al ser expuestos a un público. Con este aparato se analizarán los usos de recursos semióticos, lingüísticos y sociales para la construcción de conocimiento científico. Para esto, el trabajo se concentra en analizar libros dedicados a tres disciplinas de la física: dinámica, mecánica y astronomía.

Se observa, también, la existencia de diferentes tipos de hibridación de géneros discursivos, con lo cual es posible la construcción de conocimiento científico por medio de recursos semióticos ajenos a la ciencia, expuestos como medios para la introducción de conceptos abstractos a un público inexperto. Es, pues, un objetivo secundario analizar estas hibridaciones para dar una descripción de los recursos discursivos presentes en la divulgación científica para niños, así como hacer un contraste entre distintos géneros de libros de divulgación de la ciencia para dar cuenta de las estructuras discursivas que presentan y sus funciones con respecto al género de producción.

Por último, introducimos el concepto de *affordance* (disponibilidad semiótica), descrito por Cedric Linder y John Airey (2017, 2006) y John Airey (2009), para definir rangos de estrategias discursivas específicas a prácticas pedagógicas y/o disciplinares, que concuerdan con las descripciones de Maton respecto a la construcción paulatina de conocimiento para la apropiación de prácticas y conceptos especializados de las ciencias físicas. En esta investigación se analizan los recursos necesarios para lograr hibridaciones adecuadas al público objetivo de la divulgación científica (es decir, niños de un determinado rango de edades), con el fin de describir los procesos de apropiación de conceptos y prácticas sociales de la ciencia en el público que consume divulgación de la ciencia.

Es preciso presentar cuestiones iniciales respecto al fenómeno en vista para guiar la investigación aquí descrita. El enfoque principal es visualizar los procesos de construcción de conocimiento legítimo y formas de pensamiento adecuados a prácticas sociales y profesionales determinadas, por lo cuál una primera cuestión es ¿se puede dar

cuenta de la construcción y función de una práctica social a partir de sus estructuras lingüísticas y relaciones entre su contenido semiótico? Si es así, entonces ¿cómo se adecúa la progresión en la construcción del conocimiento? ¿Qué estrategias discursivas se presentan en la divulgación científica para la construcción de literacidad científica? y por último, cómo se construye el pensamiento y la cultura científica en la divulgación científica.

#### **4. Metodología**

Como ya ha sido expresado brevemente, el presente estudio toma las herramientas de la lingüística sistémico funcional (LSF) así como otras teorías derivadas de la misma y también las herramientas analíticas de la Teoría de códigos de legitimación, desarrollada por Karl Maton (2013, 2016) a partir de las ideas de Basil Bernstein (1990, 1996). Estas teorías presentan metodologías para el análisis del lenguaje en su configuración semiótico-lingüístico, en este caso, en la divulgación científica para niños así como de la configuración y funcionamiento de dicha práctica social a partir del conocimiento que se construye como de quienes intervienen en ello. Gracias a las herramientas de análisis de estas teorías podemos dar cuenta de las construcciones textuales y visuales como sistemas semióticos co-desplegados para la construcción de conocimiento sobre la ciencia.

La LSF permite observar las distintas configuraciones profundas del lenguaje, gracias a los conceptos de metafunciones ideacional, interpersonal y textual. Podemos también analizar con este mismo marco la configuración de imágenes desplegadas en el texto. Painter, Martin y Unsworth (2012) hablan de la importancia de que “[los libros con imágenes] deben ser seriamente reconocidos como una forma bimodal donde la modalidad visual juega un papel tan importante como el verbal en la creación de significado y la formación de lectores” (pág. 2).

Por otro lado, gracias al desarrollo de metodologías de análisis para los patrones desplegados textualmente, tales como el estudio de géneros (Bhatia, 2014, 2017; Martin y Rose, 2008; Matthiessen, 2015) y, utilizando la terminología de Matthiessen (2015) ubicar la posición respecto a otros grupos productores de discursos en la sociedad, construyendo un mapa del discurso a estudiar de acuerdo a sus características metafuncionales, estructuras retóricas y relaciones de registro y género en el texto.

Añadiendo a lo anterior, la teoría de códigos de legitimación permite dar cuenta de los procesos y componentes sociales y semióticos por medio de los cuales una producción de conocimiento es reconocida como legítima en términos de un grupo

social determinado. Esto da lugar a una interpretación de la práctica social como productora de conocimientos a partir de recursos semióticos, lingüísticos y aquellos relacionados al medio de producción, el cual pretendemos desarrollar en términos del análisis léxico-gramatical y visual en el corpus propuesto.

El presente capítulo se encarga de revisar a fondo las teorías propuestas así como los derivados de las mismas que serán utilizados para el análisis del corpus en esta investigación, y concluirá con el método de análisis cualitativo propuesto para análisis.

#### **4.1 Corpus**

Para la investigación propuesta se han recopilado 11 libros de divulgación científica sobre temas de Física para niños, específicamente 5 libros con temas relacionados con leyes del movimiento, 5 que tocan temas de astronomía y dos libros que presentan temas variados de ciencias, donde se presentan conceptos básicos de fenómenos naturales, tecnologías y otros conceptos y teorías científicas, así como experimentos para recrear la metodología científica de observación, reproducción y predicción de resultados de un fenómeno científico como el movimiento o interacciones de cuerpos celestes. Se consideran libros de divulgación enfocados a públicos con rangos de edad entre 9 y 13 años de edad, de acuerdo con la idea de Halliday respecto a la adquisición del lenguaje, donde se comienzan a hacer abstracciones metafóricas para expandir y re-teorizar sobre conceptos previos.

Los temas de leyes del movimiento han sido elegidos por ser los primeros fenómenos naturales abordados por la instrucción tradicional de la física en las aulas, así como uno de los principales fenómenos observables: la mecánica es la rama de la física que estudia el movimiento y reposo de los cuerpos, así como su evolución en el tiempo bajo la acción de fuerzas; y la dinámica es un estudio más específico del movimiento de un sistema físico con relación a los motivos y causas que provocan cambios del estado físico y estado de movimiento. En la instrucción sobre física éstos son el primer acercamiento al estudio de los fenómenos naturales e implican también la introducción

al método científico. Por otro lado, la astronomía es una de las ciencias físicas más antiguas de la humanidad, así como uno de los temas más populares entre divulgadores y público que procura la divulgación científica por el interés que existe sobre la observación de las estrellas y los cuerpos celestes.

Los libros elegidos tienen contenidos y formatos variados, esto permitirá dar un panorama de los distintos géneros y registros utilizados para la construcción del discurso de la divulgación científica.

Los libros de mecánica y dinámica incluyen los títulos: 1) “Hugo y las leyes del movimiento”, escrito por Noboru Takeuchi y Marisol Romo y editado y publicado por Ciencia Pumita de la UNAM, el cual narra la historia de Hugo al aprender las leyes del movimiento junto a grandes personajes científicos; 2) “Montaña Rusa de la Ciencia”, escrito por Chris Oxlade y editado por Larousse, el cual presenta los conceptos físicos de la dinámica en un formato que permite la interacción del lector con los fenómenos descritos en la forma de una montaña rusa que el lector deberá construir, incluida en el libro; 3) “Física divertida” es otro libro editado por Larousse y escrito por Tom Adams y Thomas Flintham, que presenta temas de dinámica y mecánica, su formato es Pop-up, por lo que presenta un método interactivo para acercar al lector al conocimiento científico; 4) “Fuerza y Movimiento” escrito por Joseph Midthun y Samuel Hiti y editado por Trillas, es un libro que presenta un formato de historieta en el que se presentan las aventuras de dos personajes, llamados Fuerza y Movimiento; 5) “¿Cómo funcionan las máquinas?” es un libro escrito por Nick Arnold y Allan Sanders, editado por Novelty Ediciones, que presenta de manera interactiva los temas de mecánica y dinámica, su formato combina texto, imágenes y modelos de máquinas armables para presentar los conceptos científicos del movimiento e interacción de fuerzas.

Los libros de astronomía incluyen los títulos: 1) “Aventúrate en una misión para explorar el espacio” escrito por Tom Jackson y Peter Bond y editado por Parragon, que presenta un acercamiento a los cuerpos celestes, la exploración espacial y los fenómenos cósmicos en un formato que combina distintos recursos, tales como texto, imágenes, diagramas, gráficas, actividades y ejercicios; 2) “El espacio en 30 segundos”

escrito por Clive Gifford y editado por Blume, presenta un formato resumido que presenta al receptor lecturas de 30 segundos, un resumen de 3 segundos y “misiones” de 3 minutos, que son actividades y experimentos; 3) “Observa el cielo nocturno”, escrito por Raman Prinja y editado por Lexus, es una guía para la observación astronómica, donde se presenta información relacionada a los cuerpos celestes, las culturas y personajes que observaron y estudiaron el cielo nocturno y actividades que el lector puede realizar para complementar su observación del espacio; 4) "Mensajero de las estrellas" escrito por Peter Sís y editado por Castillo, presenta la vida y obra de Galileo Galilei en una narración sobre el científico y su contexto social-histórico, presentando al mismo tiempo los conceptos de astronomía que Galileo desarrolló; 5) “Descubramos el espacio exterior” es un libro editado por la editorial Panamericana y escrito por Andrea Erne con un formato que también invita al lector a interactuar con las páginas revelando texto e imágenes ocultos detrás de pliegues en la página, su tema es la exploración espacial y los cuerpos celestes, así como la tecnología empleada para la exploración y observación espacial.

Por último presentamos dos libros como caso especial. “100 cosas que saber sobre ciencia”, editado por Usborne y escrito por Alex Frith, Minna Lacey, Jerome Marti y Jonathan Melmoth, es un libro que toca distintos temas y la perspectiva científica sobre los mismos, incluida la mecánica, dinámica y astronomía, así como muchos temas más que corresponden a otras ciencias naturales y exactas. El formato de este último libro presenta una combinación de recursos lingüístico-semióticos variados, y un lenguaje accesible a un amplio público, así como información de un alto nivel de especialización, por ejemplo la famosa ecuación para energía de Einstein. Y “Ciencia rebelde”, editado por Larousse y escrito por Dan Green, es un libro que presenta temas de ciencias naturales y exactas a partir de presentaciones biográficas de los científicos que desarrollaron tales investigaciones, incluyendo sus descubrimientos científicos o tecnológicos, pero también se concentra en presentar a la ciencia como una disciplina en constante actualización, donde el desacuerdo y la curiosidad son los motores que impulsan el desarrollo científico.

La selección de los libros ya descritos corresponde también a un género antes discutido con base en el texto de Ana Garralón (2013). Se trata de libros dedicados a la presentación de información especializada y conocimientos producidos en prácticas profesionales de la ciencias. Dicho conocimiento no suele estar al alcance inmediato del público en general y son necesarios medios por los cuales éste pueda llegar a ellos. La divulgación de la ciencia presenta un discurso que permite acercar ese conocimiento, y los formatos y estrategias de los libros informativos dan lugar a un medio con inmenso potencial para el objetivo principal de la divulgación de la ciencia. Estos libros son tanto un medio para adquirir un conocimiento determinado, como una puerta hacia prácticas que desarrollan la indagación y el pensamiento crítico sobre el medio en que vivimos, las fuerzas de la naturaleza y la misma naturaleza humana.

## **4.2. Marco Teórico**

Partiendo de la metodología de los estudios críticos del Discurso, se busca hacer una exploración a la construcción discursiva de la divulgación científica, tomando en cuenta elementos teóricos de la Lingüística sistémico funcional (LSF) de M.A.K. Halliday (2014, 2004), así como avances en este campo, tales como la Teoría de la valoración (Martin/White, 2005), la Teoría de códigos de legitimación en conjunto con el concepto de *semantic waves* desarrollado por Karl Maton (2013, 2016) y los conceptos de *affordance* introducidos por Cedric Linder y John Airey (2017, 2006) y John Airey (2009).

### **4.2.1. Estudios críticos del Discurso.**

Por medio de los estudios críticos del discurso, hacemos una aproximación a las estructuras lingüísticas y las relaciones sociales que estas enactúan. La construcción del discurso de la DC se presenta como una instanciación de las formas del género científico expuestas por un medio lingüístico multimodal que permite la re-construcción

de conocimientos especializados en un lenguaje accesible y familiar a una sociedad no-científica, comúnmente alejada de las conceptualizaciones y metodologías de la ciencia, lo cuál supone estructuras discursivas que construyen el discurso de la DC. Debe notarse que en una sociedad que en general se encuentra alejada de los discursos especializados de la ciencia, la DC se presenta como una forma de acercar a un público lego al discurso científico, por lo que se percibe una relación impar entre cognoscentes de la ciencia y legos. Esta interacción social supone, entonces, estrategias discursivas especiales y recursos semióticos particulares para lograr los objetivos de la DC, la literacidad científica.

Los estudios críticos del discurso permiten dar cuenta de las distintas prácticas y discursos que funcionan a partir de la DC para lograr un objetivo determinado en el público receptor. Teun Van Dijk (2013) enfatiza que el análisis crítico del discurso no es una metodología, sino que se trata de una aproximación crítica, como estado mental, a los fenómenos sociales a partir del discurso, implica tomar en cuenta diversas perspectivas para generar una idea amplia y precisa del funcionamiento de los discursos en tanto forma y función, forma no en el sentido de la lingüística tradicional, pero si como una descripción de las estructuras gramaticales que generan un uso particular del lenguaje en una sociedad, y buscar entender los efectos de determinadas estructuras con respecto a otras. Estudiar críticamente al discurso es observar las distintas ramificaciones de un fenómeno multidimensional, complejo y sistemático. Van Dijk termina su artículo diciendo que no se trata de un solo método para el análisis crítico del discurso y “recomiendo usar el término Estudios críticos del Discurso para las teorías, métodos, análisis, aplicaciones y otras prácticas del análisis crítico del Discurso”.

Los estudios críticos del Discurso se enfocan en analizar un objeto de estudio de manera interdisciplinaria, pero también se caracterizan por dar cuenta de las estructuras ideológicas y de poder. El lenguaje es una práctica social, “una relación dialéctica entre un evento discursivo particular y la situación(es), institución(es) y estructura(s) social(es) que lo enmarcan: el evento discursivo está formado por ellos, pero ellos también son formados por el discurso.” (Wodak, R.; Meyer, M., 2016: 6). Constituye,

por tanto, situaciones, objetos, individuos y estructuras sociales de distintos tipos y, dependiendo de los objetivos particulares de la comunidad productora del discurso, tendrá efectos variados en la sociedad como un todo. Así, podemos observar el ejercicio del poder por medio de la producción discursiva.

En este sentido, la DC es un producto de una comunidad específica interesada en transmitir la información y conocimientos especializados de las ciencias naturales y exactas. Es notable que existen instituciones que están interesadas en la transmisión de los conocimientos científicos y la construcción de una literacidad científica con fines de bienestar social, pero también hay agendas de instituciones que buscan aumentar el capital tecnológico y técnico, ya sea de una institución privada, pública o gubernamental. Dichas instituciones, y en algunos casos individuos, buscarán la manera de adaptar el discurso de la DC para lograr fines particulares, de manera que el ejercicio del poder e imposición de ideologías es un fenómeno posible en la DC.

#### **4.2.2. Lingüística sistémico funcional**

Gracias a la teoría propuesta por Halliday para el análisis funcional del lenguaje como sistema semiótico desplegado para fines sociales, podemos dar cuenta de todos los aspectos puntuales que dan lugar a la estructura lingüística de un texto como unidad de significación. La LSF también aporta métodos para analizar las estructuras subyacentes a la construcción lingüística, así como ofrece un panorama de las funciones y relaciones que el texto tiene con el contexto, en palabras de Halliday: “caracterizamos el texto como lenguaje funcionando en contexto” (2004:4). El texto, por otro lado, es una selección de elementos de una gran red de sistemas, de los cuales las distintas prácticas sociales también toman elementos para configurar sus propios discursos. Regresamos a la definición básica de Halliday: “el lenguaje es un recurso para construir significado, y el significado reside en los patrones sistémicos elegidos.” (2004: 23).

Los conceptos de metafunciones y funciones contextuales darán lugar a un análisis puntual de las estructuras contenidas en el texto así como su función

significativa en la producción de un discurso particular cuyos objetivos son la construcción de conocimiento y de pensamiento crítico para lograr una literacidad científica. La capacidad crítica del estudio funcional del sistema lingüístico da lugar a perspectivas interesantes sobre la producción de elementos significativos. Tomando en cuenta la LSF como base para el análisis del discurso científico, Halliday (2004) presenta la *metáfora gramatical* como uno de los recursos más utilizados para la construcción de conocimientos especializados, en este caso científicos, y su sucesivo uso para la construcción de otras conceptualizaciones y la expansión y progreso de nuevo conocimiento científico.

La metáfora gramatical es presentada por el autor como parte del potencial semogénico del lenguaje natural, es decir, la construcción de nuevos métodos para la significación por medio de la capacidad lingüística humana (Halliday, 2004: xvii). Así, la metáfora gramatical crea fenómenos virtuales, que tienen lugar solamente en el plano semiótico, incrementando el poder del lenguaje para crear y expandir teoría. En palabras del autor:

El discurso científico se apoya en la combinación de tecnicismos teóricos con la argumentación razonada; y cada uno de estos se basa en el mismo recurso metafórico dentro de la gramática. Semánticamente, cada uno se basa en el poder gramatical de condensar significados extendidos en una forma altamente estructurada y nominalizada. En esta última, es una condensación textual, en la que tramos de materia precedente son condensados de manera instancial, para servir como elementos — típicamente elementos temáticos— en la continua construcción de información [...] En el caso de los tecnicismos, por otro lado, la condensación es ideacional: en un proceso paradigmático, en el que la entidad metafórica se destila de numerosos recursos de aporte semántico relacionado (2004: 127).

Por tanto, la exploración de la construcción textual e ideacional es de vital importancia para entender las estructuras gramaticales, sintagmáticas y paradigmáticas, que permiten la construcción (o re-construcción) de conocimientos científicos en el discurso de la DC, entendida como una práctica social que busca la literacidad científica (o la cultura científica) de personas que son ajenas al discurso científico. Esto no sin ignorar que la metafunción interpersonal funciona de manera simultánea a la textual e ideacional,

configurando de manera activa al autor y lector con relación a la práctica social de construcción de información científica de manera impar.

De lo anterior, podemos observar que la metáfora gramatical permite un proceso de *empaquetamiento* con el cual se construyen abstracciones específicas codificadas en un elemento, de manera que el nuevo elemento está constituido por la información empaquetada y se hace de más fácil acceso en construcciones futuras. Ya se expuso el ejemplo de ‘movimiento’ como la nominalización del verbo mover, de manera que el proceso de mover se transforma en el sustantivo (entidad) movimiento, implicando todas las cualidades del proceso activo ‘mover’ en una forma estable. Vemos en este ejemplo la metáfora gramatical en tanto traslación de una categoría de proceso a una categoría gramatical estática, en este caso un sustantivo, lo cual simplifica el concepto de ‘mover’ en un sustantivo, lo cual tiene la función de hacerlo accesible para su uso en teorías posteriores sobre sus efectos, cualidades, interacciones y posibilidades.

Este empaquetamiento en metáforas gramaticales permite la abstracción por medio de codificaciones de la información previa para la construcción de elementos significativos que serán reutilizados para nuevas construcciones. Dicho empaquetamiento, es presentado por Halliday como un proceso para la construcción de un discurso especializado y conocimientos legítimos en una comunidad.

Los textos de DC que se presentan en este trabajo resuelven esta construcción con elementos cercanos a la cotidianidad del lector y abstrayendo conceptos que las ciencias utilizan para describir y explicar fenómenos naturales. De esto podemos notar un proceso de encadenamiento de conocimientos, codificados en metáforas gramaticales como paquetes de información, de manera que se puedan construir nuevos conceptos y teorías que permiten más profundidad en el conocimiento científico, permitiendo una construcción semogénica infinita.

En este sentido, el trabajo de Karl Maton permite hacer un análisis de la construcción del conocimiento a partir de un perfil de los procesos sucesivos de empaquetamiento y desempaquetamiento de información con fines educativos.

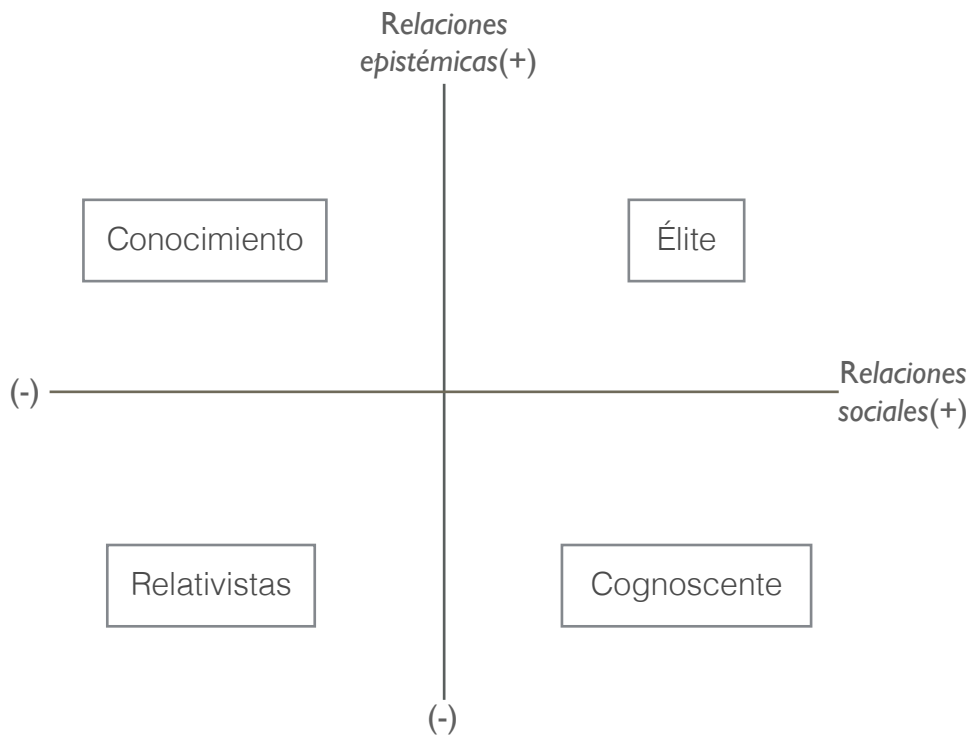
### 4.2.3. Teoría de códigos de legitimación

Karl Maton propone la Teoría de códigos de legitimación (en adelante TCL) como herramientas conceptuales para la investigación de la construcción de conocimiento. Con esta teoría se busca analizar las características subyacentes a un discurso determinado, de manera que sea posible encontrar sus principios o ‘códigos’ de organización. Van Krieken (2017) presenta la TCL como aquella que busca “los códigos genéticos de las prácticas [sociales] para revelar las ‘reglas del juego’ fundamentales, mismas que son la base para legitimar diferentes contextos, su desarrollo en el tiempo, a qué dan lugar y qué limitan, y cómo se relacionan con las disposiciones que los actores traen a esos contextos” (pág. 176). Este marco de referencia ha sido aplicado principalmente en la investigación de los discursos de educación escolar, pero también ha sido usado para analizar la construcción de conocimiento a partir de recursos semióticos y reglas de uso en distintos discursos.

Una nota es prudente. La TCL se dedica a observar y analizar, entre otros, los fenómenos lingüísticos en contextos de producción y recepción, es decir, localizados en una comunidad específica y con una producción también particular. Es así como busca revisar los códigos que estas comunidades generan y cómo funcionan en sus interacciones con el resto de individuos en la comunidad. Sin embargo, está la otra cara de la moneda, esto es, cómo se interpretan esos códigos, que no sólo son lingüísticos, por lo cual la traducción al español también podría focalizar dicha interpretación al ser llamada “teoría de legitimación de códigos”. Es indudable que el fenómeno debe entenderse como la moneda completa.

En *Knowledge-Building* (2016), Maton explora dos dimensiones de la TCL, la *especialización* y la *semántica*. La especialización se dedica al análisis de los principios organizadores del conocimiento en términos de qué es lo que permite que una pretensión sea especial o digna de ser reconocida en una disciplina. De aquí que toda pretensión sea orientada hacia un objeto por un sujeto, enactuando relaciones epistémicas (RE) con objetos y relaciones sociales (RS) con sujetos. Cada una de estas relaciones pueden ser enfatizadas de manera fuerte (+) o débil (-), y en conjunto

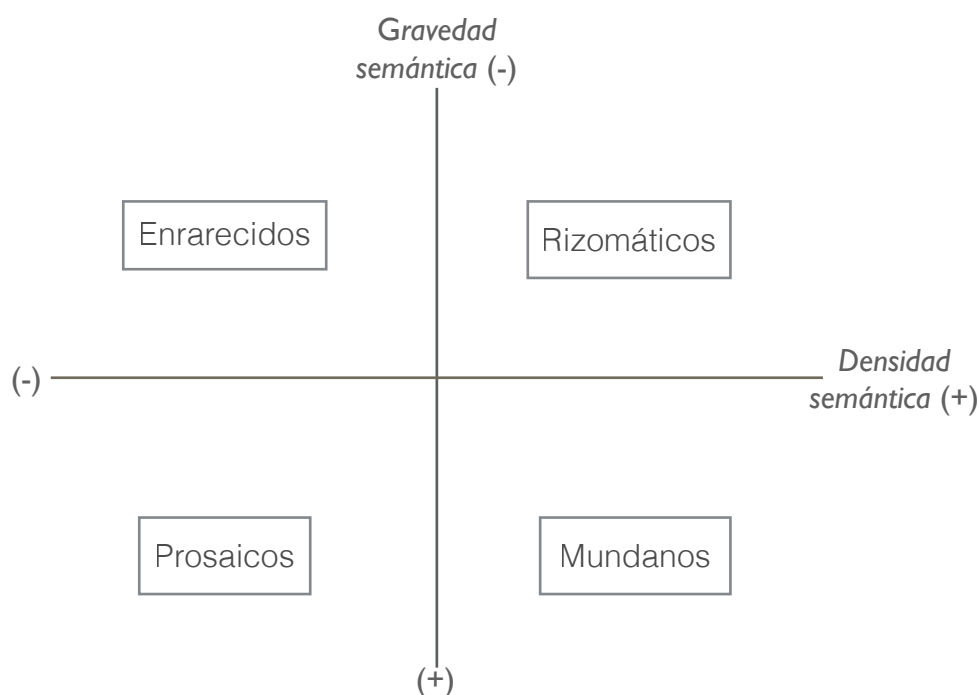
suponen un código de especialización (Van Krieken, 2017: 176). De la combinación de RE y RS surgen 4 formas del código: 1) código de conocimiento (RE+, RS-) donde se enfatiza la posesión de conocimiento, habilidades o procesos y los autores son minimizados; 2) códigos de cognoscente (RE-, RS+) donde se enfatizan las capacidades del actor o cognoscente como naturales, cultivadas o basadas socialmente, y se minimiza el conocimiento especializado o habilidades; 3) códigos de élite (RE+, RS+) donde se enfatizan tanto las capacidades del actor o cognoscente y el conocimiento especializado; 4) código relativista (RE-, RS-) donde el actor y el conocimiento especializado son minimizados, y “todo es válido” (Maton, 2016).



**Figura 2.** Plano de códigos de especialización.

Por otro lado, la dimensión semántica de la TCL, propone a su vez dos códigos semánticos: la gravedad semántica (GS) y la densidad semántica (DS). La gravedad semántica se refiere a la dependencia de un significado con el contexto en que surge, con un gradiente de relación contextual. Por otro lado, la densidad semántica se refiere al significado condensado en cada construcción, relacionado con la estructura semántica de un elemento particular, el cual también se presenta como un gradiente. Ambas

variantes, la gravedad y densidad, dan lugar a cuatro códigos semánticos posibles: 1) códigos rizomáticos, aquellos con alta densidad semántica y poca relación con un contexto determinado (DS+, GS-); 2) enrarecidos, aquellos que no son semánticamente densos, ni están muy ligados a un contexto determinado (DS-, GS-); 3) códigos mundanos, que son densos semánticamente y también están ligados al contexto del receptor y productor del código (GS+, DS+); y 4) códigos prosaicos, aquellos con alta relación con el contexto y poca densidad semántica (GS+, DS-).

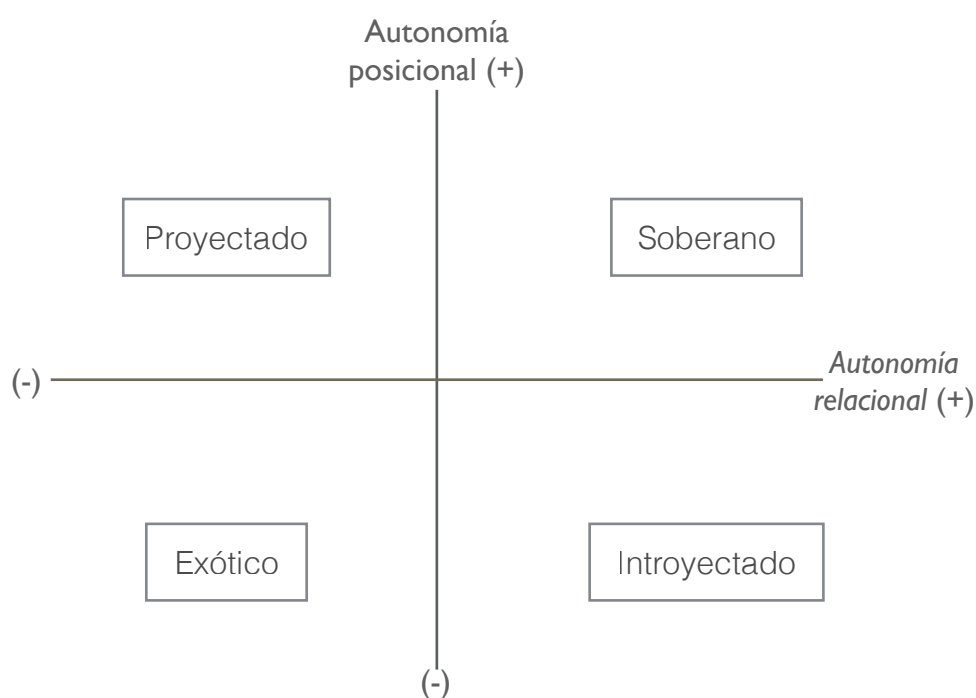


**Figura 3.** Plano de códigos semánticos.

Una tercera dimensión de códigos es aquella que Karl Maton y Sarah Howard describen en *Taking autonomy tours* (2018) donde la dimensión de autonomía de la TCL es desglosada. Esta busca analizar la naturaleza de los elementos utilizados para la configuración del discurso en las prácticas de conocimiento, así como la relación de dichos elementos con otras prácticas distintas. Los códigos de autonomía permiten dar cuenta del conocimiento como un proceso cognitivo y emocional, entendiendo que las disciplinas y categorías varían de acuerdo con las perspectivas y objetivos de análisis, es decir, su construcción depende de las prácticas sociales a las que pertenece. Hay dos aspectos sobre los que se analiza la autonomía: Autonomía posicional, que se refiere a

los constituyentes que forman parte de un contexto para compararlos con los constituyentes de otros contextos; y, la autonomía relacional, la cual se encarga de revisar las relaciones entre los constituyentes dentro de un contexto y también su relación con constituyentes de otros contextos.

Así, tenemos una graduación de (-) a (+) de cada aspecto, lo cual nos permite visualizar el siguiente plano:



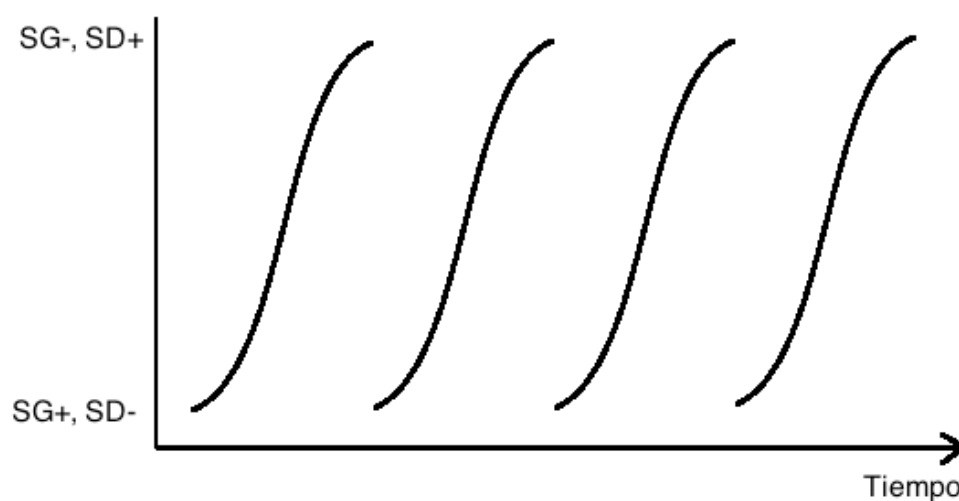
**Figura 4.** Plano de códigos de autonomía.

De esta manera podemos dar cuenta de los elementos que son ajenos a una disciplina pero que son utilizados para fines de la misma disciplina como códigos introyectados; elementos internos para fines ajenos a la disciplina como códigos proyectados; elementos ajenos para fines ajenos a la disciplina como códigos exóticos; y elementos internos para fines internos a una disciplina como códigos soberanos.

Por otro lado, la TCL permite hacer análisis de los movimientos de un texto en los distintos planos descritos, dando cuenta de los elementos, las relaciones, las interacciones sociales y las relaciones a contextos particulares. Estos movimientos podemos revisarlos en términos de variaciones en cada aspecto, e.g. Maton propone en

*Making semantic waves* (2013) los perfiles semánticos para la identificación de procesos de abstracción de conocimiento y procesos de relación contextual.

Los perfiles semánticos, expuestos por Maton como *semantic waves* (ondas semánticas), permiten representar los cambios entre densidad semántica y gravedad semántica que se presentan en un determinado texto. Esto lo logra con ondas senoidales en una gráfica que representa en su eje vertical los movimientos entre procesos de aumento de densidad y disminución de gravedad, y en su eje horizontal el tiempo.



**Figura 5.** Perfil semántico. Relación entre gravedad y densidad semántica en función del tiempo.

Así, las ondas semánticas permiten visualizar la capacidad de encadenar paquetes de estructuras semánticas para construir una relación entre densidad y gravedad semántica en función del tiempo. En la figura 5, mayor densidad implica menor gravedad semántica, y viceversa, a menor densidad, mayor gravedad. Entonces, podemos observar aumentos de densidad y disminución de gravedad, lo cual implica procesos de abstracción de un conocimiento del contexto cotidiano, para situarlo como un concepto adecuado en una disciplina abstracta, en este caso las ciencias. Este es uno de los procesos observables en los libros de divulgación científica, donde podemos observar cambios semánticos, visualizados como ondas semánticas, donde una ejemplificación (que implica mayor gravedad semántica y menor densidad semántica), es utilizada para generar un concepto que después será condensado a un elemento significativo (mayor

densidad semántica con poca gravedad semántica), de manera que éste último elemento se conceptualiza independientemente de un contexto.

La figura 5 presenta un movimiento prototípico, como también lo es la disminución de densidad y el aumento de gravedad. Sin embargo, no son procesos que sean uniformes en un texto, sino que este presentará distintos tipos de movimientos resultando en ondas irregulares. Se espera que un libro de divulgación de la ciencia pueda mantener un equilibrio entre procesos de abstracciones científicas, es decir, construcción de lenguaje especializado, y accesibilidad suficiente a un público lego, una conexión con el contexto cotidiano fácilmente identificable de manera que dichas abstracciones científicas puedan ser relacionadas y comprendidas.

Maton presenta dos formas prototípicas de las ondas semánticas, cambios semánticos hacia arriba y cambios semánticos hacia abajo. El primero supone el empaquetamiento de conceptos de alta gravedad semántica, muy relacionados a un contexto específico y con poca densidad significativa, y eventualmente remover esa gravedad para aumentar la densidad del concepto alejándolo de un contexto determinado. El segundo implica precisamente el movimiento contrario, pasar de alta densidad significativa a una relación contextual mayor, es decir, ejemplificar el concepto que se desea transmitir con una situación cercana a la percepción y experiencia del interlocutor. Es preciso mencionar que en una situación escolar, como la analizada por Maton, se presentan cambios hacia arriba y hacia abajo indiscriminadamente y comúnmente erráticos a lo largo de una clase, esto es, en un contexto escolar pocas veces se sigue un patrón de ondas semánticas uniforme. En el caso de los libros de DC, se espera que el patrón sea un tanto más uniforme (aunque no esta exento de cambios irregulares), de manera que la construcción del conocimiento sea gradual y accesible al lector, suponiendo un encadenamiento de conceptos que son empaquetados en función del avance en la lectura, para ser retomados en páginas posteriores de manera que la información es constantemente empaquetada y retomada para empaquetamientos consecuentes.

A partir de estos encadenamientos y construcción del conocimiento, podemos observar cómo elementos como la metáfora gramatical y los procesos de empaquetamiento y desempaquetamiento, dan lugar a nuevas conceptualizaciones que permiten expandir el conocimiento. Maton añade: “la traducción de un término técnico para su entendimiento en términos del sentido común reduce su rango de significación [...] pero provee un punto de entrada para legos a esos significados” (Maton, 2013: 16), una observación desde la perspectiva disciplinar y pedagógica, pero importante para la investigación propuesta en este trabajo.

Es importante notar que estas dimensiones también dan lugar al análisis lingüístico puntual por medio de las metafunciones de la LSF.

La dimensión de especialización da cuenta de los elementos del texto en tanto que estos se presentan como códigos dedicados al conocimiento, relaciones epistémicas, o códigos que enaltecen al cognocente, relaciones sociales. Las metafunciones ideacional e interpersonal son, entonces, herramientas de análisis funcional que darán cuenta de estos paralelos en la TCL, dado que con la primera podemos dar cuenta de los estados del mundo, las relaciones epistémicas, y con la segunda podemos observar y analizar las relaciones sociales que se forman a partir de una producción significativa.

Por otro lado, la dimensión semántica da cuenta de las relaciones que hay entre una configuración abstracta generada por una comunidad particular que practica una disciplina, y el contexto general, esto es, qué tan abstracto es un concepto que se aleja del contexto y se comprende y utiliza solamente en esferas particulares de producción. También aquí la metafunción ideacional podrá ser más efectivamente analizada, en tanto que se da cuenta de los elementos con relación a un contexto particular o con relación a una disciplina particular.

#### **4.2.4. *Affordance*, literacidad y fluidez.**

Cedric Linder y John Airey (2017, 2006) y John Airey (2009), proponen la literacidad como la fluidez en los usos de los recursos semióticos en una disciplina determinada (Airey, 2009: 3), definida explícitamente como la capacidad de trabajar dentro de las disciplinas científicas y aplicar los conocimientos científicos a los problemas de la sociedad. De esto, Airey presenta su tesis con base en los estudios universitarios de la física en Suecia, y presenta el término de *Disciplinary discourse*, como aquel complejo de representaciones, herramientas y actividades de una disciplina (2009: 4). A partir de ello, plantea que el alumno debe llegar a dominar con fluidez una *constelación crítica de recursos semióticos* (2009: 4) para tener un acceso holístico del conocimiento de una disciplina, de manera que su uso sea legítimo dentro de la práctica social a la cual está inscrito. Airey y Linder coinciden en que todos los recursos semióticos tienen un rango de potenciales de significado (2017: 99), y también sostienen que los recursos semióticos específicos de una disciplina “no tienen un significado único y fijo, sino que a cada recurso semiótico le es asignado una serie particular de potenciales de significado específicos de la disciplina, muchos de los cuales no pueden ser transferidos a otros recursos semióticos” (2009: 99).

De lo anterior, los autores presentan el concepto de *Disciplinary affordance* como “las funciones para construcción de significado acordadas que un recurso semiótico cumple para la comunidad disciplinaria” (2009: 99), que en términos de educación, se refiere a los potenciales de significación específicos de una disciplina que un estudiante debe aprender a interpretar adecuadamente. De la misma manera un estudiante, al aprender a reconocer dichos potenciales de significación, empieza a utilizar las constelaciones críticas necesarias para la adecuada aplicación del conocimiento científico, tanto dentro de la disciplina como en la vida diaria y, dado un apto entendimiento de dichos recursos semióticos, llega a construir una literacidad en el sentido expuesto por Linder y Airey.

Para hablar de este proceso de adquisición de constelación crítica, los autores introducen el concepto de *pedagogical affordance* (2009: 105) como la “aptitud (o facultad) de un recurso semiótico para la enseñanza y aprendizaje de un contenido educacional particular”, con lo cual se describe qué tan útil será un recurso semiótico determinado para enseñar y aprender contenido específico, en el caso que nos atañe en este trabajo, los conceptos científicos contenidos en la dinámica, mecánica y astronomía. Así, se entiende que al enseñar la física no solo es necesario analizar los distintos recursos semióticos utilizados (sean gráficas, diagramas, lenguaje matemático, computacional, etc.), sino también los recursos semióticos individuales y sus potenciales de significación.

Hemos mencionado la LSF, TCL y los conceptos de *disponibilidad semiótica* (*affordance*), de los cuales deriva una observación interesante para los fines de este trabajo.

Como ha sido expuesto anteriormente, existen por lo menos 10 tipos de metáfora gramatical. De estas, las que corresponden al paso de una clase gramatical a entidad son las más comunes en las ciencias, de acuerdo al trabajo de investigación de Halliday (2004) y Halliday y Martin (1993), lo cual implica el empaquetamiento de procesos, cualidades, relatores y circunstancias en “cosas” sobre las que se puede elaborar según las necesidades del contexto donde se presenta. En la divulgación de la ciencia, los paquetes de información son comunes, pero son aún más comunes los procesos de desempaquetamiento y exposición de las informaciones contenidas en elementos metaforizados o empaquetados. Por otro lado, los desempaquetamientos no son solamente la descomposición en sus elementos de un paquete de información contenido léxico-gramaticalmente. Halliday también escribe acerca de la existencia de procesos relacionales como formas de empaquetamiento en todas las lenguas: “cada lengua tiene procesos relacionales, y son críticos en la construcción de nuestra teoría de sentido común de la experiencia — especialmente el verbo *ser* usado para asignar clases a

clases de mayor orden” (2004: 43). Esta clase de procesos da lugar a un desempaquetamiento de información en tanto descomposición de la intrincación gramatical y por medio del desarrollo explicativo o descriptivo de conceptos especializados o técnicos.

Halliday presenta el siguiente ejemplo sobre la descomposición de la intrincación gramatical:

La mejor prueba de que nuestro conocimiento es acertado es el hecho de que nuestras acciones son efectivas. (15 años de edad)

Lo que mejor prueba que sabemos algo acertadamente es el hecho que de podemos actuar efectivamente. (12 años de edad)

Podemos probar que sabemos exactamente que está pasando al ver que lo que hacemos está funcionando. (9 años de edad)

¿Cómo puedes estar seguro que de verdad sabes qué está pasando? Haces algo, y luego ves que funciona. Como crecer plantas: las riegas, y luego crecen. (6 años de edad)

Mira — ¿No fue bueno que regáramos ese Philodendron? ¡Mira que bien crece! (3 años de edad)

El ejercicio realizado por Halliday consistió en pedir a distintos grupos de alumnos que reconstruyeran la frase “La confirmación más verdadera de la exactitud de nuestro conocimiento es la efectividad de nuestras acciones” (*The truest confirmation of the accuracy of our knowledge is the effectiveness of our actions*) para que sea comprensible a niños de distintas edades. Cada complejo de cláusulas es una composición comprensible para la edad indicada. En este ejemplo podemos observar el paso de una oración altamente nominalizada a una que presenta menos metáforas, es menos abstracta y menos general. Podemos notar el desempaquetamiento en términos de Halliday, la descomposición de una metáfora gramatical, como el caso del paso de “mejor prueba” a “lo que mejor prueba”, etc.

La expansión léxica, por otro lado, implica un desarrollo a manera de explicación o descripción por medio de los mismos procesos relacionales de identificación y atribución. Así, es común encontrar elementos como “*ingravidéz*

Ausencia de peso. Ocurre no hay gravedad” (Gifford, 2014: 74), donde encontramos un paquete de información *ingravedez* como una metáfora gramatical del tipo cualidad-entidad, que es desempaquetada en una descripción del concepto.

A partir de lo anterior podemos regresar a los conceptos de ondas semánticas y disponibilidad semiótica de Cedric Linder y John Airey. Karl Maton habla de un dispositivo de traducción entre la densidad semántica y la gravedad semántica como aquel que permite el traspaso de un dominio a otro para *recodificar* la información en términos accesibles a la población objetivo, ya sea mayor densidad semántica si se trata de la comunidad científica, o mayor gravedad semántica para una comunidad alejada de la comunidad científica (Maton et. al, 2016). Linder y Airey, por su lado, hablan de la disponibilidad semiótica como aquél paso de los recursos semióticos especializados dentro del género discursivo de una disciplina a una constelación de recursos semióticos disponible a alumnos y público lego que buscan acercarse al discurso científico ya sea por medio de la educación formal (Airey y Linder, 2006, 2017; Airey, 2009), o en nuestro caso, por la divulgación científica. Estos dos procesos (de ondas semánticas y cambios de disponibilidad semiótica) presentan modos de empaquetar y desempaquetar información de modo que sea más accesible al público receptor.

Hay que mencionar que tanto el empaquetamiento y densidad semántica, implican la codificación de informaciones que serán de utilidad en tanto que el receptor avance en el uso y práctica de los conocimientos científicos y sobre la ciencia, por lo que ambos funcionan como expansiones de la disponibilidad semiótica del receptor, entendida esta como la disponibilidad de recursos semióticos útiles y aceptados para la producción o ejercicio del conocimiento obtenido, y funcionarán cada elemento como un escalón hacia la literacidad científica.

#### **4.2.5. Multimodalidad**

El caso de los libros de DC para niños también presenta una importante característica para la construcción de conocimiento, la multimodalidad. Jay Lemke hace una exploración de la relación entre imagen y texto en la ciencia, expresando que para empezar, el lenguaje de la ciencia es un sistema híbrido de construcción de significado (s.f.: 2), de manera que el lector necesita la habilidad de traducir de ida y vuelta entre formas verbales, expresiones matemáticas y cálculos, diagramas esquemáticos, gráficas abstractas y la experimentación. Cabe notar que en los libros de DC para niños hay una relación directa y simbiótica entre las formas verbales y la imagen, que implican la decodificación y recodificación de elementos presentes en la configuración total de la información presente. Así, el significado no se construye desde un solo sistema semiótico, sino desde ambos, e incluso desde la experimentación presente en algunos casos. La traducción de conceptos científicos a lenguaje de sentido común, por tanto, no es suficiente por sí misma, hace falta una integración de múltiples medios simultáneamente para reinterpretar y recontextualizar información en un canal con relación a la presente en otros canales para inferir un significado canónico (s.f. 2: 8), por lo que el significado puede ser codificado en dos o más canales *en conjunto*.

Lemke sostiene que en el intento por describir la co-variación de fenómenos continuamente variables, el discurso científico idea una manera de superar las limitaciones del lenguaje como recurso semiótico (s.f. 2: 10), por lo que fue necesaria la implementación de sistemas semióticos que complementan la presentación verbal de la ciencia. Así, podemos entender la semántica del lenguaje natural como aquella dedicada a la categorización, mientras que el lenguaje científico busca comprender cosas y procesos discretamente nombrables en tanto clasificación de sus relaciones.

Por otro lado, los autores Painter, Martin y Unsworth (2013) presentan el Análisis del Discurso Multimodal (ADM) como la descripción de formas textuales que combinan el lenguaje con diferentes modalidades, expresamente concentrándose en la forma bi-modal de la relación entre texto e imagen. Los autores proponen una serie de

aspectos necesarios para el análisis de la imagen en libros infantiles: medio, textura, color, enmarcamiento, tamaño y figura; estos elementos definen el *tono* de la imagen como una elección de la configuración textual (entendida en el sentido amplio de la construcción significativa instanciada en cada página de, en este caso, un libro), suponiendo que la relación entre texto e imagen es ‘irónica’, es decir, cada uno habla de aspectos de los que el otro no puede hablar (Painter, Martin y Unsworth, citando a Nodelman, 2014: 5).

En *Perspectives on multimodality* (Ventola, 2004) se problematiza la imagen como objeto de análisis al notar que lo más cercano a un repertorio de signos pictóricos son los elementos que pueden ser representados en imágenes y con los que estemos familiarizados por nuestra experiencia visual del mundo (p. 17). Se trata entonces de la cercanía con la naturaleza icónica del signo lo que permite una interpretación del mismo, la similitud de la impresión óptica de la imagen y su correlato en el mundo real.

Sin embargo, el uso de imágenes por sí mismas no es suficiente para lograr los objetivos comunicativos de la divulgación científica en los libros que conforman el corpus de estudio, sino que funcionan en conjunto con el lenguaje escrito y las actividades que los libros sugieren al lector. Las imágenes deberían ser, por tanto, signos con potencial de significación accesible y reconocible por la mayoría de la población al que los libros van dirigidos. Encontramos un obstáculo, hablar de disponibilidad semiótica con respecto a elementos que representan visualmente a objetos, actores, situaciones u otras cosas, es hablar de las posibilidades de interpretación y los elementos que delimitan dicha interpretación. Por otro lado, el lenguaje escrito permite expresar un objetivo determinado con una secuencia de elementos significativos que construyen estructuras lingüísticas determinadas en un texto, mismas que definen en conjunto el significado total del evento comunicativo. Esto supone una manera de complementar los distintos significados de los recursos semióticos disponibles, en este caso, en un libro multimodal. Hartmut Stöckl menciona en *Perspectives on*

*Multimodality* (2004) que “producir y entender las imágenes presupone la categorización verbal de los elementos visuales así como la producción y comprensión del lenguaje depende en gran medida de evocar y manipular imágenes mentales” (p. 18). Stöckl supone, en la cita anterior, que las imágenes dependen de una construcción lingüística significativa y esta, a su vez, depende de la construcción de imágenes mentales, es decir, las imágenes y el lenguaje requieren de un proceso de evocación de los significados disponibles al individuo(s) receptor.

Stöckl también propone algunos conceptos básicos para el análisis multimodal como las metafunciones de la LSF, propuestas por Halliday. También habla de la *segmentación* como la descomposición de estructuras mayores de signos en sus elementos constituyentes, entendido cada constituyente como una fuente de información que apunta a las posibilidades de significación. Este proceso de análisis también puede ser utilizado para la organización de las *estructuras de signos*, como las llama el autor (2004: 26). Otro aspecto interesante al que apunta son las relaciones que existen entre modos (imagen/texto, por ejemplo), de las cuales surgen conexiones semánticas, por lo que podemos observar que algunas estructuras significativas se emulan o repiten entre modos, o se complementan, niegan, contradicen, reinterpretan, etc.

En *The Routledge Handbook of Discourse Analysis* (2012), Gunther Kress habla de la multimodalidad como el funcionamiento conjunto de distintos recursos semióticos, entre los que se encuentra el lenguaje escrito y hablado, corporal, gestual, las imágenes, la música, etc. por lo que los recursos modales disponibles a una cultura deben ser vistos como un campo integral de recursos distintos para construir significado y también sostiene que en “una aproximación multimodal, todos los modos son enmarcados como un mismo campo [...] todos son vistos como iguales, potencialmente, en su capacidad para contribuir con significado a una entidad semiótica compleja, un texto, y cada uno es tratado como distinto en su potencial material y conformación social” (p. 38).

Stöckl (2004) también apunta a las tres formas en que una imagen construye significado, como ícono, índice o símbolo. Así, se suponen relaciones que permiten determinar si una imagen se construye por su similitud con un objeto real, como una simulación real o mundo posible (ícono); relaciones que apuntan a objetos, o estado de las cosas, en lugar de denotar por medio de operaciones lógicas (índice); y relaciones simbólicas que pueden ser significados que no están directamente conectados con los signos, relaciones arbitrarias significativas (símbolo).

Podemos ver entonces dos enfoques en el estudio de las imágenes desde la perspectiva multimodal, en tanto elementos, y como relaciones entre elementos y modos y contextos de producción, es decir, las prácticas sociales que generan los potenciales significativos de las imágenes empleadas. Encontramos así un eje de análisis para esta investigación.

Gracias a la dimensión de autonomía de la TCL, podemos dar cuenta de los elementos (constituyentes) y las relaciones entre los mismos, y con otros contextos, ya sea el contexto del lector, o los contextos de producción dentro del texto. Es decir, con la autonomía podemos dar cuenta de las relaciones entre modos en el texto, así como los elementos que aparecen y su composición en tanto ícono, índice o símbolo y sus implicaciones, tanto textuales como visuales. Es notable también que la autonomía presupone una segmentación del texto para poder analizarla, ya que debe considerar los elementos existentes en el texto. De la misma manera, las dimensiones semántica y de especialización permiten dar cuenta de la naturaleza de los elementos presentados en una forma más detallada, ya sea para analizar su relación con un contexto o disciplina determinados, o su relación entre una representación del mundo (en tanto configuración del conocimiento) o representaciones de las interacciones y roles sociales.

Sobre estas nociones de autonomía y análisis visual, es relevante el estudio de Painter, Martin y Unsworth (2013), donde se presenta la noción básica del estudio sistémico funcional: cualquier instancia de potencial de significado (esto es, texto)

necesita ser descrito en términos de qué selecciones de significado han sido hechas contra el fondo de las selecciones disponibles en el sistema y por tanto pudieron haber sido escogidas (9), por lo que una pregunta importante es ¿puede lo visual ser un análogo adecuado del lenguaje verbal?

Los autores proponen sistemas para el análisis de lo visual en libros narrativos para niños, es decir, libros de cuentos que presentan una configuración bimodal, texto e imagen, para dar forma a la narración. Sin embargo, como herramienta de análisis son nociones útiles para la indagación en géneros como los informativos, como lo son los libros de divulgación científica analizados en el presente trabajo.

De Painter, Martin y Unsworth (2013) podemos ver la relación que explican como una correlación del lenguaje verbal y los campos semióticos de lo visual. En el mismo sentido que utilizamos el concepto de *affordance*, como disponibilidad semiótica, visto en el campo de lo lingüístico y de las representaciones visuales. Pero entendemos que ambos recursos semióticos toman elementos y relaciones de todo el campo semiótico disponible a un escritor/lector. Esto presenta una pregunta más profunda que la expresada en párrafos anteriores: ¿La interpretación de la imagen desde una perspectiva de la semiótica social debería estar basada sobre una cuenta del significado visual comparable con lo disponible al lenguaje verbal? (2013: 9).

Con esto, los autores retoman la metodología y conceptos base de la LSF para el análisis de lo visual con sistemas que ellos proponen. Los sistemas toman en cuenta las construcciones ideacional, interpersonal y textual de una producción visual.

En la codificación de lo interpersonal, se presentan sistemas como *focalización*, *afecto*, *ambiente* y *graduación*, así como sistemas de *proximidad* y *distancia social*. La focalización se encarga de analizar la perspectiva de la imagen con preguntas como quién ve y quién produce, con lo cual podemos dar cuenta de las distintas interacciones del texto (visual) con el lector, resolviendo si el observador es externo o participante de la narración y propone la imagen como una “oferta”, es decir, un elemento que está

puesto a disposición del lector para configurar una interpretación aunada al texto presente y las relaciones de los objetos y participantes representados.

El sistema de afecto funciona a partir del sistema de focalización y permite dar cuenta de las relaciones expuestas entre personajes, lo cual también configura lo interpersonal en términos de proximidad y distancia social, esto es, la cercanía espacial entre participantes, así como la posición subjetiva que requiere que el participante representado sea visto en un ángulo particular (sea ascendente, descendente o balanceado, lo cual da cuenta de las dinámicas de poder en una representación).

Por otro lado, el sistema de ambiente permite hablar de una construcción ideacional por medio del color: en lo ideacional, representa la apariencia del mundo; en lo textual puede señalar marcación y contraste; y por lo interpersonal puede generar un efecto emocional en el lector. A este sistema se agregan los sistemas de *vitalidad*, utilizado para generar excitación, vitalidad o “sentimientos restringidos”; *calidez*, para generar ambientes cálidos o fríos, añadiendo sentido a la construcción emocional; y *familiaridad*, que analiza la diferenciación de color, entre más color tenga una representación, más se acerca al mundo real (lleno de color) y presenta más familiaridad, por otro lado, elecciones monótonas implican que la representación esta *removida*, no es familiar.

Dada una interpretación de las construcciones específicas de los personajes y una configuración inicial del fondo por medio del color, los autores de *Reading Visual Narratives* (2013), presentan el concepto de integración intermodal, el cual es una interpretación del funcionamiento de texto e imagen así como su despliegue en el texto y las distintas configuraciones que estos presentan en la estructura narrativa. Los autores presentan dos aspectos importantes de los cuales derivan las categorías de análisis visual: por un lado, están los grupos focales como aquellos elementos agrupados que configuran un significado; y por otro lado, el concepto de marcos como medio para la organización de ideas cerradas o espacios compartidos en el diseño de la página (92).

Ante estos conceptos, los autores proponen una pregunta vital para iniciar el análisis visual, dada la composición de la página como un todo uno debe preguntar ¿forma esto parte de la imagen? por lo que debe considerarse no solo las representaciones sino la disposición y balance de texto vs. imagen.

La integración intermodal presenta las categorías de interacción texto e imagen de formas complementaria o integrada. En la construcción complementaria, se presentan tres aspectos: eje, peso y posición. El eje permite analizar la disposición pivotal o respecto a un eje o vector de las representaciones expuestas. Con el peso, se representa el equilibrio entre texto e imagen según su disposición en la página, la cual puede dar énfasis a la imagen, al texto o tener un balance entre ambas, disposición que es considerada gradual entre los extremos de enfoque sobre texto o imagen. Por último, la posición es primordial para la configuración del significado en las imágenes, dado que da lugar a configuraciones de distintos tipos y representaciones de significados ideacional, interpersonal y textual.

Cuando el texto forma parte de la imagen representada se dice que la configuración es integrada. Esto implica que el texto tiene una función de proyección o expansión de la imagen. Ejemplos de proyecciones son las burbujas de diálogo y de pensamiento, los cuales proyectan una locución o una idea, de igual manera en los formatos de cómic, se presenta la proyección de sonido a manera de onomatopeyas de golpes (BAM, PUM, etc.) (Painter, et al, 2013: 99). La configuración expandida da lugar al co-posicionamiento de texto e imagen con distintos objetivos, que pueden ser el complemento de la significación visual por medio del texto, despliegue de ideas descontextualizadas de la imagen que dan paso a la narración o continuidad textual, o como en muchos casos de libros de divulgación, una ambientación o racionalización experiencial por medio de textos enmarcados y con fondos distintivos dentro de una representación visual. La opción de expansión también da lugar a una configuración de

ambientación dada la utilización de color en fondos de textos y como distinción que permite marcar el texto.

El uso de marcos (*frames*) expresa procesos de delimitación de elementos y relaciones o de falta de delimitación entre elementos representados. Las opciones no delimitadas (*unbound*) presentan elecciones integradas entre texto e imagen lo cual evita los límites entre el mundo del lector y lo representado en la página, mientras que las opciones delimitadas (*bound*) dan lugar a una marcación del texto o imagen como idea o elemento separado del mundo del lector (2013:103).

El enfoque, da lugar al análisis de grupos focales como organización de significado dentro de un diseño determinado de una página, llamada la *composición* de la página, misma que depende del peso (la relación texto vs. imagen) y la posición de despliegue. Así, las imágenes y texto pueden desplegarse en torno a un centro (*centrifocales*) o como elementos ideacionales similares o iguales (*iterantes*). Es también importante hacer notar que un grupo focal puede encerrar nuevos grupos focales creando una idea contenida dentro de otra por lo que se puede hablar de grupos focales mayores.

Ante esto los autores proponen una idea interesante retomada de Martin y Rose (2007b) el concepto de *jerarquía de periodicidad*, que se refiere “al hecho de que dado que el lenguaje se despliega en el tiempo, las dinámicas de secuencia y posicionamiento tónico permiten el empaquetamiento de información de acuerdo al punto de partida elegido por el hablante/escritor (Tema) y el enfoque elegido por el receptor/lector (Rema), lo cual crea periodicidad o estructuras textuales ‘con forma de ondas’” (Painter, et al., 2013:119). Así, podemos suponer no solo la existencia de configuraciones de tipo tema/rema sino también la existencia de hipertema e hiperrema como predicciones entre párrafos, y macrotemas y macroremas que suponen las predicciones del texto como todo.

A partir de todo lo expuesto, podemos derivar tres aspectos principales para el análisis de las configuraciones visuales en textos de divulgación de la ciencia para niños, estos son: participantes, procesos y circunstancias. Cada uno de estos aspectos tendrá una configuración metafuncional e interacciones con los otros elementos expuestos en el texto. Entendido el concepto de Tema y Rema en los términos que Painter et al. presentan, podemos hablar de dos aspectos para la configuración de significado en la imagen: grupos focales constituidos de figuras y grupos focales concentrados en el fondo. Si la imagen enfoca tanto participantes como el fondo (background) suponemos una composición (en el sentido que lo plantean Painter et. al) que da lugar a la significación; si se privilegia a la figura o el fondo, se habla de enfoque en participantes o ambiente, respectivamente. Una configuración de ambiente puede permitir construcción de significado de tipo esquemático o representaciones de procesos en un contexto dado, mientras que una configuración que enfoca a los participantes se concentra en los atributos o procesos ejercidos por un elemento particular de la imagen, generalmente agencial. Por último podemos hablar de una configuración que no se enfoca en el fondo ni a la participación de agentes, pero si construye una significación ideacional o interpersonal con el uso de colores, lo cual se presenta como una configuración emocional en el plano expuesto.

Con este análisis podemos dar cuenta de la configuración de la imagen y del texto con relación a su despliegue en la página, lo cual permitirá visualizar las ondas semióticas presentes y sus configuraciones específicas, siguiendo las categorías expuestas por Painter et al., con lo cual podemos dar una interpretación de las estructuras retóricas y semióticas expuestas en la imagen como complemento textual, y permitirá de igual manera dar cuenta de los patrones que la divulgación de la ciencia presenta respecto a la configuración de imágenes en sus textos.

#### **4.2.6. Registro y Género**

Halliday modela los contextos de situación de acuerdo a tres funciones del lenguaje: enactuar las relaciones de los interactuantes, construir su experiencia de la actividad social y “tejer estas enactuaciones y constructos como un discurso significativo” (Martin & Rose, 2008:11). El *tenor* es la variable que se describe las relaciones entre actores, el *campo* describe la actividad social en la que se desarrolla la situación y el *modo* se refiere al papel que juega el lenguaje en la situación.

Halliday ha descrito detalladamente estas funciones de la siguiente manera:

**Campo** se refiere a lo que está sucediendo, a la naturaleza de la acción social que se desarrolla: qué es lo que enactúan los participantes, donde el lenguaje supone un componente esencial.

**Tenor** se refiere a quién participa, a la naturaleza de los participantes, sus estatus y papeles: qué tipo de rol obtienen en la relación, incluyendo relaciones temporales o permanentes de una forma u otra, tanto los tipos de roles de habla que toman en el dialogo y todo el cúmulo de relaciones socialmente significativas en las que están envueltos.

**Modo** se refiere al rol que juega el lenguaje, qué es lo que los participantes esperan lograr con el lenguaje en la situación: la organización simbólica del texto, el estatus que tiene, y su función en el contexto (Halliday 2014: 33).

Las 3 funciones del lenguaje en conjunto constituyen el registro del texto, es decir, el contexto de la situación. Mientras el texto se desarrolla también puede haber variaciones en cada una de las funciones, por lo que los patrones de significación también varían de acuerdo a las variables de registro ya descritas: campo, tenor y modo. Estas representan (y enactúan) una dimensión funcional del lenguaje, las metafunciones ideacional, interpersonal y textual, respectivamente, en un contexto de uso particular.

Los registros en la ciencia tienden a hacer uso de lenguaje especializado, aquellos que se concentran en la construcción progresiva de conocimientos sobre

fenómenos naturales y sociales. Estos registros son estructuras lingüísticas y prácticas que constituyen todo el espectro de prácticas sociales de la ciencia, así como ideologías y estructuras sociales complejas, como instituciones dedicadas a los estudios científicos particularmente. Por otro lado, la divulgación de la ciencia busca que sus lectores puedan reconocer ciertos patrones de significación de la comunidad científica a partir de recontextualizaciones del conocimiento científico.

Christian Matthiessen hace una exploración desde la LSF para la construcción de prácticas socio-semióticas como estrategias semánticas desplegadas en la realización de diferentes tipos de situación (2015: 23), esto es, partiendo de un análisis de campos de actividad en el lenguaje se construye una región en la que se ubican los registros de un lenguaje en contexto. El autor utiliza estas regiones como espacios semánticos que se reflejan en las características de diversificación de contextos en instituciones y prácticas sociales determinadas que caracterizan tipos de situaciones.

Matthiessen utiliza las variables de campo, tenor y modo para representar los distintos rangos de registros del inglés, con lo que constituye una *esfera de significado* (2015:5). A partir de esto, establece que los *campos de actividad* son las distintas actividades codificadas en el lenguaje que funcionan dentro de un contexto, y que pueden ser sociales (comportamientos de interacción) o semióticas (intercambio de significados).

El registro, entendido como Matthiessen, es la variedad funcional del lenguaje, utilizado como una adaptación de recursos para la creación de significado de acuerdo a un contexto de uso (2015). A partir de esto podemos hablar de estructuras de registros que dan forma a las prácticas lingüísticas situadas en contextos particulares de producción discursiva como, en este caso, la divulgación de la ciencia.

Con la cartografía de registro, propuesta por Matthiessen (2015), podemos dar cuenta de las distintas estrategias retóricas que conforman registros en una práctica discursiva particular, es decir, en contextos particulares. El autor describe 8 tipos de

campos de actividad que a su vez configuran estrategias retóricas y, al definir con más delicadeza los campos de acción de estas estrategias retóricas, encontramos posibilidades de significación relacionados al contexto. Los campos de actividad de tipo social es *doing*, mientras que los campos de actividad semiótica son *expounding, exploring, reporting, recreating, sharing, recommending* y *enable*<sup>3</sup>. Cada uno de estos responde a una generalización de los procesos socio-semióticos codificados en el discurso y suponen solamente el primer nivel de abstracción, y dada una subcategorización más delicada, podremos observar procesos más detallados, por ejemplo, *expounding* que se subdivide en categorización y explicación, y *reporting* se subdivide en crónica, inspección e inventariado. Este segundo nivel permite localizar más detalladamente una estrategia retórica particular, y a su vez es posible añadir niveles de delicadeza, como Matthiessen los describe (2015: 8). También es importante notar que en todos los niveles es posible la interacción de distintos campos de actividad, esto es, se trata de categorías que incluso pueden ser graduales, o pueden sobreponerse, mezclarse o incluso neutralizarse, cada híbrido depende del contexto en el que se presenta.

A lo largo de este trabajo se ha enfatizado la naturaleza de la producción del discurso de la DC: se trata de un discurso producido por una comunidad específica en el que se presenta conocimiento especializado a un público no familiarizado con dicho conocimiento. Los objetivos de la DC se concentran en cierta formación científica del receptor, aún cuando se trate de una formación parcial y básica, ya que se espera despertar el interés del receptor por continuar su acercamiento a la ciencia. Lo anterior corresponde con la perspectiva de Género que discuten autores como Vijay Bhatia (2014, 2017) y J. R. Martin y David Rose (2008).

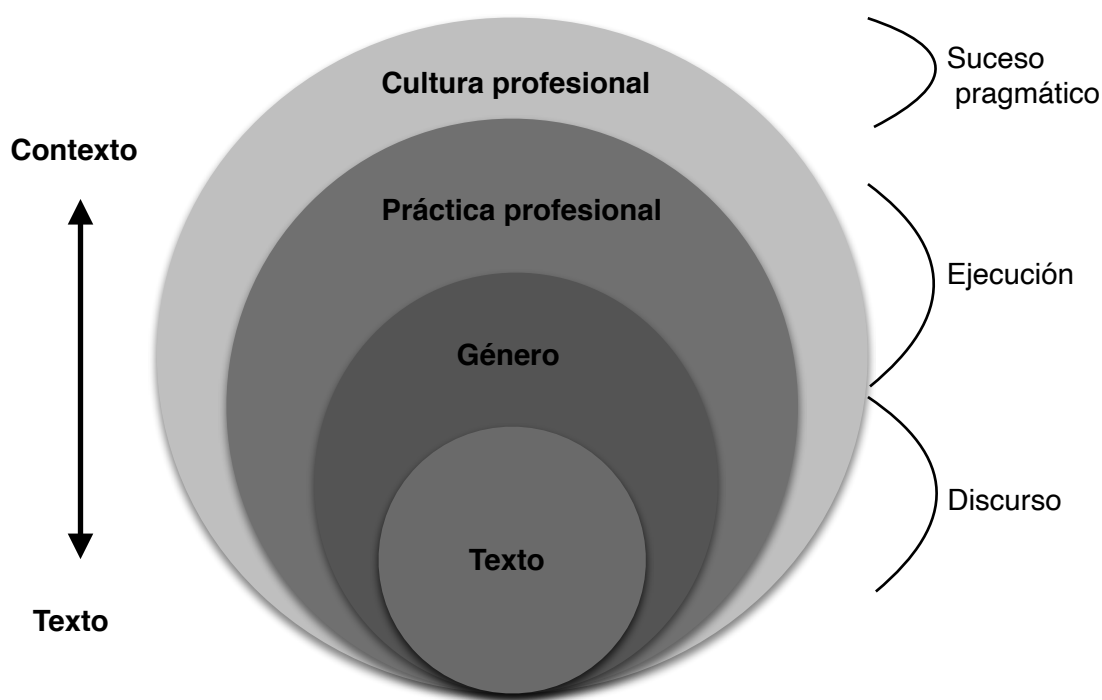
El objetivo de un Discurso es tener un impacto en miembros de alguna comunidad, y busca lograrlo por medio de una producción legítima, adecuada y

---

<sup>3</sup> Dada la pérdida de algunos sentidos en la traducción al español de algunas palabras, se utiliza el inglés para las categorías definidas por Matthiessen (2015).

aceptada por dicha comunidad que reconoce las convenciones que limitan las negociaciones de significado en los contextos específicos de esa comunidad (Bhatia, 2017: 4). Implica que tanto el productor del discurso como el receptor entiendan las formas lingüísticas que caracterizan a su comunidad, pero en el mismo sentido permite reconocer cuáles discursos o textos pertenecen a otras comunidades de usos lingüísticos y, por tanto, a distintas prácticas sociales.

Bhatia propone que el discurso opera en 4 niveles que incluyen en su parte más externa la *Cultura profesional*, seguida por la *práctica profesional* que utiliza al *género*, como tercer nivel, para instanciar *textos* en su nivel superficial.



**Figura 6.** Niveles de realización del Discurso (Bhatia, 2017).

Sin embargo, debe notarse que los cuatro niveles funcionan en un mismo plano y dependen uno de la realización del otro para poder dar forma tanto al Discurso como a las prácticas y cultura profesional de una comunidad determinada.

Martin y Rose (2008) expresan que "en términos de la lingüística funcional [...] los géneros son definidos como una configuración recurrente de significados y que éstos

configuraciones recurrentes de significado enactúan las prácticas sociales de una cultura dada” (6), lo cual significa que tenemos una variedad de géneros que deben ser considerados en sus relaciones en común.

La DC incorpora como fuente principal de elementos y conocimientos el lenguaje científico, y lo utiliza en conjunto con elementos contextuales del público receptor. La práctica discursiva también utiliza otros elementos que son “adaptados”, por ejemplo, el método científico, que representa una serie de procedimientos que suponen la experimentación por medio de la observación, reproducción, variación y predicción de fenómenos naturales. Sin embargo, dado que el público receptor no está especializado en las prácticas de la comunidad científica, la experimentación como método científico debe ser recontextualizada, es decir, trasladada a un procedimiento similar que corresponda a las mismos objetivos que el método científico para la comunidad científica. Este, naturalmente, no es un proceso directo de “traducción” de una práctica social de un género discursivo a otro, sino que requiere un proceso de selección lingüística determinada que tome en cuenta los recursos semióticos de los receptores, así como la disponibilidad semiótica de la disciplina que produce el conocimiento especializado.

De lo anterior podemos notar que las configuraciones interpersonal e ideacional serán vitales para construir una secuencia de eventos que el lector pueda relacionar y reconstruir a partir de la lectura y el ejercicio de los experimentos, actividades y otros recursos que los libros presentan. Dicho lo anterior, cabe recordar que la configuración textual responde y se codetermina por las configuraciones anteriores, dando lugar al texto en toda su complejidad, lo que también presenta recursos no textuales que son desplegados en el mismo texto y que son recursos semióticos que deben ser analizados. Estos otros recursos semióticos, tales como la muestra de procedimientos en imágenes, diagramas, ejemplos visuales, muestras de actores y procesos en forma visual, actividades, experimentos, etc., pueden responder a usos genéricos variados, de los que

podemos reconocer los géneros científicos como una fuente de información, conocimiento, estructuras gramaticales y prácticas para la divulgación científica. Por tanto es importante reconocer los géneros utilizados como enactuación de las prácticas que se formulan a partir de una cultura, tal como muestra el diagrama de Vijay Bhatia en la figura 6.

A este respecto, Bhatia habla de la interdiscursividad como la apropiación de recursos genéricos, con los cuales se conforman discursos nuevos pero esencialmente formas relacionadas y/o híbridas para expresar sus intenciones dentro de prácticas comunicativas aceptadas y compartidas socialmente. También menciona la hibridación como una función inevitable del dinamismo del género, y se enfoca en la interdiscursividad a diferencia de la intertextualidad, precisamente porque lo intertextual se concentra en actos individuales (la ocurrencia en el texto de una situación y su interpretación), y la interdiscursividad se enfoca en analizar las razones y fuentes sobre las que el lenguaje es configurado para enactuar situaciones externas al texto (2017: 30), lo cual permite dar cuenta de las importantes relaciones entre géneros y prácticas profesionales incrustadas en culturas disciplinarias.

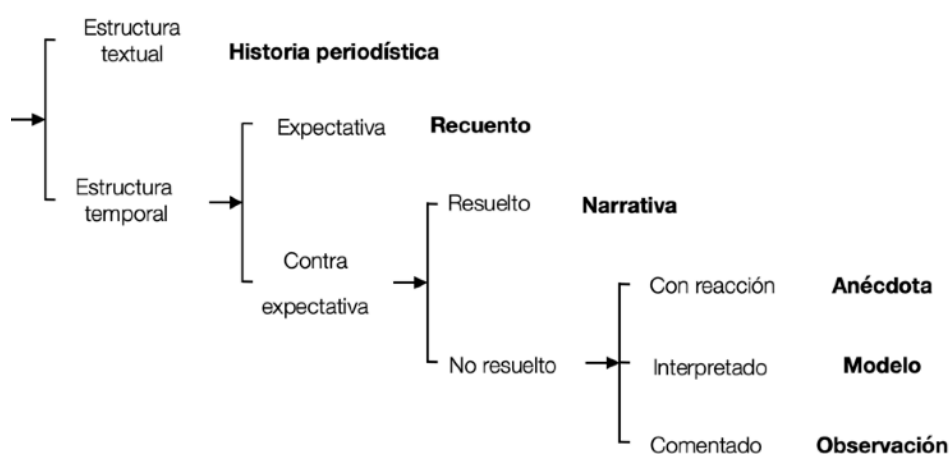
Es importante notar que en la enactuación de una práctica social como la ciencia por medio de los textos de divulgación conlleva la codificación de distintos posicionamientos del conocimiento científico respecto a la sociedad y constituye un lenguaje particular, configurado a partir de estructuras retóricas e ideológicas configuradas en lo lingüístico, que dan lugar a la práctica científica como la conocemos. Estos procesos de enactuación de culturas y prácticas profesionales en un género (o hibridación de géneros) que dan lugar a producciones discursivas específicas son de interés para la investigación de la divulgación científica.

Hemos hablado de la DC como una producción específica que reconstruye y recontextualiza el conocimiento especializado de la ciencia (sea técnico, conceptual o práctico), haciendo uso de los recursos semióticos disponibles al receptor. Esto implica

una manera de reconstruir un conocimiento especializado por medio de recursos semióticos no necesariamente especializados, pero entre los que se presentan elementos distintivamente especializados (tales como conceptos y términos clave, diagramas, imágenes específicas, ecuaciones, etc.), por lo que hablar de los distintos géneros presentes dará una buena idea de las interacciones que la DC tiene como práctica discursiva con otras disciplinas y prácticas con construcciones discursivas específicas.

El género es por tanto una forma particular de texto o discurso producido por una comunidad con objetivos particulares, y este género particular puede ser una combinación de prácticas discursivas. Estas combinaciones dan lugar a híbridos genéricos que permiten construir discursos que apuntan hacia un objetivo particular. Por tanto, gracias a autores como Martin y Rose (2008) y Schleppegrell (2004), podemos hablar de una tipología de textos con funciones básicas.

Martin y Rose (2008) hablan de tres familias de géneros: 1) aquellas que relatan, entre los que están recuentos, narrativa, y otros tipos de estructuras que buscan dar una secuencia de eventos, acciones y comentarios respecto a una experiencia; 2) aquellas que construyen historia, aquellos géneros que buscan dar sentido al pasado; 3) aquellos que se construyen en campos como la geografía y la ciencia. En el caso de los géneros del tipo relato (*story*, en Martin y Rose) podemos encontrar distintas estructuras del relato, lo cual lleva a distinguir cuales son los estados finales de cada uno. Martin y Rose presentan el siguiente diagrama (2008: 81):



**Figura 7.** Sistema de géneros de recuento.

Donde podemos ver que los géneros periodísticos son una forma de relato particular, enfocada a la estructura textual, ya que no favorece particularmente un recuento temporal, de los cuales el recuento es la forma básica ya que otros géneros rompen la estructura temporal o un curso de eventos particular. En aquellos que generan contra expectativa encontramos la narrativa como contra expectativa resuelta, pero los hay que buscan una evaluación tales como la anécdota, modelo y observación. De estos, Los últimos dos presentan estructuras interesantes y observables en la divulgación científica,. Sin embargo, cabe notar que la DC es también un proceso discursivo que tiende, en algunos casos, a variar sus contenidos y estrategias para lograr sus objetivos, por ejemplo, narrativa con fines divulgativos.

En segundo lugar, nos interesa la tercera familia de géneros, aquellos que pertenecen a las funciones de reportes y explicaciones como principales, y sus roles en los discursos científicos. La diferencia que los autores encuentran entre géneros de reporte y de explicación son la relación con el tiempo: las explicaciones se concentran en secuencias de actividades, mientras que los reportes se enfocan en entidades, organizadas por clasificación y composición, en lugar del desarrollo temporal. Los autores determinan que aquellos sin estructura temporal son los reportes y argumentaciones, mientras que los estructurados temporalmente son recuentos, y explicaciones por consecuencia o por su contenido secuencial/temporal.

Por otro lado Schleppegrell habla de tres grupos de géneros escolares. En primer lugar identifica los géneros personales, entre los que se encuentran el recuento y la narrativa como géneros que relatan una secuencia de eventos. Por otro lado, en los géneros factuales identifica el procedimiento y el reporte como aquellos que buscan hacer reportar una secuencia de eventos, el primero presentándolos como reportes de secuencias que pueden incluir instrucciones o direcciones, y el segundo como una relación de hechos enfocando declaraciones específicas para respaldar declaraciones generales. Por último, habla del grupo de géneros analíticos, entre los que está “dar

cuenta” que es una forma de añadir información al recuento para contar porqué pasan las cosas; la explicación que busca explicar e interpretar un fenómeno; y la exposición como una estructura argumentativa que sostiene una tesis (2004: 85).

Es interesante que muchos de los géneros expuestos por Schleppegrell son estructuras lingüísticas que son fácilmente reconocibles en los libros de DC presentados en esta investigación, ya que muchos presentan algunos géneros personales, pero principalmente factuales y analíticos, con lo cual podemos observar entonces una distintiva tendencia a la construcción de pensamiento crítico sobre los fenómenos a los que el lector se enfrenta. Sin embargo, la divulgación científica está dedicada también a la transmisión de conocimientos, así como prácticas y formas de construir pensamiento lógico. Esto supondría una configuración textual que podría tener como objetivo parcial proporcionar información, en este caso, sobre el mundo natural.

En *Leer y Saber*, Ana Garralón presenta la categoría de textos informativos como los que:

ofrecen la posibilidad de utilizar los libros en general, de manipular el material con el que se inician al saber, de informarse con precisión sobre algún tema concreto, de comparar distintas perspectivas, de forjarse una opinión independiente [...] tendría que ser la puerta para poder entrar [...] al uso de obras más complejas” (2013: 20-21).

y propone distintas funciones de esta clase de textos, entre las que destacan el acceso a la cultura escrita, es decir, una aproximación crítica al ejercicio de lectura, en la que el lector podría construir relaciones y valoraciones críticamente; otras funciones interesantes son la ampliación del uso del lenguaje, la comprensión del mundo, el desarrollo del pensamiento crítico y la motivación por el autoaprendizaje, entre otras.

Entre las funciones anteriores la autora habla, necesariamente, sobre la capacidad de ofrecer información estructurada y ordenada, lo cual apunta a una intención de construir conocimiento a partir de una perspectiva determinada que, en el

caso de la comunicación de conocimientos científicos, el lector podrá relacionar con su observación y experimentación sobre los fenómenos naturales y otros aspectos. La autora añade "el uso continuado de estos libros les ofrece [a los lectores] la posibilidad de conocer variadas formas de contar el mundo. Familiarizarse con las diferentes estructuras de los textos será de gran ayuda cuando deban responsabilizarse de su propio aprendizaje" (2013: 25).

Sin embargo, Garralón habla de textos informativos como todo aquello que es "no ficción", en cuyo caso la expresión *transmisión de conocimientos* responde a muchos tipos de conocimientos en muchas formas de transmisión (biografías, manuales, recetarios, libros de historia, diccionarios, y muchos más).

La divulgación es una forma de transmisión de información y puede clasificar entre los textos informativos de Garralón, sin embargo, su construcción comprende distintas estructuras discursivas que implican géneros, prácticas y culturas de distintos tipos, quizá como una estrategia de legitimación, quizá como una estrategia de construcción específica de conocimientos especializados. La LSF ha estudiado desde su perspectiva esta construcción, siguiendo los conceptos de metafunciones y funciones contextuales que dan forma a una particular construcción lingüística con funciones sociales determinadas.

Sobre esto también la TCL permite hacer un análisis por medio de la dimensión de autonomía, mencionada anteriormente. Esta propone la existencia de disciplinas que generan texto utilizando elementos particulares, y busca analizar las relaciones de estos elementos con otras disciplinas y sus convenciones de uso sobre los mismos elementos. Observamos que estas disciplinas producen texto en el mismo sentido que utilizamos el concepto de género, una producción distintiva que implica prácticas específicas de una comunidad particular. El género, analizado desde la dimensión de autonomía, permitirá revisar los elementos retóricos y estructuras y mapas de registros utilizados en un texto, así como su función con relación a las convenciones de uso de los mismos elementos en

sus disciplinas de origen. Una metodología para rastrear los géneros utilizados y su función en el texto.

Por otro lado, la dimensión de especialización puede dar cuenta de los objetivos del género y los elementos genéricos que contiene, ya sea que estos enfoquen el conocimiento como prioritario o la configuración de relaciones (así, como acciones y procedimientos) sociales. La dimensión semántica también aporta un nivel de análisis que desglosa los recursos semióticos presentes en el género: sus relaciones con un contexto determinado (gravitatorias), y las relaciones con los elementos de una disciplina (densidad).

A lo largo de este marco teórico se han presentado conceptos y herramientas analíticas para revisar el discurso de la DC y su construcción hacia una práctica profesional en un público ajeno a esta práctica. Las herramientas propuestas permiten revisar la construcción significativa de los textos propuestos para análisis, tanto en su configuración lingüística como su función social, así como un sondeo a las características de la comunidad productora de la DC como sistema de prácticas con objetivos particulares.

#### **4.3 Método de análisis**

Con todo lo anterior, podemos dar forma al método específico de análisis que este trabajo propone y con el cual describimos el Discurso de la divulgación de la ciencia que podemos encontrar en libros para niños. A partir del mismo observaremos los puntos críticos sobre los que el discurso está construido y podremos revisar sus estructuras lingüísticas y semióticas para la construcción de conocimiento especializado a un público lego.

El texto, descrito en términos de la LSF, es una unidad que constituye elementos semióticos desplegados al lector por un medio, comúnmente el medio textual. Sin

embargo, estudios recientes (ya descritos anteriormente) demuestran que las estructuras metafuncionales pueden ser utilizadas para analizar al texto multimodal. En este caso, nos enfocamos en analizar textos bimodales, que despliegan conjuntamente imagen y texto, para construir significado y conocimiento especializado sobre algunos fenómenos naturales, esto es, conocimiento que es producto de un grupo particular de individuos dedicados a la práctica científica.

La Divulgación científica es un discurso que toma sus recursos semióticos mayormente de la gran nube de discursos científicos, aquellos producidos por un grupo particular que se dedica al estudio de las ciencias naturales y sociales, que han construido conocimiento especializado, algunos por siglos y otros por milenios. Por otra parte, la divulgación científica también requiere recursos semióticos que sean cercanos a la comunidad a la que está dirigida la divulgación, comúnmente, un público que no posee todos los recursos existentes en las disciplinas científicas.

Los recursos textuales que permiten acercar el conocimiento especializado de la ciencia a la comunidad tienen una configuración lingüística particular, utilizan registros particulares, pero también funcionan en conjunto con imágenes para construir un potencial de significado, es decir, podemos suponer la existencia de una configuración metafuncional que funciona englobando ambos recursos semióticos.

A partir de la exploración de la transitividad (Halliday & Matthiessen, 2014), podremos observar los procesos existentes en los libros de divulgación científica a analizar. Con estos, podremos analizar las estructuras ideacionales por las que se da forma a la experiencia de lo leído, es decir, por medio de qué construcciones materiales, existenciales, relacionales, conductuales, del pensar y del decir se construye la experiencia de los conceptos, elementos y prácticas de una disciplina particular que se presenta al lector. Los procesos, sin embargo, no son elementos aislados, sino que también configuran distintas relaciones interpersonales, como son la caracterización de actores, entidades y roles en juego.

Por otro lado, la función textual tiene un papel que se relaciona con otro aspecto a analizar en el libro de divulgación científica. A partir del análisis de los elementos anteriores, podemos revisar la estructura lingüística que da lugar la categoría de registro, según está expuesta en Matthiessen (2015), donde encontramos las estructuras de presentación y exposición, exploración, reporte, recreación, compartir, recomendar y habilitar, como fueron mencionados anteriormente. Cada uno de estos registros, permite analizar el texto en términos de su estructura para determinar el tipo de texto que se construye, esto es, los procesos socio-semióticos codificados en el discurso para configurar un segundo nivel de estructura lingüística (siendo el primero las estructuras metafuncionales). Estos registros, como los explica Matthiessen, pueden observarse en distintos niveles de complejidad y detalle, de manera que es posible encontrar las estructuras más finas que dan forma al tipo de texto que se presenta.

Una vez reconocida esta configuración metafuncional y de registro del texto, podremos observar los puntos en que la relación imagen/texto configura registros lingüístico-semióticos determinados, y cómo estos forman parte de relaciones genéricas en un nivel superior, que determine el tipo de texto que analizamos, y qué lo hace divulgación científica.

Al reconocer las configuraciones metafuncionales del texto bimodal, utilizaremos los conceptos de la TCL para observar qué tipos de elementos son desplegados en el texto en términos de su relación a una disciplina particular y con los recursos semióticos de otras disciplinas y, apoyados en los registros y géneros reconocidos, observar el nivel de legitimación del texto de acuerdo a la comunidad que lo produce. Es decir, podremos observar hasta qué punto los constituyentes de un texto producen conocimiento reconocido y aceptado por la sociedad, y también en qué áreas de construcción de conocimiento opera, y las relaciones de este discurso con otros discursos y finalmente en el espectro social.

Por tanto, se presenta una investigación cualitativa, enfocada al análisis puntual de los fenómenos lingüísticos presentes en la divulgación de la ciencia pero no como elementos de análisis aislados, sino como parte de un conjunto de sistemas que interactúan por medio de relaciones también sistémicas que dan lugar a un proceso de construcción de conocimiento particular. El carácter cualitativo de la investigación permitirá ahondar en los procesos puntuales de configuración del lenguaje así como sus reverberaciones en el plano de lo social, para construir un panorama de las estructuras semánticas que son utilizadas y las relaciones a las que son sometidas para producir potencial de significado que apunta a las prácticas lingüísticas y sociales de la comunidad científica.

Las herramientas de la LSF serán la pauta para analizar las estructuras lingüísticas presentes en los libros de divulgación seleccionados. En la primera etapa de análisis usaremos los conceptos de metafunciones para analizar desde el sistema de transitividad los procesos existentes en los textos, así como las configuraciones de entidades, donde también se pondrá atención en qué tipo de tecnicismos y metáforas gramaticales se utilizan como procesos de construcción progresiva del conocimiento científico expuesto.

En esta primera etapa, también se utilizarán las metafunciones como están descritas en “Reading Visual Narratives” (2012) por Painter, Martin y Unsworth, para el análisis bimodal. Los autores describen la metafunción ideacional como configuraciones de focalización, ambiente (que conforma aspectos de fondo e incluye el color en la imagen), la dimensión del color (vitalidad, familiaridad) así como relaciones de figura y fondo; lo interpersonal está caracterizado por relaciones de composición de imagen, disposición espacial, focalización, afecto y ambiente; por otro lado en lo textual hablaremos de la integración intermodal, las interacciones que presenta el formato bimodal de texto e imagen, donde analizaremos el despliegue de la imagen y los encuadres textuales como método de focalización de información.

Es importante considerar que el texto despliega segmentos textuales e imágenes en conjunto con objetivos particulares, por lo que su configuración metafuncional podrá dar cuenta de estrategias retóricas, lingüísticas y semióticas particulares a la divulgación de la ciencia., esto es, recursos textuales combinados con recursos visuales, así como recursos de contextos lingüísticos particulares, como son alusiones culturales, conocimiento de sentido común, o representaciones de relaciones e interacciones sociales. Sin embargo, es importante notar que los usos de recursos visuales pueden tener una amplia gama de interpretaciones de acuerdo con los recursos semióticos particulares al lector, por lo que una inspección de las representaciones visuales en términos de códigos que focalizan figura o fondo será una herramienta importante para construir un potencial de significación de la imagen en esta investigación.

Una segunda etapa de análisis consistirá en construir una cartografía de registros de cada texto para dar cuenta de las estructuras genéricas presentes. Para esto utilizamos estudios derivados de la LSF y los conceptos de registro y género (Bhatia, 2014, 2017; Matthiessen, 2015; Martin & Rose, 2008), los cuales se encargan de revisar las fuentes de producción de estructuras retóricas particulares, así como las interacciones que sostienen y sus productos como géneros particulares de comunidades de producción. Cada registro representa un elemento que, utilizado en distintas configuraciones, puede representar cualquier tipo de texto, por esta razón consideramos (siguiendo a Matthiessen, 2015) que la configuración específica de registros en un texto da lugar a un posicionamiento en el cúmulo de discursos presentes en la sociedad. Por medio de la caracterización de los registros en los textos a analizar, podremos determinar si estos concuerdan en sus usos lingüísticos dentro de la categoría genérica del discurso de la divulgación científica.

Una vez que se haya detallado tanto la dimensión de registro como la de género para determinar las estructuras lingüísticas y semióticas de los textos, utilizaremos los conceptos de la TCL para analizar los elementos utilizados tanto textual como

visualmente para dar cuenta de sus dimensiones de especialización, dónde esperamos encontrar una prevalencia de códigos de conocimiento (los enfocados a la construcción de conocimiento) por encima de códigos de élite (concentrados en conocimientos en una comunidad de expertos) o de cognoscente (concentrados en el productor del conocimiento). La dimensión semántica permitirá hablar de la construcción del conocimiento a lo largo del texto, utilizando los códigos de esta dimensión para observar y analizar las relaciones de gravedad semántica y densidad semántica, y así construir un perfil semántico que permita observar las distintas ondulaciones semánticas en el texto, esto es, la relación de procesos de construcción paulatina del conocimiento en la totalidad del texto.

De lo anterior podemos derivar la siguiente tabla donde se resumen las categorías resultantes para el análisis del corpus:

<b>Tabla de categorías resultantes</b>		
<b>Base teórica</b>	<b>Concepto analítico</b>	<b>Detalle analítico</b>
<b>Lingüística sistémico funcional</b>	Género	Metafunciones Textual/ideacional
	Mapas de registros	Registros presentación y exposición, habilitación, recuento, reporte.
<b>Multimodalidad</b>	Pathos	Metafunciones ideacional/interpersonal
	Enfoque	Metafunción ideacional/interpersonal
	Integración intermodal	Configuración interpersonal
<b>Teoría de códigos de legitimación</b>	Códigos de especialización	Códigos del conocimiento y cognoscente a partir de configuraciones interpersonales e ideacionales.
	Códigos semánticos	Densidad y gravedad semánticas.

**Tabla 1.** Tabla de categorías resultantes para análisis del corpus.

## 5. Análisis

Para el análisis se presentarán primero los libros dedicados a la presentación de información sobre Astronomía y se analizarán tanto sus estructuras lingüísticas como aquellas estructuras de registro y género que presente cada libro, tomando en cuenta también la composición y construcción de los elementos visuales e informaciones especializadas. En segundo lugar, se llevará a cabo el análisis de los libros con temas relacionados con la Dinámica y Mecánica, que presentan temas de las leyes y fenómenos del movimiento. Por último, se presenta el caso particular de libros que contienen distintos temas que abarcan varias disciplinas científicas, tales como biología, paleontología, cosmología, energías renovables, ingeniería, etc.

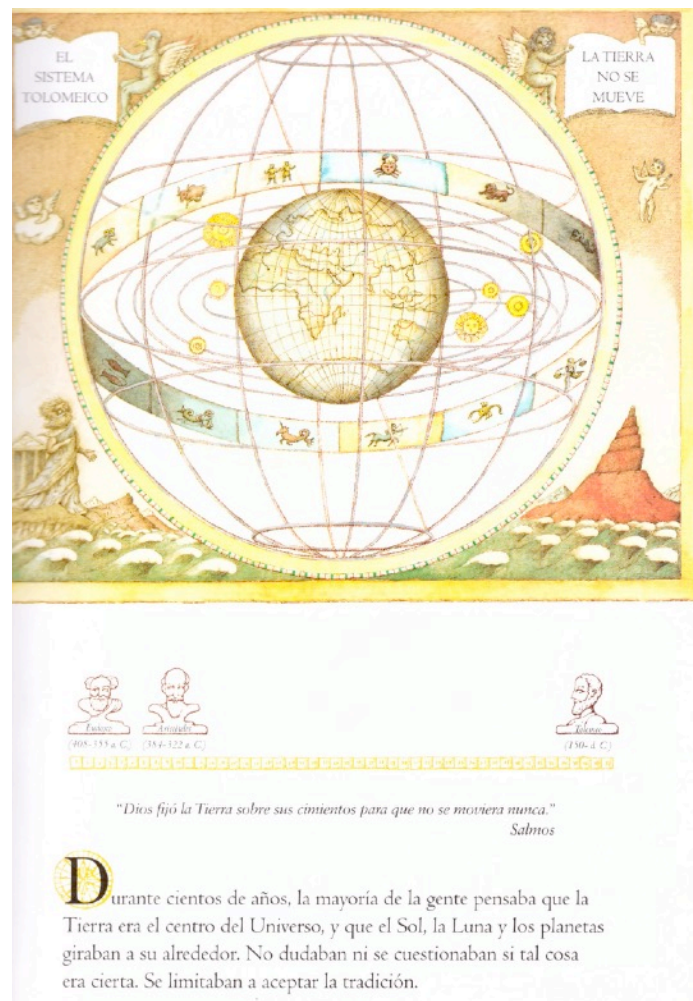
Es importante mencionar que cada libro constituye una manera particular de entablar una relación con el lector, esto implica una construcción particular de los contenidos en función de la lectura y del público al que está dirigida una publicación. Esto, a su vez, implica que la construcción de un elemento particular debe responder a un contexto determinado por la lectura y las referencias que el libro hace de un fenómeno natural particular que es estudiado por estas disciplinas científicas.

### 5.1 Libros de astronomía

El primer libro a analizar sigue una estructura biográfica con patrones más o menos definidos en una narración: se construye la identidad del personaje, su contexto inmediato y temporal y eventos importantes en su vida, a grandes rasgos. En el libro *Mensajero de las estrellas* de Peter Sís, podemos encontrar en la página del título una breve descripción de los contenidos:

Un libro que narra la vida del famoso científico,  
matemático, astrónomo, filósofo y físico Galileo Galilei

Es una descripción de la construcción de un discurso narrativo-biográfico y en la construcción “narra la vida” podemos ya anticipar una secuencia temporal.



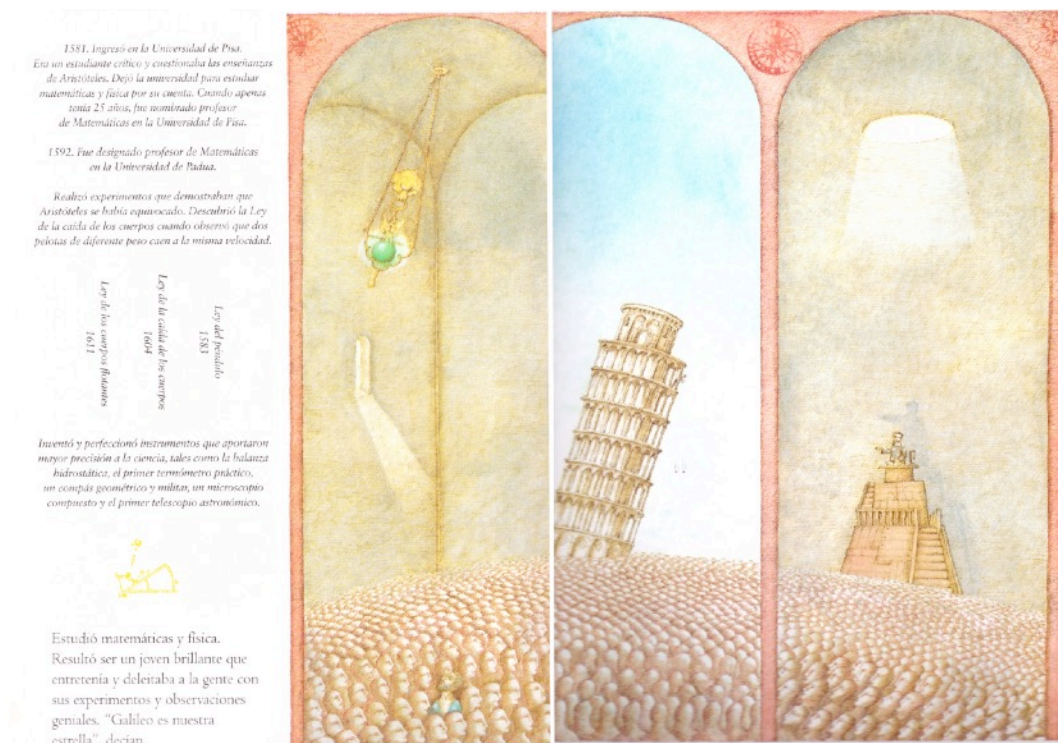
**Figura 8.** Primera página, *Mensajero de las estrellas* de Peter Sís (2010).

En la misma frase, la caracterización del personaje es a través de la enumeración de elementos de identificación y atributivos, todos relacionados con las ciencias físicas, lo cual corresponde con el discurso narrativo-biográfico. En la primera página, una ilustración muestra un primer elemento de conocimiento disciplinar astronómico, ligado al contexto temporal y sociocultural del personaje descrito. El texto que acompaña a la primera ilustración en la narración comenta la tradición geocéntrica y enfatiza su condición de conocimiento absoluto. Esto sitúa el conocimiento sociocultural de un momento en el tiempo, ese mismo conocimiento es lo que da lugar a la introducción del personaje por medio de una de sus indagaciones más célebres, el texto expone “[...] un hombre miró hacia el cielo y se preguntó: ‘¿Y si las cosas no fueran como todos creen que son? Tal vez la Tierra y los otros planetas giran alrededor del Sol’”, lo cual coincide

narrativamente con la figura de “héroe” como fue expuesta por Joseph Campbell en *Hero With a Thousand Faces* (2004), en tanto que su “llamado a la aventura” se cumple en el cuestionamiento mencionado, rompiendo un paradigma erróneo y dando inicio a su aventura, donde incluso encontrará un antagonista, marcando un registro narrativo en el texto.

Por otro lado, podemos observar la construcción de elementos culturales y disciplinares de la época narrada en las representaciones cartográficas, como en el caso de la figura 8, donde vemos una representación del globo planetario en el estilo común de los siglos XVI y XVII.

El texto continúa narrando el contexto histórico y cultural del personaje principal, con ilustraciones y descripciones de Italia y referencias a su riqueza artística y académica. Observamos que las estructuras presentes son las esperadas de acuerdo a una construcción narrativa-biográfica pero también encontramos algunos elementos disciplinares de la ciencia que se codifican en la misma descripción de la vida de Galileo, como el caso de la figura 9.



**Figura 9.** De *Mensajero de las estrellas*, de Peter Sis (2010).

La figura 9 muestra la construcción de un contexto cronológico de distintos eventos y momentos de la vida académica del personaje. Por medio de la ilustración se marca el contexto pedagógico en el que Galileo participó, y durante su estancia como profesor, también se marcan los años de sus descubrimientos, como las leyes del péndulo, caída de cuerpos y de los cuerpos flotantes (lo cual ya es información sobre ciencia), así como sus aportaciones y diseños de mecanismos para medición y observación. En la ilustración, a su vez, se representan tres de estos momentos: en el cuadro izquierdo, un espectador observa un candelabro que muestra movimiento pendular; en el cuadro central, un personaje deja caer dos objetos circulares desde la torre de Pisa; y en el cuadro derecho un personaje sobre un podio dirige la atención a los dos cuadros previos, ante una audiencia que observa atenta los apuntes de Galileo.

Observamos así a un personaje configurado al modo de un profesor investigador, que aparte de enseñar en un ambiente universitario, se dedica al mismo tiempo a perfeccionar su disciplina por medio de teorías e instrumentos especializados. Se muestra como un científico logrado, capaz de dirigir y construir el conocimiento de otros.

La figura 10 es un ejemplo de las estructuras que transmiten conocimiento disciplinar al mismo tiempo que configuran la narración del personaje, su vida y descubrimientos. El texto encuadrado que acompaña a la imagen del lado derecho superior es un fragmento introductor al libro Mensajero de las estrellas, escrito por Galileo en 1610; y del lado inferior izquierdo, configura los hábitos de observación y anotación de Galileo: “miraba a través de su telescopio y anotaba todo lo que veía”, misma idea que se reconfigura en la imagen, donde observamos en voz del personaje, sus escritos respecto a sus observaciones. La imagen codifica la descripción de la luna y el texto complementa con comentarios sobre las similitudes entre las superficies de la luna y la Tierra. Podemos ver un formato de integración intermodal [integrada: expandida], donde el texto comparte el espacio de la imagen para complementar el sentido de lo expuesto visualmente. Por otro lado, podemos ver la configuración del *participante* como *activo*, es decir, realizando un proceso, que en el centro de la imagen se representa como el personaje utilizando un telescopio con línea visual en la luna,

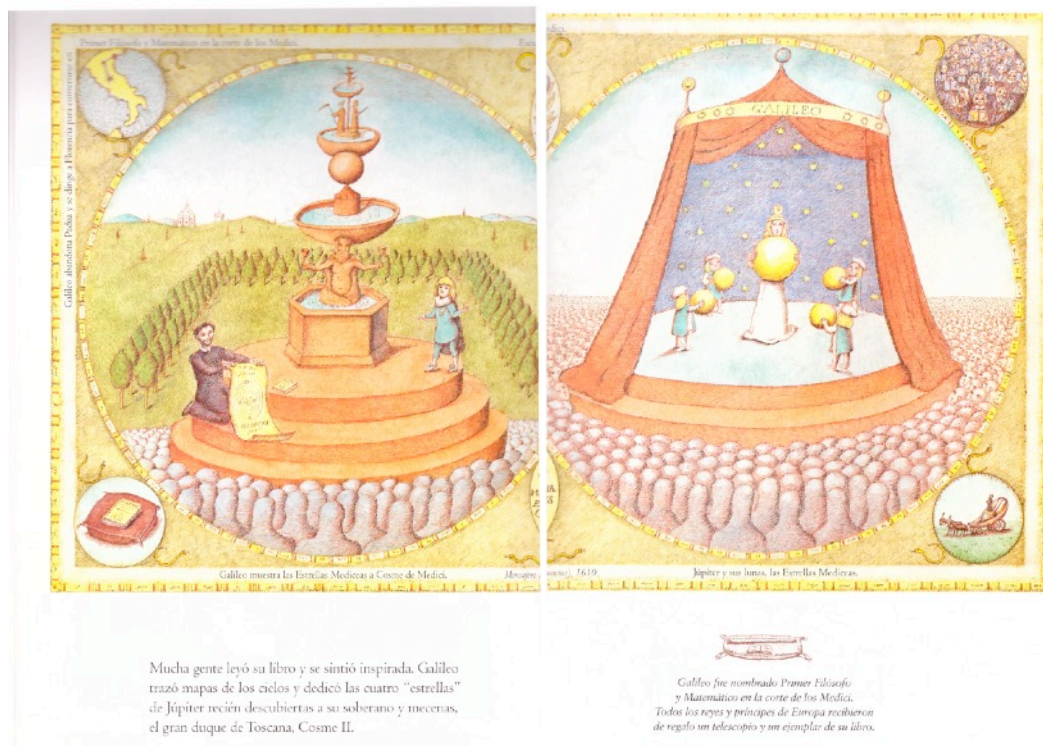
configurando así el proceso *observar*, y en la parte inferior derecha de la imagen podemos ver otra acción codificada en el proceso de *registrar* o *anotar*, como también se describe en el texto que acompaña en el lado inferior izquierdo de la apertura. Estas estructuras configuran no solo la representación de un momento en la vida de Galileo, también demuestran el proceso de análisis de los datos que Galileo recababa, en el ejercicio científico de observar, documentar y formular hipótesis y teorías a partir de ello, por otro lado, las imágenes son una representación del conocimiento disciplinar astronómico. Podemos ver, entonces, que no solo se configura la vida y obra del personaje, sino también una parte de su proceso creativo y conclusiones de carácter científico, que el lector puede construir en su lectura e interpretación de la imagen expuesta.



**Figura 10.** De *Mensajero de las estrellas*, de Peter Sís (2010).

La figura 11 muestra los logros del científico como filósofo y matemático bajo la protección de los Medici, así como su legitimación como científico a lo largo de toda Europa. Se expresa la aceptación de la gente por sus conocimientos haciendo valoraciones como “Mucha gente lo leyó y se sintió inspirada”, bajo una ilustración que muestra a un joven Galileo mostrando sus descubrimientos ante un público atento y un,

aún más joven, Cosme de Medici, y del lado derecho de la apertura, una ilustración de Júpiter y sus lunas, uno de los mayores descubrimientos logrados con su recién inventado telescopio. Es también importante notar que el registro muestra una secuencia narrativa de los hechos en ese instante, no precisa ser situado temporalmente en un año en específico como anteriormente, sino solo representar su posición ante la comunidad científica, italiana y europea. Se narra la vida del personaje en un punto favorable de su vida.



**Figura 11.** De *Mensajero de las estrellas*, de Peter Sís (2010).

Este registro narrativo es gran parte de lo que justifica la estrategia en que este libro en particular construye conocimiento disciplinar científico, pero, a su vez, construye otro elemento importante para una literacidad científica, construye conocimiento de la cultura científica, historia de la ciencia, al mostrar a un personaje no solo como científico y su gran aportación a las ciencias, sino como humano, como persona que interactúa con su entorno y tiene incidencia en su propio mundo.

La figura 12 muestra precisamente este Galileo cuya fama y aceptación del público le generó cierto poder. A pesar de que sus observaciones eran evidentemente

correctas, sus descubrimientos eran antagónicos al poder hegemónico de la iglesia en ese momento.



**Figura 12.** De *Mensajero de las estrellas*, de Peter Sís (2010).

Observamos en el lado izquierdo de la apertura en la figura 12, un Galileo sentado sobre un sol que descansa sobre un podio, rodeado de gente que le observa atenta. Del lado derecho vemos al mismo Galileo enfrentándose a un jinete armado respaldado por un ave negra que porta un sello (seguramente el sello del Vaticano) y en cada ala una prisión y una habitación vacía. En los textos que acompañan estas escenas encontramos la narración del encuentro con un antagonista que busca evitar que el personaje principal obtenga más poder con su teoría heliocentrista. El texto expone “Al defender la idea de que la Tierra no era el centro del universo, había actuado en contra de la Biblia”, lo cual representa el momento en que la iglesia decide actuar: “Las autoridades le ordenaron que dejara de creer en aquello que podía ver con sus propios ojos”, lo cual representa otro elemento de los discursos y prácticas de la ciencia: la comprobación de los hechos de la naturaleza; y finalmente, se enfrenta a la cabeza de la

iglesia católica, representado este juicio en la parte derecha de la apertura, junto con la defensa de Galileo: “sostengo que el Sol se encuentra inmóvil en el centro de la rotación de los cuerpos celestes”.

En la figura 13, podemos ver una construcción interesante en los recursos visuales. Entre los sistemas descritos por Kress y Van Leeuwen (2006: 126-129), la distancia social se refiere a la presentación del tamaño del marco, la presentación de personajes y objetos con acercamiento, a media distancia o en la lejanía. Estas elecciones representan una distancia social y pueden codificar distintos tipos de significados, por ejemplo, la cercanía entre un personaje y un objeto puede significar distintos tipos de acción, si el rostro del personaje ocupa toda la página podemos intuir una concentración en la significación de gestualidad, si el personaje u objeto se puede observar de cuerpo entero podemos observar otros tipos de significados como el lenguaje corporal o las interacciones entre distintos objetos. En la misma manera podemos observar qué tipos de interacciones o relaciones se están codificando con la distancia social presentada de elementos visuales en el texto y el lector, así como entre los personajes.

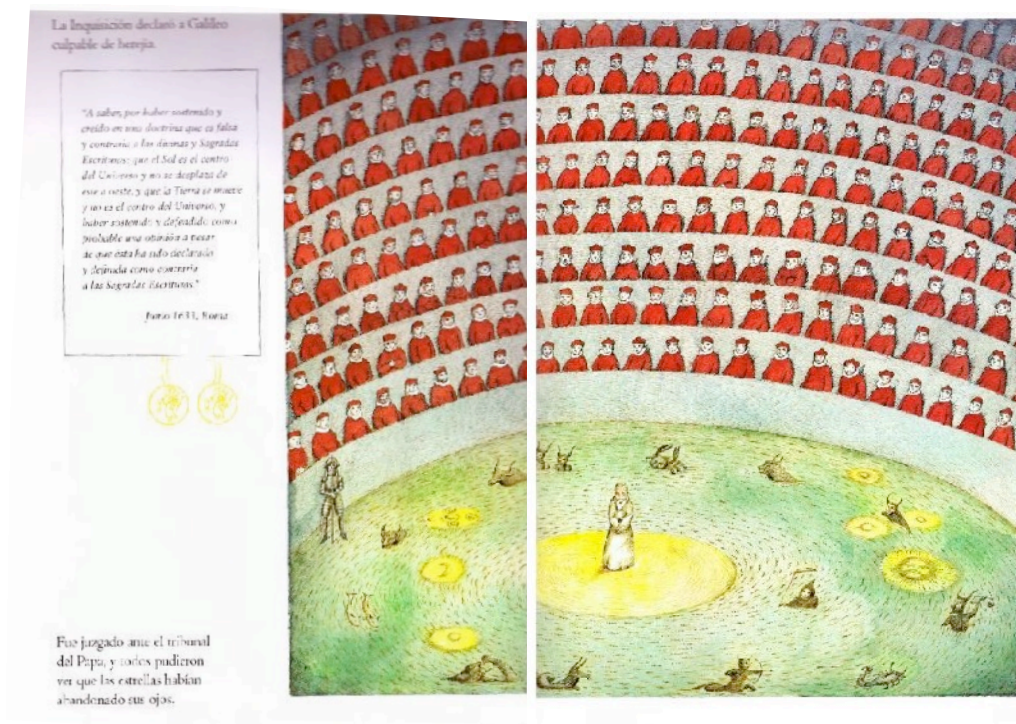


Figura 13. De Mensajero de las estrellas, de Peter Sís (2010).

Painter et al. (2013), proponen como sistema paralelo a la distancia social el de *proximidad*, con el cual podemos observar las relaciones que se codifican entre personajes en cualquier momento de la narración. Otra forma en que se configuran significados en la representación visual es por medio de la *implicación y poder*, que funcionan para posicionar al lector y dependen del uso de perspectiva, lo cual crea una posición subjetiva que requiere ver a la representación en un ángulo particular. Si los personajes dirigen la mirada al lector podemos intuir una mayor implicación del lector con la narrativa, si el personaje ve en otra dirección, podemos intuir cierta lejanía del lector.

La figura 13, una apertura (como Painter et al. (2013) nombran a las disposiciones de dos páginas) tomada del libro *Mensajero de las estrellas* de Peter Sís (2010), muestra precisamente ambos sistemas, implicación y poder, así como elecciones en el sistema de distancia social respecto a los personajes representados. La escena describe el juicio de Galileo Galilei quien sostuvo y defendió la noción de que la Tierra no es el centro del universo y que ésta se mueve alrededor del sol, misma idea que iba en contra de los prejuicios y preceptos religiosos del momento. En la imagen podemos ver al personaje principal un tanto cabizbajo y con manos juntas al frente, lo cual demarca cierta lejanía con los personajes que le rodean y el mismo lector. En ese mismo sentido, los personajes están dispuestos al rededor del personaje principal, todos con un atuendo similar y todos observando a Galileo Galilei, al centro de la imagen y aislado, lo cual codifica un significado particular: juicio, mismo significado que se sostiene en el texto que acompaña la imagen, es decir una integración intermodal [*complementaria*]<sup>4</sup>, donde el texto e imagen están en planos distintivos en la apertura. En la figura 13 podemos observar cómo la significación de la imagen se complementa de las estructuras para su organización, el ángulo inclinado en que vemos al personaje principal denota lo que el texto también está narrando, es decir, ambos medios se complementan para configurar una atmósfera emocional, narrativa y de implicación y poder entre lector y texto.

---

<sup>4</sup> En adelante, utilizaremos esta notación para mostrar las elecciones de integración intermodal.

Añadido a lo anterior, el texto que acompaña a la imagen incluye un fragmento del discurso del jurado, de perspectiva expresamente religiosa, con una condena del mismo carácter: herejía. Se codifica de igual manera a la cabeza del jurado y finalmente se presenta una construcción emocional sobre el personaje principal “Fue juzgado ante el tribunal del Papa, y todos pudieron ver que las estrellas habían abandonado sus ojos” (*Mensajero de las estrellas*, de Peter Sís).

La implicación, de acuerdo a Kress y Van Leeuwen (2006:133), se codifica en el ángulo horizontal, en el caso de la figura 13, podemos ver la lejanía que se genera al romper con la horizontalidad entre personajes, al dibujar a Galileo al centro y por debajo de los demás podemos suponer una implicación menor. Pero en el mismo sentido, al utilizar el ángulo vertical, podemos realizar cambios en el sistema de poder en la semiótica visual. En la figura 13, observamos a todos los personajes en rojo mirando a Galileo hacia abajo, e incluso Galileo observa hacia el suelo, lo cual implica no solo la configuración del poder ejercido por los personajes en rojo, sino la sumisión del personaje principal ante el tribunal. Painter et al. (2013), proponen el sistema de *orientación* como paralelo a la implicación, para tomar en cuenta las orientaciones corporales de los personajes entre sí. Si observamos nuevamente la figura 13, notaremos que la orientación corporal de Galileo (al centro de la imagen) lo posiciona cabizbajo, con manos juntas al frente y de espaldas al tribunal.

El segundo libro para análisis se titula “El espacio en 30 segundos” de la editorial Blume y escrito por Clive Gifford. El libro explora el origen del universo, las estrellas y objetos celestes dentro y fuera del sistema solar así como temas de exploración del universo. El formato de este libro permite al lector acercarse a textos sobre los temas particulares anteriormente mencionados en una lectura de tres segmentos acompañados por imágenes.

El libro está dividido en seis secciones con un tema general, en la primera página de cada sección se presenta un texto con una breve introducción, explicando o presentando datos científicos y algunos contextos históricos, sociales o culturales respecto al tema. Enseguida de cada una de estas breves introducciones en el libro, el lector encontrará un glosario que contiene vocabulario especializado necesario para

comprender lo que el capítulo presenta. Estas dos partes son vitales para lograr una introducción que permita al lector tener una base para comprender los temas y conceptos de los que se habla en cada sección. En el primer tema, por ejemplo, titulado "La gran explosión (el Big Bang)", en la pág. 9, se presenta un texto donde se habla de las creencias sobre el principio del universo:

Durante siglos, la humanidad ha mirado el firmamento nocturno y se ha preguntado cómo empezó el universo, qué forma tiene y cómo es de grande. Se han propuesto muchas teorías sobre el origen del universo, pero en el momento actual, casi todas las personas expertas en cosmología (la ciencia del cosmos) están de acuerdo con la teoría de la Gran Explosión (o Big Bang). De lo que no están tan seguras es de cómo acabará el universo en un futuro distante.

Se muestra un mayor uso de procesos mentales como "ha mirado", "se ha preguntado", sobre dichos fenómenos, y concluyendo con el consenso general sobre la teoría del *Big Bang*, aún utilizando un proceso mental por medio de la frase "están de acuerdo". Dada la situación teórica respecto al origen del universo, este texto introductorio se basa cognitivamente en la necesidad de exponer que se trata de un fenómeno que la humanidad ha intentado explicar por un largo tiempo, marcando el hecho de que han existido distintas teorías respecto al origen del universo. En cambio, la segunda sección, la que presenta el glosario de cada capítulo, se presenta con el formato adecuado para un glosario, una lista de palabras clave con definiciones que permitan al lector tener un entendimiento básico de los conceptos científicos presentes en ese tema particular. Como es de esperar, el glosario presenta una mayor cantidad de registros de explicación y presentación y exposición (*expounding*), con procesos que varían desde los relacionales, conductuales, materiales hasta algunos verbales, como en el caso de la definición de *Gran Frío (o Big Chill)*, donde se expresa "Teoría sobre el fin del universo que dice que todas las estrellas dejarán de emitir luz y desaparecerán." donde se utiliza un proceso verbal para presentar y exponer una teoría respecto al fin del universo. Cabe resaltar que "la cualidad distintiva del lenguaje científico está en la lexicogramática (como se 'expresa') como un todo, y cualquier respuesta que genere en el lector es una respuesta a la totalidad de patrones en el discurso" (Halliday, M.A.K. ; Martin, J.R., 1993: 4). En el mismo sentido, el glosario revela un patrón que el lector podría leer

como un acervo de conceptos que pueden ser abstractos y aparecen en la lectura consiguiente.

Seguido del glosario se presentan los subtemas de cada capítulo con tres secciones de texto: un texto de entre 3 y 6 párrafos con un subtítulo acompañado por la frase "...en 30 segundos" que sugiere la lectura como el título del libro, un texto que presenta y expone información respecto a un tema en una lectura de treinta segundos; otra sección más pequeña de texto titulada "Resumen en 3 segundos", donde se presenta un breve resumen del subtema de la página que en general no supera las veinte palabras; y por último una sección titulada "Misión en 3 minutos" donde se presenta una actividad que el lector puede replicar para tener un entendimiento más profundo de los fenómenos naturales de los que se habla.

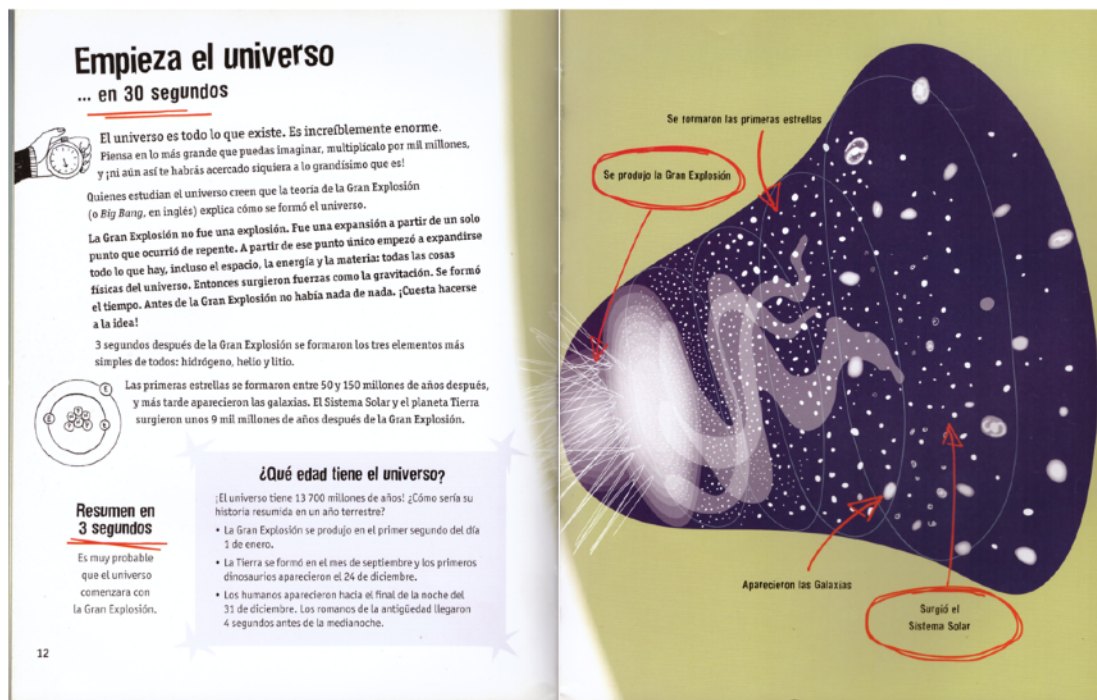


Figura 14. De *El espacio en 30 segundos*, de Clive Gifford (2014).

En la figura 14 podemos ver el registro general que se mantiene a lo largo del libro, a partir de sus distintas secciones e ilustración acompañante, se describen distintos elementos del cosmos y se construyen explicaciones respecto a las teorías propuestas por la astronomía y cosmología para entender el principio y fenómenos del universo. En el lado izquierdo de la figura 14 podemos ver textos que describen elementos como el

*Big Bang* que empaquetan una serie de eventos que en teoría dieron comienzo a la expansión del universo. Por otro lado, encontramos elementos como “El universo es todo lo que existe” construyendo así un concepto de la astronomía que constituye una definición. A esta frase, sigue una elaboración al respecto: “Es increíblemente enorme”, recalcando, con el elemento de gradación, la magnitud del universo al lector. A lo largo de este primer texto titulado “Empieza el universo”, también se constituyen otras explicaciones, por ejemplo, la nomenclatura de la teoría del origen del universo y también otros fenómenos relacionados al mismo. De esta manera, podemos ver la función del registro presentación y exposición (*expounding*) como lo define Matthiessen (2015), contextos donde un fenómeno natural es explicado como parte de una construcción de conocimiento sobre clases generales de fenómenos.

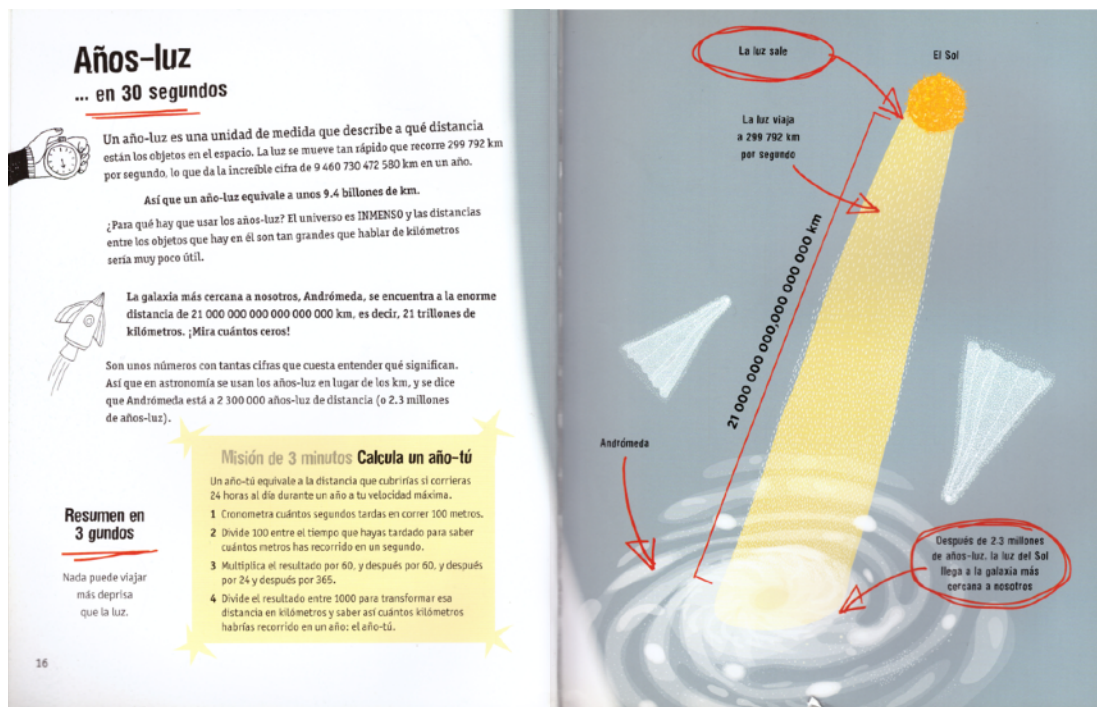


Figura 15. De *El espacio en 30 segundos*, de Clive Gifford (2014).

Cada una de las aperturas del libro presenta textos en el lado izquierdo y del lado derecho presenta una ilustración donde se muestran algunos de los conceptos expuestos e imágenes de objetos celestes, así como representaciones teóricas de algunos de éstos. Ejemplo de esto se muestra en la figura 15.

Estas secciones están diseñadas para presentar un tema de manera general, sintetizarlo en un resumen y presentar una actividad (o en algunos casos, más información referente a un subtema) para que el lector pueda complementar la información presente.

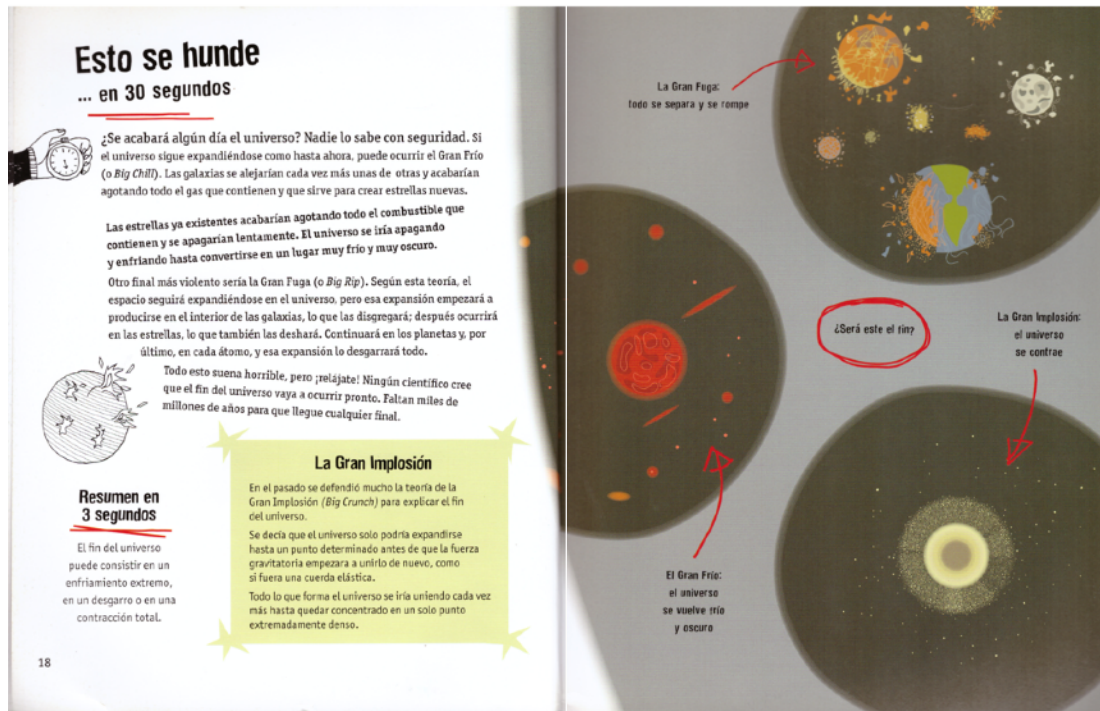


Figura 16. De *El espacio en 30 segundos*, de Clive Gifford (2014).

En la figura 16 podemos encontrar un elemento interesante en el registro de este libro: para comenzar el texto presenta una pregunta que introduce el problema a indagar: “¿Se acabará algún día el universo?”, este cuestionamiento podría implicar una participación del lector a la reflexión sobre el tema expuesto y a partir de ello presentar un nuevo concepto científico para explicar el final último del universo, codificado a partir del *Big Chill*, una teoría más que busca explicar el funcionamiento del universo.

Debe notarse que el tema que se presenta no sigue el mismo registro que el libro analizado anteriormente, *Mensajero de las estrellas*; en este caso, no se busca crear una narrativa, sino que los autores se basan más en la presentación y exposición de algunos elementos del universo, conceptos, conocimientos y prácticas que permiten observar y explicar estos fenómenos de manera que el lector pueda encontrar recursos explicativos

que den lugar a la construcción del conocimiento especializado por recursos textuales y visuales.

En la figura 17 podemos observar los textos que buscan presentar algunas características y condiciones del planeta Venus.

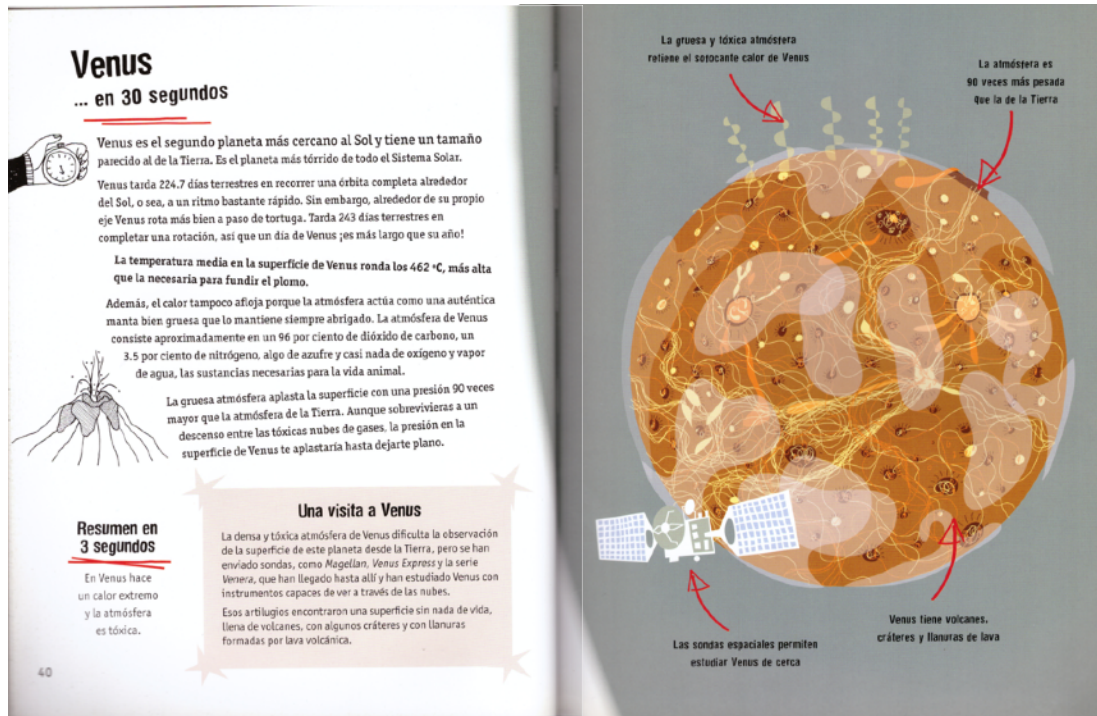


Figura 17. De *El espacio en 30 segundos*, de Clive Gifford (2014).

Nuevamente encontramos tres secciones de textos acompañados en contrapágina por una ilustración del planeta Venus acompañada por algunas frases y flechas indicando conexiones del texto con la imagen. Del lado izquierdo de la figura 17 podemos encontrar una explicación “en 30 segundos” sobre el planeta, mostrando características como su tamaño, tiempo de rotación y órbita alrededor del Sol, su temperatura en la superficie, datos sobre su atmósfera y finalmente la presión atmosférica en su superficie. Es interesante notar que algunos de estos datos se describen en comparación con la Tierra, que supondría un contexto cercano al lector con el cual poder contrastar su lectura. Nuevamente se utiliza un resumen en 3 segundos para exponer los datos más importantes o interesantes de forma muy reducida, lo cual podría implicar un fragmento que resulte más sencillo para retener después de la lectura.

Del mismo modo, la ilustración representa las características recién explicadas de Venus, su densa atmósfera, sus volcanes que relacionan las altas temperaturas descritas, y datos sobre la exploración humana en ese planeta por medio de sondas.

En la figura 18 podemos observar las tres secciones de texto que se presentan en cada apertura, cada una exponiendo el subtema en turno, en el caso de la figura 18, el subtema *Saturno* se presenta bajo el registro de presentación y exposición (*expounding*), así como procesos relacionales para comparar a ese planeta con un contexto más cercano al lector, el planeta Tierra: “¡Dentro de Saturno cabrían más de 760 objetos como la Tierra!”; con ello se expande la explicación y presentación acerca del planeta, añadiendo relaciones de comparación con otros planetas. También, podemos observar nuevamente el recurso de comparar una característica del planeta en cuestión con un elemento cercano al lector, en este caso, el texto en su segundo párrafo muestra primeramente la característica del planeta y posteriormente una analogía utilizando el contexto próximo al lector: “Saturno es el planeta menos denso de todos, con el 70 por ciento de la densidad del agua, lo que significa que flotaría en la bañera de tu casa”. El texto se acompaña en general por ilustraciones pequeñas que representan algún elemento del texto en cuestión, en el caso de la figura 18 podemos ver un dibujo de una sonda espacial en el extremo izquierdo, utilizada para la exploración de planetas como Saturno.

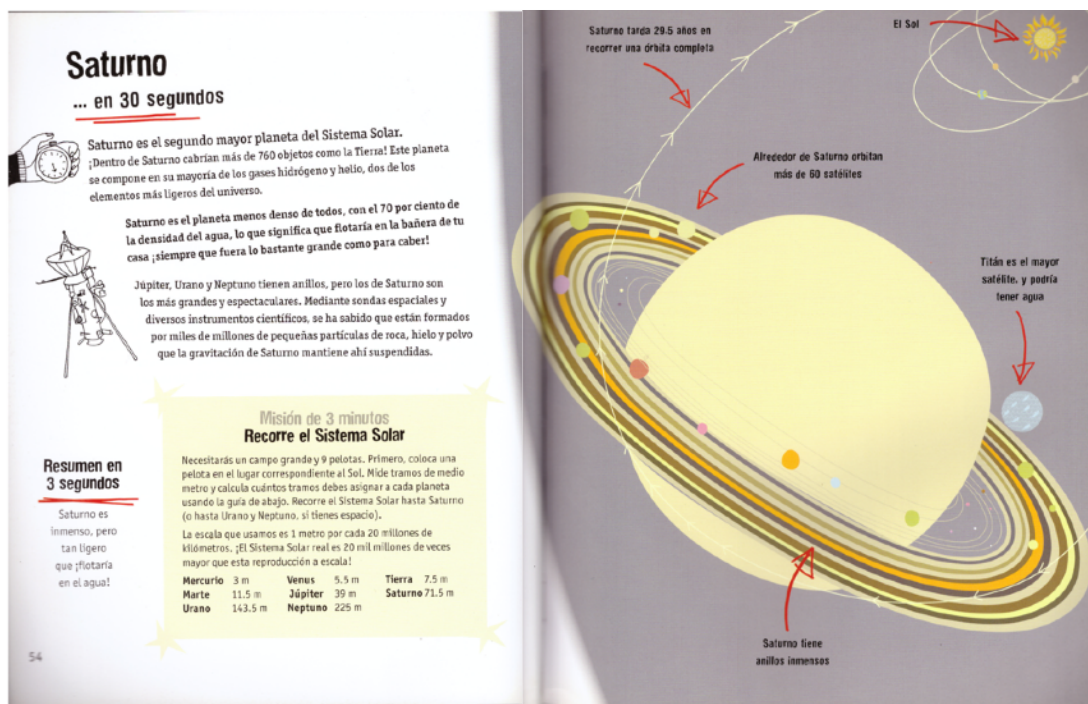


Figura 18. De *El espacio en 30 segundos*, de Clive Gifford (2014).

En la sección de *Misión de 3 minutos* podemos encontrar otro tipo de registros y procesos. Dado que en esta sección se trata de presentar una actividad, los procesos tienden más hacia lo material y conductual, tales como “coloca”, “mide” y “recorre”, en el caso del recuadro en la figura 18. Con ello, el registro de habilitación permite que el lector tome un papel dinámico respecto a la lectura y respecto a la construcción del conocimiento que se presenta. En la actividad de la figura 18, el lector puede armar un modelo a escala del sistema solar con el cual podrá ilustrar los conocimientos a los que se alude en la apertura correspondiente a la figura 18.

Por otro lado, las imágenes en este libro son representaciones cuyas características presentan un pathos apreciativo, también llamado el estilo minimalista, en términos de Painter, Martin y Unsworth (2013).


En la figura 18 se observa, del lado derecho, una representación minimalista del planeta Saturno, así como otras figuras que ilustran sus anillos y lunas, también observamos líneas que representan la órbita del planeta respecto al Sol. En términos de Painter et al. "lo interesante aquí es que el estilo minimalista es el menos natural y su desciframiento es más claramente una cuestión de literacidad visual" (2013: 32), esto implica que no es necesario que el libro utilice formas realistas para dar a entender su contenido, sino que, como una posibilidad de primer acercamiento a la astronomía, el libro permite formar imágenes para su repertorio de literacidad visual y, al mismo tiempo, podrá completar ese repertorio con la información expuesta en el texto. También es importante notar la guía de lectura expuesta en el lado derecho de la figura 18, donde notamos pequeños fragmentos de texto acompañados por flechas que indican a qué refiere la información del texto, pero también dan otra referencia, como es el caso de la órbita, donde vemos flechas para indicar la dirección del planeta respecto al sol, así como otras órbitas para compararlas con Saturno, el subtema de esa sección del libro.

En la figura 19 podemos ver otro recurso textual de *El espacio en 30 segundos*, aparte de las secciones de lectura en 30 segundos y resumen en 3 segundos, se omite la sección "misión en 3 minutos" pero en lugar de ello se expone un recuadro donde se expande la información ya presentada con nuevos datos relevantes al subtema de los cometas. El registro de reporte, en este caso, utiliza recursos para apuntar características y composición de los cometas, completando la exposición explicativa sobre los mismos.

Los procesos materiales utilizados, tales como “sale despedido” o “pueden formar” dan forma a un lenguaje que permite visualizar los fenómenos naturales de un cometa en su vuelo espacial, configurando un conocimiento observado por la astronomía en términos que el lector pueda comprender y, sobre todo, reconocer como conocimiento especializado. Por otro lado, podemos observar las relaciones lógico-semánticas que Halliday y Mathiessen (2014) describen como expansión, esto es, cuando “una cláusula secundaria expande a la cláusula primaria, al (a) elaborar al respecto, (b) extendiéndola, o (c) mejorándola”, en los ejemplos vistos en las figuras podemos leer no solo la explicación, definición y expansión que el texto hace, sino la relación que éste tiene con las imágenes representadas, que a su vez expanden sobre el conocimiento expuesto.


## Cometas

### ... en 30 segundos



Puedes imaginarte los cometas como bolas de nieve sucias que pululan por el espacio. Consisten en partículas de hielo y roca que forman un núcleo sólido. Los cometas tienen tamaños muy variados y su núcleo puede medir desde unos cuantos cientos de metros hasta 40 km de diámetro. Estos objetos orbitan alrededor del Sol. Durante gran parte de su viaje no hay nada más que decir sobre ellos.

La mayoría de los cometas se encuentra en las regiones más remotas del Sistema Solar. El cinturón de Kuiper es una zona del Sistema Solar que empieza después de la órbita de Neptuno y se despliega 25 au más hacia el exterior. Mucho más allá de Neptuno y el cinturón de Kuiper es posible que exista la Nube de Oort, a 50 000 au de distancia del Sol.



El paso de una estrella puede desplazar un cometa y lanzarlo hacia el Sol. Cuando un cometa se sitúa a unas 6 au del Sol, el núcleo se calienta, parte del hielo se transforma en gas y aparece una gran nube alrededor del núcleo llamada cabellera, que a veces llega a ser 1000 veces mayor que el núcleo en sí.

#### La cola de los cometas

Hay partes del núcleo que se evaporan convertidas en gases mientras que el polvo sale despedido del núcleo. Ambas cosas juntas pueden formar una cola muy larga (o dos) que siempre apunta en la dirección opuesta al Sol. La cola del cometa Hyakutake (descubierto en 1996) midió más de 550 millones de km de longitud, más de tres veces la distancia que separa el Sol de la Tierra.

#### Resumen en 3 segundos

Los cometas son bolas de nieve que consisten en hielo y polvo y que se abalanzan hacia el Sol.

58

Figura 19. De *El espacio en 30 segundos*, de Clive Gifford (2014).

En la misma figura 19, podemos observar también la manera en que se construye un conocimiento aludiendo directamente a la participación del lector, utilizando un lenguaje cercano a su contexto inmediato. Con la frase inicial “Puedes imaginarte los cometas como bolas de nieve sucias que pululan por el espacio”, la función principal es presentar y exponer una relación analógica entre dos objetos, uno como concepto astronómico, el otro como un objeto más cercano al horizonte de experiencias del lector. Así, el registro de esta primera frase conduce al lector al siguiente elemento, una definición en el registro de explicación “ Consisten en partículas de hielo y roca que forman un núcleo sólido”, donde observamos también un aumento gradual de la abstracción, desde presentar un elemento cercano al contexto general del lector que funciona como ejemplo para construir una definición formal de un concepto astronómico.

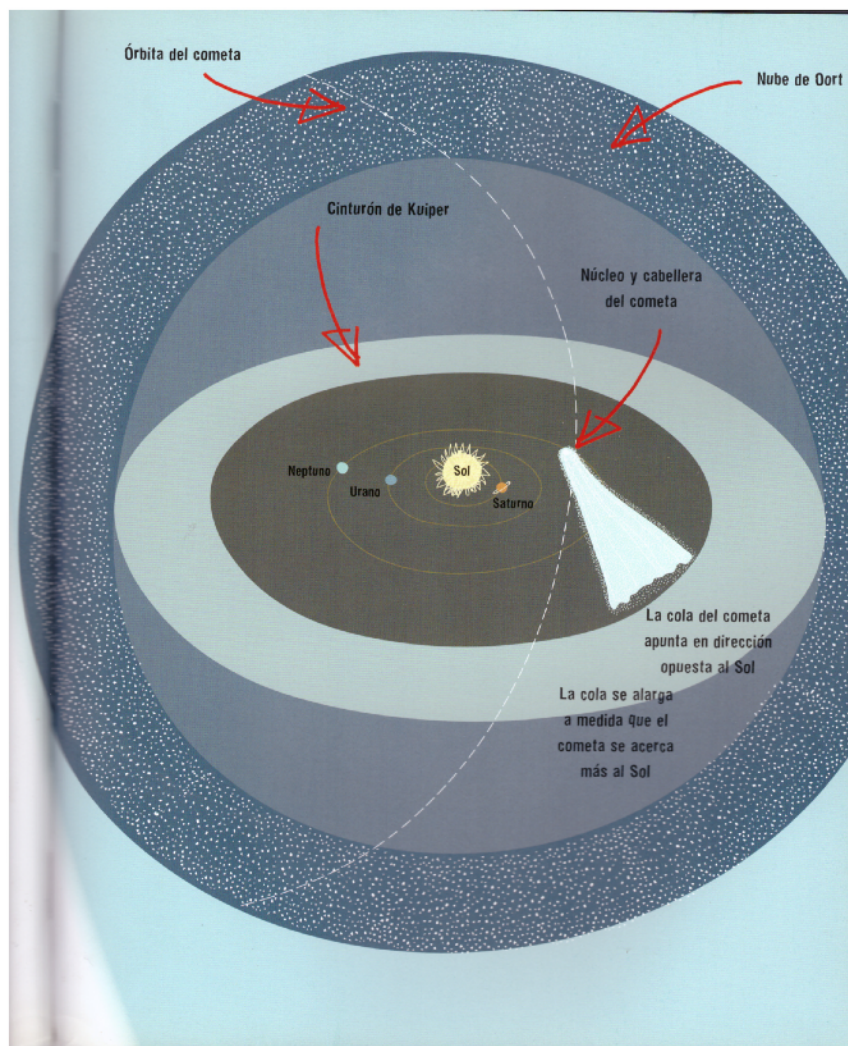


Figura 20. De *El espacio en 30 segundos*, de Clive Gifford (2014).

En la figura 20 podemos ver nuevamente el estilo de ilustraciones que contiene el libro, todas siguen el mismo patrón, esto es, pathos apreciativo, el estilo minimalista. Nuevamente, esto implica una manera de presentar un primer acercamiento a los elementos especializados de la astronomía así como representaciones básicas de los fenómenos naturales astronómicos y cosmológicos. De esta manera, texto e imagen funcionan en conjunto para construir un grado de literacidad sobre los conceptos y fenómenos expuestos, no al grado de construir un vocabulario y conocimiento completo de la disciplina, pero sí como una primera aproximación a ella. Los textos que acompañan a la figura 20 muestran el registro de presentación y exposición (*expounding*) para mostrar características que en la disciplina son importantes para comprender la composición y taxonomía de un cometa, el tema de la apertura en el ejemplo. En la frase “ la cola del cometa apunta en dirección opuesta al Sol” se presenta una característica de las colas de los cometas que, junto a la imagen, conforman una representación de un conocimiento particular de la astronomía y, en su lectura, el lector reconoce el patrón discursivo de un texto informativo con una estructura referencial.

Con todo lo anterior, podemos notar la tendencia a la presentación de temas con definiciones, explicaciones y exploración de distintas informaciones referentes a un conocimiento astronómico. A partir de un lenguaje estructurado con registros de explicación, presentación y exposición (*expounding*), exploración y habilitación, se configura un texto que utiliza constantemente el contexto inmediato del lector para ejemplificar conceptos de astronomía y exploración espacial. Con ello, se formula un tipo de texto que responde, como libro completo, a un género textual de referencia, donde el lector puede acceder a un tema que le interese independientemente del resto de la lectura del libro. También es importante notar la ausencia de personajes en el libro, el lector se enfrenta a conceptos, fenómenos naturales y teorías de astronomía directamente, solo con la mediación de actividades que recontextualizan el conocimiento especializado en términos cercanos y accesibles al entorno del lector.

Para ilustrar lo anterior, pasaremos al siguiente libro de astronomía *Aventúrate en una misión para explorar el espacio*, escrito por Tom Jackson y publicado por editoriales Parragon.

Este libro presenta un formato distinto a los anteriores, en tanto que se presentan temas (algunos ligados a otras secciones del libro) para completar cierta información

acerca del espacio y sus contenidos. Nuevamente se presentan temas por apertura, dos páginas desplegadas, que contienen información y/o actividades sobre un tema particular de la astronomía y la exploración espacial.

Para este libro en particular podemos hablar de dos tipos de pathos presentes: por un lado se utiliza pathos apreciativo para construir representaciones de objetos, así como planetas y demás objetos celestes. Por otro lado, se presenta un pathos empático en la representación de personajes genéricos que guían una parte de la lectura y, en su mayoría, están acompañados de burbujas de diálogo para definir o exponer algunas informaciones. La interacción de estos dos elementos visuales crea una atmósfera en la que es posible construir elementos disciplinares de manera minimalista para lograr un entendimiento básico de esos elementos y, simultáneamente, se crea una conexión empática con el lector en la interacción con la lectura y los personajes.



Figura 21. De *Aventúrate en una misión para explorar el espacio*, de Tom Jackson (2017).

En la figura 21 podemos ver el tema introductorio del libro, donde se presenta por primera vez una descripción y explicación del espacio, así como una categorización general de algunos objetos que lo ocupan, que se observa en los recuadros que nombran “Galaxia”, “Nebulosa”, “Planetas” y “Luna” con una descripción breve en cada recuadro. Bajo los registros de presentación y exposición (*expounding*) y

categorización, podemos encontrar construcciones que relevan los nombres de los elementos astronómicos presentados: estrellas, galaxia, nebulosa y planetas. Cada uno de estos elementos está acompañado de un breve texto que describe a cada uno, encontramos empaquetamientos de información, por ejemplo: “galaxias: enormes grupos de estrellas muy cercanas entre ellas” o “otras de las luces vienen de nubes de un gas brillante llamado nebulosa”, donde encontramos elementos disciplinares que por medio de un desempaquetamiento de su información, se presentan con una definición, explicación o elaboración al respecto, permitiendo al lector construir significado y conocimiento a partir de ello. Del mismo modo, la ilustración presenta personajes con burbujas de diálogo que proporcionan otros datos al lector, como la definición de un astrónomo y las herramientas que utiliza para su disciplina.



Figura 22. De *Aventúrate en una misión para explorar el espacio*, de Tom Jackson (2017).

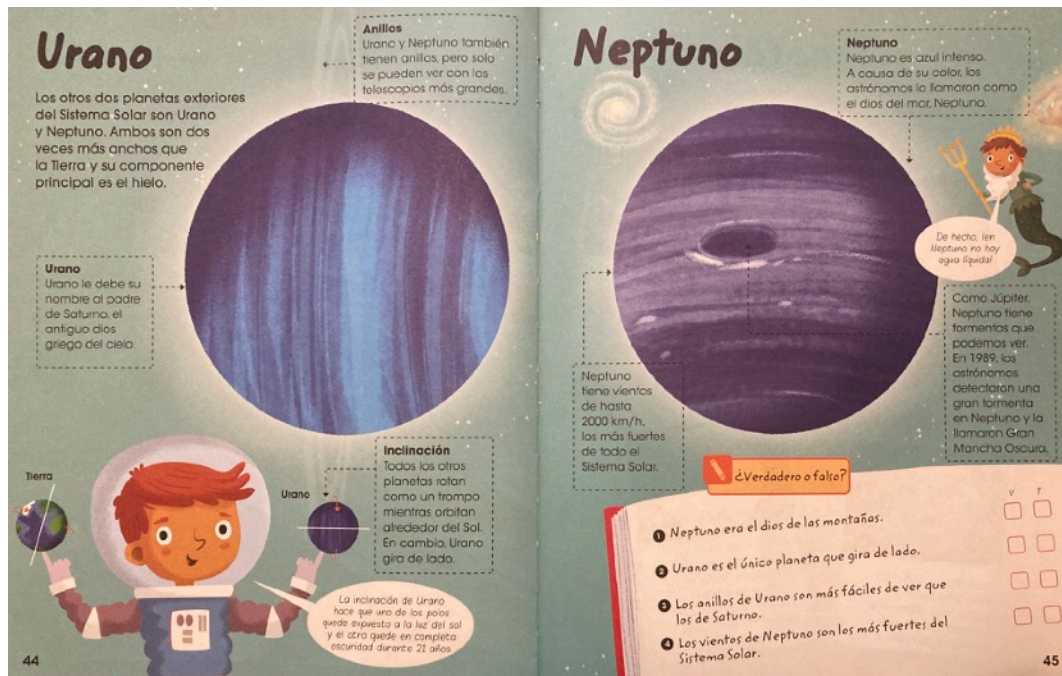
El libro *Aventúrate en una misión para explorar el espacio* constituye un método para la construcción de conocimiento especializado sobre el espacio exterior. A partir de sus ilustraciones el lector puede generarse una idea de la apariencia de estos cuerpos celestes y se le presentan datos sobre sus composiciones, características y, en algunos casos, la interacción humana con estos objetos. En la figura 22 podemos observar la construcción de las características del Sol a partir de recuadros textuales que

se relacionan con un segmento de la imagen del Sol, misma que esta acompañada de personajes que a su vez proporcionan información adicional significativa, por ejemplo las altas temperaturas del Sol y la distancia a la que la Tierra se encuentra. Nuevamente encontramos un registro de categorización, en el que se describe la taxonomía del Sol, explicando cada una de sus partes. Por otro lado, en el lado derecho de la apertura mostrada en la figura 22, podemos encontrar registros que permiten al lector participar en la construcción del conocimiento por medio de actividades.

Matthiessen (2015) propone que los registros pueden “traslaparse” y formular uno que corresponda a dos tipos de registros. En la página 23, de la figura 22, podemos encontrar dos registros que responden a la dirección y presentación de instrucciones de manera que el lector sea habilitado para realizarlas. En el recuadro superior derecho podemos encontrar ambos registros, primero uno de habilitación: “¡Haz un reloj de sol y compruébalo por ti mismo!”; y en segundo lugar, un registro de hacer: “Construye el reloj por la mañana y así podrás leerlo al mediodía”. En primera instancia podrían parecer registros muy similares; sin embargo, es importante notar cada construcción. En el primer caso, encontramos una construcción imperativa “haz un reloj”, en el segundo caso, se introduce un elemento proyectado “podrás leerlo al mediodía”. Es decir, en el primer caso encontramos una instrucción directa que permite que el lector siga dichas instrucciones para complementar el conocimiento adquirido; pero en el segundo caso, el registro no proporciona instrucciones, sino que dirige el comportamiento del lector para finalizar la actividad por medio de una proyección de sus acciones. Se establece una relación causal (Fairclough 2003:89)

Para contrastar lo anterior, observemos la figura 23. Nuevamente encontramos elementos que buscan conducir la construcción del conocimiento sobre los planetas, una vez más encontramos un registro de categorización y presentación y exposición (*expounding*), y los personajes presentan algunos datos sobre los temas expuestos. Hay dos elementos interesantes que juegan un poco fuera del conocimiento estrictamente disciplinar para construir conocimiento de la cultura científica (considerada como el conocimiento no específico, no especializado que formula algún contexto del conocimiento científico), en el extremo izquierdo al centro y en el extremo superior derecho podemos encontrar dos recuadros que explican la nomenclatura de los dos cuerpos celestes, uno adoptado de la mitología griega, Urano, y el otro del dios romano

del mar, Neptuno. Aunque estos nombres fueron adoptados como nombres oficiales de estos planetas, es importante para los autores hacer entender de dónde vienen, y con ello construir el conocimiento cultural de los estudios astronómicos.



**Figura 23.** De *Aventúrate en una misión para explorar el espacio*, de Tom Jackson (2017).

Finalmente, en el lado inferior derecho, encontramos una ilustración de un libro o cuaderno, donde se presentan preguntas de opción múltiple para que el lector pueda recuperar lo leído en el resto de la apertura. Esto corresponde al registro de explorar, en el subregistro que Matthiessen (2015) llama revisar, con el cual se reconsideran elementos a manera de exploración entre un grupo, o par. Con esta actividad, los autores buscan que el lector pueda, en cierta medida, retomar lo aprendido durante su lectura sobre los planetas gaseosos.

La figura 24 muestra una apertura donde observamos características de nuestro astro, el Sol. Podemos ver que la parte izquierda muestra información relacionada a la composición del Sol y sus distintas capas interiores con recuadros textuales enlazados por rayas punteadas al objeto que describen. Las ilustraciones del Sol se presentan en un pathos apreciativo, el estilo minimalista en palabras de Painter et. al (2014). Por otro lado, los personajes que aparecen en la apertura de la figura 24 coinciden con el pathos empático, generando una relación de identificación empática de roles, lo que conlleva

un reconocimiento de “humanidad común” (2014:34) y permite romper barreras que el lenguaje especializado podría representar para el lector lego.

La apertura tiene como título “Interior del Sol”, presentado junto a un texto que relaciona la luz visible con su origen y una descripción y definición del Sol, emisor de luz y calor. En “Toda la luz que vemos [...] proviene de estrellas como el Sol: inmensas bolas de gas que desprenden luz y calor” podemos observar tres elementos: 1) una referencia al contexto inmediato del lector en “toda la luz que vemos”; 2) una construcción del origen de ese primer elemento “luz”, con la presentación de un elemento con peso semántico en la astronomía “estrellas”, el proceso conductual “proviene”, que construye una relación entre la luz y el Sol; y 3) en “inmensas bolas de gas” se configura una descripción de manera que el lector pueda visualizar y comprender la estructura de una estrella.



**Figura 24.** De *Aventúrate en una misión para explorar el espacio*, de Tom Jackson (2017).

Justo debajo del título y el texto que lo acompaña, observamos tres recuadros relacionados por medio de líneas punteadas a una ilustración que representa al Sol con un corte que permite observar sus distintas capas interiores. Cada uno de estos recuadros contiene un título marcando el nombre de la capa correspondiente,

acompañado con información respecto a esa capa. Estas informaciones muestran un alto contenido de elementos disciplinares, en el recuadro izquierdo se lee:

El hidrógeno en el núcleo del Sol está comprimido y tiene una temperatura muy alta. Cuando dos átomos de hidrógeno se unen de cierta forma, se fusionan, se juntan y forman un átomo más grande con mucha luz y energía térmica. Ese proceso se denomina fusión nuclear

donde podemos observar distintos niveles de explicaciones: en primer lugar se expone sobre la composición de esta capa particular por medio de procesos materiales “está” y “tiene”, de manera que la frase nominal “el hidrógeno en el núcleo del Sol” comprende dos aspectos, el contenido del núcleo del sol y la condición de ese contenido; por otro lado, se muestran elementos como el proceso “se fusionan” comprendido en la disciplina como un proceso atómico particular, e inmediatamente después se desempaqueta este proceso en otro que se utiliza como sinónimo: “se juntan”, explicando así la liberación de “mucha luz y energía térmica”, ambos términos especializados dentro de la Física. Esta secuencia de registros de explicación y presentación y exposición (*expounding*) concluye con la exposición de un término con alta densidad semántica en la disciplina física, “fusión nuclear”, una nominalización que representa un proceso de unión atómica.

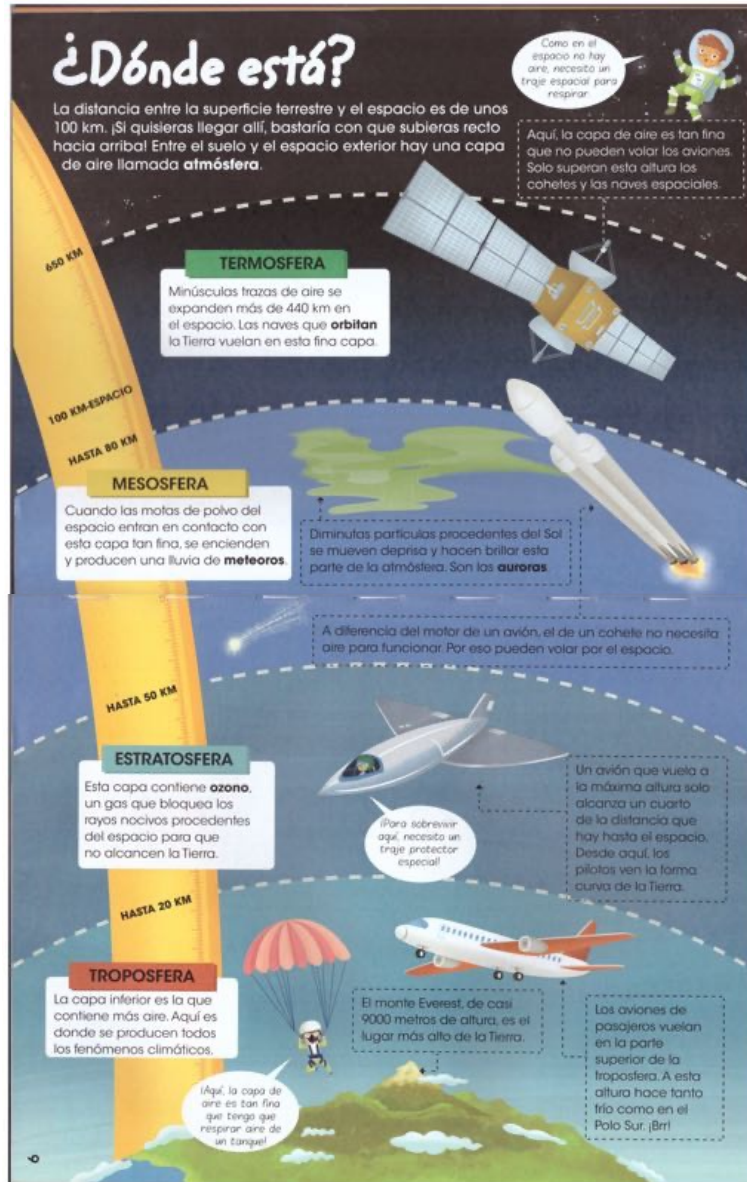
Por otro lado, también es importante notar la presentación de los personajes. Ya fue mencionada sus características de pathos empático y la relación que esto genera con el lector, pero también las burbujas de diálogo que acompañan a los personajes codifican una acción particular en la que se entabla otra relación con el lector, la burbuja de diálogo codifica el proceso “decir” cuyo agente es el personaje ilustrado, con el cual el lector se asume en el rol de interlocutor. Así, en las frases que acompañan a los personajes del lado izquierdo de la apertura, encontramos dos informaciones complementarias: “La luz del Sol brilla hacia todas las direcciones a la vez” y “El Sol es como un reactor nuclear”, mismas que complementan la información expuesta respecto al origen de la luz visible y la información respecto a los fenómenos atómicos que suceden al interior del Sol. Se consideran así dos ejes de empatía, tanto en la representación del personaje como de su diálogo con el lector, entablando una relación de pares en la que se complementa el conocimiento expuesto en el texto con la interacción entre personaje y lector.

A pesar de estos ejes de pathos de empatía, el contenido textual muestra una densidad semántica de mayor intensidad, es decir, el uso de conceptos particulares a la disciplina aparecen con mayor frecuencia que en los dos libros analizados anteriormente, haciendo explícitos otros elementos tales como el uso de los nombre de elementos químicos y procesos tan abstractos como "fusión nuclear". En su índice, una ilustración de un personaje refiere al final del libro para encontrar un glosario con una larga lista de términos específicos sobre el espacio y a lo largo de todo el libro se puede leer esta densidad semántica del contenido disciplinar.

La figura 25 muestra la segunda apertura del libro en un formato vertical, donde se muestran las capas de la atmósfera para ilustrar dónde se encuentra el espacio. Cada capa está representada visualmente por un color distinto y separadas por líneas punteadas. En cada capa se presentan distintos recuadros textuales, recuadros blancos con definiciones y características de cada capa, acompañadas de una cinta con el nombre de la capa; y recuadros de líneas punteadas con información que complementa con ejemplos la definición o presentación propuesta. El mismo formato de ilustraciones se mantiene y añade códigos comunes en las disciplinas científicas, como la barra amarilla del lado izquierdo con escala de altura por kilómetros, para complementar la información con el grosor aproximado de cada capa.

Ha de notarse que los textos presentan el proceso logico-semántico que Halliday y Matthiessen describen como expansión, cada texto expande ya sea elaborando, extendiendo o mejorando el texto anterior (2014: 443). De esta manera, al presentar el tema de la atmósfera terrestre, los textos exponen en cada recuadro blanco una categorización (como sub-registro de la presentación y exposición (*expounding*), Matthiessen, 2015:8) y exponen características e información de cada capa, tales como: “Cuando las motas de polvo del espacio entran en contacto con esta capa tan fina, se encienden y producen una lluvia de **meteoros**”, donde se expone una característica de la atmósfera a partir de su efecto en partículas que la atraviesan, finalmente empaquetando dicho fenómeno en la frase nominal “lluvia de estrellas”. Por otro lado, el recuadro titulado *estratosfera*, comienza por hablar de la composición de esa capa atmosférica: “Esta capa contiene **ozono**, un gas que bloquea los rayos nocivos procedentes del sol para que no alcancen la Tierra”, e inmediatamente, utiliza un registro de explicación

para definir el efecto del ozono en la atmósfera, desempaquetando una información disciplinar.



**Figura 25.** De *Aventúrate en una misión para explorar el espacio*, de Tom Jackson (2017).

En cada segmento de capas atmosféricas en la figura 25, se presentan ilustraciones de distintos tipos de naves y objetos que pueden navegar u orbitar en las distintas capas. A su vez, hay textos enmarcados en líneas punteadas y ligados, también por líneas punteadas, en intermodalidad [expandida: reinstanciada], a la nave correspondiente, exponiendo información relevante a cada nave y la capa atmosférica en

la que puede volar. Cada una de estas informaciones expande sobre el conocimiento de la atmósfera terrestre que la apertura quiere exponer; finalmente, también toma recursos relacionados con la ingeniería para la exploración y navegación en la atmósfera, armando así nexos con distintas informaciones y creando una suerte de constelación que permitirá al lector contextualizar el conocimiento adquirido.

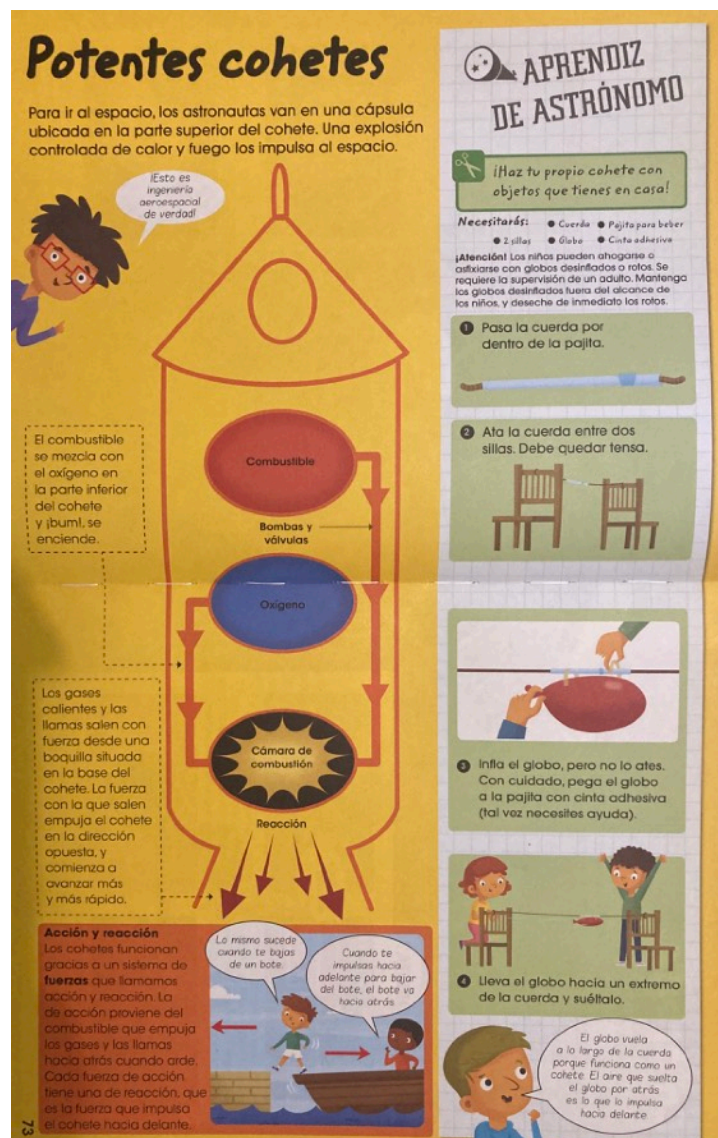


Figura 26. De *Aventúrate en una misión para explorar el espacio*, de Tom Jackson (2017).

En la figura 26 podemos encontrar el mismo formato vertical de apertura que categoriza las distintas partes de un cohete, nuevamente encontramos elementos de presentación y exposición (*expounding*) para analizar las partes y funciones de un

cohete. Es interesante el recuadro inferior izquierdo, donde se presenta un concepto importante en las ramas de mecánica y dinámica en la física, la tercera ley de Newton; sin embargo, es curioso que no es necesaria la nomenclatura “3era ley de Newton”, sino que los autores se enfocan en dar la explicación de este fenómeno tomando en cuenta las categorizaciones y explicaciones previas respecto al cohete, así, la acción se configura como proveniente “del combustible que empuja los gases y las llamas hacia atrás cuando arde” y la reacción como “la fuerza que impulsa el cohete hacia delante”, lo cual es un desempaquetamiento del fenómeno de la tercera ley de Newton ejemplificado en la propulsión del cohete.

Para concluir el tema de la figura 26, los autores incluyen una actividad que permite que el lector pueda reproducir el efecto de un cohete con un sencillo experimento. Es interesante notar que después de construir un registro de habilitación donde el autor proporciona instrucciones para realizar el experimento, se incluye a uno de los personajes del libro haciendo la relación entre lo observado en el experimento y el mismo fenómeno en un cohete, construyendo una contextualización a partir de la experiencia del lector.

El cuarto libro a analizar también trata específicamente sobre la exploración espacial. El libro *Descubramos el espacio exterior*, de Andrea Erne, es un libro interactivo, que contiene pestañas y ventanas manipulables a lo largo de todas sus páginas, debajo de las cuales se puede encontrar texto o ilustraciones expandiendo el contenido temático de cada sección. El libro prescinde de una introducción y en cambio cada página tiene en su parte superior una pregunta que guiará el contenido de la página. De esta manera se presentan 15 temas que toman en cuenta la posición de la Tierra respecto a otros planetas, la naturaleza del día y la noche, la relación con nuestro satélite natural, la observación del cielo nocturno y diez temas que tienen que ver con la exploración espacial y la tecnología humana para hacerlo.

Cada tema se presenta como una pregunta, por ejemplo, “¿Qué es el Sol?”, “¿Por qué se hace de noche?”, “¿Quién nada en el mar de la serenidad?”. El tema introductorio, “¿Dónde está la Tierra?” se presenta en la primera y única apertura del libro, en adelante, cada tema abarca una página; sin embargo, hay imágenes que se

comparten entre páginas, a pesar de tener temas distintos. El primer texto de la apertura, en la figura 27, define el espacio de la siguiente manera:

Billones de estrellas, planetas y lunas se extienden en el espacio. Entre ellos no hay nada más que vacío. Y en alguna parte de ese espacio infinito el cual también universo, cosmos y cielo, gira una diminuta esfera azul: nuestra Tierra.

El texto describe al universo a partir de lo macro para situar a la Tierra dentro de una vasta expansión. El texto presenta, a su vez, distintos conceptos que también describen al espacio, *universo*, *cosmos* y *cielo*, son entonces codificados como conceptos especializados para el entendimiento del espacio. el mismo texto continúa:

En el espacio todo está en movimiento. Los astros giran en sus órbitas y los cometas pasan velozmente por la oscuridad. Las estrellas se forman y se apagan mediante enormes explosiones de luz.

Donde se presenta también el concepto de movimiento, no como un concepto especializado, sino para expandir sobre la explicación y definición del espacio, a partir de una característica particular, el movimiento.

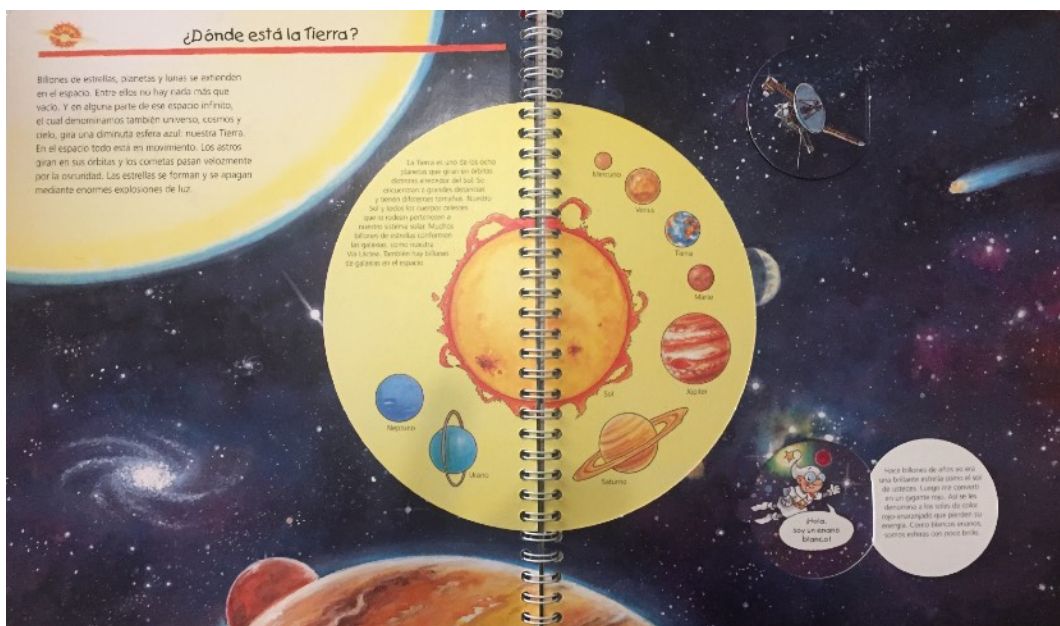


Figura 27. De *Descubramos el espacio exterior*, de Andrea Erne (2014).

En la parte central de la figura 27 podemos ver una ilustración en compromiso apreciativo de los planetas y estrella en nuestro sistema solar. A esta ilustración acompaña otro texto donde se sitúa a la Tierra como uno de los ocho planetas que giran

en torno al sol, para después comentar que, como el sol, hay billones de estrellas en una galaxia y billones de galaxias en el universo:

La Tierra es uno de los ocho planetas que giran en órbitas distintas alrededor del Sol. Se encuentran a grandes distancias y tienen diferentes tamaños. Nuestro Sol y todos los cuerpos celestes que lo rodean pertenecen al sistema solar. Muchos billones de estrellas conforman las galaxias, como nuestra Vía Láctea. También hay billones de galaxias en el espacio

Podemos ver distintas etapas en el texto. En primer lugar el texto comienza por caracterizar a la Tierra, con un proceso relacional *es* y a partir de la pregunta temática “¿Dónde está la Tierra?”, ubicándola como uno de ocho planetas que pertenecen al sistema solar. En esta clasificación, aparece el término sistema solar como parte de la codificación de un conjunto de planetas y una estrella, para enseguida construir el concepto de galaxia como un conjunto de billones de estrellas, y a su vez, presentando el nombre de nuestra propia galaxia, expandiendo nuevamente sobre el conocimiento que el libro construye sobre nuestro planeta, sistema solar y galaxia. Por último, el texto termina por retomar el concepto de espacio del primer texto para cerrar la información que este nuevo texto presenta, relacionando a este con la cantidad de galaxias que existen.

En la misma figura 27, podemos ver del lado inferior derecho a un personaje con una burbuja de diálogo que contiene el texto “¡Hola, soy un enano blanco!”, cuya pestaña contiene un texto en el que se expone, en un registro de presentación y exposición (*expounding*) en primera persona, la descripción de la vida de una estrella. Es importante notar que la estrella y su ciclo de vida, en este texto, se configura como un personaje que se presenta y explica que primero fue un sol como el nuestro, para después convertirse en una estrella gigante roja y finalmente una estrella enana blanca, o, como el personaje se presenta "un enano blanco":

Hace billones de años yo era una estrella brillante como el sol de ustedes. Luego me convertí en un gigante rojo. Así se les denomina a los soles de un color rojo-anaranjado que pierden su energía. Como blancos enanos, somos esferas con poco brillo.

De esta forma se expone un conocimiento disciplinar que surge de la observación astronómica, configurándolo en términos de un personaje que cuenta las diferentes



permite un acervo un tanto amplio de gestualidad, como los dos niños en el extremo derecho de la figura 28. Las ilustraciones de objetos y transportes, aunque no es totalmente realista, sí tiende a ello. Painter et al (2014: 35) hablan de un compromiso personalizador como aquel que muestra una representación realista visualmente, aunque ven a éste como una de tres distintas elecciones en el sistema de pathos de los autores; sin embargo, también hablan de un estilo genérico, el compromiso empático, para generar cierto reconocimiento del objeto o gestualidad a pesar de no ser exacto en su representación. Los objetos en este caso son una representación personalizadora con tintes empáticos, es decir, son imágenes realistas ligeramente caricaturizadas. Esta elección puede sugerir una estrategia para la construcción de un conocimiento disciplinar en términos visualmente accesibles a un público joven. Ejemplos de ello pueden ser observados en las figuras 28 y 29.

Los textos que acompañan la ilustración de la luna en la página izquierda de la figura 28 continúan apuntando característica y efectos observables de la Luna, tales como mareas y el hecho que carece de luz propia. Ambos forman parte de conocimientos disciplinares derivados de la observación a lo largo de los siglos de estudio del cielo nocturno y el satélite.



Figura 29. De *Descubramos el espacio exterior*, de Andrea Erne (2014).

La gran mayoría de los textos expuestos en este libro se hacen bajo una integración intermodal [integrada: expandida], donde el texto comparte un mismo fondo con las imágenes. En la figura 29, podemos ver un ejemplo de esta configuración entre texto e imagen, la intermodalidad, de manera que el texto complementa toda la lectura visual y viceversa. Los textos se titulan “¿Qué es un transbordador espacial?” y “¿Qué es una estación espacial?” donde se presentan características de estos objetos para la exploración y experimentación en el espacio.

En cada texto que se presenta en este libro, no se hacen demasiadas relaciones a un contexto particular para ejemplificar un fenómeno, sino que se mantiene un registro de presentación y exposición para relacionar fenómenos a una clase de conocimiento. En la figura 28 leíamos conocimientos relacionados a la luna y aquellos derivados de la observación de las estrellas. En la figura 29, podemos ver la exploración de un transbordador espacial analizando sus características: “A diferencia de los cohetes, [...], los transbordadores espaciales vuelan una y otra vez al espacio”, “Tienen una gran bodega en la que transportan partes de estaciones espaciales y un brazo robótico que puede desembarcar satélites o telescopios”, “Los transbordadores despegan con propulsores”.

Las ilustraciones que aparecen en la figura 29 también tienen una configuración particular, estas complementan a ambos temas presentados, lo cual crea un vínculo visual entre los temas que permite una lectura total de la apertura, a pesar de ser temas que explican distintos objetos.

Vemos, así, que el proceso principal para construir conocimiento especializado en este caso sigue un patrón de registros de presentación y exposición (*expounding*), para conformar explicaciones sencillas de los temas presentados, no sin prescindir de conceptos y términos disciplinares, pero explicándolos y contextualizándolos dentro del conocimiento construido.

Como último ejemplo a analizar de este libro se presenta la figura 30, correspondiente a los temas “¿Cómo llegar a ser astronauta?” y “¿Cómo se vive en el espacio?” donde se exploran las condiciones, equipo y funciones de un astronauta, así como algunas características de su vida diaria en una estación espacial.

Encontramos en la figura 30 descripciones y explicaciones sobre el atuendo de un astronauta, sus estudios y las pruebas que deben realizar para ser astronautas. Nuevamente el registro de presentación y exposición (*expounding*), se hace notar para configurar estas descripciones, y el subregistro de categorización funciona para determinar las características y funciones del equipo y traje de un astronauta. Del mismo modo, en el lado derecho de la figura 30 se pueden apreciar los mismos registros para la construcción de un tema coordinado con los astronautas, las características y situaciones a las que el astronauta se enfrentará una vez en la estación espacial. Encontramos nuevamente un pathos empático que permite una caracterización un tanto caricaturizada de los personajes, pero apenas suficiente para que no se pierdan detalles de su gestualidad y lenguaje corporal, en el que se configuran características como la ingravidez (explicada en el recuadro textual central superior) así como detalles de cómo se pone un traje de astronauta y los ejercicios que deben hacer para acostumbrarse a la vida en el espacio.



Figura 30. De *Descubramos el espacio exterior*, de Andrea Erne (2014).

Por último, presentamos un libro un tanto distinto a lo presentado hasta ahora en astronomía. Este libro presenta una guía para la observación espacial a manera de referencia sobre el espacio y cuerpos celestes. El libro *Observa el cielo nocturno*, de

Raman Prinja, presenta 5 temas generales con 49 subtemas, detallando constelaciones, estrellas, planetas y sus fases y lunas, y otros objetos como cometas, lluvias de meteoros, eclipses y satélites artificiales. La página de presentación editorial también contiene un mensaje inicial para el lector, donde se indica que toda palabra escrita en **negrita** está definida en un glosario al final del libro, lo cuál implica una guía adicional para que el lector pueda comprender todo el contenido disciplinar.

El libro se presenta en cinco secciones, cada una inicia con un diagrama que presenta una breve introducción mostrando qué cosas se encuentran en esa sección. Cada sección contiene distintos temas presentados en aperturas cada una detallando y caracterizando información disciplinar y aspectos que complementan la información basada en la observación del lector.



Figura 31. De *Observa el cielo nocturno*, de Raman Prinja (2014).

En la figura 31 podemos ver una apertura de la primera sección del libro, titulada “Conocimientos básicos”. Esta primera apertura muestra el título “¿Qué puedes ver?” y se introduce con el siguiente texto:

En una noche clara el cielo está decorado con una fantástica muestra de objetos. Puedes ver estrellas de diferentes colores, **planetas** brillantes y una impresionante **Luna**. Algunas veces serás suficientemente afortunado para ver un gran evento tal como una lluvia de **meteoros**, un **cometa** o un **eclipse**.

Vemos en esta introducción cinco elementos marcados con letras negritas, refiriendo al glosario al final del libro, y presentando una pregunta relacionada al título del libro, la pregunta “¿Qué puedes ver?” sirve así para presentar estos primeros elementos. El resto de la apertura en la figura 31, muestra cinco textos enmarcados, lo cuál implica una configuración de integración intermodal [expandida: reinstanciada], que muestra al texto en un marco con la finalidad de crear un complemento que el lector reconocerá como un cotexto que tiene su propio contenido experiencial y significativo, que puede complementar la información ya presentada o expandir con nueva información.

La figura 31 también muestra tres elementos que serán recurrentes en el texto, los recuadros titulados "Sabías qué?" (sic), "Observación de objetos" y "Astrodatos". Cada uno de estos textos enmarcados muestra información relevante al tema de la apertura, en el recuadro "Sabías qué?" (sic) el texto se lee:

Las estrellas parecen parpadear en el cielo nocturno. Esto no es porque se pongan más brillantes o débiles, sino porque el aire sobre nosotros se mueve alrededor y distorsiona su luz antes de que ella alcance a nuestros ojos.

Donde se hace explícita la relación con el tema general “¿Qué puedes ver?” y una característica de la observación de astros. Por otro lado, el recuadro titulado "Astrodatos" muestra dos frases que contienen información, en este caso, sobre el Sol: "Nuestra estrella más cercana es el Sol que está a 93 millones de millas de distancia" y "La siguiente estrella más cercana a nosotros es Proxima Centauri. Está a 25 trillones de millas de distancia", frases que presentan nueva información; sin embargo, la relación de este recuadro con el resto de la apertura puede ser un tanto lejana o sin relación directa.

La figura 32 muestra la apertura de las páginas 14 y 15, tituladas “Patrones en el cielo”, y cuyo tema principal es una introducción a las constelaciones estelares. Las ilustraciones muestran 4 elementos sobre el fondo negro (que esta presente en todas las aperturas, quizá siguiendo el tema nocturno): una fotografía de las Pléyades, una representación de la Osa mayor, un mapa estelar antiguo (probablemente del cartógrafo holandés Frederik de Wit del siglo XVII) y un barco como parte de una actividad.

Los textos en la figura 32 presentan distintas informaciones sobre cómo los humanos han identificado patrones en las estrellas con animales y personajes mitológicos, siempre en un registro de presentación y exposición (*expounding*) para relacionar cada una de las informaciones al tema central. A ello responden las pléyades, cuyo texto acompañante menciona que algunos patrones nacen de la cercanía entre las estrellas, y en este caso, el hecho de ser un mismo cúmulo de estrellas nacientes: "Algunos patrones de estrellas existen porque sus estrellas están cercanas entre sí y nacieron aproximadamente al mismo tiempo. Puedes ver algunos de estos **grupos de estrellas**, tales como las Pléyades (o las Siete hermanas)". Vemos así una construcción sobre la base de la observación y el conocimiento no solo astronómico, sino cultural e histórico de las pléyades. De la misma manera, el mapa estelar que aparece en la parte central superior está acompañado por un texto presentando información sobre los diseños de las constelaciones y sus nombres: "La mayoría de las constelaciones fueron diseñadas hace mucho tiempo por los antiguos exploradores griegos y árabes", complementando así la información de la disciplina de la astronomía con el conocimiento histórico y cultural de los diseños de constelaciones y la observación estelar.



Figura 32. De *Observa el cielo nocturno*, de Raman Prinja, (2014).

La misma figura 32 contiene en su extremo derecho un recuadro que también aparecerá en otras páginas del libro, el recuadro titulado “Cosas por hacer”. El texto se introduce configurando una actividad lúdica: "Es divertido mirar al cielo lleno de estrellas e inventar tus propias constelaciones", para inmediatamente cambiar a un registro de habilitación donde se presentan instrucciones para realizar la actividad:

Primero, haz un pequeño marco de cartón [...]. Sostén el marco a la distancia de un brazo y mira a través de él moviéndolo alrededor del cielo hasta que encuentres un grupo de estrellas brillantes que caigan dentro de él.

donde nuevamente vemos procesos materiales y conductuales como "haz", “sostén”, “mira”, “moviéndolo”. La actividad está orientada a que el lector emule a los antiguos astrónomos observando y nombrando constelaciones, para finalmente proponer que el lector encuentre la misma constelación que observó en la actividad en noches subsecuentes, construyendo experiencia observacional que es una práctica fundamental para la astronomía.



Figura 33. De *Observa el cielo nocturno*, de Raman Prinja, (2014).

La figura 33 muestra patrones interesantes en la construcción de conocimiento a partir de un libro que resulta más cercano a un manual de observación. El tema “Viendo

más” refiere a las técnicas que se pueden utilizar para lograr una mejor apreciación del cielo nocturno. nuevamente encontramos el registro de hacer, en el subregistro de dar direcciones, así como el registro de habilitar con su subregistro dar instrucciones. Nuevamente enfatizamos que los límites entre estos dos subregistros pueden llegar a ser difusos, en la medida que se presentan tanto direcciones como instrucciones, e incluso recomendaciones respecto a la manera de observar el cielo. Para ejemplificar lo anterior, veamos la frase inicial “Utilizando tus ojos, serás capaz de ver estrellas, trazar las formas de las constelaciones en el cielo, ver meteoros, y seguir los movimientos de cinco planetas” lo cual representa una explicación sobre la función de la vista simple (sin instrumentos de observación) en el ejercicio astronómico. Por otro lado, en el recuadro textual central de la página izquierda en la figura 33, podemos leer la frase “Si planeas pedir un par como regalo, mira los marcados 7x50 o 10x50” lo cuál corresponde con el registro de recomendación, específicamente, el subregistro de aconsejar, de manera que lo que se configura es una característica sugerida para que el lector pueda adquirir equipo adecuado para la observación del espacio. En el texto que se encuentra en la parte inferior derecha, podemos leer un registro del *hacer*, en el subregistro de dirigir, con la frase “Cuando uses binoculares, las estrellas pueden tambalearse... Trata de apoyar los binoculares en una cerca o en tus rodillas para que no se muevan” los autores sugieren direcciones de cómo usar binoculares de manera que el lector tenga una mejor técnica de observación y su ejercicio sea óptimo.

En la figura 34 podemos ver el tema correspondiente a “Saltando estrellas a Tauro y las Pléyades”. El libro busca conducir la lectura de manera que se puedan construir descripciones de los objetos celestes y los patrones de observación que los astrónomos han propuesto para reconocer constelaciones y otros cuerpos celestes. De esta manera es notable, en la figura 34, las instrucciones que el libro propone al lector para observar las constelaciones de Tauro y las Pléyades. El primer fragmento de texto, en la esquina superior izquierda, señala un punto reconocible (mismo que fue expuesto con anterioridad en el mismo libro), la constelación de Orión, para orientar al lector en sus observaciones: “utilizando al Cinturón de Orión como señalador en el cielo, es fácil de encontrar la constelación de Tauro”, y en la misma manera se dan direcciones al

lector para continuar con su ejercicio: “Traza una línea imaginaria a través del cinturón de Orión y síguela hacia arriba a través del escudo de Orión. Pronto llegarás a un pequeño grupo de estrellas que tienen la forma de una ‘V’”. Los registros encontrados forma parte de presentación y exposición (*expounding*) y habilitación, en la medida en que se presentan explicaciones de cada constelación e instrucciones sobre cómo ubicarlas en el cielo nocturno.

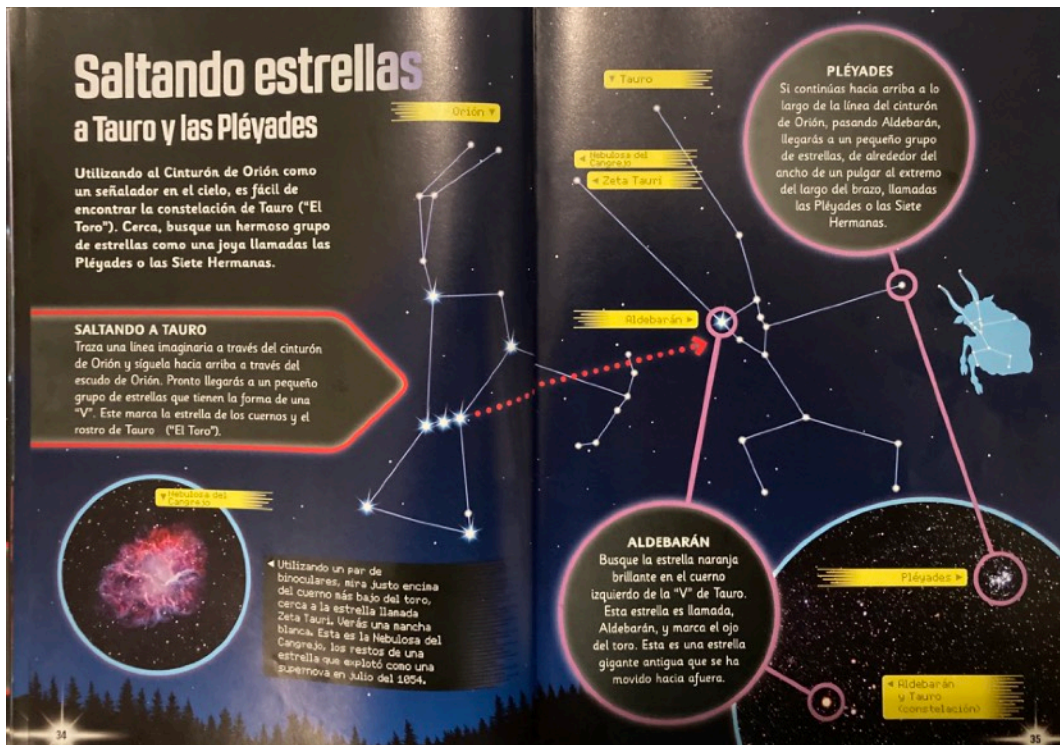


Figura 34. De *Observa el cielo nocturno*, de Raman Prinja, (2014).

Considerando el registro general de este libro, podría englobarse como un manual de observación, en el que se exponen direcciones para la observación del cielo y los cuerpos celestes, mostrando técnicas, herramientas, actividades e información especializada, todo como parte de la práctica de la astronomía. La figura 35 es una muestra de las indicaciones que el lector debe atender para que su práctica sea más sencilla. Podemos observar en el extremo superior derecho un texto, en integración intermodal [integrada: expandida], compartiendo un mismo fondo con un planisferio abajo del texto y una figura humana con brazo extendido, su imagen está unida con una referencia para medir distancias entre estrellas con los dedos. El texto configura esta práctica: “Mirando al cielo, extiende tu brazo tan lejos como puedas. El ancho de tu

mano — o dedo — es una forma rápida y conveniente de medir una distancia en el cielo nocturno”.



Figura 35. De *Observa el cielo nocturno*, de Raman Prinja, (2014).

El libro está escrito de manera que pueda acompañar al observador nocturno, proveyendo información relevante a distintos cuerpos celestes, de manera que también presenta consejos para mejorar la experiencia astronómica del lector.

Ejemplo de estos consejos podemos encontrar en la figura 36, en el texto enmarcado por un círculo en la parte inferior izquierda de la apertura, donde encontramos fechas para la observación de Júpiter: "Para encontrar a Júpiter en su momento más brillante búscalo en las siguientes fechas", inmediatamente después listando fechas, cada una con una ubicación aproximada del planeta en el cielo con relación a distintas constelaciones.

El libro se conforma así de distintos datos referenciales a informaciones que expanden y complementan la experiencia de observación del lector, proveyendo a su vez consejos y métodos para mejores resultados y, a su vez, presentando distintas actividades que el lector puede replicar y que representan prácticas que la astronomía ha utilizado desde sus inicios.



Figura 36. De *Observa el cielo nocturno* de Raman Prinja (2014).

## 5.2 Libros sobre física (dinámica y mecánica)

Al hablar de temas de la física, es común comenzar por desarrollar el conocimiento respecto al movimiento e interacción de fuerzas y objetos, la dinámica y mecánica se concentran específicamente en esos temas y resultan ser una buena base para construir el consecutivo conocimiento especializado de la física.

El libro *Montaña rusa de la ciencia* de Chris Oxlade, se concentra en el estudio del movimiento a partir de una contextualización muy específica: la descripción y funcionamiento de una montaña rusa con un modelo armable de cartoncillo, sobre el cual rodaría una canica. Después de una página de índice, se presenta una imagen del modelo terminado con recuadros indicando cada segmento de la montaña rusa, así como una lista de códigos que el lector necesitará para interpretar ciertos elementos visuales. La figura 37, muestra las páginas 4 y 5, correspondientes a la descripción general del modelo. En la parte superior izquierda, encontramos un registro del hacer, donde se muestran estructuras lingüísticas que dirigen al lector para la lectura: “El primer paso es armar la montaña rusa incluida en este libro. Sigue las instrucciones... Después, cuando esté construida, haz que una canica baje por la pista y obsérvala rodar... Investiga la

fascinante ciencia... Aprende sobre el movimiento...”, mostrando una secuencia de procesos materiales y mentales que codifican a su vez una práctica científica, podría decirse, canónica, el método científico, construyendo así una primera abstracción de los pasos a seguir en una práctica científica, no a partir de una lista de pasos, sino como un texto introductor, de modo que el lector tiene una primera exposición a este proceso, no a manera de una abstracción científica, sino como una recontextualización en términos de la lectura y aprovechamiento de lo expuesto en el libro.

En el extremo superior derecho, en un recuadro con forma de nube encontramos la relación de códigos de las flechas en todo el libro, una indicación más para la lectura e interpretación de lo expuesto en el libro. Se muestran tres colores de flechas que indican distintos conceptos: trayectoria, velocidad, y fuerza, de los cuáles, solo trayectoria y velocidad aparecen desempaquetados, es decir, en el caso de la trayectoria, no se menciona por nombre, sino su descripción: “la línea a lo largo de la cual un objeto se mueve”; y en el caso de velocidad, se menciona y entre paréntesis se escribe “rapidez y dirección”.



Figura 37. De *Montaña rusa de la ciencia*, de Chris Oxlade (2013).

La descripción que hasta ahora se ha mantenido sobre el discurso de la divulgación de la ciencia en este trabajo es que éste intenta no solo construir conocimiento disciplinar sino también una serie de prácticas sociales pertenecientes a las comunidades científicas, entre las que también se incluyen usos lingüísticos. El libro *Montaña rusa de la ciencia* no excluye esta característica y la hace explícita, las páginas 6 y 7 muestran justo debajo del título en la esquina superior izquierda (coincidiendo con la convención de lectura occidental) la siguiente introducción: “Para comenzar a investigar la ciencia de las montañas rusas necesitamos entender algunas nuevas palabras. Los científicos las usan cuando hablan sobre canicas y otros objetos que se precipitan”. Así, se presentan al lector ciertos términos como pertenecientes a la comunidad científica para explicar y describir el movimiento, e introducirlo a los usos lingüísticos particulares de dicha comunidad.



Figura 38. De *Montaña rusa de la ciencia*, de Chris Oxlade (2013).

Las páginas 8 y 9 de *Montaña rusa de la ciencia*, muestran el tema “Empujar y jalar” para introducir el concepto de fuerzas en el movimiento. En la figura 39,

observamos la apertura que se encarga de presentar información respecto a las fuerzas. El primer texto, del lado superior izquierdo y debajo del título, tiene una función anafórica donde se presentan los conceptos de velocidad, rapidez y aceleración. Es importante observar los textos que permiten al lector reconstruir un proceso investigativo. Este mismo fragmento en su segunda línea dice “preguntémonos por qué las cosas se mueven”, lo cual incita al lector a indagar acerca de los fenómenos del movimiento, mismo ejercicio que las comunidades científicas usan como convención, con la cuidadosa observación y la generación de hipótesis sobre sus observaciones.



Figura 39. De *Montaña rusa de la ciencia*, de Chris Oxlade (2013).

El resto del contenido en la figura 39 describen a las fuerzas por medio de su función, medición y características, información que se presenta junto con imágenes de compromiso empático, complementadas con burbujas de diálogo en modalidad de integración intermodal [expandida: subsumida] (Panter et al., 2013: 99) donde la imagen y el recuadro textual comparten un mismo fondo. La información que se presenta gira entorno a un mismo tema, sin embargo, no presentan una estructura cohesiva, sino que se presenta a manera de un texto referencial, es decir, una entrada

sobre la cual se construyen distintos tipos de información para abrir un panorama al respecto, sin ahondar en una descripción detallada o específica. Es posible encontrar registros discursivos correspondientes a las áreas de explorar así como presentar y exponer (*exploring* y *expounding*, en Matthiessen, 2015: 6), con lo que podemos inferir un perfil referencial de los textos en *Montaña rusa de la ciencia* de Chris Oxlade. Por otro lado, los recuadros textuales en la parte inferior (figura 39) son experimentos que el lector puede realizar, expuestos en un registro de habilitación, permitiendo que el lector tenga una interacción y observación directa de los conceptos expuestos en la apertura, por lo que podemos observar la intención de configurar un libro experimental-interactivo, aparte de referencial.



Figura 40. De *Montaña rusa de la ciencia* de Chris Oxlade (2013).

Por otro lado, se puede observar una construcción de conocimiento disciplinar explícitamente, como es el ejemplo de la figura 40, las págs. 18 y 19 de *Montaña rusa de la ciencia* de Chris Oxlade, donde podemos observar la entrada referente al tema de energía, apertura titulada “Obteniendo energía”, que introduce dos términos de la física para distintas formas de energía involucradas en el movimiento. Los conceptos de

energía potencial y cinética se presentan con relación a la montaña rusa ejemplificando con los movimientos que el lector podría observar en su modelo construido.

La estructura general del libro presenta la información sobre el tema poniendo especial y recurrente énfasis en la observación del fenómeno descrito en el modelo proporcionado, cuestiona el origen o razón de los mismos y añade a esto actividades experimentales que el lector puede reproducir para complementar la información presentada y las observaciones que se sugieren. El ejercicio de investigación científica se emula de esta manera en la lectura e interacción del lector con el libro. La figura 40 muestra en el lado derecho de la apertura las actividades experimentales sobre la energía que el lector puede reproducir, acompañados con una imagen que ilustra las distintas velocidades con el código de flechas y colores. Nuevamente las imágenes representan personajes en acción, pero sin diálogo, en modalidad de pathos de compromiso empático, por lo que el lector puede complementar elementos de la lectura, pero se remite más al texto para obtener la información presentada. Por otro lado, en los casos de recuadros de experimentos y algunas representaciones, se trata de informaciones disciplinares, como es el caso de las flechas que acompañan dibujos del modelo proporcionado, donde cada flecha tiene un significado de acuerdo a su color y magnitud, lo cual complementa directamente los textos que le acompañan, en los recuadros de experimentos del lado derecho en la figura 41 es posible observar la representación de objetos con sus flechas correspondientes, misma información que está representada en el texto.

También cabe resaltar que los textos en *Montaña rusa de la ciencia* de Chris Oxlade, suelen usar la segunda persona del singular para referirse al lector, lo cual genera una relación más cercana, pero las entidades que se construyen son conceptos disciplinares, que constan mayormente de aquellos que están involucrados en las leyes del movimiento según la física clásica, lo cual implica una construcción de metáforas gramaticales que conjugan como significado a una serie de procesos activos en los fenómenos naturales observados. Esto lleva a un discurso lleno de abstracciones que remiten a la observación de procesos en el modelo que se proporciona, y a la construcción de un discurso y prácticas disciplinares de las comunidades científicas. En

la figura 41, podemos ver un ejemplo de esto en los segmentos de texto. Para introducir, el texto de la esquina superior izquierda recuerda un tema anterior y a partir de ello construye el concepto de movimiento circular:

En la página 16 vimos cómo una canica bajando por la montaña rusa tomaba la curva. Si la curva hubiera continuado hasta el punto donde comenzó, la canica habría descrito un círculo completo. Esto es exactamente lo que sucede cuando la canica llega al embudo en la parte inferior de la montaña rusa. La forma en que un objeto se mueve en círculo se conoce como movimiento circular.

En el recuadro inmediatamente debajo del texto recién citado, se encuentra otra forma nubosa que contiene un diagrama del movimiento circular y una descripción de la fuerza actuante en dicho fenómeno del movimiento. Nótese el predominio de abstracciones especializadas del conocimiento de la física, tales como “velocidad” y la agencialidad de la fuerza, ambas metaforizaciones de distintos fenómenos naturales.



Figura 41. De *Montaña rusa de la ciencia* de Chris Oxlade (2013).

La construcción de estas abstracciones disciplinares implicaría, en términos de la divulgación científica, la presentación de informaciones que la relacionen con el contexto inmediato del lector, que en el caso del libro, se presenta en el contexto del modelo proporcionado y en algunos aspectos de la experiencia sensorial del lector, tales

como observar distintos tipos de movimiento en el mundo real. Esto, a su vez, implica registro de presentar y exponer (*expounding*), así como de reporte, donde se sigue un flujo particular de eventos para construir un estado particular de las cosas, y de habilitación y del hacer, exponiendo instrucciones y direcciones de cómo replicar el movimiento que se explica o describe (Mattiessen 2015: 6).



Figura 42. De *Montaña rusa de la ciencia* de Chris Oxlade (2013).

En las últimas dos páginas del libro, previo a un índice por concepto y notas bibliográficas, se presenta una última contextualización, un movimiento hacia gravitación semántica (Maton, 2013), que relaciona los contenidos del libro con las montañas rusas en el mundo real, añadiendo datos importantes y características que los diseñadores de montañas rusas deben considerar como seguridad, reducción de fricción y estructuras suficientemente fuertes.

Podemos ver un ejemplo que utiliza otro flujo de información, utilizando el método de construir un modelo para proveer de contexto a las abstracciones disciplinares sobre el movimiento, el libro *Cómo funcionan las máquinas*, de Nick Arnold y Allan Sanders (2012), presenta la teoría física sobre el funcionamiento de las

máquinas simples por medio de una referencia a la máquina y sus usos en el mundo real y con la reconstrucción de un prototipo de esas máquinas. El libro se divide en diez secciones que constan de una sección introductoria y nueve máquinas simples explicadas con recursos como usos en la historia, desarrollo tecnológico, principios científicos utilizados en los funcionamientos de las máquinas y construcción de prototipos.

En la figura 43 podemos ver la sección introductoria, que abarca la primera apertura del libro, las páginas 4 y 5. En esta primera apertura se hacen distintas indicaciones que el lector deberá tomar en cuenta para una lectura completa del libro, tanto apuntes físicos como el bloque llamado “Fuerzas en acción” de la pág. 4 en la figura 43, donde se hace énfasis sobre la interacción de las fuerzas en el funcionamiento de las máquinas: “Para comprender cómo funcionan las máquinas es importante entender cómo funcionan las fuerzas”. El texto libro continúa ejemplificando las fuerzas en una máquina simple: “Tomemos una máquina simple, como esta carretilla, que es un tipo de palanca”, donde se introduce el concepto máquina simple a partir de un objeto que podría ser cercano al lector, una carretilla, y añadiendo el tipo de máquina que es.

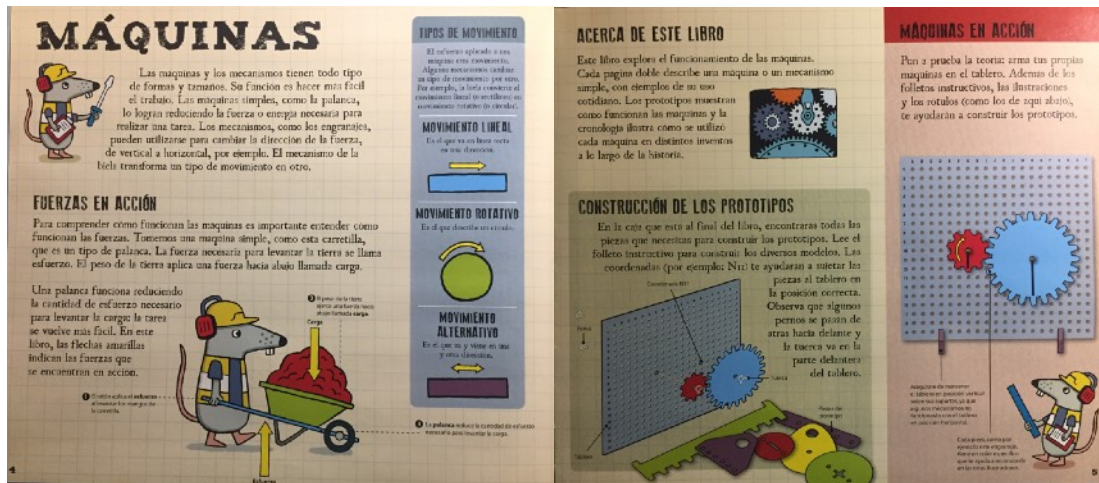


Figura 43. De *Cómo funcionan las máquinas*, de Nick Arnold y Allan Sanders (2012).

En esta primera página también podemos encontrar un personaje que aparecerá en el resto de la lectura, un ratón representado con compromiso apreciativo, el estilo minimalista, es decir, un tanto caricaturizado, que aparecerá junto a personajes

humanos, con el mismo formato de compromiso apreciativo. Por otro lado, las figuras que aparecen para construir el prototipo son representaciones realistas de las piezas, es decir, dado que el libro indica al lector cómo construir cada prototipo de máquinas que se presentan, el lector podrá observar y recrear la máquina para relacionar la información presentada, el modelo construido y los contextos referidos, es decir, los ejemplos de máquinas a las que el libro refiere en el mundo real.

La figura 43 muestra en su página izquierda (pág. 4), un recuadro vertical titulado “Tipos de movimiento”, donde aparece un texto hablando del movimiento de la siguiente manera: “El esfuerzo aplicado a una máquina crea movimiento. Algunos mecanismos cambian un tipo de movimiento por otro. Por ejemplo, la biela convierte el movimiento lineal (o rectilíneo) en movimiento rotativo (o circular)”. Observamos el uso de un registro de presentación y exposición (*expounding*), en el que se expone un fenómeno para construir una noción general de una clase de fenómenos. El recuadro muestra una primera exposición del movimiento construyéndolo como consecuencia del esfuerzo a partir de un proceso material “crea”, es importante notar que el concepto de “esfuerzo” contiene peso semántico en la mecánica y el lector deberá comprender este concepto para dar forma al conocimiento que el libro expresa. El primer texto del recuadro continúa con la presentación de los mecanismos para introducir los distintos tipos de movimiento: lineal, rotativo y alternativo, cada uno con procesos relacionales para construir las diferencias entre uno y otro, “es el que va en línea recta en una dirección”, “es el que describe un círculo”, “es el que va y viene en una y otra dirección”, respectivamente.

Finalmente, en la primera página de la apertura de la figura 43, podemos observar la ilustración de un ratón, en compromiso apreciativo, donde se muestra una carretilla representando esquemáticamente la aplicación de distintos conceptos manejados en el texto, como “carga” y esfuerzo”, de manera que el lector pueda relacionar ambos conceptos visualmente en la ilustración, nuevamente configurando un conocimiento particular respecto a la interacción de fuerzas como principio del movimiento. A esta ilustración acompaña un fragmento de texto que da una pequeña

explicación del uso de la palanca por el ratón y también expone un código que el lector podrá reconocer en el resto del libro: "En este libro, las flechas amarillas indican las fuerzas que se encuentran en acción", configurando así conocimiento sobre la lectura de los diagramas que se presentarán en adelante.



**Figura 44.** De *Cómo funcionan las máquinas*, de Nick Arnold y Allan Sanders (2012).

La figura 44 muestra el primer tema del libro, el plano inclinado. Continúa utilizándose una composición visual de compromiso apreciativo, utilizando colores llamativos para representar los elementos centrales de la máquina, en rojo podemos ver el plano inclinado en la primera página de la apertura y nuevamente en el extremo derecho, donde se representa el prototipo armable de un plano inclinado; en amarillo, se muestra la carga, en el caso de la primera página, jalada por personajes aparentemente egipcios. En la imagen central de la apertura, vemos a otro personaje utilizando un arado, donde nuevamente vemos los códigos de colores para representar a la máquina simple y su carga. De la misma manera, las flechas representan los desplazamientos de los elementos que conforman la imagen.

En los textos que aparecen en la figura 44, podemos encontrar una mayor cantidad de procesos relacionales que construyen un registro de presentación y exposición, formulando explicaciones, descripciones y ciertas relaciones a contextos que ejemplifican, de una forma u otra, los conceptos expuestos. En frases como la inicial “Una superficie en pendiente, que se denomina también plano inclinado, es una

máquina básica para elevar cargas”, encontramos información desempaquetada que se conjuga enseguida en la cláusula subordinada “que se denomina también plano inclinado”, y continua con un proceso relacional ligando ese concepto con el de máquina básica. Después de esta relación, el texto incluye un ejemplo de aplicación de dicha máquina con la historia de la humanidad, contextualizando al plano inclinado en el mundo de los egipcios y la construcción de las pirámides en Cairo. Es curioso notar, que esta lectura construye elementos abstractos del conocimiento de las máquinas simples y su funcionamiento, que son aplicaciones básicas que la física clásica describe, al mismo tiempo que proporciona situaciones históricas y cotidianas de la aplicación de estos principios físicos en las máquinas que el lector podría encontrar en su vida diaria, generando mayor intensidad en gravedad semántica, justo después de haber construido algún nivel de densidad semántica, es decir, conceptos que cargan con un contenido especializado con respecto a la disciplina de la que se habla (Maton, 2013).

En la figura 45 podemos observar nuevamente un formato que en la primera página de la apertura muestra el título de la sección en su lado superior izquierdo. Inmediatamente debajo del título, tenemos un recuadro textual que introduce la palanca como máquina simple. El registro se mantiene en presentación y exposición (*expounding*) para dar a conocer la función de la palanca así como sus partes y, nuevamente, construye relaciones con los distintos tipos de palancas, que constituirían distintos “fenómenos” relacionados para la construcción del conocimiento, en el sentido que Matthiessen sostiene en *Registerial cartography* (2015: 6).

Otro recurso que podemos observar en la figura 45, y que es parte del resto del libro, es la línea cronológica que se puede ver en la parte inferior de la apertura, en ella, al igual que en el caso de *Mensajero de las estrellas* de Peter Sís analizado anteriormente, se muestran puntos importantes en la temporalidad de la máquina correspondiente. En la figura 45 podemos ver referencias al uso de la palanca en el 4000 a. e. c. (antes de la era común), hasta su uso alrededor de 1928 con la invención del exprimidor. Con esta línea se crea una referencia de los distintos usos del objeto, pero también se construye un conocimiento histórico sobre la tecnología humana y las

distintas variables de una misma máquina que dan lugar a otras más complejas que utilizan el mismo principio, sosteniendo nuevamente la hipótesis de esta investigación que la divulgación de la ciencia no crea solamente un conocimiento disciplinar, sino que busca la literacidad científica, la capacidad de relacionar conocimientos para tener un entendimiento general y suficiente de los fenómenos que acontecen y sus consecuencias.



**Figura 45.** De *Cómo funcionan las máquinas*, de Nick Arnold y Allan Sanders (2012).

En la ilustración de la figura 45 podemos observar a dos niños en un subibaja, presentados en una configuración de compromiso apreciativo, de manera que permite una interacción entre lector y texto sin la pesadez de un texto enteramente disciplinar. Este compromiso apreciativo del que hablan Painter et al. (2013), da lugar a una interpretación más laxa de la emoción en los personajes representados y se concentra más en una representación esquemática de las emociones para focalizar en cambio las acciones que realizan y los objetos con los que interactúan. En la figura 45 podemos ver que los dos personajes interactúan con el subibaja y con ello se describe el uso de la palanca. Añadido a ello, la ilustración tiene pequeños números conectados con líneas punteadas a la ilustración en distintas partes, esto permite un orden secuencial en la lectura, de manera que el lector pueda seguir ese orden para comprender la explicación del libro respecto a esa máquina. En el caso de la ilustración, el compromiso apreciativo que se utiliza, da lugar no solo una representación que permite al lector generar empatía

con los personajes, sino que este mismo estilo minimalista da una representación simple de las máquinas, de manera que su construcción esquemática permite al registro de presentación y exposición (*expounding*) una referencia más sencilla para los conceptos que presenta.

En el extremo derecho de la figura 45 también podemos ver una sección recurrente en todas las aperturas, corresponde a la sección que muestra al lector cómo reconstruir el principio físico de cada máquina con un modelo prototípico. Naturalmente, esta sección se presenta en un registro de habilitación, con el que el texto configura acciones que el lector tendrá que replicar para observar los movimientos del modelo y relacionarlos a los conceptos presentados en el texto. Podemos ver en el recuadro titulado “Palancas en acción” un mayor uso de procesos conductuales y materiales, con los que el lector podrá replicar el modelo de la máquina:

**Construye** estos prototipos para **ver** cómo funcionan las palancas. **Cambia** la posición del fulcro del subibaja y **acércalo** a la carga. **Compara** lo que ocurre cuando acercas la carga de la carretilla al esfuerzo. Si **alejás** el esfuerzo del fulcro o si **acercas** la carga al fulcro se reducirá el esfuerzo necesario para levantar la carga.

Como podemos observar, los procesos en negritas dan lugar tanto a la exploración del fenómeno en el modelo como una representación de la práctica de las ciencias, en la aplicación de cambios en las variables y comparación de resultados. Nuevamente observamos que la función de la divulgación en este libro responde tanto a la construcción de un conocimiento histórico de las máquinas, como los procesos científicos para la generación de conocimiento, haciendo especial énfasis en la observación y recreación del fenómeno en un contexto cercano al lector.

Es importante notar que el lenguaje utilizado en los textos de *Cómo funcionan las máquinas* de Nick Arnold y Allan Sanders, no es de una densidad semántica de mucha intensidad (Maton, 2013), es decir, no ahonda demasiado en la construcción de conceptos disciplinares de la dinámica o de la mecánica, fuera de los estrictamente necesarios y, encima, el uso de objetos que pudieran ser comunes en el contexto cotidiano del lector permite la construcción del conocimiento de las máquinas sobre la base del contexto cotidiano, no necesariamente (o por lo menos no explícitamente)

sobre la base del conocimiento disciplinar, sino que éste incluso parece utilizarse como un soporte invisible del discurso del libro. Incluso en su primera apertura (figura 43) podemos leer la descripción del libro como

Este libro explora el funcionamiento de las máquinas. Cada página doble describe una máquina o un mecanismo simple, con ejemplos de su uso cotidiano. Los prototipos muestran cómo funcionan las máquinas y la cronología ilustra cómo se utilizó cada máquina en distintos inventos a lo largo de la historia.

En otras palabras, el libro construye un conocimiento disciplinar a partir no de la disciplina, sino de su descripción, uso cotidiano y usos en la historia de la tecnología humana, donde hasta ahora hemos analizado libros que en todo momento hacen por lo menos una mención del contexto científico, ya sea mencionando a científicos como agentes que investigaron y descubrieron algún fenómeno o como actividad científica que resultó en descubrimientos o tecnologías. En este caso se habla de tres distintos círculos de experiencia y conocimiento que no están necesariamente relacionados a los contextos científicos o disciplinares, sino a contextos cotidianos y, en cierta medida, culturales, construyendo una idea que se ha rondado durante el análisis del corpus, que la cultura científica promueve contextos sobre el conocimiento de la ciencia, no en términos especializados y abstractos del lenguaje y conocimiento científico, sino en los contextos que rodean dicho conocimiento en la cotidianidad.



Figura 46. De *Cómo funcionan las máquinas*, de Nick Arnold y Allan Sanders (2012).

Esto podemos nuevamente observarlo en el texto introductorio de la apertura en la figura 46, donde encontramos una serie de objetos que usan el principio de la máquina en cuestión, la rueda y el eje: “Los picaportes o perillas de las puertas, el volante de los automóviles y los molinos de agua emplean una máquina simple llamada rueda y eje que sirve para hacer girar cosas”. Encontramos procesos relacionales en configuraciones que construyen definiciones y explicaciones del funcionamiento de distintos elementos que constituyen la máquina. Esto también es visible en la representación visual de la máquina, en la página 10 de la apertura en la figura 46, donde encontramos fragmentos de texto enumerados del 1 al 3, indicando distintos momentos en el funcionamiento de la máquina: “El agua que cae provee la energía o **esfuerzo**, que hace girar la **rueda hidráulica**”, “la rueda hidráulica hace girar el **eje**”, “El eje provee una fuerza más potente que hace girar los **engranajes** que impulsan la maquinaria”, donde a su vez encontramos conceptos con densidad semántica (marcados aquí y en el libro en negritas), que presentan elementos del lenguaje especializado para nombrar un objeto particular o un fenómeno como la energía o esfuerzo.

En la segunda página de la figura 46, podemos observar nuevamente esta configuración de la imagen, con textos numerados para presentar y exponer los elementos que constituyen esa aplicación de la rueda y eje. De la misma manera que en la apertura de la figura 45, y como parte de cada apertura del libro, se muestran imágenes con una secuencia temporal, configurando una especie de línea del tiempo de los distintos usos de la rueda y el eje, como el torno de alfarero, rueda de carro, noria y el biciclo.

Es importante notar, nuevamente, que la divulgación de la ciencia no busca únicamente la construcción de conocimiento, como suele decirse, enciclopédico, sino que el ejercicio de la divulgación busca crear en el lector un panorama más amplio que le permita no solo observar los fenómenos naturales desde la mirada científica, sino también a interactuar con la naturaleza en una forma que le permita explorar dichos fenómenos en el mismo sentido que el método científico funciona. Desde este punto de vista, el libro acierta en dirigir la observación del lector a su entorno para reconocer las

máquinas simples de las que se habla. En la figura 47 podemos observar que la relación se crea bajo la contextualización de la máquina simple, cremallera y piñón, en términos de un tren de montaña, que aplica el mismo mecanismo para funcionar.

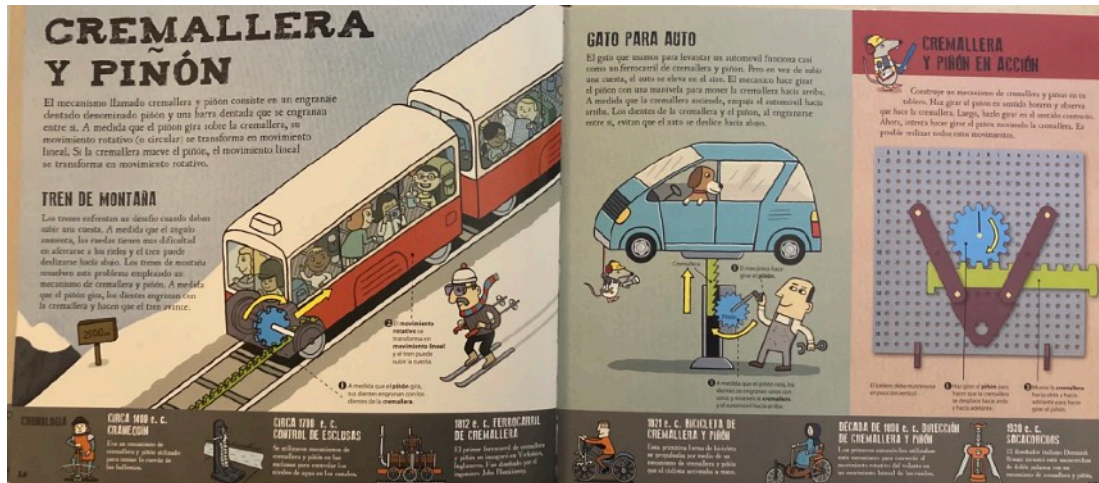


Figura 47. De *Cómo funcionan las máquinas*, de Nick Arnold y Allan Sanders (2012).

Los textos que acompañan, a su vez, buscan relacionar todos los funcionamientos y condiciones en que la máquina opera. Así en el texto con el título “Tren de montaña”, el segundo texto del extremo izquierdo, podemos ver una contextualización de un funcionamiento específico del mecanismo de la cremallera y el piñón. El texto configura una situación en que el mecanismo descrito es útil, dada la inclinación de las montañas, aquellos trenes que las suben utilizan la cremallera y piñón para regular su ascenso y descenso: “A medida que el ángulo aumenta, las ruedas tienen más dificultad en aferrarse a los rieles y el tren puede deslizarse hacia abajo. Los trenes de montaña resuelven este problema empleando un mecanismo de cremallera y piñón”.

En la figura 48 podemos ver nuevamente el mismo formato de presentación, con el título del lado superior izquierdo, línea de cronología en la parte inferior y en el extremo derecho la construcción del prototipo. Encontramos en la página izquierda de la apertura los textos que describen la máquina simple, el segundo fragmento del lado izquierdo, titulado “Torniquete” muestra el siguiente texto:

Un torniquete es una puerta giratoria que permite el paso de una sola persona a la vez. Gracias a un mecanismo de trinquete, el torniquete solo gira en una dirección. La

ventaja del torniquete es que obliga a las personas a avanzar lentamente y así se las puede contar o se les puede cobrar por el acceso a un sitio.

donde podemos leer la relación que formula entre la máquina simple y un objeto de la vida cotidiana, a esto acompaña tanto la ilustración de un niño utilizando una puerta giratoria, y una estructura parecida a un estadio, donde una puerta de esas características podría encontrarse; la ilustración también viene acompañada de una guía numérica para la lectura de los fragmentos que acompañan a la ilustración con líneas punteadas. Del lado derecho de la apertura, podemos ver un proceso de descripción similar, relacionando el trinquete con su uso en los cinturones de seguridad, nuevamente explicando su función y utilidad en este objeto: “Se usa un cinturón de seguridad para evitar que las personas salgan despedidas hacia adelante en un choque. Dentro del mecanismo del cinturón de seguridad, hay una rueda dentada y un garfio con un peso en su extremo”.

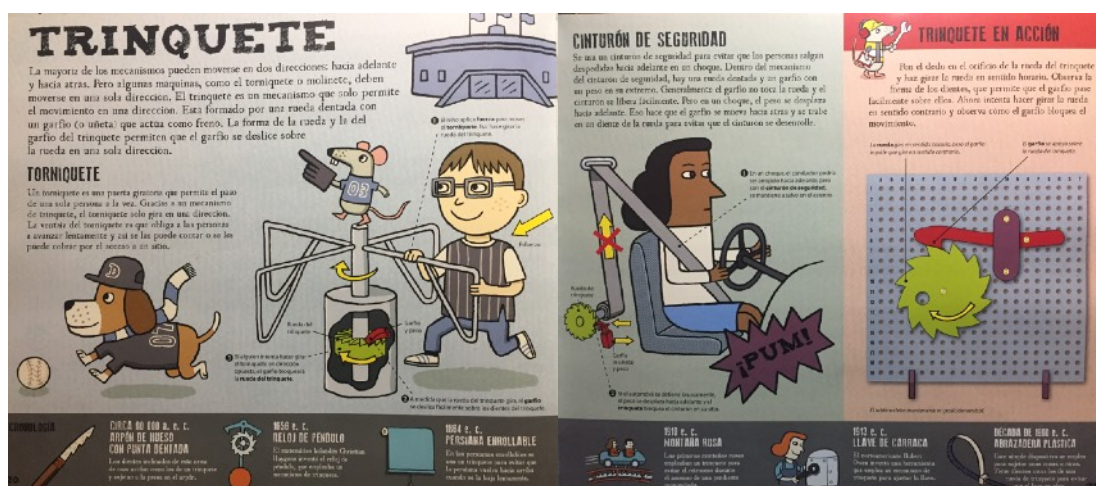


Figura 48. De *Cómo funcionan las máquinas*, de Nick Arnold y Allan Sanders (2012).

El siguiente libro a analizar, titulado *Fuerza y Movimiento* de Joseph Midthun y Samuel Hiti, presenta un formato distinto a los anteriores con un lenguaje que tiende a la mayor intensidad en la densidad de su contenido semántico relacionado a la física. El libro utiliza el recurso literario del cómic para presentar el contenido disciplinar sobre fuerza y movimiento.

El libro expone once temas sobre el movimiento, y tres secciones más que incluyen un glosario, referencias con sugerencias de lecturas posteriores y un índice

analítico; en total quince secciones. Dado que se trata de un formato de cómic, podemos observar la aplicación directa de los conceptos de expansión y proyección descritos por Halliday y Matthiessen, donde se describe la expansión como la relación de fenómenos en el mismo orden de experiencia, mientras que la proyección relaciona un orden de experiencia con otro (2014: 443). En los libros antes revisados, la expansión ha funcionado en el empleo de ciertos registros para presentar información relacionada a un fenómeno particular, y sobre ello la proyección implica tanto la relación de esos fenómenos con conocimientos específicos de la física, así como la relación de dichos conocimientos a un contexto particularmente delimitado, ya sea cotidiano, cultural, social, histórico o científico. Sin embargo, este proceso es fácilmente observable en la lectura del cómic, en un nivel de relaciones lógico-semánticas que permiten la lectura y la construcción de la experiencia de la abstracción científica en un género narrativo. En el caso de *Fuerza y Movimiento*, lo narrado es conocimiento disciplinar, expuesto como dos entidades agenciales que realizan una secuencia de acciones, desatando eventos en los que se describen y explican las interacciones de la fuerza para generar movimiento, desde la perspectiva de la física.

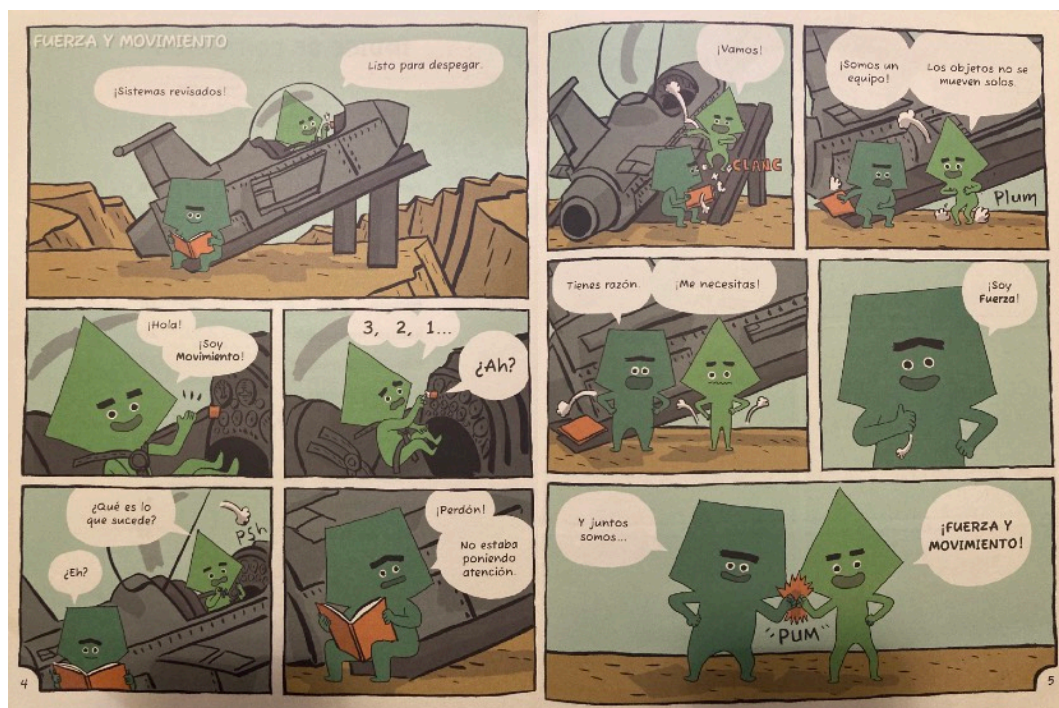


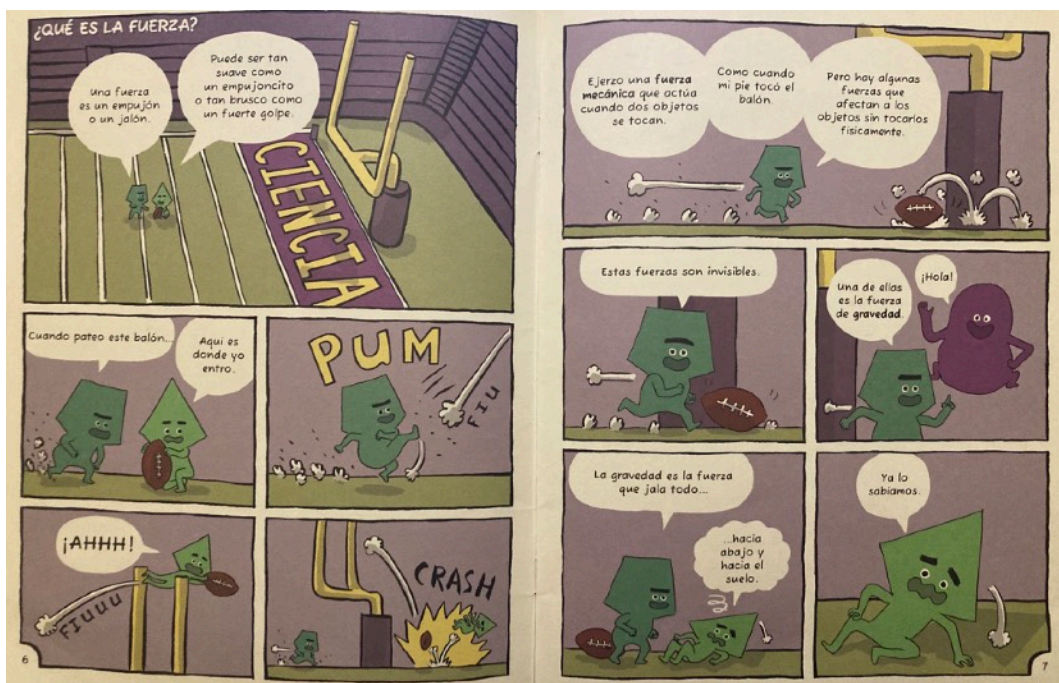
Figura 49. De *Fuerza y Movimiento* de Joseph Midthun y Samuel Hiti (2017).

La construcción de este discurso parte de configurar entidades para fuerza y movimiento en forma de personajes humanizados y agenciales que desarrollarán su historia. En la figura 49 podemos leer la narración introductoria del libro, en apertura, donde se presentan los personajes Fuerza y Movimiento como co-dependientes, lo cual coincide con el conocimiento disciplinar de la aplicación de fuerza para generar movimiento. Por otro lado, la configuración visual del texto en compromiso apreciativo, permite hacer una construcción minimalista de los elementos representados, los cuales son complementados por el texto en burbujas de diálogo, presentados como locuciones de los personajes, en términos de Halliday y Matthiessen (2014), una proyección que liga el orden de experiencia de la acción en cada viñeta, con el orden semiótico de la locución como formulación de significado, y en este caso, como manera de formular los conceptos objetivo del libro: la fuerza, movimiento y sus interacciones.

El segundo tema desarrollado, inmediatamente después de las páginas en la figura 49, se titula “¿Qué es la fuerza?”. Los personajes se encuentran esta vez en un estadio de fútbol americano. Nuevamente, el formato en cómic ya supone una lectura del contenido como una secuencia de recuadros con imágenes que genera un hilo narrativo visual, al mismo tiempo que muestran burbujas de diálogo para formular interacciones entre personajes.

En las interacciones de los personajes se leen, en registro de presentación y exposición (*expounding*), procesos relacionales para construir definiciones como en “Una fuerza es un empujón o un jalón”, gradaciones que describen esas definiciones, como “Puede ser tan suave como un empujoncito o tan brusco como un fuerte golpe”, ambas frases parte de la misma viñeta. Dado que el registro general del formato conduce a una narración en la secuencia de viñetas, podemos encontrar una serie de procesos que dan lugar a la experiencia de los eventos desatados por las acciones en conjunto de los personajes y, a partir de esta, una presentación y relación de fenómenos naturales y el conocimiento disciplinar que los describe. En ello también podemos observar usos lingüísticos que resultan más propios para la enunciación de un fenómeno, por ejemplo, en la página derecha de la figura 50, la primera viñeta y burbuja de diálogo tienen la

frase “ejercer una fuerza mecánica que actúa cuando dos objetos se tocan”, donde se presentan varios elementos. En primer lugar, el proceso “ejercer” tiene una densidad semántica particular en el campo del estudio del movimiento, por su definición, “Realizar sobre alguien o algo una acción, influjo, etc.” (RAE, 2019); en segundo lugar, se presenta el concepto “fuerza mecánica” seguida de un desempaquetamiento del concepto en la oración subordinada “que actúa cuando dos objetos se tocan”. Ligada visualmente a esta burbuja, aparece una más que contextualiza el concepto recién introducido en función de la narración del libro: "como cuando mi pie tocó el balón”, formulando un registro de presentación y exposición (*expounding*) en el que se explica el concepto principal con una explicación y una categorización de la acción correspondiente en la narrativa expuesta.



**Figura 50.** De *Fuerza y Movimiento*, de Joseph Midthun y Samuel Hiti (2017).

Siguiendo esta lógica de contextualizar el concepto disciplinar expuesto en una acción que el lector puede reconocer en la narración, encontramos la apertura que sigue a la figura 50. En la figura 51 podemos ver un formato un tanto distinto de las viñetas, pero sí uno recurrente en el formato de cómic, donde se utiliza toda la extensión de la apertura para presentar una imagen particular o un desarrollo narrativo que requiere de la expansión visual.

Se utiliza el mismo recurso de registro de presentación y exposición para la relación del fenómeno explicado con distintos contextos en los que se aplica. El texto contextualiza las fuerzas en su uso en maquinaria agropecuaria; la gravedad, en su estado natural en la luna; y el magnetismo, las tres como distintas fuerzas que el lector puede experimentar y observar en su entorno cotidiano.



**Figura 51.** De *Fuerza y Movimiento*, de Joseph Midthun y Samuel Hiti (2017).

En la figura 52, podemos ver la construcción de los conceptos de velocidad y trayectoria. Nótese que las frases “la velocidad es la distancia recorrida en un tiempo determinado” no es necesariamente una construcción ajena a la disciplina de la física, podemos encontrar construcciones similares en libros de ciencia que toquen el tema del movimiento; sin embargo, la construcción no depende del texto independientemente, sino del formato en que éste se presenta y las relaciones que se configuran en la experiencia del lector al interactuar con el texto. Esta primera locución por parte del personaje Movimiento utiliza un proceso relacional para definir el concepto distancia en la primera viñeta. La segunda viñeta, la central en la figura 52, ejemplifica el concepto recién introducido por medio de la ilustración y la descripción del evento secuenciado en la primera y segunda viñetas: el movimiento de los carros de control remoto. A partir de esta ejemplificación, el lector puede construir la relación del texto, en un registro de

presentación y exposición (*expounding*) sobre el evento ilustrado, con el concepto disciplinar de velocidad. Puede apreciarse la importancia del formato en cómic de este libro en la construcción de explicaciones de la ciencia sobre el mundo natural. Nuevamente, el uso de personajes ilustrados con compromiso apreciativo permite crear un lazo afectivo que no se centra en la configuración de emoción, sino en las acciones y locuciones de los personajes (Painter et al. 2013: 32).



**Figura 52.** De *Fuerza y Movimiento*, de Joseph Midthun y Samuel Hiti (2017).

En el mismo sentido que el libro *Cómo funciona las máquinas*, *Fuerza y movimiento* utiliza el recurso de ejemplificar con contextos cotidianos. La figura 52, muestra este proceso en su última viñeta, exponiendo una definición del concepto trayectoria y ejemplificándolo inmediatamente con un par de aviones viajando en sentidos contrarios, donde los personajes tienen la función de, por medio de locuciones, presentar el concepto y ejemplificarlo utilizando la ilustración como referencia de un contexto cotidiano.

Este libro no sigue una secuencia particular de eventos en términos de una narración que involucre a todas las viñetas del libro, sino que se basa en una secuencia

para la construcción del conocimiento sobre la fuerza y el movimiento como fenómenos naturales que dan lugar a otros fenómenos estudiados por la misma rama científica. Cada tema que se presenta construye sobre el tema anterior y utiliza los conceptos que surgen para construir los que proceden. Así, se van presentando conceptos que son reutilizados para presentar nuevos conceptos y definiciones disciplinares en un contexto configurado en un formato atractivo a un público joven.

El cuarto libro que se analizará muestra nuevamente un género narrativo, el cuento, que utiliza la divulgación de la ciencia para construir conocimiento sobre las leyes del movimiento. El libro *Hugo y las leyes del movimiento*, escrito por Noboru Takeuchi y Marisol Romo, presenta una narración en la que Hugo, personaje principal, debe salvar a su perro de un villano que busca conquistar el mundo con un cristal del conocimiento. En su aventura, Hugo debe aprender a aplicar las leyes del movimiento para lograr su objetivo.



**Figura 53.** De *Hugo y las leyes del movimiento*, de Noboru Takeuchi y Marisol Soto (2011).

La figura 53 muestra la introducción de libro, donde se presenta a Hugo, su contexto escolar y algunas características sobre el personaje, como su gusto por el fútbol, así como una síntesis de su aventura a lo largo del libro.

El libro sigue una configuración ya antes mencionada, la de la figura de “héroe” como fue expuesta por Joseph Campbell en *Hero With a Thousand Faces* (2004):

El héroe sale del mundo del día común a una región de maravillas supernaturales: fuerzas fabulosas se encuentran ahí y una victoria decisiva se gana: el héroe vuelve de su misteriosa aventura con el poder para otorgar bendiciones a su prójimo (28).

En el primer capítulo el héroe se enfrenta con un problema en su mundo cotidiano que le empuja a comenzar su aventura, donde encuentra por primera vez al villano que roba a su mascota y Hugo se queda con el objeto de poder que le será necesario para encontrar el conocimiento para derrotar a su enemigo y obtener la victoria y capacidad de superar sus problemas. El objeto de poder que Hugo ahora posee es un cristal que contiene todo el conocimiento humano y con él, conoce a los grandes científicos de la historia que trabajaron con las leyes del movimiento, tema del libro. A lo largo de la narración, Hugo aprende los conceptos que los científicos le presentan y con ellos deduce la manera de vencer a su villano, Cada personaje presenta sus propios descubrimientos en el área disciplinar, y cada uno de esos conocimientos son integrados a la trama de la narración.

En la figura 53, podemos observar también la configuración visual de la ilustración, marcada con compromiso empático, donde podemos apreciar una mayor flexibilidad respecto a la representación emocional de los personajes, el estilo genérico presenta un repertorio emocional mayor con el que se pueden configurar significados como observar, hacer, concentrar, entre otras, con la ayuda de una definición más detallada de la gestualidad en los personajes (Painter et al. 2014: 32). Esto concuerda con la configuración del libro como un género narrativo infantil, donde también se muestran datos de la historia de la ciencia e información disciplinar.

En este sentido de enseñar datos concretos a partir de una narración podemos ver el método que este libro utiliza, introduce un concepto como parte de una secuencia narrativa que permite que la historia prosiga con el elemento introducido. En la figura 54 podemos ver este proceso:

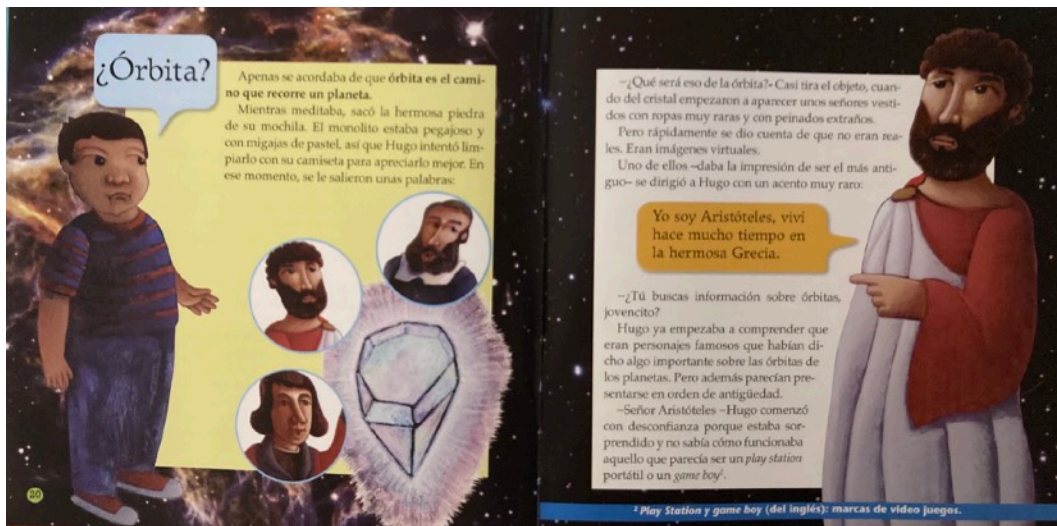
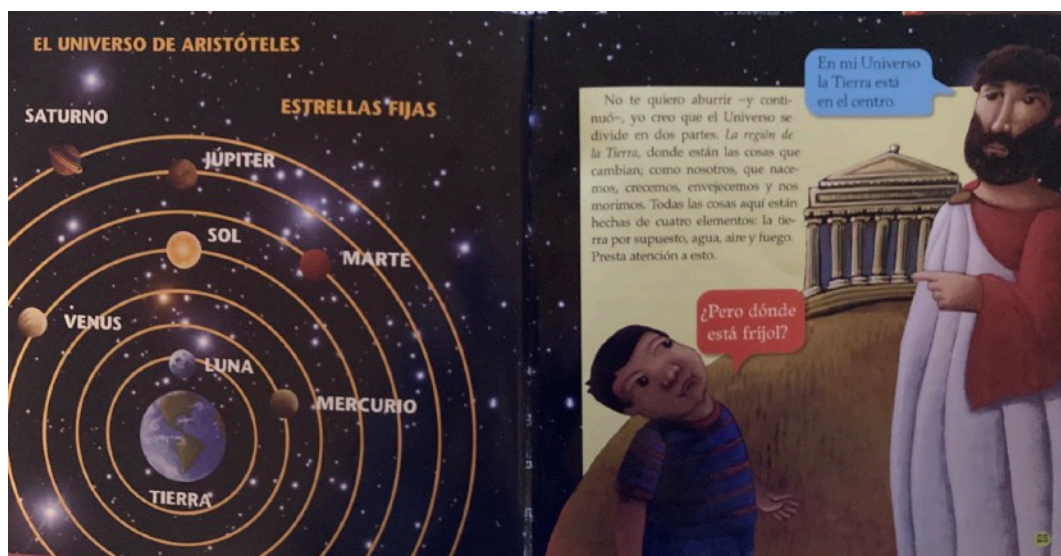


Figura 54. De *Hugo y las leyes del movimiento*, de Noboru Takeuchi y Marisol Soto (2011).

El personaje principal, en el extremo izquierdo y expuesto en compromiso empático, tiene una burbuja de diálogo con la pregunta “¿Órbita?”, acompañándolo, aparece un texto que inmediatamente desempaqueta la información disciplinar de *órbita* como “órbita es el camino que recorre un planeta”, con un proceso relacional que lo formula como una definición del concepto, marcando un registro de presentación y exposición (*expounding*), para después continuar con un registro recreativo que continua con el hilo narrativo. En la página derecha de la apertura, se presenta a uno de los personajes secundarios, Aristóteles, quién en el texto, se proyecta desde el cristal del conocimiento, para responder a la interrogante de Hugo “¿Qué será eso de la órbita?”; y en la imagen se le muestra con una burbuja de diálogo contextualizándolo temporal y localmente.

Por lo anterior, el libro configura principalmente una trama alrededor del personaje, añadiendo elementos que complementan y dan coherencia a la trama, con ello se introducen fragmentos como en la figura 55, donde Hugo se ha encontrado con una imagen virtual de Aristóteles que le cuenta sobre su percepción del universo: "No te quiero aburrir —y continuó—, yo creo que el Universo se divide en dos partes. La *región de la Tierra*, donde están las cosas que cambian”. A esto acompaña un fragmento que Aristóteles menciona en una locución expuesta visualmente en la burbuja de diálogo, que contiene conocimiento de la historia de la ciencia, al igual que la representación del personaje de Aristóteles, de modo que nuevamente el texto narrativo

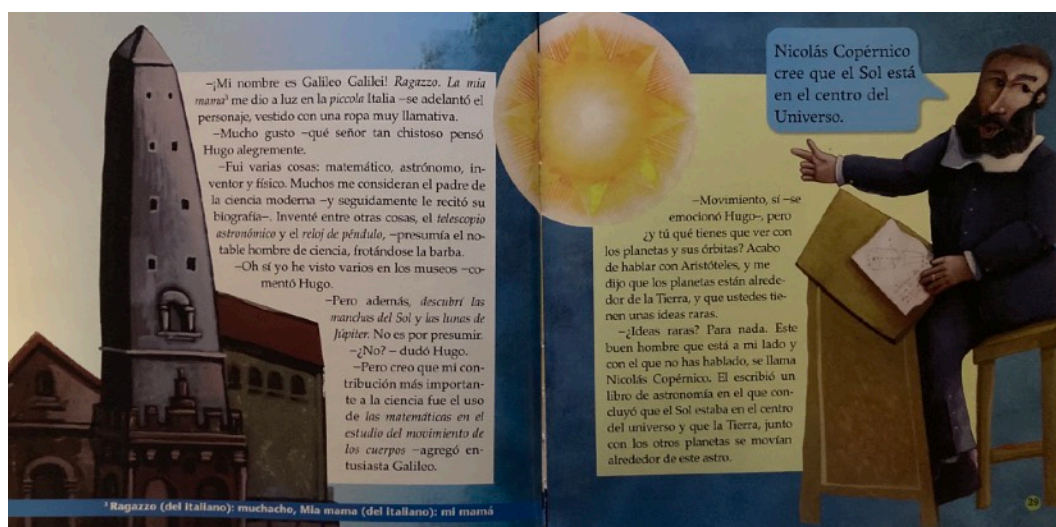
sirve como conducto para configurar conocimientos e informaciones de las disciplinas científicas y comunidades productoras de conocimiento especializado. Sobre ello debe considerarse que la imagen de burbuja de diálogo configura el proceso *decir* y da lugar a una relación interpersonal con el lector, donde la acción del personaje está narrada visual y textualmente. Esta relación permite una configuración afectiva a la que responde el personaje de Hugo, que está posicionado por debajo del científico con una burbuja de diálogo que demuestra el desinterés del personaje por lo que el científico dice, y retoma la trama general de la narración, el rescate de la mascota.



**Figura 55.** De *Hugo y las leyes del movimiento*, de Noboru Takeuchi y Marisol Soto (2011).

Painter et al. (2014) mencionan la importancia de la configuración interpersonal en la representación espacial de las imágenes. En la figura 55 podemos notar una distancia considerable entre personajes, que puede relacionarse a la idea del personaje desinteresado; la diferencia de alturas, que podría representar, accidental o deliberadamente, una relación de jerarquía, ya sea por diferencia en experiencia o conocimiento, la relación adulto/niño, etc.; o, el posicionamiento de las cabezas, que da lugar tanto a la configuración emocional del personaje principal, preocupado por su mascota, como la intención de Aristóteles, como una imagen virtual con el objetivo de informar. Cada uno de estos ejemplos configura una relación interpersonal entre los personajes en la que se codifican los objetivos de la divulgación científica y la

narración, cada presentación de conocimiento especializado se da en un registro de presentación y exposición (*expounding*), como en la frase de Aristóteles “En mi universo la Tierra está en el centro” que configura un conocimiento particular de la historia de la ciencia; por otro lado, la narración se presenta en registros de recreación, donde se narra un flujo particular de eventos para lograr una forma de efecto estético, y el registro de compartir, donde el participante, en este caso los personajes, presentan sus puntos de vista, valores y experiencias para lograr un fin colectivo (Matthiessen, 2015: 8).



**Figura 56.** De *Hugo y las leyes del movimiento*, de Noboru Takeuchi y Marisol Soto (2011).

Continuando con el género discursivo de la divulgación de la ciencia, el libro también considera puntos que son importantes en la construcción del conocimiento y de la cultura científica. La figura 56 muestra un fragmento del texto donde se introduce el personaje de Galileo Galilei, mencionando con algunos detalles la vida del personaje, así como sus aportes a la ciencia y el conocimiento. Galileo se presenta como nacido en “la *piccola Italia*” y se configura como una persona con amplios campos de estudio: “Fui varias cosas: matemático, astrónomo, inventor y físico. Muchos me consideran el padre de la ciencia moderna... inventé entre otras cosas, el *telescopio astronómico* y el *reloj de péndulo*”. Nuevamente es notable que la construcción del conocimiento científico no se da como un paquete aislado de contextos, sino que es necesario crear estos espacios donde el conocimiento es contextualizado de acuerdo a los entornos en

que sucedió y construyendo una imagen más amplia del personaje y su importancia para la ciencia.

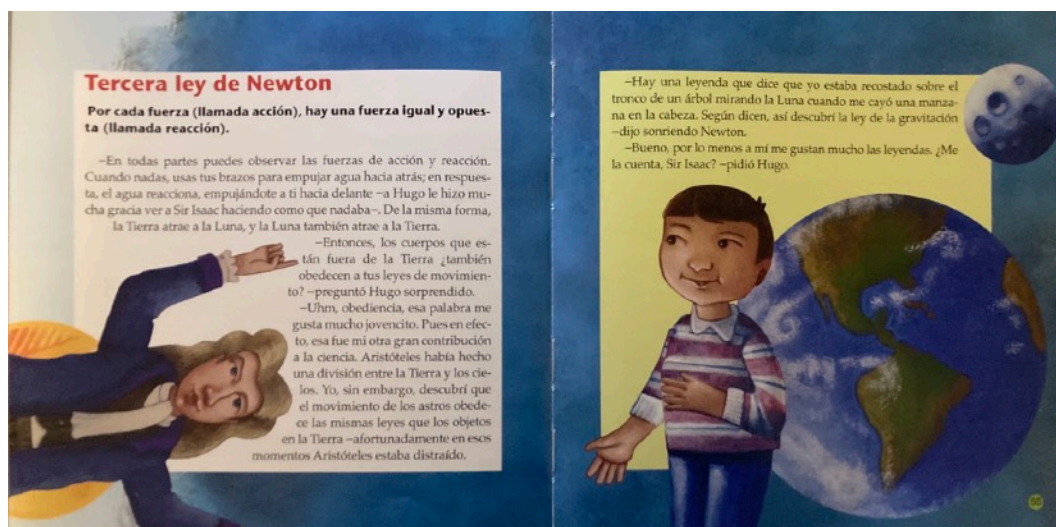
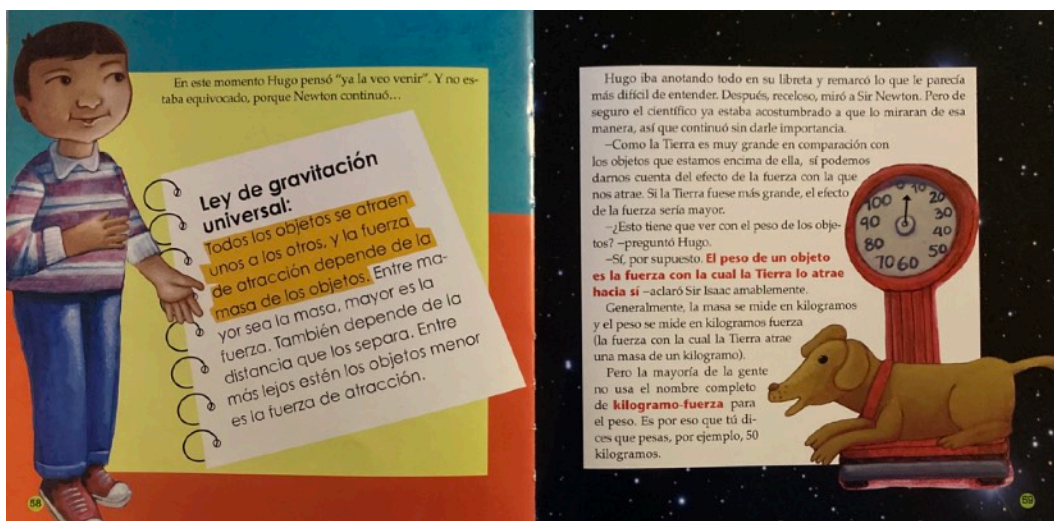


Figura 57. De *Hugo y las leyes del movimiento*, de Noboru Takeuchi y Marisol Romo (2011).

En la figura 57 podemos ver un ejemplo de un registro de presentación y exposición (*expounding*) dentro de la narración. En la parte superior de la página se lee en letras rojas “Tercera ley de Newton” seguida de una descripción de la ley, donde aparecen los términos *fuerza*, *acción*, *reacción*, palabras con densidad semántica determinada en la física. La primera mención de *fuerza* viene acompañada de paréntesis que empaqueta su peso semántico en la palabra *acción*, de la misma manera que la palabra *reacción* resulta del empaquetar la frase “una fuerza igual y opuesta”. Acción y reacción son expuestos como los elementos principales de la tercera ley de Newton sobre el movimiento. Añadido a ello, el texto que acompaña a este primer fragmento y a una imagen de Isaac Newton configurada en compromiso empático, es la voz del mismo Newton ejemplificando la ley recién introducida en términos de experiencias cotidianas, como el nadar, y la relación que el científico encontró entre el movimiento en la Tierra y en el espacio. El lector se enfrenta así a tres aspectos en construcción: 1) el conocimiento disciplinar que corresponde a la tercera ley de Newton; 2) ejemplificaciones de la experiencia cotidiana en la narración; y, 3) el conocimiento de la historia de la ciencia relacionada a las investigaciones y descubrimientos de Isaac Newton.

Así, la relación entre tres registros distintos da lugar a una narración que a su vez presenta tanto los puntos de vista de cada personaje, el conocimiento disciplinar de la física del movimiento y una recreación de eventos que configuran la trama del libro.



**Figura 58.** De *Hugo y las leyes del movimiento*, de Noboru Takeuchi y Marisol Soto (2011).

En la figura 58 podemos nuevamente ver este fenómeno, en tanto que la narración es interrumpida para la introducción de un concepto disciplinar. En la figura 58 predomina un recuadro textual con un título que lee "Ley de gravitación universal" y en seguida un texto del cual un fragmento está marcado: "Todos los objetos se atraen unos a otros, y la fuerza de atracción depende de la masa de los objetos", lo que configura una ley universal que tiene densidad semántica en la disciplina de la física. El lenguaje corresponde a una construcción con densidades semánticas comunes en las ciencias, donde metáforas como "fuerza de atracción" son elementos reconocidos que contienen información adicional en la disciplina.

El concepto central se marca visualmente y el texto mismo continúa desempaquetando las informaciones que envuelven al mismo, tales como magnitud de masas y distancias, ambas variables importantes en el cálculo de la gravitación entre dos cuerpos. Así, el texto configura una ley tomando en cuenta sus distintas aristas dentro del marco del conocimiento disciplinar y con un registro que no dista mucho del mismo,

es decir, tomando en cuenta que este fragmento de disciplinariedad está inmerso en una narrativa que continúa a lo largo del texto.

En la parte derecha de la apertura en la figura 58 encontramos el mismo recurso de marcar visualmente el texto que representa contenido disciplinar, “El peso de un objeto es la fuerza con la cual la Tierra lo atrae hacia sí”, también representa una extensión de la ley universal recién expuesta. De la misma manera, “kilogramo-fuerza” queda marcado como una unidad de medida para el peso. Todo lo anterior, resulta expuesto textualmente con un registro de presentación y exposición, dando explicaciones y definiciones por medio de procesos relacionales y materiales, y dentro de una configuración mayor que corresponde al diálogo entre personajes, que a su vez está inmerso en un hilo narrativo mayor.

Por último en esta sección de libros sobre el movimiento desde la perspectiva de la física, está un fragmento del libro *Física divertida*, de Tom Adams y Thomas Flintham. Este libro se presenta en el formato de libros pop-up, el cual permite una interacción con el libro, sus textos e imágenes. Esta interacción está marcada también por el movimiento de las imágenes, textos u otros elementos en el libro; esta movilidad también es un recurso que el libro utiliza para construir un significado particular. Martin Barrios y María Mendoza (2018), sostienen que en los libros pop-up

[El discurso] se construye sobre la base de tres pilares: el texto, la imagen y el movimiento. La relación entre estos elementos no solo determinará las posibilidades de lectura del libro sino además las características que tendrán los recursos narrativos, de movimiento y textuales para construir la línea discursiva. (3)

Por lo que podemos intuir una construcción integral en que cada proceso, imagen, y texto complementa y modela al otro.

El caso de *Física divertida*, presenta distintos temas y fenómenos naturales explicados por las ciencias, así como experimentos que el lector puede recrear, referencias históricas, ejemplificaciones por medio de objetos cotidianos y la interacción con los elementos móviles del libro.

Al ser un libro interactivo, en el sentido que el lector debe interactuar con los elementos del mismo, el libro cumple dos funciones importantes: por un lado, lo lúdico de la interacción con el libro permite una mayor atracción para su público, que tiene la posibilidad de jugar con sus páginas a la vez que lee el texto; y en segundo lugar, la construcción de un conocimiento especializado en este formato permite lograr una de las condiciones básicas de la divulgación científica, la lectura debe ser suficientemente atractiva para llamar la atención voluntaria del lector, de manera que se suple la curiosidad del público y no un capricho de educar o imponer conocimiento al mismo.

En la figura 59 podemos ver la primera apertura con el primer tema general del libro, la fuerza. La apertura se inicia, nuevamente de acuerdo a la convención de lectura occidental, en la parte superior izquierda en su página izquierda, con el tema “A la fuerza” seguida de una definición de las fuerzas en un registro de presentación y exposición (*expounding*). El texto comienza "Las fuerzas son empujones o jalones que actúan sobre los objetos, desde los planetas más grandes hasta los átomos más pequeños", configurando una primera definición de una fuerza, término especializado en la física que representa un peso semántico determinado. El texto continúa contextualizando la fuerza de manera que el lector pueda traer de su propia experiencia momentos en que aplicó el uso de una fuerza para mover un objeto. Así, el registro de presentación y exposición (*expounding*), como lo expone Matthiessen (2015), cumple precisamente con la función de presentar un concepto especializado nuevo para el lector en términos de su experiencia cotidiana en el contexto particular al que pertenezca.

Cada uno de los textos en esta primera apertura se presenta acompañado de una imagen o interacción con el libro. En la figura 59, en el lado derecho de la apertura, podemos ver un segmento que se lee “ ¡Ay! ¿Quién fue Isaac Newton?” el cual es una especie de mini libro que el lector puede abrir para leer una breve biografía del científico inglés, explorando sus descubrimientos, aportes a la ciencia y datos curiosos, como su estudio de la alquimia. Con esto, nuevamente observamos el proceso de construir la literacidad científica no como un acervo de datos científicos exclusivamente, sino como ramificaciones de disciplinas, conocimientos y prácticas en

constante interacción y negociación que conforman el gran discurso de las ciencias, tan complejo y profundo como cualquier práctica humana.

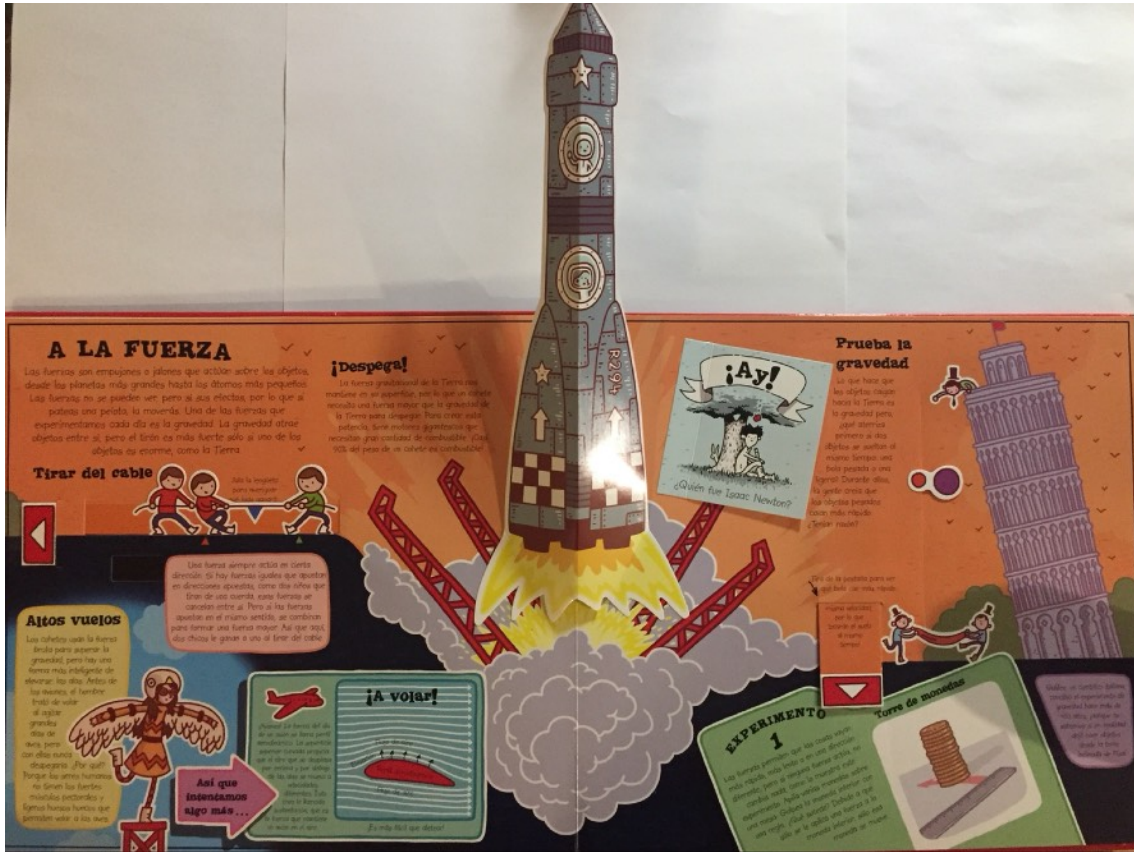


Figura 59. De *Física Divertida*, de Tom Adams y Thomas Flintham (2012).

En la misma página derecha de la figura 59, del lado inferior podemos ver también un recuadro con texto que da la opción al lector de recrear un “experimento”, nuevamente utilizando un concepto generalmente asociado con las ciencias, donde se presentan dos registros: de presentación y exposición (*expounding*) y de habilitación. El texto en el recuadro comienza por presentar una característica de las fuerzas:

Las fuerzas permiten que las cosas vayan más rápido, más lento o en una dirección diferente, pero si ninguna fuerza actúa, no cambia nada como lo muestra este experimento

Donde “las fuerzas” son codificadas como agenciales, asociadas a procesos como “permiten” y “actúa”, dando lugar a una agencialización y nominalización de un fenómeno natural observado, es decir, las fuerzas son configuradas como las causantes del movimiento, lo cual corresponde a un concepto bien aceptado y utilizado en la

disciplina de la física. En segundo lugar, el registro pasa de presentación y exposición (*expounding*) a uno de habilitación, instruyendo al lector para reproducir las actividades y observar, con la experiencia propia, el fenómeno natural que la apertura de la figura 59 trata: “Apila varias monedas sobre una mesa. Golpea la moneda inferior con una regla. ¿Qué sucede?”. Además de la estructura de instrucciones que el registro de habilitación presenta, la pregunta final invita al lector a reflexionar sobre sus observaciones y configurar hipótesis respecto al fenómeno observado, lo cual es una práctica alentada en las ciencias naturales.

El tema central de las fuerzas gira entorno al concepto de gravedad. La apertura de la figura 59 muestra siete segmentos que hablan de la gravedad como fuerza, a decir, al superarla en el vuelo por medio de alas de las aves, aviación, lanzamiento de cohetes espaciales y los experimentos y descubrimientos de Newton y Galileo. Cada segmento viene acompañado de una ilustración particular en compromiso apreciativo, de modo que funcionan para suavizar y contextualizar visualmente la información y elementos que el texto presenta.

La figura 60 muestra la segunda parte del libro que se refiere a la física del movimiento. Nuevamente observamos del lado superior izquierdo de la apertura el tema central junto con un texto de presentación, mas en este caso se trata de un registro de habilitación que funciona como presentación y exposición del fenómeno a tratar:

Coloca un libro pesado en una mesa y empujalo. Casi no se mueve. Ahora intenta rodar una canica. Es fácil. La diferencia se debe a una fuerza llamada fricción, que ocurre cuando dos cosas se rozan entre sí. Al haber más fricción entre el libro y la mesa se dificulta su movimiento, mientras que la lisa canica apenas experimenta fricción.

En principio el texto comienza dando instrucciones para observar el fenómeno, presentando dos variaciones de una actividad, con un libro y con una canica. El registro esperado entonces se modifica para hacer una contextualización del fenómeno en la experiencia cotidiana del lector, a partir de ello se configura una definición de la fuerza como “la diferencia se debe a una fuerza llamada fricción, que ocurre cuando dos cosas se rozan...”, esta vez en el patrón esperado de presentación y exposición, mostrando el fenómeno con relación a la experiencia de observación del lector.



**Figura 60.** De *Física divertida*, de Tom Adams y Thomas Flintham (2012).

Cada ilustración en la apertura de la figura 60 muestra uno o varios fragmentos de texto. En cada caso la ilustración funciona como una representación visual de distintos tipos de fricción, ejemplificando con contextos determinados que complementen la información, como los distintos tipos de llantas y su efecto a partir del uso de la fricción. En ese mismo sentido, la ilustración de un patinador sobre hielo se utiliza para explicar el proceso de patinaje como alternaciones de uso de fricción sobre el hielo para impulsarse y deslizarse.

Al igual que la apertura anterior, en la figura 60, el recuadro inferior derecho muestra un experimento en que se ejemplifica la fricción. El formato es nuevamente igual al experimento de la apertura en la figura 59. La diferencia es que en este caso se presenta una ejemplificación por medio de un mecanismo ajeno, los balines, como un método para reducir la fricción. El recuadro textual comienza con un registro de presentación y exposición sobre el mecanismo de los balines: “Las formas rodantes son más fáciles de mover que las que tienen que arrastrarse, y es el principio que sustenta los balines”, para enseguida presentar, nuevamente por medio de un registro de habilitación, una actividad para observar el fenómeno que los balines producen sobre el movimiento de un objeto. El experimento nuevamente termina haciendo una pregunta: “Luego prueba sin las canicas, ¿Cuál es la diferencia?”, configurando nuevamente una

práctica científica en el lector, de manera que la reflexión se vuelve parte de la misma lectura y de la actividad reproducida.

### **5.3 Libros sobre ciencias en general.**

En el caso de la divulgación de las ciencias, es común encontrar libros que refieren no solo a un tema particular sino a un gran espectro de temas científicos y de formas de abordarlos. Para esta última sección, se presentan dos libros que responden al género de la divulgación, pero desde una perspectiva amplia que abarca distintos conocimientos sobre ciencias y generan un espectro más cercano al concepto de literacidad científica, como lo hemos tratado en esta investigación, un acervo de conocimientos culturales, disciplinares, sociales y de la práctica científica que amplíen la capacidad del público para comprender las discusiones públicas sobre ciencia en un nivel que les sea significativo.

El primero de estos casos es un libro que contiene temas como física, ciencias de la Tierra, biología, química, astronomía, paleontología, microbiología e incluso literatura de ciencia ficción. El libro *100 cosas que saber sobre ciencia* es un libro que se asemeja a un libro de referencia. La primera página después de la presentación configura el término “ciencia” como “conjunto de conocimientos que nos sirve para saber cómo funciona el mundo. Hay muchas disciplinas diferentes para responder a preguntas importantes”, esta definición se encuentra en la parte superior izquierda de la apertura (págs. 2-3, de *100 cosas que saber de ciencia*, en la figura 61), que concuerda con las convenciones de inicio de lectura occidentales. Cada imagen en la apertura está acompañada con el nombre de una disciplina científica distinta, así como algunas preguntas fundamentales de cada una.

Podemos observar en la figura 61 la presentación de los grandes temas que el libro toca, y se presenta al personaje que acompañará en la lectura a lo largo de todo el texto. Debe notarse que, como explican Painter et. al, la presentación de un personaje crea un lazo interpersonal con el lector, que servirá a funciones distintas: en el caso de

los libros narrativos de *Reading Visual Narratives*, el lazo interpersonal funciona para acercar las experiencias afectivas del personaje al lector, que al mismo tiempo funciona para generar una relación entre lector y texto (2013: 15); en el caso de un libro de referencia, además del vínculo afectivo, podemos esperar un fenómeno similar a una guía de lectura o complemento de la información puntual referida. Esta estructura que presenta la temática del libro es un registro que se espera en los índices de libros de referencia, dónde podemos encontrar por secciones distintivas los temas expuestos.



Figura 61. De *100 cosas que saber sobre ciencia*, de Alex Firth (2015).

Los personajes, que son una constante a lo largo de todo el libro, aparecen siempre codificando una acción verbal, física o de percepción, complementando en todo momento la lectura de la página correspondiente y los conceptos ahí codificados. En otros casos, se muestran representaciones de personajes reales, en páginas de carácter biográfico, exposición de líneas temporales o presentación de inventores de un objeto o técnica en particular. También estos personajes reales son mayormente representados recreando una acción particular con su área de conocimiento.

Cada página o apertura tiene un indicador del número de tema que se presenta (siguiendo la idea de *100 cosas que saber...*), cada número indica un tema particular,

por ejemplo, el número uno tiene como tema “El universo es... todo lo que existe.”, el segundo número tiene “Los años luz... miden distancia, no tiempo”, etc. Cada tema consta de distintos elementos que configuran el conocimiento a transmitir, algunos pueden ser más esquemáticos, como el caso de la página 13, donde se presenta el tema 9 “Las primeras plumas...” donde encontramos datos paleontológicos sobre las plumas.



**Figura 62.** De *100 cosas que saber sobre ciencia*, de Alex Firth (2015).

En la figura 62 podemos notar la configuración de integración intermodal [integrada: expandida], donde el texto forma parte del espacio de la representación visual. En este caso la representación visual presenta un *pathos* de compromiso empático, es decir, los personajes presentados no son hiperrealistas, ni completamente caricaturizados, sino que busca ser una representación genérica que muestre el tema principal en distintos contextos, esto es, las distintas funciones de las plumas en la prehistoria, por lo que no es necesario hacer una taxonomía detallada de los animales representados, sino situarlos en el contexto del tema, las plumas. Podemos notar que cada elemento visual está acompañado con un fragmento de texto que describe las

distintas funciones de las plumas, estas son: calentarse, camuflarse, destacar, moverse y escapar; cada una de estas está acompañada de una descripción de estas funciones. En interesante notar que desde el principio de la página se presenta la oposición a la idea general de que las plumas son un elemento principal en las aves voladoras. De esta manera, el tema numero nueve “Las primeras plumas” se construye al modo de una entrada enciclopédica, que construye información de referencia para el tema en cuestión. Su estructura presenta procesos existenciales y conductuales de las especies prehistóricas, el nuevo paradigma que sitúa a las plumas como característica de dichas especies e información sobre las distintas funciones de las plumas prehistóricas, lo cual supone un registro de presentación y exposición (*expounding*) en torno al elemento presentado y su contexto.

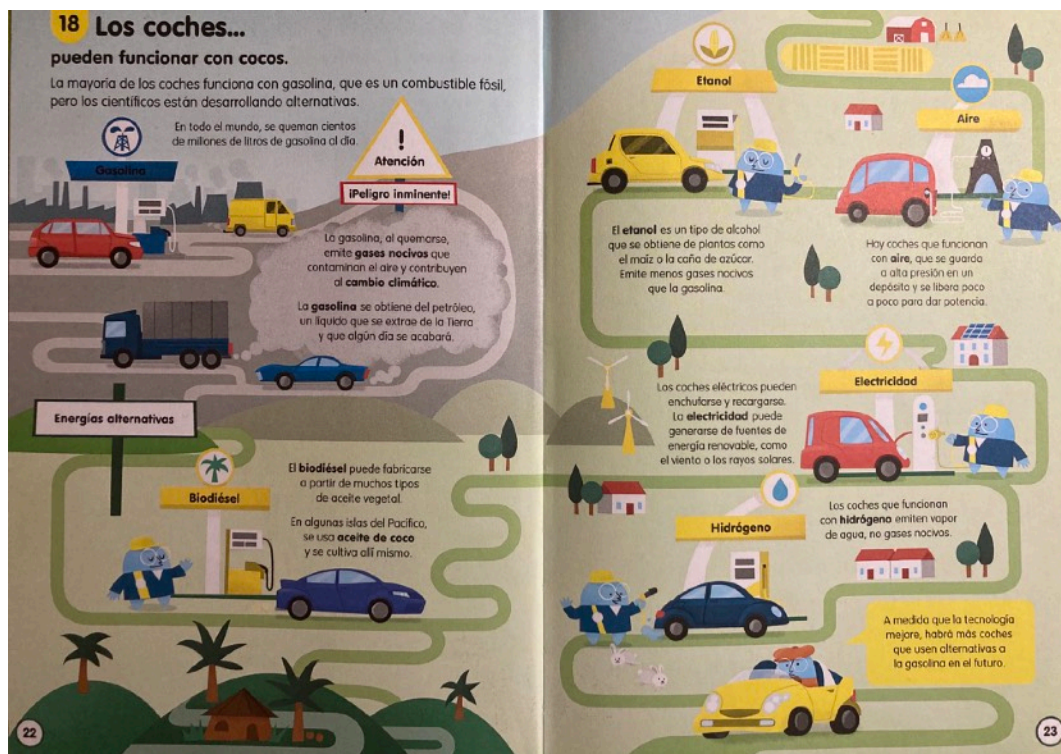


Figura 63. De 100 cosas que saber sobre ciencia, de Alex Firth (2015).

En algunos temas, el formato de una sola pagina cambia a apertura completa, como en el caso de la figura 63, donde se muestra el título “Los coches...” que toca el tema de energías alternativas. En este caso también podemos observar que hay una continuidad en lo visual por el uso de las calles como conectores entre los distintos

elementos de la apertura, ligando tanto imagen y texto en una integración intermodal [expandida: subsumida], es decir, utilizando un mismo fondo para generar un sentido de unidad y flujo. Con esta configuración visual, el texto va desarrollando términos clave de las disciplinas en torno a las energías alternativas, tales como “gases nocivos”, “cambio climático”, “biodiésel”, “electricidad”, etc., todos marcados visualmente y desempaquetados en su cotexto: “La gasolina, al quemarse, emite **gases nocivos** que contaminan el aire y contribuyen al **cambio climático**”, “El **biodiésel** puede fabricarse a partir de muchos tipos de aceite vegetal”, “La **electricidad** puede generarse de fuentes de energía renovable, como el viento o los rayos solares”, donde se utilizan registros que explican y presentan información relevante al concepto central, en negritas.

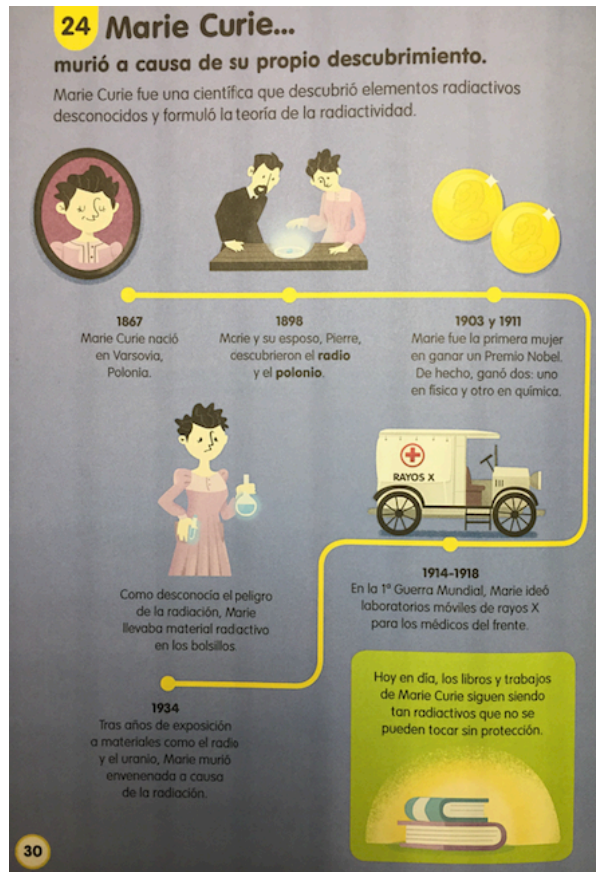


Figura 64. De 100 cosas que saber sobre ciencia de Alex Firth (2015).

Dado que se trata de un texto de referencia, podemos encontrar entradas de distintos tipos de información presentados en registros un tanto variados, por ejemplo, la página 30 muestra la vida y obra de Marie Curie en la estructura de una línea del

tiempo con eventos importantes y el año en que sucedió. Este registro sigue la estructura de una recreación, en términos de Matthiessen (2015: 6), en el cual se configura un flujo particular de eventos humanos en una narración.

En la figura 64 observamos la construcción de información cultural que no trata directamente de un conocimiento disciplinar de la ciencia, sino la construcción de historia de la ciencia enfocada en un personaje que hizo grandes aportes científicos. La presentación nuevamente se da por integración intermodal [integrada: expandida], el texto acompaña en el mismo espacio a la representación visual para complementarla y, como en el caso de la figura 63, completar cada segmento visual y textual.

Podemos observar igualmente la configuración de *pathos* de compromiso empático, los personajes no son hiperrealistas, sino caricaturizados para generar cercanía con el lector. Cada segmento temporal comenta un descubrimiento o acontecimiento en la vida de Curie, y se encuadra un elemento en la parte inferior derecha como dato final sobre la radioactividad de las notas de la científico. También observamos que la línea en la imagen crea un flujo del tiempo representando la vida del personaje, pero también genera un sentido de flujo de lectura que el lector puede seguir en la página. Este mismo efecto producto de la esquematización del tiempo, podemos observarlo en la figura 65.

Observamos que el tema 67, en la figura 65, gira en torno a una especie marina, sin embargo, los textos que aparecen codifican el proceso evolutivo de los ancestros de la ballena jorobada. Cada segmento textual comienza por determinar un periodo temporal y una descripción del momento evolutivo de la especie a partir de procesos existenciales, conductuales y atributivos. Mientras tanto, cada elemento visual se representa en un *pathos* de compromiso empático, esto es, de manera genérica para ilustrar el tema de la evolución. A partir de procesos como “descienden”, “vivía” y entidades como “un pariente lejano”, “ un descendiente suyo”, se configura el tema evolutivo en torno a la especie en cuestión, lo cual, junto a la consideración temporal al principio de cada fragmento, termina por construir un flujo temporal que no solo ilustra sino también vincula el conocimiento disciplinar del proceso evolutivo con la temporalidad.

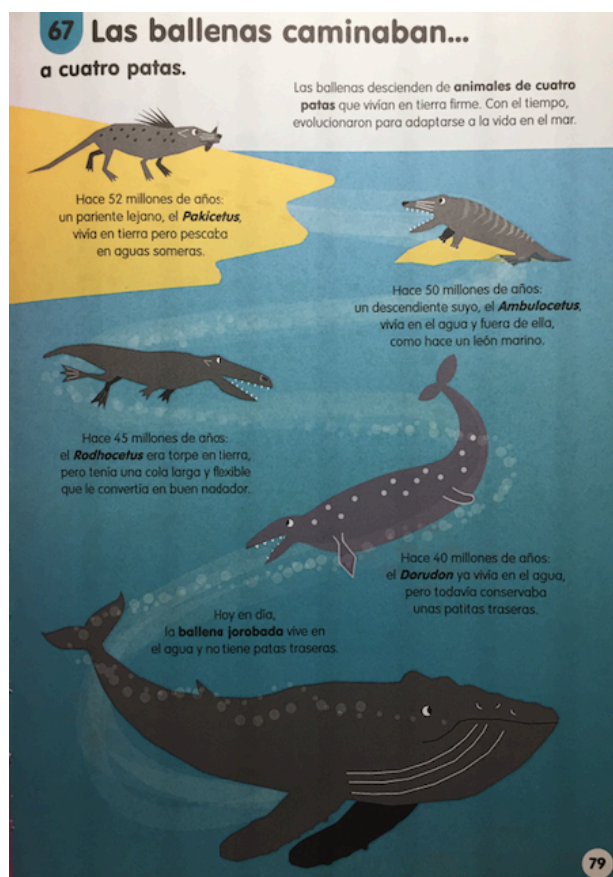


Figura 65. De 100 cosas que saber sobre ciencia de Alex Firth (2015).

En este mismo sentido, observamos un elemento visual que conecta a cada animal representado, esta línea representa no solo una metáfora temporal (en el sentido que representa el flujo de tiempo en el que las ballenas evolucionaron), sino que también configura el flujo de lectura de la página, al mismo tiempo que integra los elementos visuales y textuales a la configuración del conocimiento expuesto.

Utilizando formatos visuales específicos para un contexto determinado por el tema que se presenta en cada página, podemos observar construcciones que permiten vehicular la información disciplinar que corresponde. En la figura 66, podemos ver que en su caso, el conocimiento parte de construir una representación visual en una suerte de metáfora visual, en la que se engloban los sectores del cerebro donde se procesan las etapas de un recuerdo. En un sentido similar a la figura 65, en este caso hay distintos elementos visuales que conectan la información representada, tales como las flechas y

algunos recuadros textuales con figuras que contienen a otras, formulando un diagrama del funcionamiento cerebral.

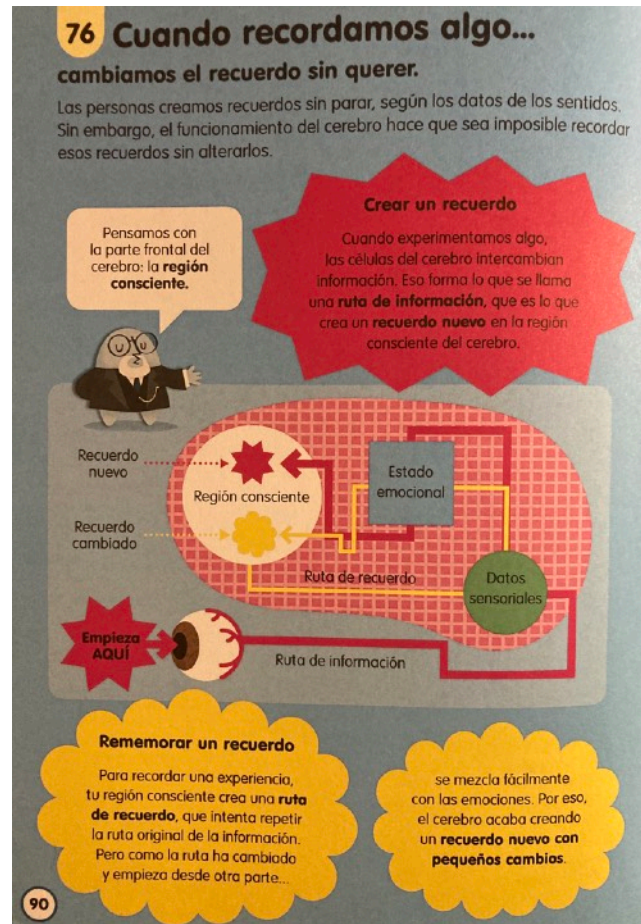


Figura 66. De *100 cosas que saber sobre ciencia* de Alex Firth (2015).

Podemos observar, a partir de las imágenes presentadas, el formato de referencia que el libro presenta, constituyendo cada número como un tema sobre el que se elabora un discurso de descripción, presentación y exposición o recuento, presentando datos e información según sea el caso necesario. Esto se da por medio de un registro de presentación y exposición (*expounding*), dado que el texto configura un tema particular a través de la explicación de distintos momentos en el proceso evolutivo.

Por último, el libro *Ciencia rebelde* de Dan Green, expone biografías de distintos científicos de diferentes ciencias exactas y naturales y otros personajes que han aportado distintos descubrimientos, o fallas, que han permitido el avance del conocimiento de alguna u otra manera. Su contenido toca temas variados de ciencias a

partir de títulos como “La historia del sistema solar”, “La historia de la Tierra”, “La historia de los microbios”, etc.

En total, se muestran trece temas generales divididos en subtemas. El libro se presenta por aperturas. La primera de estas aperturas tiene como tema principal la pregunta “¿Qué es esta cosa llamada ciencia?” (figura 67), donde se configura una definición de la ciencia a partir de términos como curiosidad, desacuerdo, descubrimiento y “viaje largo”, determinando cada uno de estos conceptos como esenciales para la producción de conocimiento científico.

Podemos notar que las ilustraciones de personajes están representadas en compromiso empático, generando una variedad de representaciones emocionales en los personajes, y al mismo tiempo no procura demasiada cercanía con una representación real de proporción corporal, atuendo u objetos que manipulan. Por otro lado, esta primera página no describe a los personajes, sino el ejercicio de la ciencia, su primer texto comienza por describirla de la siguiente manera: “La ciencia es una manera de observar, investigar y entender nuestro Universo. Desde que nos preguntamos: ¿Cómo funciona?, nos lleva a un viaje sorprendente”, exponiendo tres aspectos centrales de la práctica científica, la observación, investigación y la comprensión del mundo natural. En ese mismo sentido, la pregunta “¿cómo funciona?” también representa un factor central en la indagación científica de cualquier fenómeno o naturaleza, lo cual lleva a leer este primer fragmento como el marco general de prácticas de las ciencias que el libro presenta. La ilustración muestra este primer fragmento junto al título de la apertura, en el lado izquierdo, en un encuadre que aparenta ser un espectacular similar al que se encontraría en una avenida, de este punto una línea con flechas guía al lector en el flujo de lectura por los distintos textos y personajes. Podemos notar una integración intermodal [integrada: expandida], de manera que los textos, en su mayoría, no se excluyen de la lectura general de las ilustraciones, sino que cada texto acompaña y complementa la lectura completa de la apertura.

El segundo texto en esta guía visual de lectura representada por la línea gris que atraviesa toda la apertura, utiliza un proceso relacional para definir a la ciencia como curiosidad, añadiendo un comentario sobre la relación de ésta en la exploración de las



primera apertura, darán lugar a un gran campo semántico que el lector asociaría como prácticas de las ciencias y del ejercicio científico y, subsecuentemente, reconocerlas en la lectura de las vidas y descubrimientos de los científicos, muchos narrados como un interés voluntario de cada científico por expandir su comprensión de algún fenómeno.

La figura 68 muestra un primer ejemplo del formato general del libro. El tema general aparece en el recuadro del extremo izquierdo, “La historia del sistema solar”, acompañado de un texto en el mismo recuadro que se lee “Con las estrellas en los ojos, esos tipos se pusieron a observar el Universo, y anotaban cuidadosamente todo lo que veían. Estaban entre los primeros científicos rebeldes. Sus ideas sobre el Sistema Solar entraban en conflicto con las creencias aceptadas de su tiempo”. En seguida, el texto califica a los científicos como rebeldes, idea central del título del libro, para considerar los conflictos entre el conocimiento observado por la ciencia y la creencia popular o convencional hasta entonces: “Estaban entre los primeros científicos rebeldes. Sus ideas sobre el Sistema Solar entraban en conflicto con las creencias aceptadas de su tiempo”.



Figura 68. De *Ciencia rebelde*, de Dan Green, (2015).

En la parte inferior del extremo izquierdo en la figura 68 podemos ver una ilustración de Ptolomeo, acompañado de un fragmento de texto, nuevamente en integración intermodal [integrada: expandida], permitiendo un flujo en la lectura de imagen y texto conjuntamente como complemento del resto de las ilustraciones. El texto que acompaña a Ptolomeo contextualiza las observaciones de la experiencia cotidiana del lector para explicar las deducciones del astrónomo griego:

Para nosotros [en la observación del cielo nocturno] no hay percepción de movimiento, lo que hizo pensar a los primeros astrónomos que la Tierra estaba en reposo, justo en el centro de todo. Todos sabían que Ptolomeo [...] era uno de los mejores observadores, así que simplemente creían todo lo que él decía. Su teoría de la Tierra en el centro fue la teoría científica que más duró sin ser cuestionada.

Finalmente, el texto concluye la presentación de Ptolomeo con su teoría geocéntrica y el hecho de que sus observaciones no fueron cuestionadas sino hasta después de un largo período, considerando el tiempo de vida de las teorías científicas.

En el segundo y tercer texto se presentan dos personajes y sus aportaciones a la observación del cielo nocturno. El primero, encuadrado en la parte inferior de la página izquierda de la figura 68; es un personaje de atuendo oriental, cuyo texto acompañante se titula Shen Kuo, y se presenta una breve descripción de las observaciones del astrónomo chino: “Shen Kuo vio las sombras que la Tierra hace en la Luna, y descubrió que tanto el Sol como la Luna son redondos”.

Es importante notar que aunque el texto propone una guía de lectura con una línea gris que representa el “camino del conocimiento”, tiene desviaciones y “anuncios” donde se refiere a otras páginas, donde se puede encontrar información relacionada con el personaje o temas derivados que podrían ser de interés particular. En la parte inferior derecha de la figura 68 podemos ver un anuncio con un encuadre con forma de rombo, donde se refiere a otras páginas con las frases “Únete a la dinomanía en la página 16”, “Siente la fuerza de las leyes de gravedad y movimiento de Newton, las cuales predijeron los movimientos de los planetas, en la página 25”, “Considera la posibilidad de vida en otros planetas en la página 35”. Estas referencias a otros temas derivados o relacionados permiten al lector la flexibilidad de explorar el libro en sus propios términos, de acuerdo a su propia curiosidad, concepto que ya ha sido configurado en la lectura como un elemento esencial para el conocimiento científico, y un aspecto importante que el discurso de la divulgación científica debe atender y alentar.

En la figura 69 podemos ver una de las aperturas que, siguiendo el tema visual general de una carretera representado por una línea gris que conecta distintos elementos a lo largo del libro, tiene "sitios de interés" al que llegar, en este caso, una feria. La apertura presenta el tema "La edad de la Tierra" y muestra distintos textos en

integración intermodal [expandida: subsumida], compartiendo un mismo fondo donde se ponen de relieve distintos “puestos de feria” donde cada expositor/científico muestra su método para medir la edad de la Tierra. El libro continúa utilizando palabras que denotan la rebeldía, como su título: “Entonces vamos, vamos todos: es hora de escuchar algunas justas, desenfrenadas, rebeldes y ridículas ideas”, siguiendo con un campo de acción que marca registros de presentación y exposición (*expounding*) y recreación, utilizando esta clase de valoraciones para dar sentido a la idea de científico como curioso, en desacuerdo y que busca ideas innovadoras para extender el entendimiento de las ciencias., a su vez reforzando estereotipos como el “científico loco”.



Figura 69. De *Ciencia rebelde*, de Dan Green (2015).

En esta apertura, los textos ponen en diálogo los avances de cada científico formulando respuestas al problema de la edad del planeta, cada uno empleando su propio método de análisis, desde el uso de escrituras bíblicas hasta la datación radiométrica. Es importante mencionar que los textos no se concentran en la explicación disciplinar de los métodos utilizados, sino en armar una especie de anecdotario que revela las bases teóricas y conductuales de los científicos que propusieron hipótesis sobre la edad del planeta en orden temporal (izquierda a derecha). En el texto debajo del hexágono de introducción se lee:

Rompiendo con la Biblia, un conde francés radical llamado Comte de Buffon probó la física. Decidió que la Tierra se había enfriado siendo una bola roja caliente, así que en 1778 basó su cálculo en índices de enfriamiento de hierro. Esto colocó al planeta en 75000 años. ¿cerebrito o bufón? ¡Tú decides!

Donde podemos observar el registro de recreación que narra la historia de un conde que desafía el conocimiento bíblico para proponer su propio método de medición de la edad

del planeta. Este registro se construye con estructuras que permiten una “recreación de nuestra experiencia del mundo imaginativamente, esto es, creando mundos imaginarios con una relación fuerte o tenue con el mundo de nuestra vida diaria” (Matthiessen, 2015:8), hilando una serie de eventos que involucran al conde desafiando el conocimiento aceptado y proponiendo su hipótesis (que resultó después en una retracción de la misma).

En los textos siguientes podemos encontrar una estructura similar, un científico desafía el conocimiento del científico previo para proponer su hipótesis sobre el tema:

“¡Tonterías! ¡Suciedad! ¡Disparates!” En 1862, Lord Kelvin decidió poner fin a las locuras y pensamientos confusos vendidos por Chuck Lyell. Regresando a la física sólida y sensata, él estimó que cerca de 98 millones de años fueron probablemente necesarios para que el planeta se enfriara de su cálido y viscoso comienzo.

Nuevamente utilizando un registro de recreación para introducir al nuevo científico seguido de un registro de presentación y exposición (*expounding*) que explica su método de medición.

La construcción del conocimiento especializado en este libro se da bajo dos aspectos, primero, el título “ciencia rebelde” da paso a los distintos puntos de la historia de la ciencia en que una aproximación innovadora y desafiante permitió grandes descubrimientos. Los científicos se configuran como personajes que llevaron la curiosidad e investigación científica hasta el límite de lo conocido para dar paso a nuevas perspectivas, descubrimientos, teorías y tecnologías, a su vez permitiendo expandir el alcance del estudio de las ciencias. En segundo lugar, lo narrado de cada científico representa elementos de historia de la ciencia, y también representan conceptos, procesos y teorías que, en algunos casos, aún son vigentes; por tanto, se construye tanto el conocimiento de la historia de la ciencia por medio de la construcción biográfica de los científicos importantes, como un acervo de conocimiento disciplinar para entender cada una de las disciplinas que cada científico practicaba y los temas científicos que el libro presenta.

En la figura 70 podemos ver bajo el nombre de Lynn Margulis, un texto donde se configura a la Dra. Margulis como agente de procesos como “arriesgó”, “se aferró”, “demostró”, mostrando a un científico que va contra el consenso general en la disciplina, generando valoraciones respecto a una posibilidad de pérdida (de

credibilidad, de profesión, o cualquier otro) sobre la que el científico prefiere actuar para llegar al fin último de la ciencia: a partir del desacuerdo, expandir los alcances del conocimiento; misma idea que se configura desde la primera apertura del libro con aquellos términos como curiosidad, desacuerdo y descubrimiento.



Figura 70. De *Ciencia rebelde*, de Dan Green (2015).

La figura 70 muestra también el último apartado de uno de los temas generales del libro, “La historia de la vida misma”, donde se presentan los aportes de grandes biólogos de la historia y también se proponen preguntas sobre los posibles alcances de la biología, por ejemplo, en el segmento de texto bajo el nombre Michael Wigler, en el lado derecho de la apertura, se muestra el descubrimiento del científico americano y sus posibilidades de aplicación: “El hecho de que los humanos aún tengan genes de levadura [...] significa que los científicos pueden usar los hongos para estudiar cómo el cáncer ataca a los humanos”.

Es importante recordar que el libro se construye sobre la base del conocimiento científico y la representación de los científicos como “rebeldes” que lograron expandir el conocimiento en su área, por ello, las referencias a objetos o fenómenos de un contexto cotidiano son más escasas que en los otros casos que hemos analizado; sin embargo, la construcción del conocimiento en este libro sigue la estrategia de narrar la vida y obra de personajes de la historia y, a la par, presentar el contexto de su importancia y práctica en la historia a través de sus trabajos científicos. Con ello, se construye un discurso de la divulgación científica que construye, tanto el conocimiento científico, como historia de la ciencia, y una construcción interpersonal del científico

como un agente lleno de curiosidad y convicción en los métodos científicos, como el caso de la Dra. Margulis en la figura 70.

También en la figura 70 podemos ver en el extremo derecho un recuadro que se muestra al final de cada capítulo, presentando una especie de resumen del tema general, titulado “Descubrimientos clave”, en el que se presentan los puntos más importantes para la disciplina encargada de estudiar la vida, como el tema general sugiere. En este recuadro aparecen proposiciones como “Toda la vida viene de otra vida”, “Cada ser vivo fabrica sus propias células”, “Las células contienen pasajeros tortuosos que vinieron originalmente de una bacteria”, donde encontramos conocimiento disciplinar importante en la biología que también representan información básica de esa disciplina.



Figura 71. De *Ciencia rebelde*, de Dan Green (2015).

En la figura 71 podemos ver otra apertura final de un tema. En este caso se retoma el desarrollo del tema “La historia de la luz”. Encontramos así, explicaciones de experimentos dedicados a encontrar la naturaleza de la luz, en el texto inferior del extremo izquierdo podemos leer: “Su experimento de la ‘doble rendija’ en 1800 produjo patrones de ‘interferencia’ similares a las ondas del agua. Esto indicó que la luz viaja en ondas y no como un simple rayo de partículas”, donde encontramos un registro de presentación y exposición (*expounding*) para introducir conceptos como “interferencia” y su implicación en la percepción de la luz como ondas y no como partículas. Mientras que en el extremo opuesto, en la parte superior, el texto presenta a un científico que desarrolló la tecnología láser, definiendo al personaje como “El hombre con el nombre más fuerte en ciencia desarrolló láseres futuristas”, que es una traducción un tanto fuera

de contexto, ya que el personaje de nombre Charles Hard Townes, comparte su apellido con el superlativo en “The man with the *hardest* name” de la versión en inglés del libro (sin embargo, se debe admitir que esto es una suposición ya que no se ha podido tener acceso a la versión en inglés para comparar el segmento de texto). En seguida se lee “los láseres obtienen todos los paquetes de ondas de la luz para marchar en sintonía, produciendo intensos rayos de una frecuencia simple (color)” que es un registro de presentación y exposición, en tanto que liga una definición a partir de un proceso relacional para formular el concepto “láseres”; sin embargo, nuevamente encontramos una construcción que resulta un tanto extraña en español, lo que suponemos es a causa de una traducción muy literal, dado que el uso de “obtienen” resulta inadecuado para dar a entender el funcionamiento de un láser, que no “obtiene” paquetes de luz de ningún lado, sino que los emite.

Vemos nuevamente la guía de lectura representada por la carretera que conecta cada segmento de texto o imagen. Una vez más encontramos un “callejón sin salida” en la parte izquierda del centro de la apertura. La figura, que recuerda un señalamiento de tránsito, está acompañada por un texto donde se expone una de las teorías del comportamiento de la luz que tomaba en cuenta al “éter” como el medio por el cual se propagaba la luz. Con este fragmento nuevamente encontramos una referencia a la historia de la ciencia y del conocimiento de la humanidad, mostrando una hipótesis que en algún momento fue aceptada e investigada, y que resultó en nuevas búsquedas de la verdad sobre el fenómeno de la luz.

En la misma figura 71, podemos encontrar nuevamente un recuadro final que resume los puntos más importantes sobre el estudio de la luz presentado en el tema “La historia de la luz”. El recuadro muestra algunos procesos relacionales como en “La luz es radiación electromagnética” o “la velocidad de la luz [...] es de 299 791.82 km por segundo”; y algunos procesos conductuales como “la luz actúa de dos formas: como una onda y una partícula” o “La luz viaja en línea recta”. Estos últimos son interesantes en tanto que agencializan a la entidad luz, dando lugar a un elemento agencial que puede ser recuperado para construir conocimiento consecuente a partir del mismo. A su vez, en

este último recuadro se añaden características de la entidad “luz” tales como su velocidad y comportamiento.



Figura 72. De *Ciencia rebelde*, de Dan Green (2015).

Por último, tenemos un ejemplo de apertura que abre la exploración de la rama de la anatomía. En esta ocasión, el evento narrado visualmente y por algunos fragmentos de los textos presentes se da en el contexto de un enfrentamiento “Cara a cara”, como sugiere el encabezado del recuadro en el extremo superior izquierdo. En la apertura, podemos ver a dos personajes que se observan a distancia con banderolas, del lado izquierdo, una imagen de Galeano de Pérgamo está acompañada con un texto homónimo donde el personaje es citado presentándose como “¡Soy el más grande de todos los tiempos! Soy el médico personal del emperador Marco Aurelio y he curado las repugnantes heridas sufridas por los gladiadores” mostrando nuevamente un diálogo que sirve para el fin narrativo del libro, en voz del médico romano se construye el contexto del enfrentamiento con otro médico belga, rompiendo con una barrera temporal de aproximadamente 1700 años. La presentación del personaje continúa:

“Nadie cuestiona mi conocimiento del cuerpo humano (por lo menos, nadie lo ha hecho en más de mil años). ¿Qué hay de malo en abrir cuerpos de monos, vacas y cerdos para entender cómo funciona el cuerpo humano? ¡Esto mantiene a mis gladiadores en pie de lucha!

Donde encontramos tres estructuras: primero un posicionamiento de sus aportes a la anatomía y medicina, “nadie cuestiona mi conocimiento” seguido por una contextualización en la forma circunstancial “por lo menos, nadie lo ha hecho en más de mil años”; en segundo lugar, el cuestionamiento que el personaje se hace funciona dentro del texto para exponer su metodología, construyendo así el contexto general del

libro, presentar a los personajes, sus métodos “rebeldes” y sus aportes a las ciencias; finalmente, el personaje justifica sus métodos argumentando que procura el bienestar de sus gladiadores al mantenerlos “en pie de lucha”. Este texto muestra así una estructura propia de un enfrentamiento argumentativo, donde los participantes exponen sus puntos de vista, argumentan a favor de sus métodos y, en este caso, dan pruebas de sus resultados.

Por otro lado, su oponente es Andres Vesalio, quién a su vez argumenta su respuesta y muestra las fallas de su contrincante:

Es verdad: dicen que Galeno es el amo, pero yo digo que es un médico confuso. Galeno ha mezclado sus bestias con sus cuerpos humanos y yo estoy aquí para ponerlo en su verdadera dimensión. A diferencia de él, yo he abierto una gran cantidad de humanos, así que estoy por encima del resto. Solo para reafirmar mi argumento, he hecho una lista con 200 de los errores más grandes de Galeno. Y ahora tengo un ejercito de académicos a mi lado.

donde es importante notar que el registro es el de exploración, donde los participantes “exploran los valores y posiciones comunales, prototípicamente en público, ya sea revisando una mercancía (bienes y servicios) o al argumentar sobre posiciones e ideas” (Matthiessen, 2015:9). El médico expone su propia metodología argumentando que es más adecuada que la del médico romano, y continua debatiendo que ha considerado los errores del médico y confirma su posición con el respaldo de “un ejercito de académicos”.

Nuevamente podemos observar que las estructuras de registro de exploración en estos dos textos dan lugar a tres momentos interesantes para esta investigación: La construcción de un diálogo entre científicos, construyendo un marco contextual sobre el que basar la narración en registros de recreación, exploración y presentación y exposición (*expounding*); la presentación y exposición (*expounding*) de las metodologías de los médicos y aportes al conocimiento; y la muestra de protocolos y prácticas importantes para la producción de conocimiento legitimado por una comunidad, en tanto que se muestran los métodos de investigación (incluyendo observación, experimentación y levantamiento de datos) y una muestra parcial de sus resultados, sobre los cuales se añade, en el caso de Andres Vesalio, el consenso con una comunidad de “expertos” que avalan las investigaciones y publicaciones del primero.

## **6. Resultados**

Una vez hecho el análisis se han encontrado una serie de características que permiten armar un perfil del género de la divulgación científica como ha sido expuesto en los 13 libros del corpus. A partir de las categorías de análisis propuestas al final del apartado 4.3, podemos construir una relación de los elementos presentes en cada libro, considerando sus estructuras lingüísticas, de conocimiento y las características que construyen al lector hacia la literacidad científica respecto a los temas expuestos en los libros.

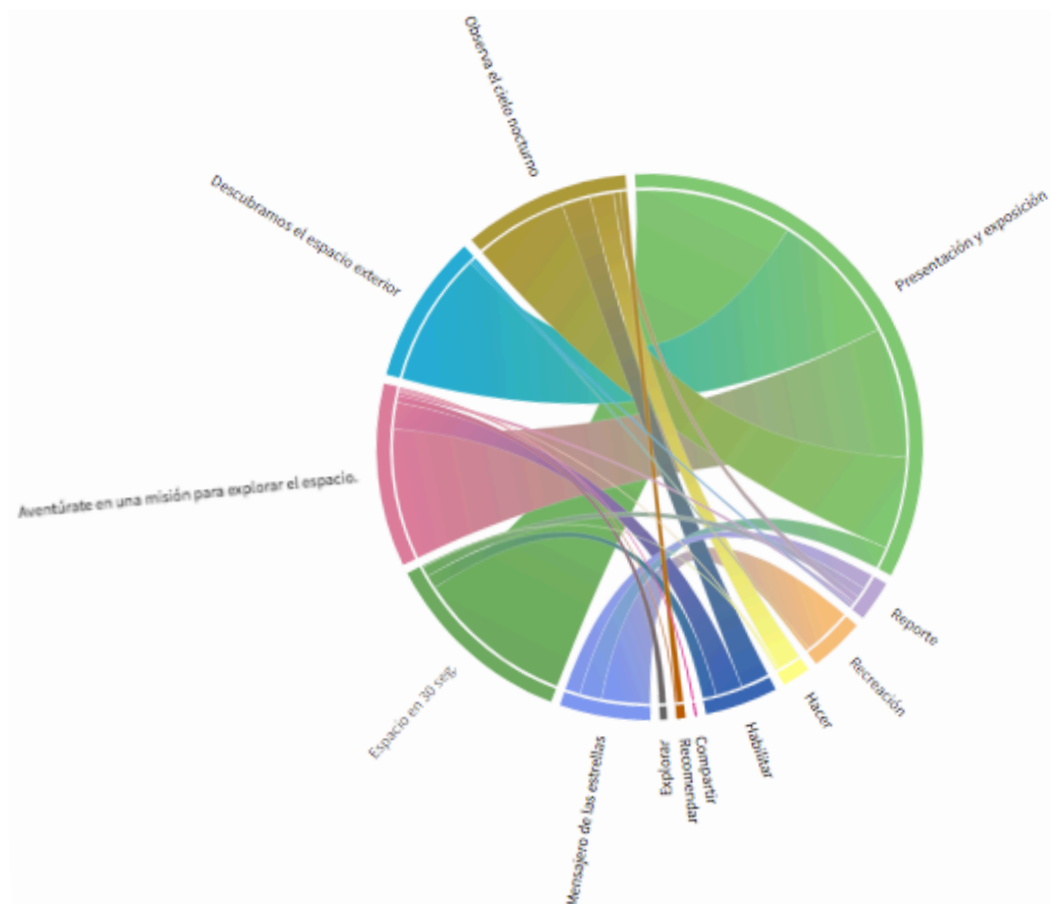
### **6.1 Mapas de registros**

Los mapas presentados tienen la función de ubicar los registros y sus interacciones para visualizar la manera en que estos forman la estructura general de cada libro expuesto. A partir de una visualización de diagrama de cuerdas, es posible ver los distintos registros que forman cada libro, así como la dinámica general de los libros de divulgación de ciencias, como libros dedicados a la construcción de conocimiento especializado.

Hay dos grandes aspectos de los gráficos que se utilizan. En primer lugar, éstos permiten construir una visualización de los tipos de relaciones entre textos y registros, representado por los arcos centrales, cuyo grosor está determinado por el uso de un registro u otro, y las conexiones de sus extremos representan la instanciación de ese registro en un libro u otro, haciendo un muestreo a partir de los elementos presentados en el análisis.

En segundo lugar, y a partir de las conexiones de los extremos de los arcos, podemos ver una relación general de los registros que aparecen entre los distintos libros, dando así un “mapa de registros” en un tema particular, como los temas científicos del corpus. Es decir, a partir del grosor y conexiones en esta gráfica circular, podemos armar una cartografía general de las estructuras lingüísticas que se muestran en un tipo particular de libros, los cuales implican un campo particular, con estructuras textuales e interpersonales particulares y, a su vez, construyendo prácticas, contextos socioculturales y protocolos propios de una disciplina particular.

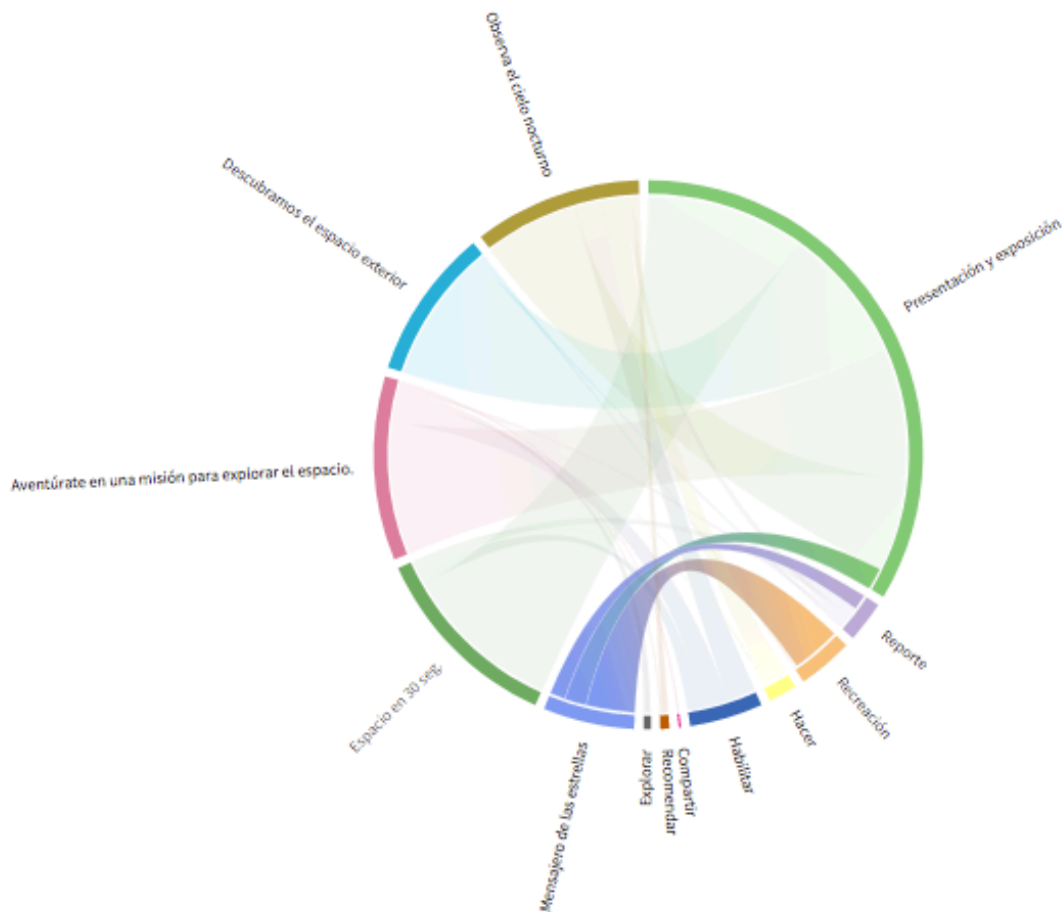
En primer lugar, se muestra una representación de todos los registros encontrados en el análisis por sección, empezando por los libros de astronomía, enseguida se muestran los mapas de cada libro en esa sección.



**Mapa 1.** Mapa general de registros en corpus de astronomía.

En el mapa 1, podemos ver del lado izquierdo del círculo los 5 libros de divulgación de astronomía revisados en la sección anterior. Del lado derecho se encuentran los registros observados en los distintos textos, nótese que la gran mayoría pertenecen al registro de presentación y exposición (*expounding*), lo cuál responde a la función de estos libros de presentar conocimientos a partir de estructuras de explicación, elaboración y categorizaciones que permitan organizar el conocimiento especializado; por otro lado, el segundo registro con mayor incidencia es el de habilitación, lo cuál también implica una respuesta a la hipótesis de una construcción no solo del conocimiento, sino de las prácticas que dan forma a la disciplina de la astronomía,

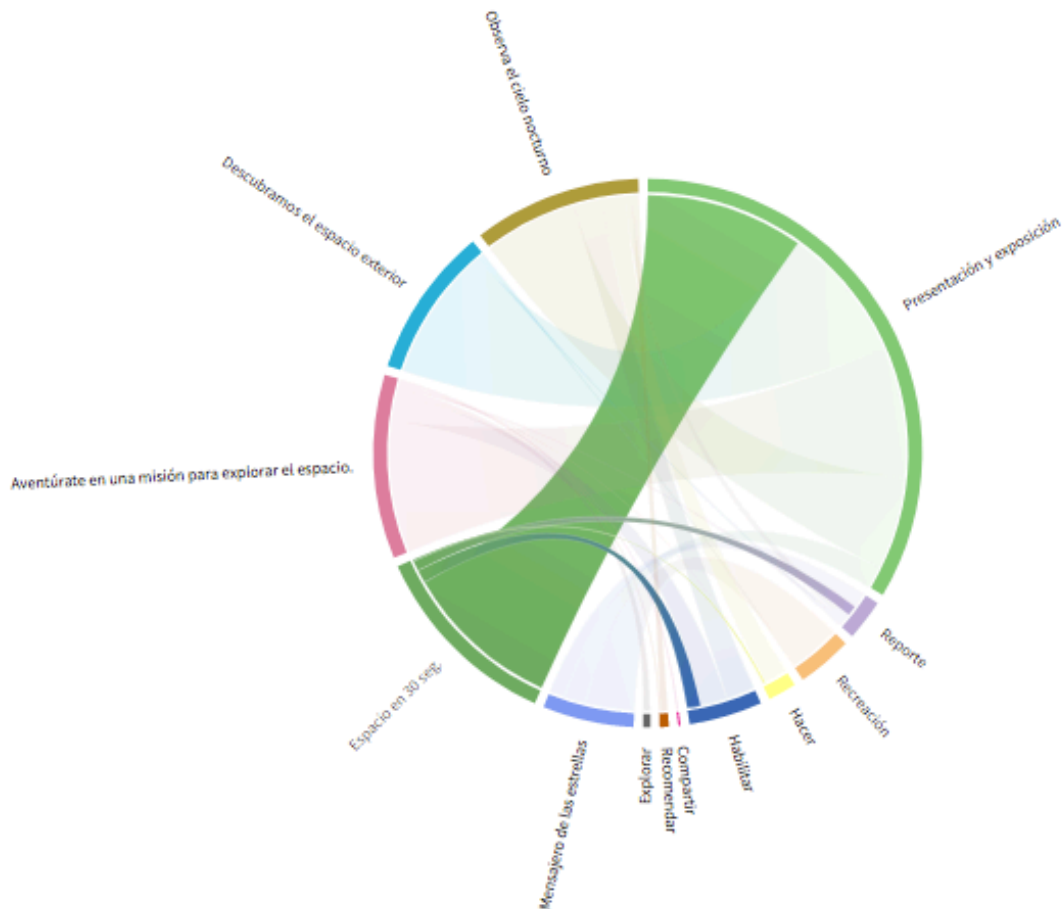
permitiendo al lector reproducir, experimentar y reconstruir fenómenos naturales relacionados a la disciplina.



**Mapa 2.** Se muestran los registros presentes en *Mensajero de las estrellas* de Peter Sís.

En el mapa 2 podemos encontrar los registros presentes en *Mensajero de las estrellas* de Peter Sís. Ya que este libro es una narración de la vida, descubrimientos y avances científicos de Galileo Galilei, es notable el predominio del registro de recreación, por medio del cual se reconstruye la vida del personaje y se presentan sus descubrimientos, inventos y aportes a la ciencia utilizando registros de reporte y presentación y exposición. En el caso de reporte, esto responde a la presentación de elementos que formulan una crónica en los eventos que rodeaban a Galileo, tales como presentaciones de cronografías para contexto histórico o de los descubrimientos y observaciones del personaje; para el registro de presentación y exposición, se da por la explicación y elaboración sobre distintos descubrimientos del científico, así como explicaciones de sus teorías. Nuevamente, se enfatiza que el género del libro *Mensajero*

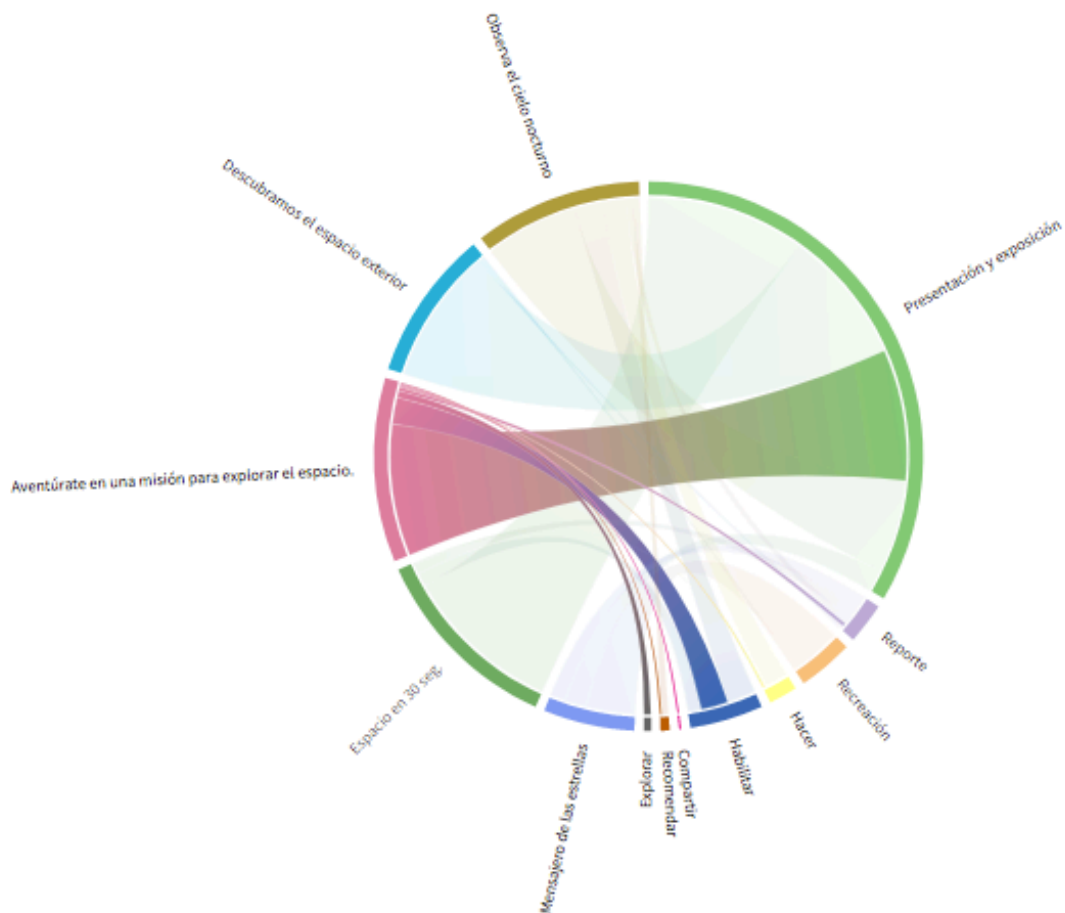
de las estrellas corresponde a uno narrativo biográfico que presenta temas científicos, lo cual corresponde con la disposición registral del mapa 2.



**Mapa 3.** Se muestran los registros presentes en *El Espacio en 30 segundos* de Clive Gifford.

El mapa 3 muestra los registros encontrados en el libro *El espacio en 30 segundos* de Clive Gifford. El registro predominante en este caso es el de presentación y exposición, lo que responde al mayor uso de explicaciones sobre los cuerpos celestes y la exploración espacial. Retomando a Matthiessen, este registro implica (2015: 8) “presentar y exponer nuestra experiencia sobre clases de fenómenos de acuerdo a una teoría general... ya sea categorizando (o documentando) estos fenómenos, o explicándolos”. Por otro lado, encontramos en menor medida los registros de reporte, en el uso de crónicas de la exploración espacial y la presentación de algunas características de cuerpos celestes, como la representación de Venus y sus características en la figura 18. El registro de habilitar, aparece en la medida que el libro presenta "misiones en 3 minutos" para recrear un experimento que acompaña algún tema particular, indicando al

lector el proceso particular para realizar y reproducir un análogo del fenómeno natural presentado. Nuevamente, dado que el libro presenta una estructura genérica más similar a la de un libro de referencia, es posible observar una mayoría de registros de presentación y exposición, donde se explican y construyen categorizaciones sobre el fenómeno que se describe. Por otro lado, dado que se trata de un libro que busca divulgar las prácticas de la ciencias, se presentan también registros de habilitación por medio del cual se habilita al lector a realizar prácticas de las ciencias.



**Mapa 4.** Se muestran los registros presentes en *Aventúrate en una misión para explorar el espacio* de Tom Jackson.

En el mapa 4 podemos encontrar un libro que presenta mayor variación en los registros que utiliza; sin embargo, sosteniendo la idea de un libro cuyo objetivo es construir conocimiento sobre un tema científico, sigue siendo predominante el registro de presentación y exposición (*expounding*), que explica conceptos y fenómenos propios de la exploración espacial. Aún así, podemos encontrar algunas instancias en las que se

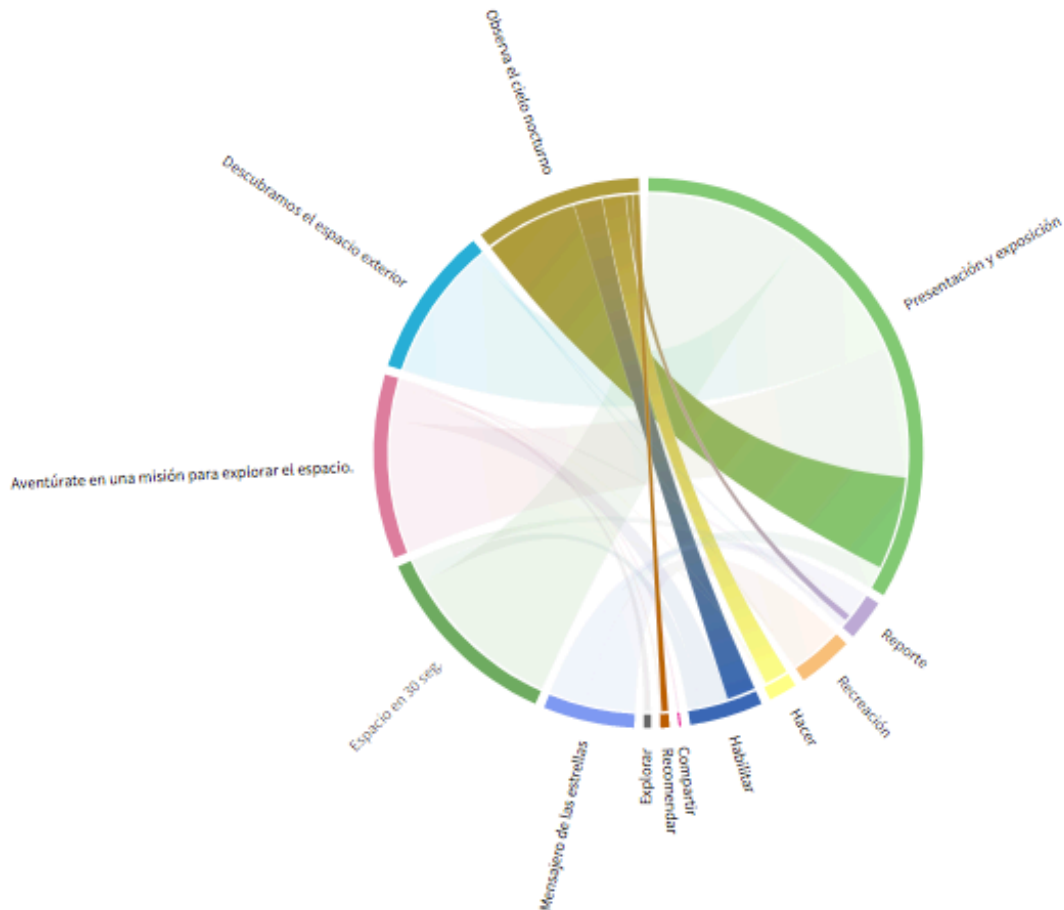
construye una secuencia de eventos, como en el registro de reporte, por ejemplo, ubicando temporalmente misiones espaciales; y también algunos ejemplos de registros como compartir (valores y experiencia), como el caso de valoraciones respecto a la observación de algunos cuerpos celestes, y algunos de casos de recomendación y de exploración, donde se presentan consejos para observar el cielo y revisiones de la información presentada en una especie de autoevaluación para el lector. En el mismo sentido, el segundo registro con mayor incidencia vuelve a ser el de habilitación, por medio de la presentación de experimentos que el lector puede recrear para complementar la información que se presentó.



**Mapa 5.** Se muestran los registros presentes en *Descubramos el espacio exterior* de Andrea Erne.

En el caso de *Descubramos el espacio exterior*, en el mapa 5, podemos encontrar que casi todo corresponde al registro de presentación y exposición, mostrando una predilección por el uso de explicaciones sobre el espacio y los elementos y

conceptos que el libro presenta, como se demostró en el análisis, y recurriendo en mucho menor medida a otros recursos como la recreación y el reporte. Todo esto coincide discursivamente con el título del libro donde “descubramos” implica por sí mismo la presentación de conceptos nuevos, que en este caso, deben explicarse y categorizarse para que el lector pueda organizar esa información.

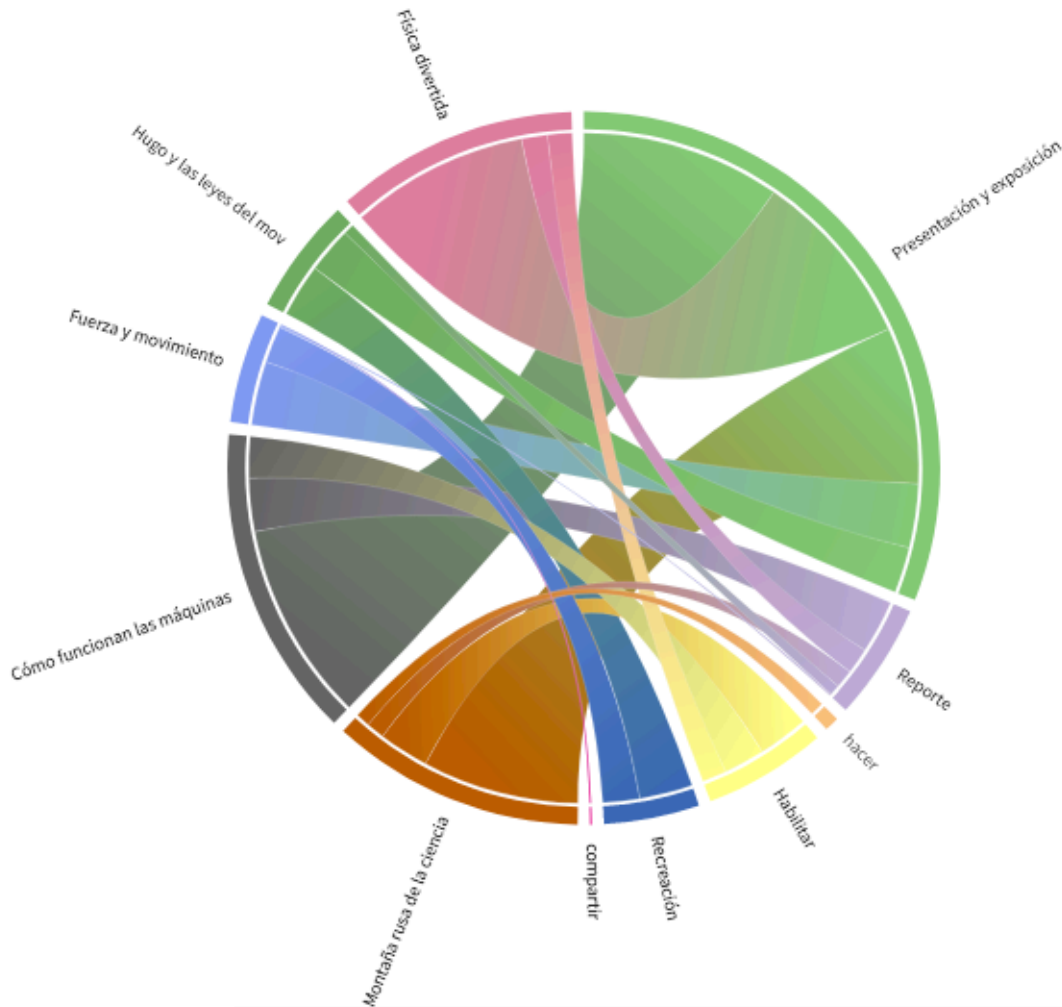


**Mapa 6.** Se muestran los registros presentes en *Observa el cielo nocturno* de Raman Prinja.

Por último en la sección de libros de astronomía, el libro *Observa el cielo nocturno* en el mapa 6, muestra la estructura de un libro más bien dedicado a ser una guía o manual para la observación astronómica. Nuevamente encontramos un mayor uso de presentación y exposición; sin embargo, observamos también un uso más constante de registros de habilitación y del hacer, en la medida en que se presentan instrucciones para documentar algunos aspectos del cielo nocturno, direcciones sobre cómo encontrar estrellas y constelaciones y recomendaciones para observar más adecuadamente algunos

cuerpos celestes y para mejorar la técnica de observación por distintos medios, como el telescopio o los binoculares.

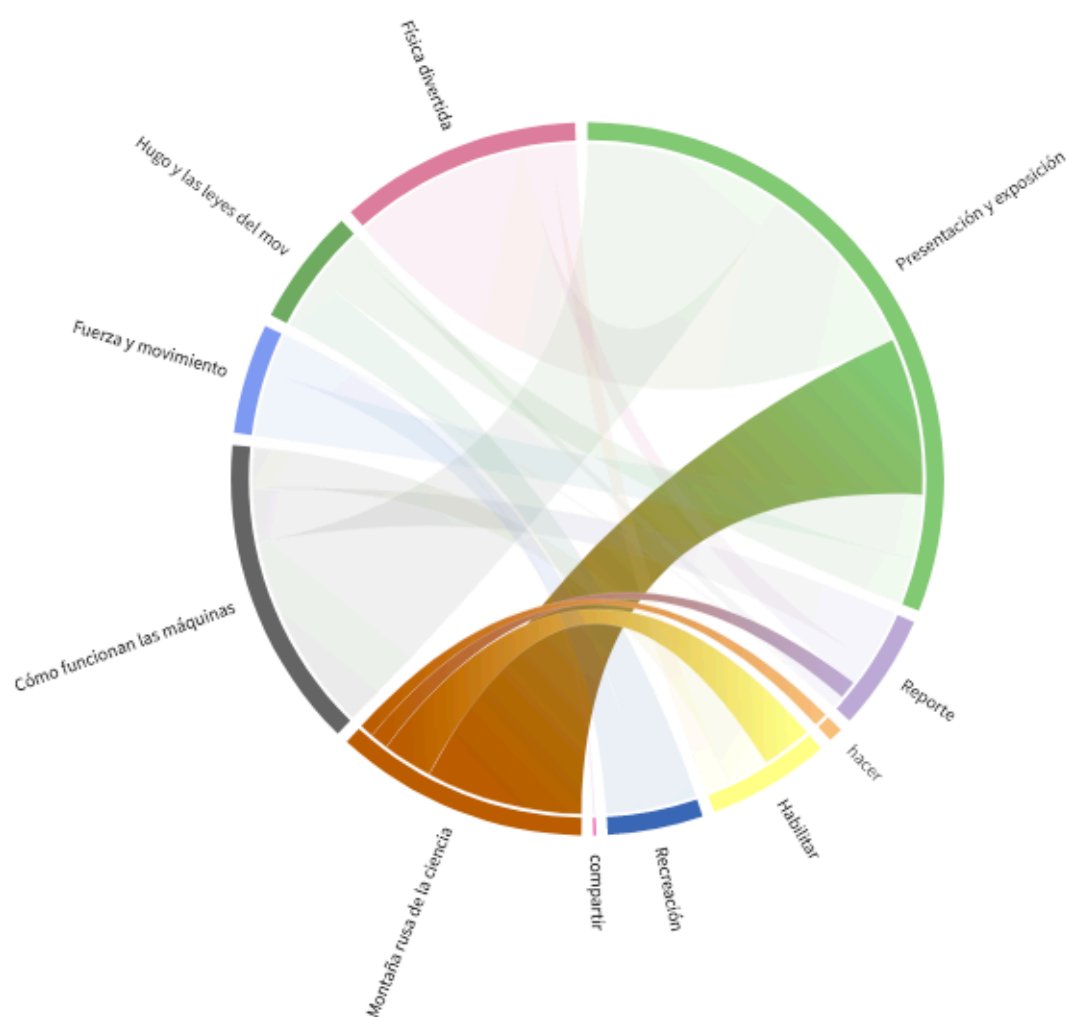
Para comenzar con la sección de libros de física se presenta en el mapa 7, la relación general de registros de los 5 libros analizados.



**Mapa 7.** Mapa general de registros en corpus de física.

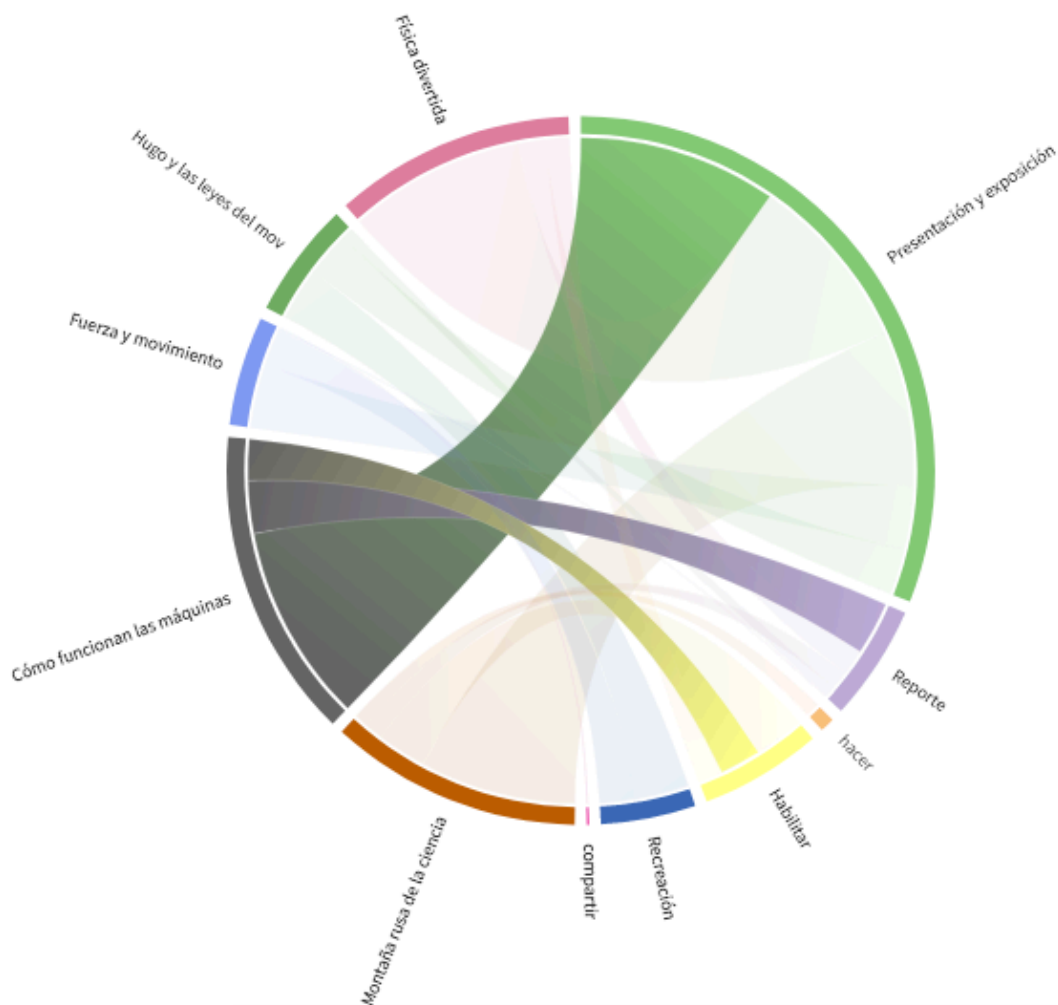
Podemos ver al igual que en el mapa 1, que predomina el registro de presentación y exposición, seguido por los de habilitación y recreación. Nuevamente, tomando en cuenta que el discurso general es aquel que busca construir conocimiento del tipo especializado de las ciencias, en este caso de la mecánica y dinámica, podemos encontrar una gran cantidad de registros que buscan explicar o categorizar los fenómenos del movimiento, así como grandes instancias en las que el texto habilita al lector para la reproducción de estos fenómenos por medio de actividades experimentales

y contextualizadoras, es decir, actividades dedicadas a ejemplificar el fenómeno en cuestión por medio de alguna referencia a un evento de la vida diaria o un modelo del fenómeno presentado por un libro en particular. Tomando en cuenta la estructura de género de dos de los libros en esta sección, también es esperada la cantidad de registros de recreación que se encontraron, respondiendo a una estructura narrativa dentro de la cual se construyen conceptos de la física y sus explicaciones. Por otro lado, encontramos registros como el de reporte, el cual “reporta la experiencia de un fenómeno particular, ya sea desplegando cronológicamente un flujo particular de eventos [...], revisando lugares particulares [...], o haciendo inventarios de entidades particulares” (Matthiessen, 2015:8), que responde a la muestra de revisiones de distintos fenómenos no desde un marco explicativo, sino uno descriptivo de sus elementos, o por el despliegue cronológico de eventos en la vida y obra de algún personaje particular.



**Mapa 8.** Se muestran los registros presentes en *Montaña rusa de la ciencia* de Chris Oxlade.

El mapa 8 muestra los registros encontrados en el libro *Montaña rusa de la ciencia* de Chris Oxlade. Tomando en cuenta que este es un libro que contiene un modelo armable de una montaña rusa, podemos ver la prevalencia de registros que explican los fenómenos del movimiento observables en el modelo con presentación y exposición. Por otra parte, los registros de habilitación permiten dar cuenta de las actividades y experimentos a las que el lector tiene acceso por la lectura y la construcción del modelo de montaña rusa incluido en el libro, así como el reporte de algunas características particulares de estos fenómenos y, en menor medida, el registro del hacer que dirige la conducta del lector hacia una observación o reflexión sobre los fenómenos expuestos, nuevamente, tomando en cuenta que la observación se refiere en gran medida a los fenómenos que suceden en el modelo armable.



**Mapa 9.** Se muestran los registros presentes en *Cómo funcionan las máquinas* de Nick Arnold.

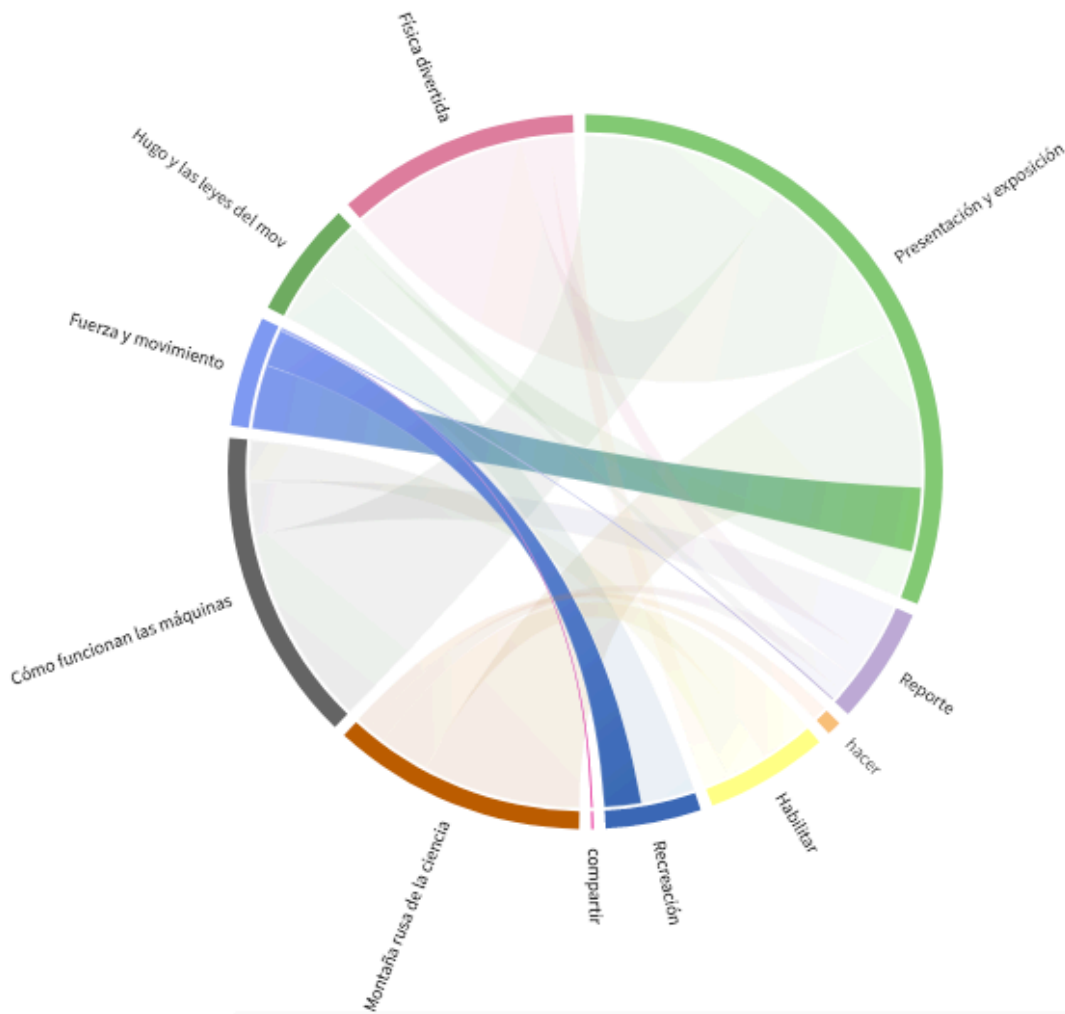
En el mapa 9 podemos ver otro libro que contiene modelos armables de los fenómenos que presenta. En *Cómo funcionan las máquinas* encontramos la prevalencia de registros de presentación y exposición, seguido de registros de habilitación y reporte. Esto responde a la naturaleza genérica del libro, donde el conocimiento disciplinar relacionado al movimiento se expone en función de dos cosas, por un lado su reproducción en un modelo de las máquinas simples y sus funciones y características, por tanto un registro de habilitación; por otro lado, el libro presenta una cronografía de los usos que ha tenido una máquina simple determinada a lo largo de la historia de la humanidad, representando un registro de reporte para configurar un contexto histórico de los elementos presentados.

Es importante notar que estos dos registros siguen funcionando en conjunto con los de presentación y exposición, que finalmente es lo que da forma a la construcción genérica de estos libros, no se trata de uno o de otro registro particularmente, sino las relaciones que todos ellos formulan al ser instanciados en un mismo texto.

Con esta idea presente, el libro de *fuerza y movimiento* representa una figura genérica distinta de los libros anteriores. Dado que este libro presenta un formato de cómic, la construcción de lo narrado en función de lo visual es más fuerte, configurando un texto con características muy particulares que es utilizado como medio para presentar conocimiento disciplinar de las ramas de la mecánica y dinámica.

Así, podemos ver en el mapa 10, que el libro *fuerza y movimiento* presenta mayormente registros de presentación y exposición y de recreación. De esta manera, el libro muestra explicaciones y categorizaciones sobre el conocimiento de las fuerzas y sus interacciones con los objetos para producir movimientos de distintos tipos, así como formular definiciones sobre fuerzas presentes en la naturaleza tales como la gravedad o la inercia. A su vez, la recreación permite que el libro pueda construir una serie de imágenes que narran una secuencia de eventos particular, lo cual es utilizado como medio para definir los conceptos disciplinares necesarios. Es decir, la recreación funciona como un transporte de registros de presentación y exposición, de manera que estos funcionan casi simultáneamente para construir un discurso de divulgación de la ciencia. Sin embargo, cabe recalcar que en este caso particular, no hemos encontrado

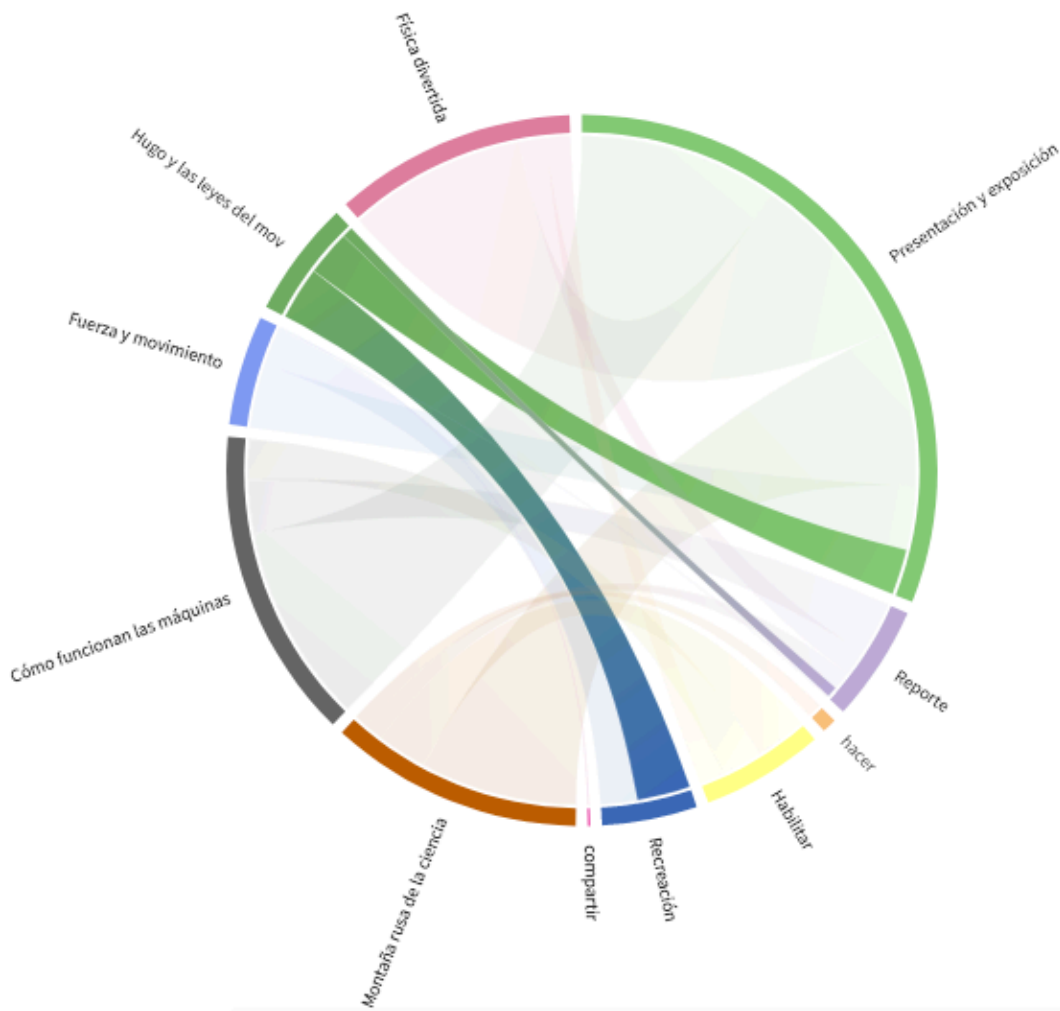
otro recurso común de la divulgación de la ciencia, el uso de registros de habilitación para reproducir experimentos o actividades, lo cual puede responder nuevamente al género particular de este libro.



**Mapa 10.** Se muestran los registros presentes en *Fuerza y movimiento* de Joseph Midthun.

Siguiendo la misma estructura genérica, el libro *Hugo y las leyes del movimiento* de Noboru Takeuchi y Marisol Soto, también muestra una estructura general narrativa, donde prevalece el registro de recreación para formular el hilo narrativo del libro, que en este caso, consiste de la aventura de un niño que busca rescatar a su perro de un científico malvado (y algo torpe) utilizando las leyes del movimiento y su relación con las órbitas de algunos cuerpos celestes. De la misma forma que el libro *Fuerza y movimiento*, el libro del mapa 11 da lugar al registro de presentación y exposición como complemento del registro de recreación, formulando así un cuento que también sirve de

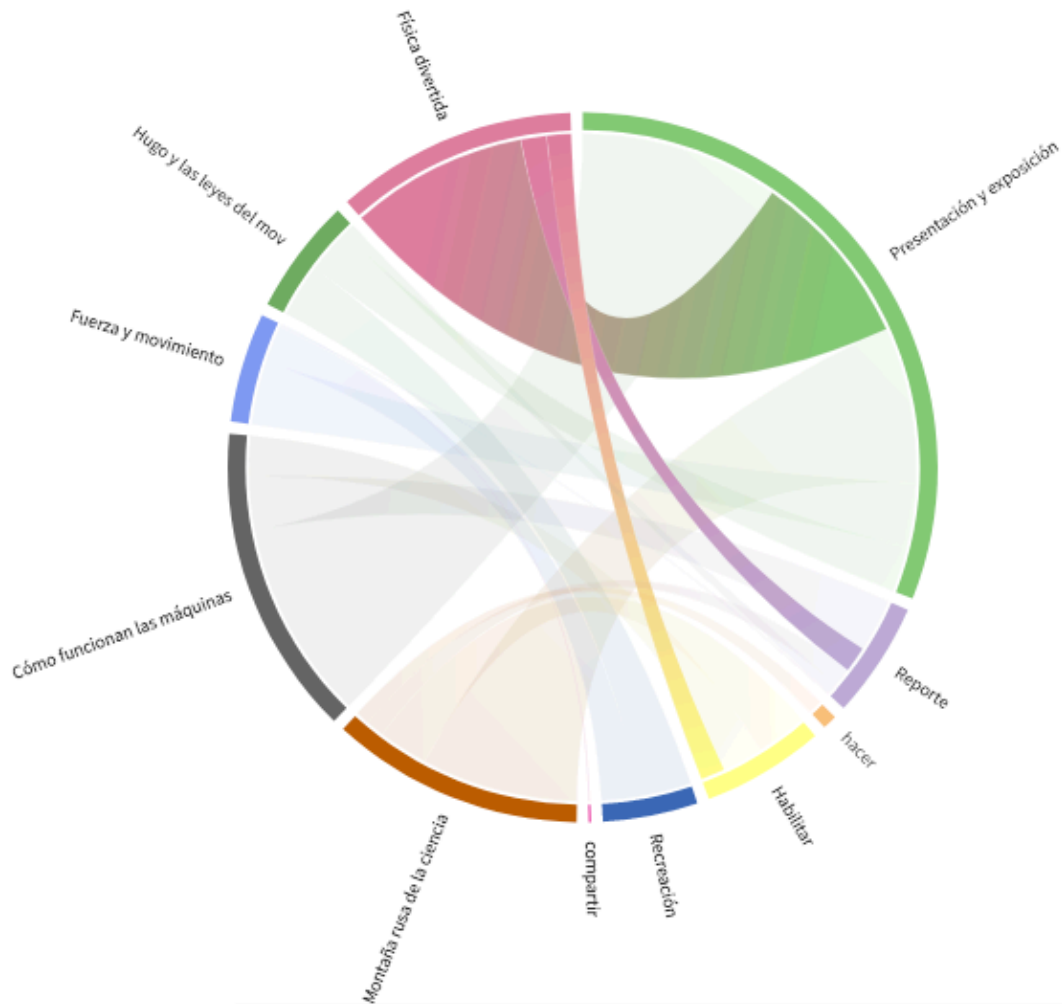
vehículo para mostrar el conocimiento disciplinar y sus interacciones y conceptos importantes concernientes a los problemas que Hugo, el protagonista, tiene a lo largo de su aventura.



**Mapa 11.** Se muestran los registros presentes en *Hugo y las leyes del movimiento* de Noboru Takeuchi y Marisol Soto

Vemos también unas cuantas instanciaciones de registros de reporte. El libro *Hugo y las leyes del movimiento* cuenta la historia de Hugo que se encuentra con un cristal del conocimiento que contiene proyecciones virtuales de los grandes científicos del pasado, a los cuales Hugo acude para resolver su problema. De esta forma, al presentar a los científicos se muestra un pequeño atisbo a sus biografías, de modo que ellos cuentan un poco de sus contextos históricos, o anécdotas que se han formulado en torno a ellos y respecto al descubrimiento de algún conocimiento de las ciencias, como

lo es la historia de la manzana de Newton que le llevó a proponer la constante de gravedad y ley de gravitación universal.

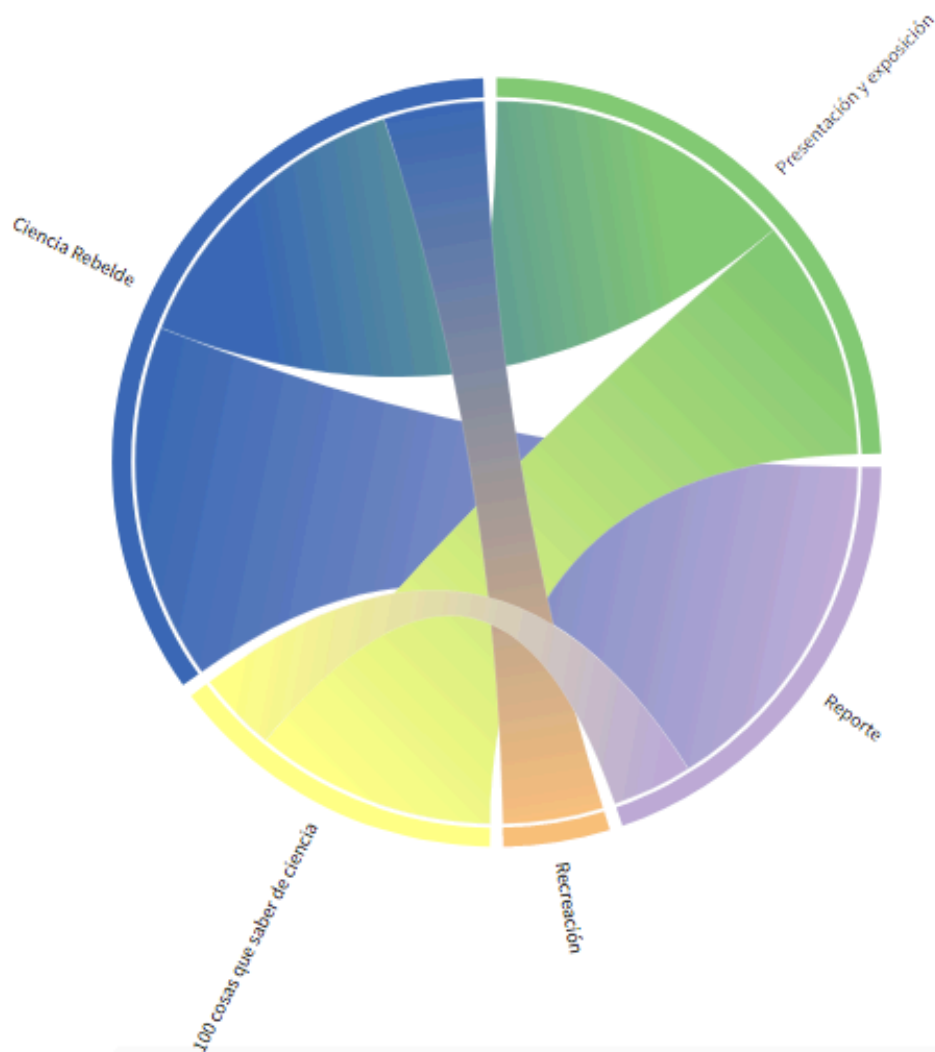


**Mapa 12.** Se muestran los registros presentes en *Física divertida* de Tom Adams.

Por último, en esta sección de libros de dinámica y mecánica, el mapa 12 muestra la relación de registros en *Física divertida* de Tom Adams. A diferencia del resto de los libros presentados, este se trata de un formato en pop-up, que presenta una estructura general similar al de un libro de referencia, donde el lector puede encontrar una serie de conceptos asociados a un fenómeno particular estudiado por la física, en este caso, el movimiento y las fuerzas. Notamos nuevamente una prevalencia de registros de presentación y exposición, donde se desarrollan explicaciones, definiciones y categorizaciones de conceptos para relacionarlos con ilustraciones del fenómeno en contextos diarios que podrían ser reconocidos por el lector. Por otro lado, este libro

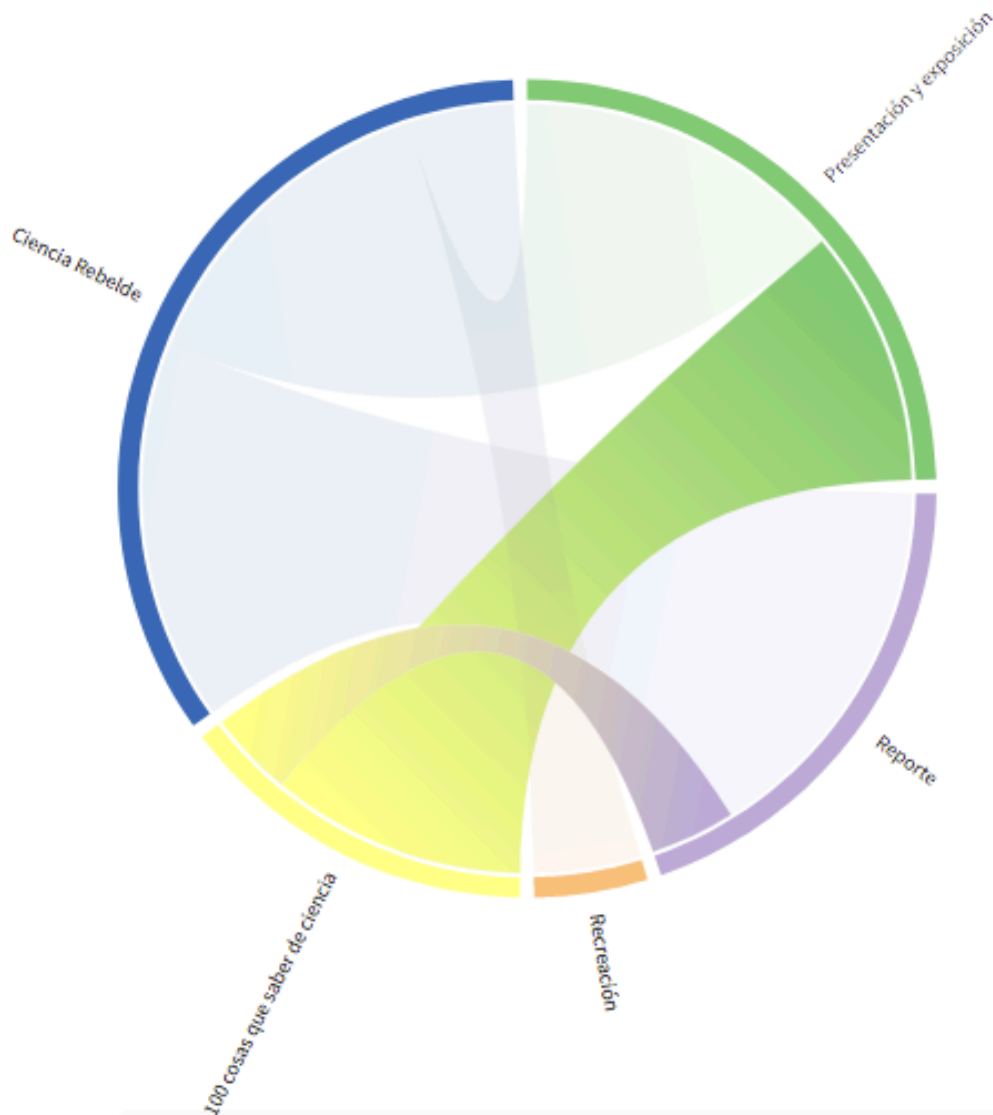
vuelve a presentar textos que permiten al lector reproducir experimentos determinados, por lo que también encontramos registros de habilitación, donde se presentan instrucciones al lector para realizar los experimentos y observar el fenómeno comentado. Finalmente, también se encuentra un relación de registros de reporte, nuevamente en función de la revisión de algunos procesos o características de un fenómeno particular, no tanto como una explicación de esos procesos o características, sino como comentarios que complementan el conocimiento del fenómeno en cuestión.

Así, pasamos a la última sección que consta de dos libros de temas científicos variados, cada uno con formatos textuales particulares. El mapa 13 muestra la relación de estos dos libros y los registros que presentan.



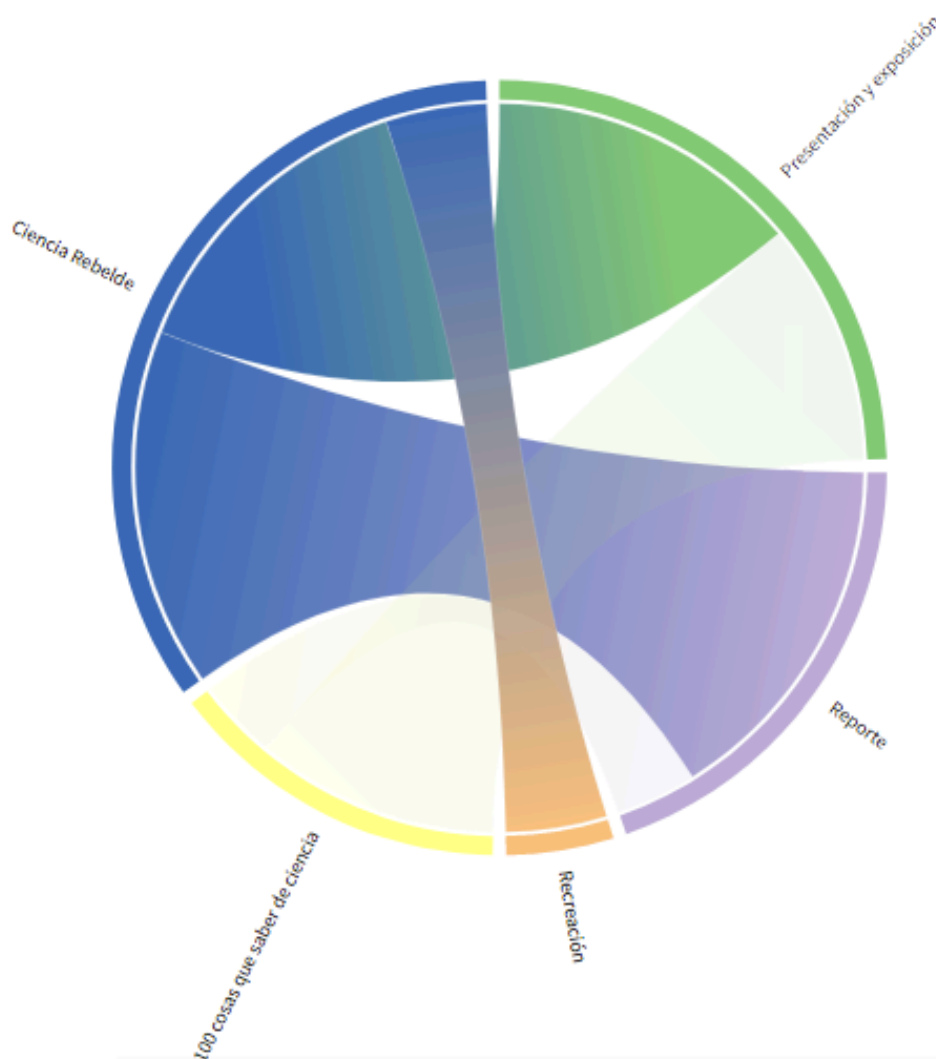
**Mapa 13.** Mapa general de registros en corpus de libros de temas variados de ciencias.

Para el caso de estos libros que tocan temas variados de ciencias, es importante considerar la configuración genérica de cada uno. En primer lugar, el libro *100 cosas que saber sobre ciencia* presenta la forma general de un libro de referencia, donde el lector puede buscar el tema que prefiera sin tener que hacer una lectura de todo el libro, es decir, puede seleccionar un fragmento del libro que le resulte interesante en un momento dado. Por otro lado, el libro *Ciencia rebelde* trata de presentar a distintos personajes de la historia de la ciencia y la historia moderna de la ciencia configurando a su vez una idea general y valorativa sobre la naturaleza de los ejercicios científicos, tanto en términos de la producción de conocimiento científico, como la función de prácticas sociales de la ciencia para la producción del mismo.



**Mapa 14.** Se muestran los registros presentes en *100 cosas que saber sobre ciencia* de Alex Firth.

Considerando lo anterior, podemos observar en el mapa 14 la relación de registros en el libro *100 cosas que saber sobre ciencia*, donde encontramos una mayor instanciación de registros de presentación y exposición, lo cual responde a las explicaciones presentes en el libro sobre distintos tipos de fenómenos naturales, seres vivos y tecnologías humanas estudiadas por alguna rama de las ciencias. De la misma manera, podemos encontrar registro de reporte, donde se hacen crónicas de personajes científicos, como el caso de Marie Curie, presentado en la figura 64.



**Mapa 15.** Se muestran los registros presentes en *Ciencia rebelde* de Dan Green.

Por otro lado, el libro *Ciencia rebelde*, muestra una mayor predilección por el registro de reporte. Habiendo observado que el libro se basa en el recuento de la obra científica de distintos personajes de la ciencia, el registro es esperado en tanto que se da

una relación secuencial de distintos eventos, en ocasiones rompiendo grandes barreras temporales, para mostrar el progreso de una ciencia o el estudio de un fenómeno particular, como el estudio de la edad de la Tierra en la figura 69. Sin embargo, algunas barreras temporales requieren una justificación en el texto que permita que estas sucedan, por lo que también encontramos registros de recreación, de manera que sea posible una formulación como el enfrentamiento cara a cara de la figura 72. Finalmente, ha sido imprescindible en todos estos textos la existencia del registro de presentación y exposición, por medio del cual se construyen definiciones, explicaciones y categorizaciones de los conceptos y fenómenos científicos expuestos, de manera que todo ese conocimiento pueda ser organizado, no solo como conocimiento científico, sino como conocimiento de aquello que también está en torno a lo científico, como la historia de la ciencia y las prácticas sociales que conciernen a las comunidades científicas, es decir, se construye una red integrada de conocimientos sobre las ciencias y sus contextos.

## **6.2 Recontextualización de conocimiento científico.**

En los distintos textos que han sido analizados podemos encontrar una clara reconstrucción de elementos del conocimiento disciplinar, expuestos en términos del contexto inmediato del lector, el contexto histórico científico o saberes relacionados al conocimiento general de los fenómenos naturales y tecnologías. A partir de distintos registros, entre los que destacan recuento, recreación, presentación y exposición, y habilitación, podemos encontrar que no solo se da la construcción de conocimientos e informaciones producto de las ciencias, sino también aspectos de la práctica profesional y social de las ciencias, con las cuales el texto configura una gama de prácticas y saberes, si bien limitados, acerca de la ciencia.

Las estructuras de registro en estos textos permiten una reconfiguración del conocimiento y prácticas disciplinares de las ciencias en nuevos contextos en los que el lector tendrá la posibilidad de organizar y asimilar la información, permitiendo así una construcción paulatina del conocimiento y la experiencia por medio de distintos procesos, aspectos y perspectivas. Estos procesos pueden ser la referencia directa a un conocimiento y/o información, o la presentación y exposición de otros elementos que constituyen una literacidad científica, entendida no como el conocimiento especializado de las ciencias, sino como conocimiento más general y menos preciso, pero útil para relacionar aspectos de la vida diaria o del discurso público relacionados con las ciencias para situarlos en un contexto significativo para el lector.

Los registros observados en los textos analizados muestran un predominio de procesos relacionales, existenciales, materiales y mentales, relacionados con la construcción de elementos del conocimiento disciplinar, relaciones de informaciones y configuración de instrucciones para replicar experimentos o actividades relacionadas al tema en discusión de cada texto. Es importante mencionar que estos elementos son los bloques que dan forma a cierto tipo de registros, analizados y presentados en el capítulo anterior, los cuales responden a una estructura general del libro en cuestión, ya sea de referencia, narrativo o experimental-interactivo, aunque todos informativos, los cuales son todas configuraciones de géneros textuales que presentan el discurso de la divulgación científica.

En cada elemento del conocimiento disciplinar que se presenta, se expone una forma de expandir algunos conocimientos y relacionar informaciones que forman parte del discurso y prácticas científicas, no con afán de construir conocimiento especializado, sino un conocimiento más general respecto a ciertos temas y fenómenos naturales, así como técnicas y tecnologías, y sus relaciones con un contexto, ya sea del lector o uno propuesto por el texto mismo. Los registros permiten analizar la estructura de usos lingüísticos y relaciones semánticas en el texto que permiten identificar distintas prácticas discursivas y de conocimiento. En el caso de una estructura narrativa, podemos encontrar los registros de recuento y recreación que responden a una construcción secuencial de eventos, pero también podemos encontrar recursos de presentación y exposición (*expounding*) que explican elementos del conocimiento disciplinar expuestos dentro del contexto de la narración, configurando informaciones y conocimiento disciplinar dentro de una trama particular.

En el mismo marco, estos registros presentan apoyo de elementos que acompañan al texto visualmente, con distintas funciones. En el caso del libro *Mensajero de las estrellas*, de Peter Sís, podemos ver un complemento que comparte las estructuras narrativas y las expande con relaciones de lo ilustrado y lo textual y, en algunos segmentos de la narración, ilustra los elementos del conocimiento disciplinar que se explican en el texto. En el mismo sentido, en las configuraciones de pathos de compromiso empático, que predomina en todos los textos expuestos, podemos encontrar la configuración de una relación afectiva con el lector, con las posibles funciones de suavizar los elementos formales presentados y generar cercanía del lector con texto, cotexto y contexto.

Por otro lado, podemos observar que los elementos disciplinares expuestos en los libros presentados tienen una clara tendencia a construir ciertas metáforas gramaticales ideacionales que permiten una constante recuperación de paquetes de información. Estos elementos y fenómenos lingüísticos son comunes en las comunidades y disciplinas científicas. Los textos analizados empaquetan informaciones y conocimientos en entidades con distintos niveles de abstracción. A partir de esto, podemos rastrear los puntos en que los textos construyen metáforas gramaticales para

hacer abstracciones de un conocimiento o información previo, que ha sido condensada en un elemento, lo cual representa una densidad semántica mayor, en términos de Karl Maton (2013) y la legitimación de códigos, con lo que podemos observar ondulaciones que siguen distintos patrones de abstracción o desempaquetamiento, en función de los registros presentes, para la configuración de elementos disciplinares, culturales, sobre la perspectiva y prácticas científicas.

A pesar de la densidad semántica que se logra con la metáfora gramatical y algunos registros de habilitación para la réplica de experimentos o actividades, los textos no prescinden de relaciones con contextos específicos o delimitados, y configuran gravedad semántica para presentar la información en un entorno significativo. Es necesario mencionar que observamos distintos tipos de contextos en los libros presentados. En el caso de *100 cosas que decir sobre ciencia* de Alex Firth, y *Ciencia rebelde* de Dan Green, podemos encontrar una gran cantidad de contextos del mundo natural y la historia de la ciencia, pero también encontramos culturales, históricos, sociales e ideológicos.


El caso de *Montaña rusa de la ciencia y Cómo funcionan las máquinas* presentan un caso particular de ondulación semántica, ya que construyen elementos particulares de la dinámica y mecánica, como *movimiento, fricción, energía cinética y potencial, fuerza, resistencia*, etc., en función de los modelos armables incluidos en el libro. Esto da lugar a una relación directa entre la experiencia del lector, el modelo, los fenómenos físicos del movimiento y los conceptos de dinámica y mecánica en el texto. Con esto, podemos derivar el constante paso de mayor densidad semántica y poca gravedad semántica (DS+, DG-), a menor densidad semántica y mayor gravedad semántica (DS-, DG+). Este movimiento de (DS+, GS-) a (DS-, GS+) es el paso entre conceptos físicos para describir el movimiento a la experiencia directa del fenómeno por medio de una actividad o experimento. La relación lógico semántica que se construye a partir del modelo bimodal, que en lo visual utilizan pathos de compromiso empático en términos de Painter, Martin y Unsworth (2012), y ondas consecutivas de abstracción de fenómenos naturales en conceptos estables y delimitados. Todo esto, junto con los registros de presentación y exposición, reporte, recreación y habilitación, nos muestra la

estructura final de libros que buscan construir experiencia, práctica metodológica y conocimiento disciplinar. En este análisis, se revisan los distintos niveles de densidad que adquiere un discurso que busca no una formación científica sino una formación de literacidad científica, que si bien no implica todo del lenguaje abstracto de las ciencias, sí busca un primer acercamiento a dichas abstracciones. En todas las tablas se indican los niveles inversamente proporcionales de densidad semántica y gravedad semántica, pero, dada la naturaleza del discurso analizado, la presente investigación se concentra en describir la densidad semántica de los libros analizados. Por tanto, al hablar de densidad semántica intensa, se implica también una gravedad de intensidad baja, y viceversa, al hablar de densidad de baja intensidad, se implica también algún grado elevado de gravedad semántica.

A partir del análisis de registro, podemos ver una tendencia a la presentación y exposición de conceptos científicos, que a su vez son armados en función de perspectivas particulares de las ciencias. Al considerar estos elementos en términos que sean accesibles al lector, los libros realizan recontextualizaciones que juegan con la dimensión epistémico-semántica de los contextos del lector y del conocimiento científico disponible. Para ello, se propone una tabla de análisis (reformulada de Doran y Maton, en artículo por publicar) para construir una visualización de las ondas semánticas. Esta tabla se construye en función de los registros y elementos de alta densidad semántica. Primero, los registros podrán dar cuenta de las formas lingüísticas que dan lugar a la presentación de un concepto, registros de presentación y exposición (*expounding*) responden a construcciones como explicaciones y desempaquetamientos de lo expuesto, así como construyen definiciones que podrían resultar en un concepto con densidad semántica disciplinar. Por otro lado, registros como el de habilitación o recreación permiten formular una contextualización específica de un concepto presentado, configurando de esta manera gravedad semántica que ancle el concepto o conocimiento.

Con esta tabla podemos organizar una visualización de la variación en densidad epistémico-semántica a lo largo de una línea horizontal que representa la lectura del libro. Es decir, considerando la estructura registral de cada texto se analizan los

elementos con densidad semántica, tales como *conglomerados* como “Primera ley de Newton” el cuál implica una serie de conocimientos previos; o *compactos*, como entidades o procesos con densidad semántica disciplinar, como “movimiento” o procesos como en “Si el universo *sigue expandiéndose* como hasta ahora” (figura 17). Por otro lado, también podemos visualizar distintos tipos de contextualización por el mismo aparato, como el uso de un lenguaje o elemento con densidad *común*, como la referencia a algún elemento de la vida diaria o el uso del lenguaje natural para construcción de secuencias de eventos o actividades agenciadas; o un conocimiento *anclado*, que puede situarse por un registro de habilitación que sitúa al concepto recién aprendido en una serie de instrucciones para que el lector pueda recrear el fenómeno, o un registro de recreación que configure un contexto particular.

Densidad epistémico semántica	Tipo	Subtipo
+  -	Técnico	Conglomerado (2)
		Compacto (1)
	Cotidiano	Común (-1)
		Anclado (-2)

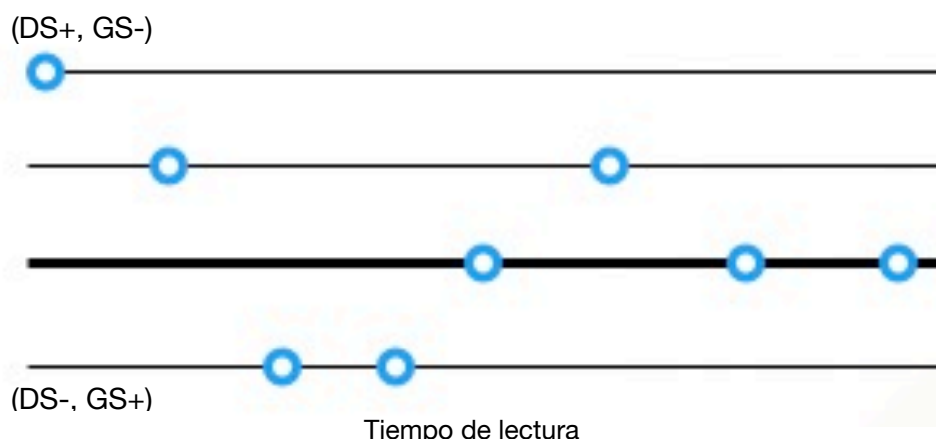
**Tabla 2.** Adaptado de Doran y Maton, 2021.

Con los ejemplos anteriores, y retomando lo dicho por Maton y Doran (en conferencia virtual, 2020), podemos implicar la notación de conglomerado para elementos que requieren un sistema particular de abstracciones previas, que configuren un elemento de mayor densidad semántica en tanto que implica a otros elementos para ser entendido en su totalidad. Por otro lado, una densidad semántica compacta, implica el uso de elementos que conjugan un fenómeno o concepto particular en una unidad particular, algunas metáforas gramaticales como *movimiento*, *aceleración*, *velocidad*, pertenecen a este nivel de densidad. Para las densidades cotidianas, un elemento con

densidad semántica común es aquel que hace uso de un lenguaje natural para ser enunciado, sea en el registro que funcione; mientras que una densidad semántica que implique un elemento anclado se refiere al uso de un contexto particular al que se apunta para configurar una relación referencial, usualmente en los libros analizados, esto corresponde a una ejemplificación que apunte a un elemento de la vida diaria para dar a entender algún concepto disciplinar trabajado durante la lectura o actividades del libro.

Con este método se pueden ubicar los distintos grados de densidad semántica de acuerdo a su calidad de *conglomerado*, *compacto*, *común* o *anclado* y graficarlos, de manera que podemos obtener puntos a lo largo de una línea horizontal que representa el tiempo de lectura de la siguiente forma:

● Puntos de densidad semántica en la figura 8, Mensajero de las estrellas.

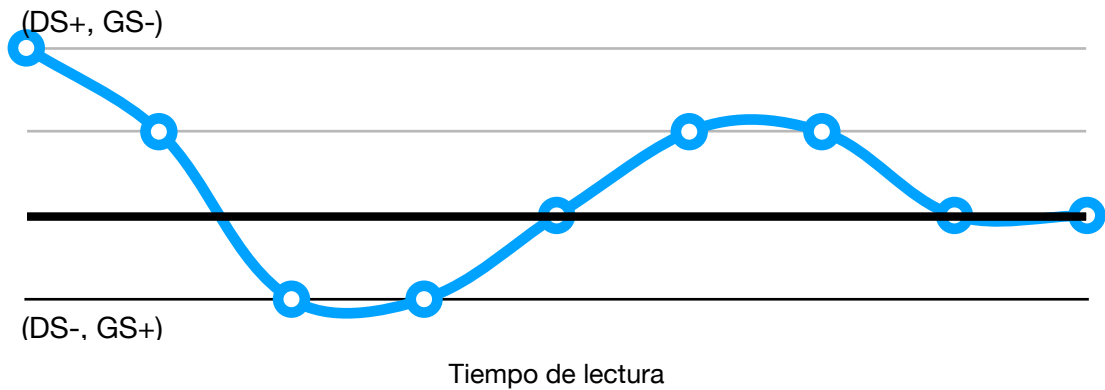


**Gráfica 1.** Representación de puntos de densidad semántica en la figura 8, de *Mensajero de las estrellas*.

Donde la línea negra horizontal representa el punto medio entre las entradas *compacto* y *común*. Así en la gráfica 1 podemos ver cómo la página en la figura 8 tiene un primer elemento con densidad semántica más intensa, donde se introduce el concepto “*El sistema tololámico*” seguido por la frase “*La Tierra no se mueve*” que está representado por el segundo punto en la gráfica 1.

De lo anterior, podemos entonces conectar los puntos para obtener la siguiente gráfica de ondas semánticas:

○ Ondas semánticas, figura 8, Mensajero de las estrellas.



**Gráfica 2.** Ondas semánticas del texto en la figura 8, *Mensajero de las estrellas* de Peter Sís.

De esta manera podemos ver un primer concepto que implica una serie de conocimientos, por lo que su desempaquetamiento se da en el paso de *conglomerado* a *compacto*, en un movimiento descendente. De la misma manera, el punto 4 al 6 representan un movimiento ascendente, que implica una abstracción de un conocimiento disciplinar particular. En el texto, los puntos 4, 5 y 6 se leen: “Durante cientos de años (4), la mayoría de la gente pensaba que la Tierra era el centro del Universo (5) y que el Sol, la Luna y los planetas giraban a su alrededor (6)” donde podemos ver los tres elementos que indican un movimiento ascendente, es decir, en primer lugar el punto 4 muestra un lenguaje que permite al lector contextualizar lo leído temporalmente, seguido de una descripción de la teoría científica reconocida como cierta en ese momento "la mayoría de la gente pensaba que la Tierra era el centro del Universo", misma idea que se introdujo como el primer elemento textual "El sistema tolo méico", indicando un movimiento ascendente al punto entre la densidad semántica común y contextualizada, y la densidad semántica compacta que desempaqueta el conocimiento recién introducido.

Los movimientos ascendentes y descendentes indican también características del registro que se utiliza para presentar o explorar los conceptos, así como para construir elaboraciones que complementan la información y formar relaciones entre los conceptos disciplinares expuestos.

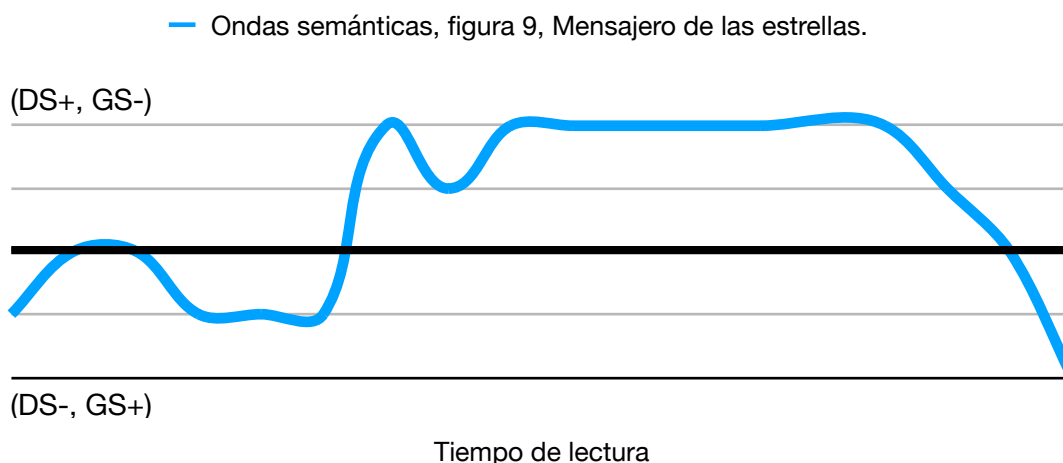
Expuesto lo anterior, se presentan a continuación tres gráficas de densidad semántica de cada libro expuesto en el capítulo de análisis, de manera que sea posible

visualizar la relación entre densidades, gravitación semántica, registros y finalmente proponer un perfil general del género discursivo de la divulgación científica.

En la gráfica 3 podemos observar las ondas semánticas de la figura 9, donde se comienza por narrar la vida laboral de Galileo como profesor de matemáticas en Padua, seguido por la presentación de sus descubrimientos e invenciones en sus años en la Universidad de Padua. En la gráfica podemos ver que se comienza por narrar su vida de estudiante y su transición a profesor, por lo que vemos una primera tendencia a permanecer en una densidad semántica común, para luego dar paso a una mayor densidad semántica que se mantiene estable mientras el texto expone los descubrimientos de Galileo:

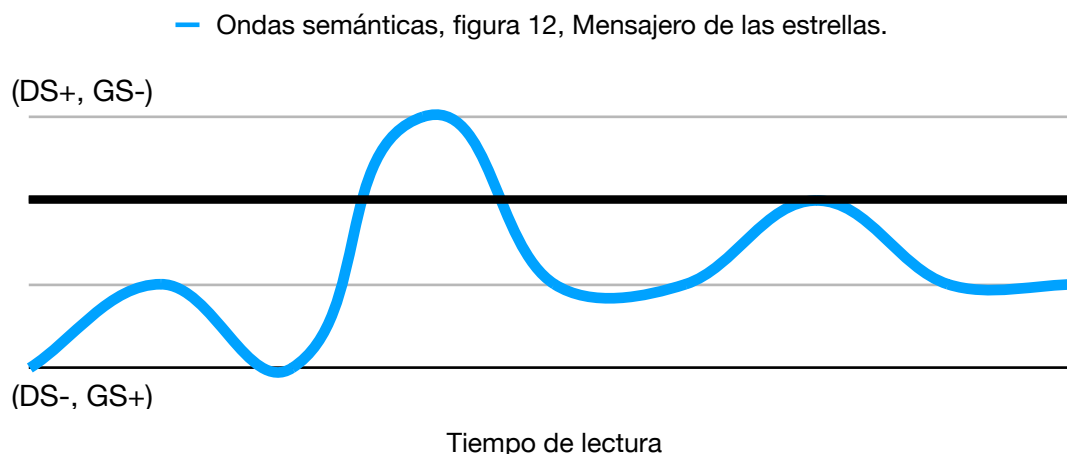
Realizó experimentos que demostraban que Aristóteles se había equivocado. Descubrió la Ley de la caída de los cuerpos cuando observó que dos pelotas de diferente peso caen a la misma velocidad. Ley del péndulo 1583. Ley de la caída de los cuerpos 1604. Ley de los cuerpos flotantes 1611. Inventó y perfeccionó inventos que aportaron mayor precisión a la ciencia, tales como la balanza hidrostática, el primer termómetro práctico, un compás geométrico y militar, un microscopio compuesto y el primer telescopio astronómico.

Donde vemos distintos puntos que concentran alto grado de densidad, como las distintas leyes mencionadas, o los inventos del científico italiano. De manera que podemos ver una tendencia a lo narrativo al presentar los eventos iniciales que llevaron a Galileo a ser un científico y después se expone con mayor intensidad en densidad semántica, los distintos inventos y teorías que desarrolló, pero sin mostrar ninguna explicación particular de cada uno, sino solo nombrándolos, por lo que se mantiene una estabilidad con alta densidad semántica en la segunda mitad de la gráfica 3.



**Gráfica 3.** Ondas semánticas del texto en la figura 9, *Mensajero de las estrellas* de Peter Sís.

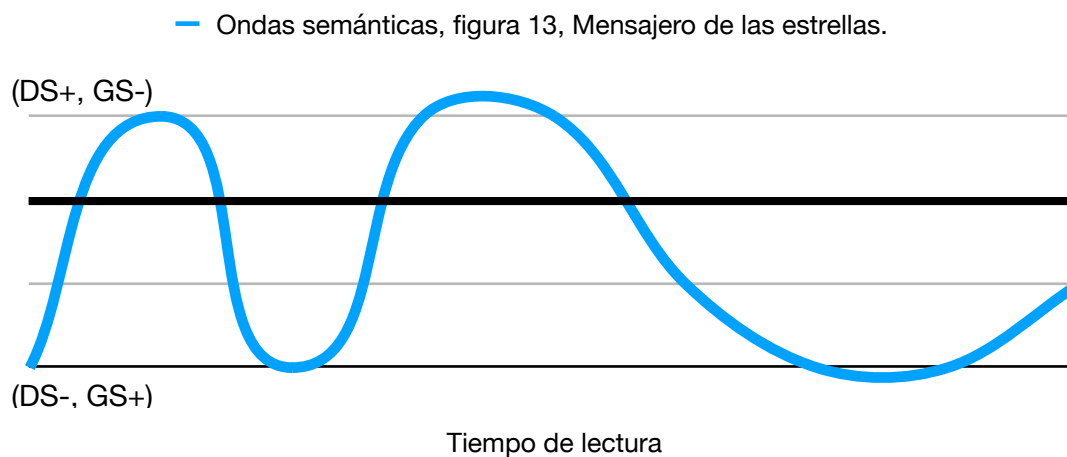
Por otro lado, en la gráfica 4, podemos ver nuevamente la tendencia del libro a construir principalmente una narración, por lo que se observa una mayor tendencia a densidades poco intensas con las que se construyen distintos eventos en la vida de Galileo, usando un contexto narrativo para configurar algunos de los conocimientos e inventos que el científico desarrolló. La figura 12 muestra una apertura con dos momentos en la vida de Galileo, su creciente fama y su teoría heliocéntrica que iba en contra de la hegemonía religiosa, y su enfrentamiento contra la iglesia por sostener argumentos no bíblicos. Observamos así que el único momento en que se tiene densidad semántica compacta tiene que ver un desempaquetamiento que consta de una breve mención de la teoría Galiléica: “Al defender la idea de que la Tierra no era el centro del Universo”, lo cuál implica a un concepto con cierta densidad semántica en la disciplina de la física, la teoría heliocéntrica.



**Gráfica 4.** Ondas semánticas del texto en la figura 12, *Mensajero de las estrellas* de Peter Sís.

Finalmente, en la gráfica 5 podemos observar las ondas semánticas presentes en la figura 13, donde la apertura trata el momento de juicio de Galileo. Podemos ver tres puntos de muy baja intensidad en la densidad semántica, indicando densidades *ancladas*. La primera coincide con la contextualización que el libro sigue, al ser un libro primeramente narrativo, se muestra un momento de anclaje: “La inquisición declaró culpable a Galileo de herejía”; el segundo punto es la ubicación temporal y espacial del evento: "Junio 1633, Roma"; y el tercer punto comprende al hilo narrativo que cierra con el texto en esta apertura: "Fue juzgado ante el tribunal del Papa, y todos pudieron

ver que las estrellas habían abandonado sus ojos”. Por otro lado, los dos puntos más altos en la gráfica muestran dos momentos de densidad semántica, el primero mostrado por la idea de herejía como "una doctrina que es falsa y contraria a las divinas y Sagradas escrituras"; y la segunda curva de densidad semántica intensa comprende al texto "que el Sol es el centro del Universo y no se desplaza de este a oeste, y que la Tierra se mueve y no es el centro del Universo”.



**Gráfica 5.** Ondas semánticas del texto en la figura 13, *Mensajero de las estrellas* de Peter Sís.

Nuevamente encontramos que los registros de presentación y exposición que explican conceptos científicos y elementos de la teoría de Galileo se muestran bajo el funcionamiento de otro registro que coincide con los de reporte y recreación, presentando una secuencia de eventos en la vida del científico y recreando por medio de presentaciones imaginarias de algunos momentos como en "todos pudieron ver que las estrellas habían abandonado sus ojos" (figura 13). Con todo esto, podemos observar y leer que el género textual que se genera a partir de la relación entre registros presentes en el texto, corresponde con uno narrativo, donde se presentan momentos donde se construye tanto el conocimiento especializado de la ciencia desarrollada por Galileo, como los contextos históricos y científicos que dieron lugar a una serie de choques entre el poder establecido por la iglesia y el desarrollo del conocimiento basado en la observación astronómica del científico italiano. Este proceso de construcción de conocimiento que constituye un primer acercamiento a las ciencias que Galileo Galilei practicó, no solo responde como presentación de aspectos disciplinares, sino como una

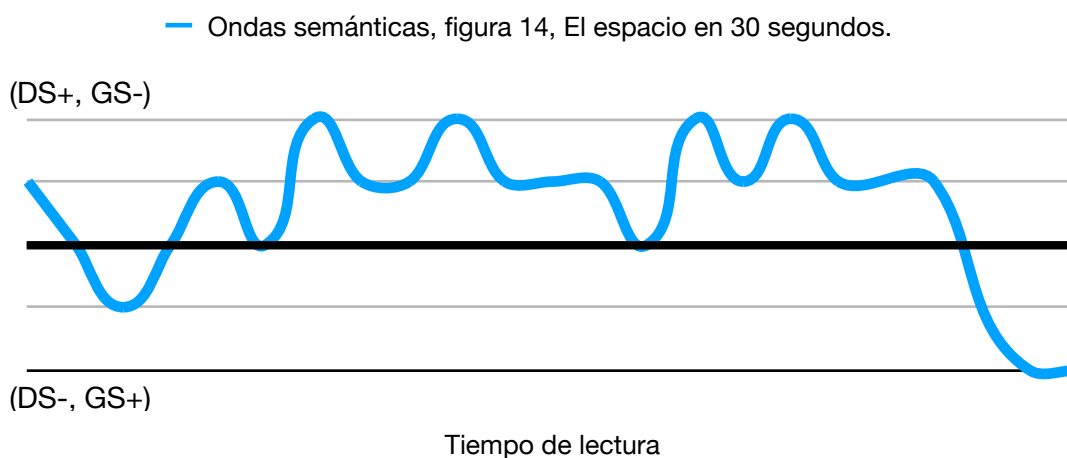
relación de esos aspectos disciplinares con sus contextos socioculturales de producción, expuestos en un género textual que engloba ambos momentos bajo un hilo narrativo. Esto a su vez produce un discurso que engloba ambos momentos, así como aquellos dónde se muestran ideales y prácticas científicas, tales como el enfrentamiento histórico entre los discursos religiosos y científicos, y la práctica constante de Galileo de observación y registro de los movimientos planetarios y las fases lunares. Es así como encontramos un género textual narrativo que muestra fragmentos de discurso de divulgación científica, con distintos momentos en la vida y obra del científico italiano.

En la gráfica 6 podemos ver una de las ondas semánticas producidas por el libro *El espacio en 30 segundos*, que pertenece a un formato distinto al *Mensajero de las estrellas*, ya que este libro no se basa en un género textual narrativo, sino que se asemeja más a un género textual referencial, en el que se presentan distintas informaciones referentes a un tema particular, en este caso, la astronomía. Por tal motivo, podemos ver una mayor tendencia a presentar registros de presentación y exposición, por encima de los de recuento o recreación, configurando una densidad semántica con mayor intensidad a lo largo de todo el libro.

En la gráfica 6 se observa la tendencia mencionada en el párrafo anterior, podemos notar que la gran mayoría de estos puntos están por encima de la línea cero, que divide momentos de densidad semántica intensa de los momentos de gravedad semántica, más relacionados al uso del lenguaje natural y un anclaje específico a un contexto particular. Recordando la figura 14, el tema presentado es "Empieza el universo...en 30 segundos". En este caso podemos ver formulas lingüísticas como "El Universo es todo lo que existe", que está representado en la gráfica 6 como el primer movimiento descendente, es decir, un desempaquetamiento, en términos semánticos, que busca exponer una elaboración sobre el concepto principal; en términos de análisis de registro, el desempaquetamiento es un registro de presentación y exposición por medio del cual se explica un concepto presentado (el punto inicial en la gráfica), ya sea ligándolo a una clase particular de fenómenos al que pertenece, o construyendo una elaboración sobre el concepto a partir de un proceso relacional, en este caso, el proceso es, seguido de la definición "es todo lo que existe" (tocando el punto más bajo del

descenso hasta una densidad semántica común. Inmediatamente después se hace una elaboración que continúa perfilando las características del Universo: "Es increíblemente enorme", lo cual configura información especializada, por lo que vemos un movimiento ascendente en la gráfica. Esto es porque el registro que se muestra es de presentación y exposición, mostrando un proceso relacional cualitativo, que permite construir características sobre una entidad, en este caso el Universo, pero la información construida representa un concepto importante relacionado con el Universo, su magnitud, construyendo un movimiento en ascenso de intensidad en densidad semántica.

El segundo movimiento asciende hasta una densidad *conglomerada*, donde encontramos un concepto que implica una serie de fenómenos más: "Quienes estudian el universo creen que la teoría de la Gran Explosión [...] explica cómo se formó el universo", que comienza por perfilar a los agentes productores del conocimiento en esta disciplina y continúa formulando el concepto "gran explosión" que corresponde a la teoría del inicio del universo y a un conocimiento de alta densidad semántica.

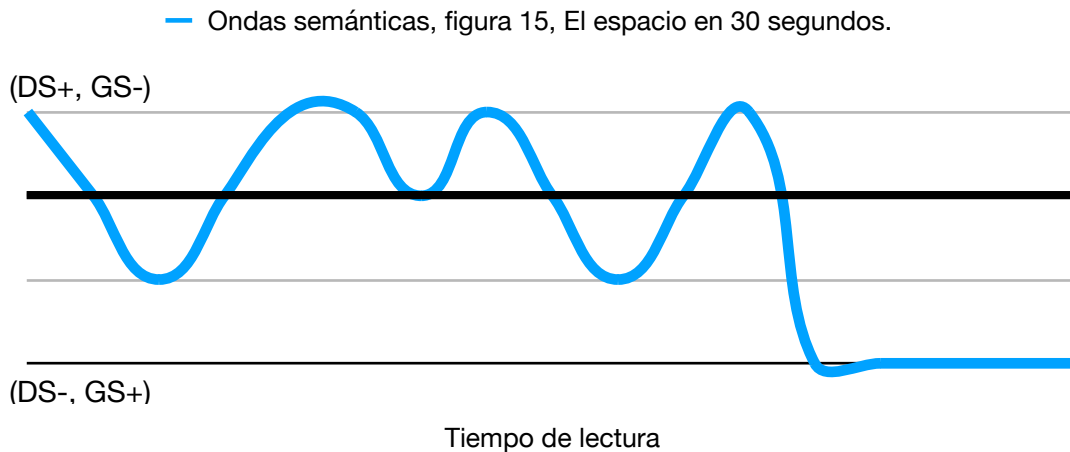


**Gráfica 6.** Ondas semánticas del texto en la figura 14, *El espacio en 30 segundos* de Clive Gifford.

Es interesante notar que el libro *El espacio en 30 segundos* presenta registros mayormente ligados a la presentación y exposición, de manera que se pueden construir tanto desempaquetamientos de información como explicaciones y definiciones que empaquetan información en un concepto con cierto nivel de densidad. Por esta razón es más común ver momentos en la gráfica que ascienden y descienden entre lenguaje técnico y cotidiano, configurando explicaciones por medio de un registro de

presentación y exposición que permite procesos de empaquetamiento y desempaquetamiento de conceptos abstractos de la ciencia.

En la gráfica 7 podemos ver la ondulación entre lenguaje técnico y común de la figura 15, dónde se presenta el concepto de años luz, donde nuevamente encontramos formulaciones lingüísticas que corresponden al registro de presentación y exposición, como en: "Un año luz es una unidad de medida que describe a que distancia están los objetos en el espacio", lo que representa una explicación del concepto "año luz" y el movimiento descendente configurado por el concepto mismo y el registro explicativo que dibuja el movimiento en descenso inicial en la gráfica 7.



**Gráfica 7.** Ondas semánticas del texto en la figura 15, *El espacio en 30 segundos* de Clive Gifford.

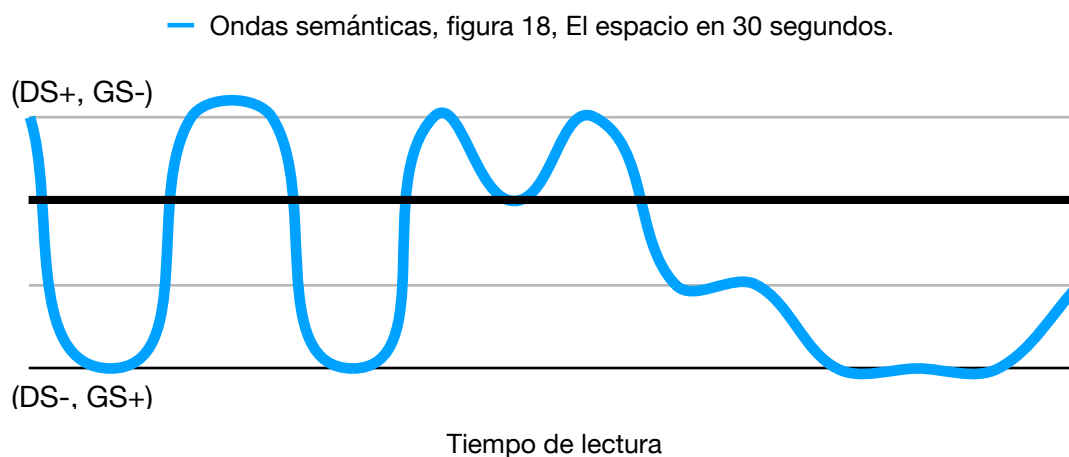
En el capítulo de análisis también se mencionó que este libro presenta una sección especial en la construcción del conocimiento científico, esto es la configuración de prácticas sociales y profesionales de la ciencia, tales como la experimentación. La parte final de la gráfica 7 presenta precisamente este movimiento estable en una densidad semántica anclada, que en el texto de la figura 15 está representado por un registro de habilitación y del hacer, de manera que el lector puede construir un contexto cercano con en el cuál ejemplificar el conocimiento recién explorado. Nótese que la gráfica hace varios movimientos previos a este anclaje, formulando y reformulando el concepto de años luz antes de presentar el registro de habilitación que lleva al lector a reproducir la actividad propuesta como ejemplificación del fenómeno. En este caso, el libro hace una analogía del año luz a partir de un "año tú", que es la distancia recorrida

por el lector en un tiempo determinado, dando lugar a una serie de indicaciones que, seguidas por el lector, darán lugar a una ejemplificación anclada a la realidad y acciones del lector para reconstruir el concepto principal de la lectura.

En la gráfica 8 podemos ver los procesos de abstracción, explicación y anclaje del concepto en una actividad para el lector. La apertura de la figura 18 habla del planeta Saturno, presentando distintas características del planeta gaseoso. Dado que es el tema principal, se configura como concepto principal a exponer, y se formulan explicaciones que puedan comparar y perfilar al planeta en términos cercanos al lector, lo cual aparece visualmente en la gráfica 8 como los ascensos y descensos. El primer descenso viene dado por la cláusula inicial "Saturno es el segundo mayor planeta del Sistema Solar", donde se utiliza el registro de presentación y exposición para construir una relación comparativa entre planetas, relacionando al elemento principal con una clase de elementos similares, "planetas", en un lenguaje que resulta en una densidad semántica de baja intensidad, un anclaje relacionado con los contextos presentados anteriormente en el libro sobre el sistema solar y sus características. La siguiente cresta en la gráfica corresponde a dos momentos, el primero "Este planeta se compone en su mayoría de los gases hidrógeno y helio, dos de los elementos más ligeros del universo" y el segundo "Saturno es el planeta menos denso de todos". Este segundo momento es el que comienza el movimiento de descenso, al introducir una segunda cláusula que se lee "con el 70 por ciento de la densidad del agua, lo que significa que flotaría en la bañera de tu casa".

Vemos enseguida dos crestas compuestas con un valle que no baja a densidad semántica *común*, sino que se queda en un nivel de abstracción que representa un desempaquetamiento de información pero no termina de salir de cierto nivel de densidad semántica: "Júpiter, Urano y Neptuno tienen anillos, pero los de Saturno son los más grandes y espectaculares". La segunda cresta se conforma por la frase "Mediante sondas espaciales y diversos instrumentos científicos, se ha sabido que están formados por miles de millones de pequeñas partículas de roca, hielo y polvo que la gravitación de Saturno mantiene ahí suspendidas", que sigue construyendo información sobre los anillos de Saturno, expuesto en la gráfica con un movimiento de ascenso sobre

el concepto "anillos de Saturno", ya que se presenta información que complementa el concepto al exponer sus características de composición.



**Gráfica 8.** Ondas semánticas del texto en la figura 18, *El espacio en 30 segundos* de Clive Gifford.

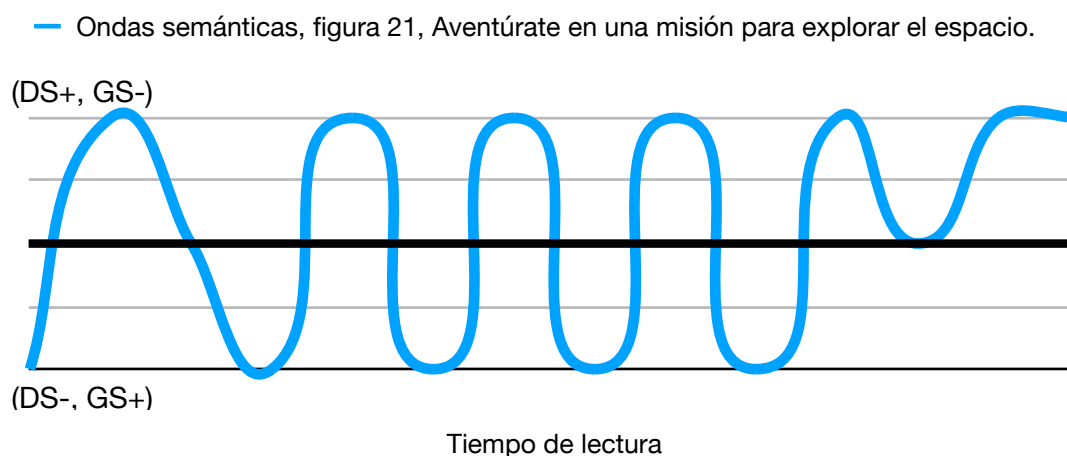
A diferencia del primer libro, *Mensajero de las estrellas*, los registros predominantes en *El espacio en 30 segundos* pertenecen a los de presentación y exposición (*expounding*), también representado en el mapa 3, por lo cual podemos observar que el libro tiene una estructura general que responde a un libro de referencia, donde se exponen conceptos y elementos que son definidos y ejemplificados, así como se muestran sus relaciones con fenómenos y elementos de la misma clase. Así, el texto, utilizando registros de presentación y exposición, principalmente, construye un género textual que corresponde con libros de referencia, donde se presenta información sobre algunos temas básicos de astronomía.

En la gráfica 9, correspondiente a la figura 21, del libro *Aventúrate en una misión para explorar el espacio*, se muestran las ondas semánticas de un libro cuyo objetivo es mostrar un primer acercamiento a una serie de conocimientos descubiertos por la astronomía y tecnologías desarrolladas para la exploración espacial, tales como transbordadores, trajes espaciales y la ISS (Estación espacial internacional, por sus siglas en inglés). El libro muestra nuevamente los temas correspondientes a la observación del cielo nocturno, y explora objetos como la Luna, estrellas y constelaciones, para pasar después al tema principal del libro, la exploración espacial.

La gráfica 9 muestra tres crestas regulares que corresponden a tres momentos en el texto, la presentación y explicación de los conceptos de estrellas, galaxia, nébula, planetas y Luna. Con el título del libro podemos observar que estos cinco elementos tienen alta densidad semántica en la disciplina, explorando la definición de los cinco cuerpos celestes de manera que sea accesible al lector lego, y que éste pueda configurar una primera definición de cada uno. Así, encontramos formulaciones como “De noche, la mayoría de las luces que ves son **estrellas**. Son como el Sol, pero brillan menos porque están más lejos”, donde encontramos un ascenso que corresponde a la segunda cresta en la gráfica 9, este ascenso busca relacionar un fenómeno (“la mayoría de las luces que ves”) a un concepto compacto (“son estrellas”) con lo que se configura una primera relación de fenómenos de la misma clase, como sugiere Matthiessen para el registro de presentación y exposición (*expounding*) (Matthiessen, 2015:8). De la misma manera, la segunda cláusula en el mismo recuadro sobre las estrellas continúa: “Son como el Sol, pero brillan menos porque están más lejos”, con lo que se ancla la definición de las estrellas con un cuerpo celeste que resulta mucho más cercano a la cotidianidad y de la misma clase de fenómenos celestes, el Sol.

Esta misma secuencia puede observarse en la tercera cresta, que corresponde al texto: “Algunas luces no proceden de estrellas, sino de **galaxias**: enormes grupos de estrellas muy cercanas entre ellas”, nuevamente conformando una primera relación a una clase de fenómenos particular “algunas luces no proceden de estrellas”, y construyendo a partir de ello el concepto: “sino de **galaxias**”, seguido por un desempaquetamiento del concepto: “enormes grupos de estrellas muy cercanas entre ellas”. Con ello, la tercera cresta tiene nuevamente un ascenso en densidad semántica que culmina en su cresta con el concepto **galaxias** y continúa con un descenso en densidad donde se presenta la definición correspondiente.

En la gráfica 9 podemos observar nuevamente un movimiento regular de empaquetamiento y desempaquetamiento, que corresponde con un género textual referencial, donde se presentan temas y conceptos que son explicados y categorizados de acuerdo al tipo de fenómeno que es y la clase a la que corresponde, exponiendo un primer acercamiento a temas de exploración astronómica.

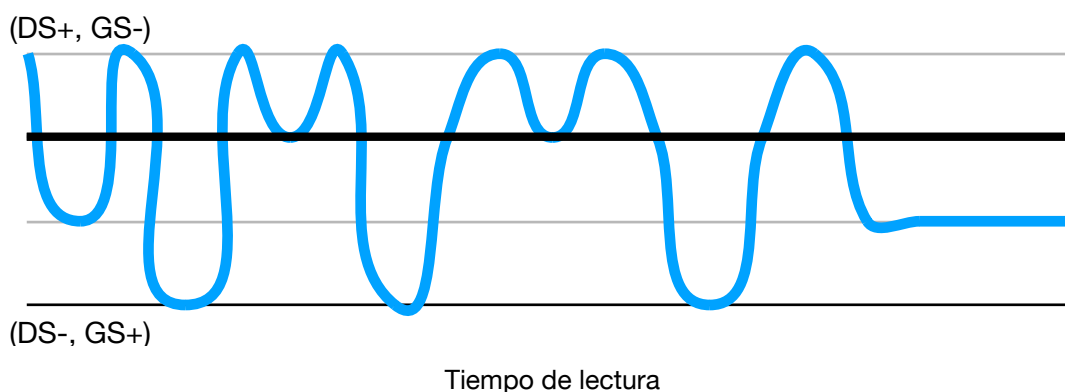


**Gráfica 9.** Ondas semánticas del texto en la figura 21, *Aventúrate en una misión para explorar el espacio* de Tom Jackson.

En la gráfica 10, podemos observar otro ejemplo de ondas semánticas del libro *Aventúrate en una misión para explorar el espacio* de Tom Jackson. Observamos una regularidad en la presentación de conceptos con un nivel de densidad semántica de lenguaje técnico, pero también observamos movimientos descendentes que implican la explicación en términos más cercanos al lector, que comprenden usos de densidad semántica *común* y *anclada*. En la figura 23, correspondiente a la gráfica 10, encontramos el desarrollo de los temas Urano y Neptuno. Observamos dos momentos en la gráfica que nuevamente tocan el punto cero, justo entre un lenguaje técnico y común, donde se exponen características de los planetas, no en un lenguaje sin densidad semántica, sino en un lenguaje que no prescinde de cierto nivel de abstracción. El primer momento, o valle, que toca el punto cero, corresponde a la frase: “Urano y Neptuno también tienen anillos, pero solo se pueden ver con los telescopios más grandes”, donde se consideran elementos de un tema anterior, Saturno (en las págs. 42-43 del mismo libro), donde se desarrolla sobre la característica más evidente del planeta, sus anillos. En la figura 23, se retoma este elemento como parte de una descripción de los planetas apenas introducidos en la lectura, es decir, se utiliza un elemento con densidad semántica ya elaborada para retomar el nuevo tema y exponer sus características propias, por lo cual el movimiento no termina de introducirse en una densidad semántica *común*, sino que apenas hace un descenso que permite explicar el nuevo concepto sin necesidad del recurso de lenguaje común o natural.

En la misma gráfica, podemos ver también que su desenlace muestra una estabilidad semántica en densidad *común*. En el texto, esto corresponde a una autoevaluación que el lector puede seguir recuperando la información recién expuesta. El formato de esta pequeña sección es la de un formulario tipo “verdadero o falso”, donde en un registro de exploración se revisa la información recién expuesta de manera que el lector pueda retomar las relaciones y reforzar el conocimiento adquirido.

— Ondas semánticas, figura 23, *Aventúrate en una misión para explorar el espacio*.

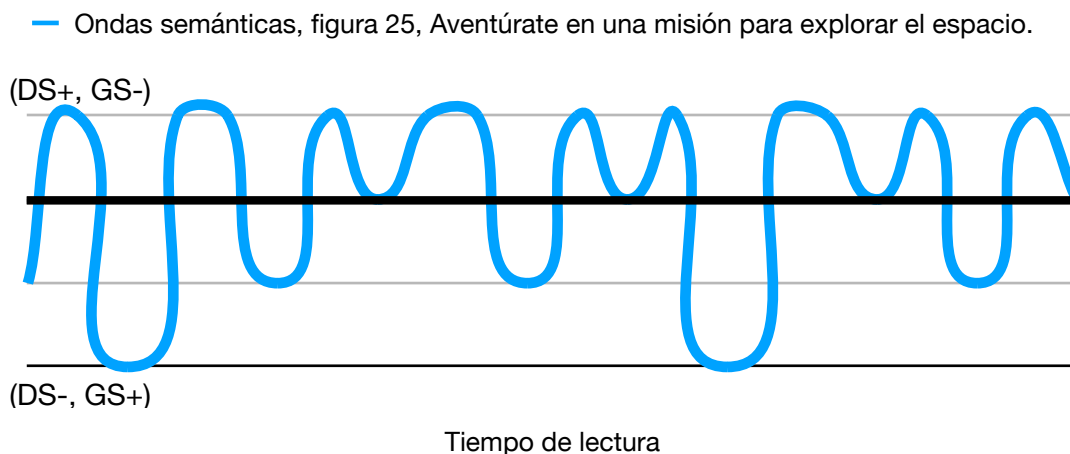


**Gráfica 10.** Ondas semánticas del texto en la figura 23, *Aventúrate en una misión para explorar el espacio* de Tom Jackson.

Por último, en la gráfica 11, podemos ver nuevamente una serie de ondas semánticas, cuya regularidad de ascenso y descenso se sigue replicando a lo largo de todo el libro, siempre mostrando un concepto y explicándolo o formulándolo de acuerdo a la necesidad del texto, ya sea por medio de relacionar una definición a un concepto por un empaquetamiento, o desempaquetar el concepto en una definición/explicación del mismo, así como procesos de categorización de fenómenos en una misma clase.

La figura 25, corresponde al tema titulado “¿Dónde está?” donde se desarrolla el concepto de atmósfera y sus componentes. Se pueden observar movimientos regulares de presentación y exposición (*expounding*) de los distintos momentos en la lectura, cada uno explicando un componente de la atmósfera terrestre y al menos una característica, así como la relación de algunas informaciones, por ejemplo la órbita de naves espaciales en la capa atmosférica llamada termosfera, cuyo texto está representado en la primera cresta y valle de la gráfica 11: “Entre el suelo y el espacio exterior hay una capa de aire llamada **atmósfera**. Termósfera. Minúsculas trazas de aire se expanden más de 440 km

en el espacio. Las naves que **orbitan** la Tierra vuelan en esta fina capa”. Encontramos en este fragmento de texto el movimiento regular de ondas semánticas que se representa en toda la gráfica 11, donde son evidentes los procesos de desempaquetamiento y explicación de cada concepto, así como el empaquetamiento que presenta un concepto determinado.



**Gráfica 11.** Ondas semánticas del texto en la figura 25, *Aventúrate en una misión para explorar el espacio* de Tom Jackson.

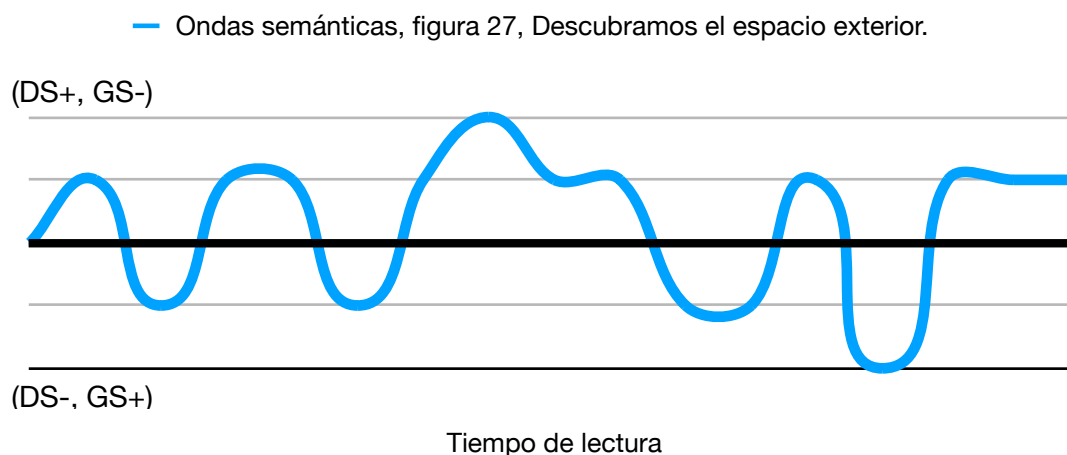
Para concluir el análisis de ondas semánticas de este libro, podemos notar del mapa 4 y sus gráficas de ondas semánticas, una mayor tendencia a usar registros de presentación y exposición, lo que responde a la característica de género textual de un libro de referencia, donde son expuestos conceptos o elementos con un nivel de abstracción técnica que son desarrollados para exponer a un público lego, cuyo primer acercamiento al tema es potencialmente la lectura del libro *Aventúrate en una misión para explorar el espacio exterior*.

En el libro *Descubramos el espacio exterior* podemos encontrar un formato particular de lectura que implica la interacción del lector para mover ventanas a lo largo del libro, donde se revela información que complementa al texto; sin embargo, como se observa en el mapa 5, hay un predominio de registros de presentación y exposición y algunos momentos de registros de reporte y recreación. Uno de estos ejemplos se puede observar en la gráfica 12, donde el último valle que toca la densidad semántica *anclada*, corresponde a un momento en el texto donde se presenta a un personaje que acompaña toda la lectura un “enano blanco” que a su vez es una humanización de un concepto con

cierto nivel de densidad semántica en astronomía, ya que el personaje representa una estrella con características particulares, una enana blanca. El personaje se presenta de la siguiente manera:

Hace billones de años yo era una brillante estrella como el Sol de ustedes. Luego me convertí en un gigante rojo. Así se les denomina a los soles de color rojo-anaranjado que pierden su energía. Como blancos enanos, somos esferas con poco brillo

Donde observamos un registro de recreación, donde el personaje se presenta y lo hace en un registro que reformula la experiencia disciplinar en un momento imaginativo donde una estrella blanca es humanizada y utilizada como recurso narrativo y de presentación y exposición. En la gráfica 12 podemos observar al final como la densidad semántica sube de intensidad y finalmente se mantiene estable en un nivel *compacto*, que corresponde al momento en el texto donde se relacionan los conceptos de “gigante rojo”, “soles de color rojo-anaranjado” y “blancos enanos” relacionado a “somos esferas con poco brillo”, determinando una característica particular de la estrella.



**Gráfica 12.** Ondas semánticas del texto en la figura 27, *Descubramos el espacio exterior* de Andrea Erne.

La gráfica 13 muestra las ondas semánticas de la figura 29, donde se presentan los temas “¿Qué es un transbordador espacial?” y “¿Qué es una estación espacial?”. Es importante notar que los temas en sí mismos ya indican una configuración textual que definirá los conceptos “transbordador espacial” y “estación espacial”, dada la estructura de pregunta.

El texto comienza por un anclaje hacia otro elemento del libro, los cohetes, con el texto: “A diferencia de los cohetes, que solo se pueden usar una vez, los transbordadores espaciales vuelan una y otra vez al espacio”, lo cuál configura una relación anclada del elemento antes desarrollado en la lectura del libro y uno nuevo a partir de ese: el transbordador espacial. Debe notarse que aún cuando el concepto está *anclado*, esto se da por su desarrollo anterior, y el nuevo elemento “transbordador espacial” se construye a partir de un registro de presentación y exposición (*expounding*) de manera que este transporte espacial es relacionado como una misma clase con los cohetes, definiendo una característica particular, su capacidad de hacer varios viajes al espacio exterior, lo cual configura un movimiento descendiente que clasifica al elemento "transbordador espacial".

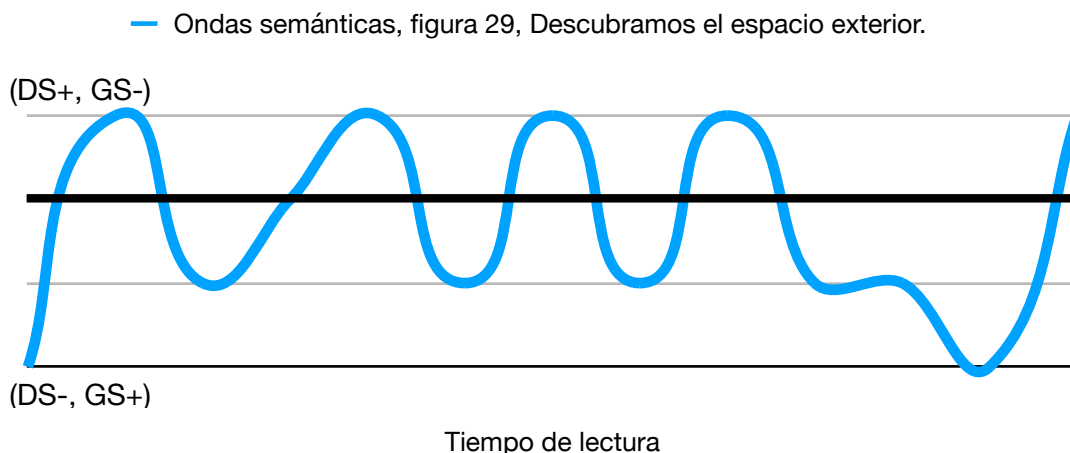
El segundo movimiento ascendente está configurado por las frases:

Los transbordadores despegan con propulsores. Estos se desprenden igual que el tanque de combustible cuando se han consumido. Los transbordadores tienen motores para el resto del vuelo y para el regreso.

donde encontramos nuevamente el elemento transbordadores, esta vez con elaboraciones que permiten completar la información al respecto, tal como “despegan con propulsores”, “tienen motores para el resto del vuelo y para el regreso”, con lo que se configuran características de los transbordadores a partir de un registro de presentación y exposición (*expounding*), y configurando un tipo de género textual que también corresponde y utiliza características de un libro de referencia.

Los últimos tres movimientos de la gráfica 13, donde se observan dos niveles de densidad semántica *común* seguidos de un *anclado* y un ascenso a lenguaje técnico con densidad *compacta*, pertenecen al texto: “otros elementos esenciales para sobrevivir son transportados desde la Tierra en un módulo de suministro. En noches claras puedes ver las estaciones espaciales desde la Tierra” y “Paneles solares captan los rayos del sol y brindan energía a la estación espacial”. Observamos dos momentos de baja densidad semántica, con un lenguaje con mayor gravedad semántica, relacionada a un contexto cotidiano y cercano al lector, tales como “elementos esenciales para sobrevivir son transportados desde la Tierra” y “En noches claras puedes ver las estaciones espaciales desde la Tierra”, con lo que se configuran informaciones complementarias que

acompañan el concepto principal. Con ello, se configura un movimiento descendente que mantiene algo de estabilidad en densidad *común*, para después aumentar la intensidad de densidad en la frase “Paneles solares captan los rayos del sol y brindan energía a la estación espacial”.



**Gráfica 13.** Ondas semánticas del texto en la figura 29, *Descubramos el espacio exterior* de Andrea Erne.

Nótese que en las gráficas hasta ahora expuestas del libro *Descubramos el espacio exterior* hemos visto movimientos ascendentes y descendentes regulares, que implican el uso de registros de presentación y exposición para definir y explorar conceptos de la astronomía y exploración espacial. El libro mismo en su contraportada menciona que se trata de “libros informativos para primeros lectores” que presenta “conocimientos básicos. Ventanas con textos que amplían la información. Ilustraciones que facilitan la comprensión e invitan a descubrir. Textos sencillos para lectores autónomos y para leer en voz alta”.

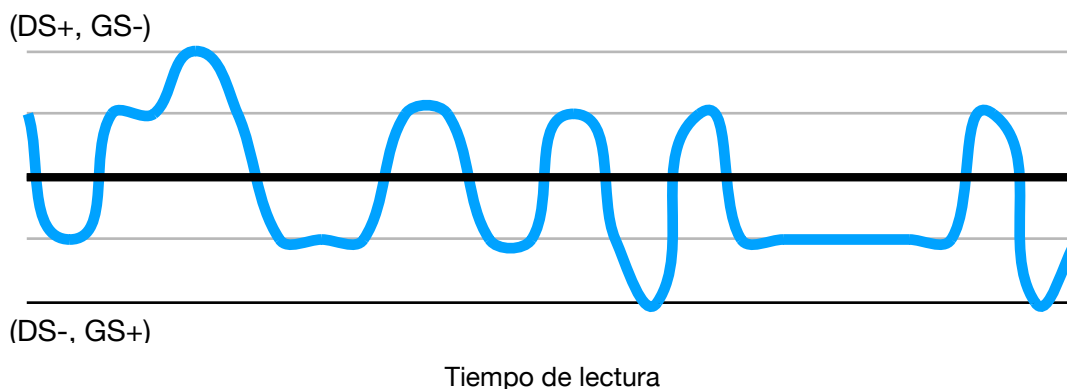
En la gráfica 14 podemos ver este proceso de ondas que ascienden y descienden con cierta regularidad, explicando y definiendo conceptos, al mismo tiempo que abstrae algunos lenguajes para considerar el conocimiento científico que el libro presenta. Así, también se muestran momentos en que la lectura liga experiencias de lo cotidiano para explicar o presentar aspectos de exploración espacial. En la gráfica 14 podemos ver cerca del final de la gráfica, un momento de estabilidad en densidad *común*, donde se relacionan experiencias cotidianas tales como

Un baño espacial que aspira absolutamente todo fue diseñado para los astronautas. Los viajeros espaciales utilizan trapos húmedos para lavarse. El agua debe ser transportada desde la Tierra, lo cual es costoso.

De manera que elementos cotidianos como “baño”, “trapos húmedos para lavarse” y “el agua debe transportarse desde la Tierra”, funcionan como complementos de información para el tema de la figura 30 “¿Cómo llegar a ser astronauta?” y “¿Cómo se vive en el espacio?”.

Finalmente, para concluir la sección de libros de astronomía, se presentan las gráficas de ondas semánticas correspondientes al libro *Observa el cielo nocturno*, el cual tiene un formato de referencia y guía para la observación de fenómenos y cuerpos celestes. Es importante notar que, a diferencia de los otros libros presentados y analizados, este presenta varios momentos en donde se recomienda al lector seguir indicaciones para una mejor apreciación de la bóveda celeste, exponiendo incluso qué instrumentos son más útiles para ello y algunas técnicas que pueden usarse como referencia de medición y ubicación en el cielo nocturno.

— Ondas semánticas, figura 30, Descubramos el espacio exterior.

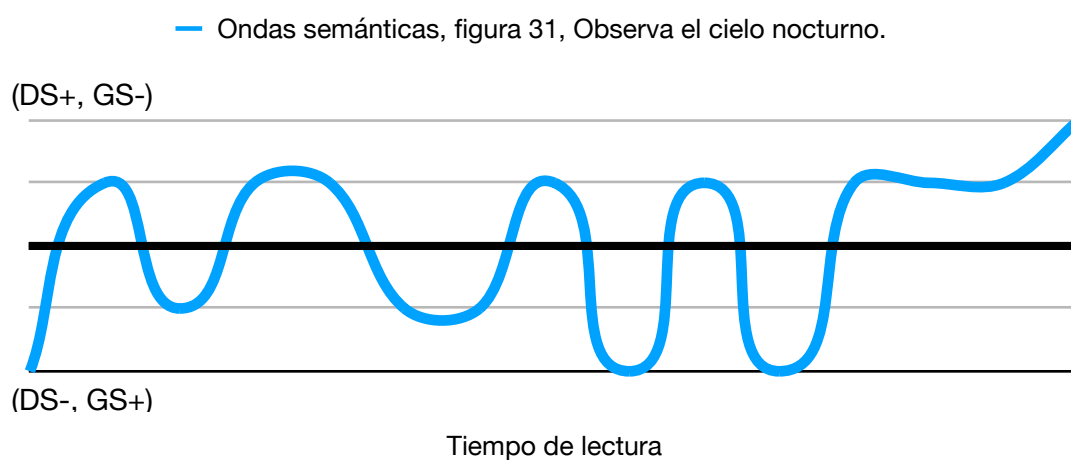


**Gráfica 14.** Ondas semánticas del texto en la figura 30, *Descubramos el espacio exterior* de Andrea Erne.

La gráfica 15 corresponde a la figura 31, donde se muestra el primer tema “¿Qué puedes ver?”, de la sección introductoria al libro, llamada “conocimientos básicos”. Al igual que en *aventúrate en una misión para explorar el espacio*, este libro comienza por dar una relación de qué cosas son observables en el cielo nocturno. El texto comienza por un *anclaje* que permite construir una valoración a partir de la experiencia común con el lector: “En una noche clara el cielo está *decorado* con una *fantástica* muestra de

objetos”, que inmediatamente asciende en densidad semántica al exponer “Puedes ver estrellas de diferentes colores, **planetas** brillantes y una impresionante **Luna**”, cuyos elementos “estrellas”, “planetas” y “luna”, tienen una densidad semántica definida en la rama de la astronomía, por lo cual la gráfica presenta un primer ascenso en densidad.

En la misma razón de ser un libro guía o manual para la observación, se presentan algunos momentos de *anclaje* que permiten al lector asimilar los conocimientos e indicaciones que el libro presenta. En la gráfica 15 podemos ver dos momentos, casi al final de la gráfica, que muestran *anclaje*, expuestos en el texto como “Lo mejor de la observación del cielo nocturno es que todos podemos hacerlo. Todo lo que necesitas son tus ojos o algunos binoculares simples y este libro”, seguido por un texto que propone “No todas las pequeñas luces que ves en el cielo nocturno son estrellas. Algunas veces puede estar a la vista un planeta”, relacionando la experiencia del lector en la observación astronómica y sus capacidades como el uso de sus propios ojos o binoculares.



**Gráfica 15.** Ondas semánticas del texto en la figura 31, *Observa el cielo nocturno* de Raman Prinja.

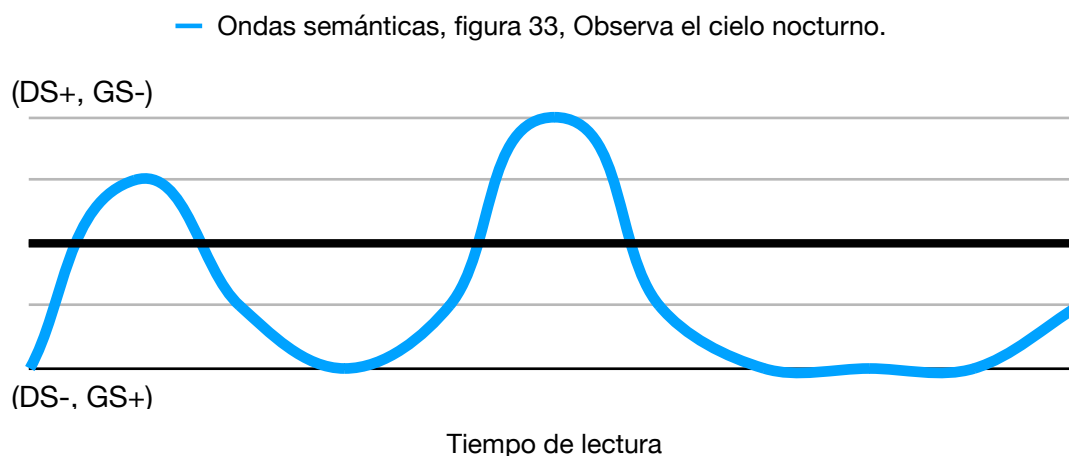
Estos procesos de contextualización que permiten asimilar la experiencia del lector en torno a los conceptos e indicaciones presentadas en el texto, dan lugar a una ondulación semántica que permite el desempaquetamiento de informaciones en términos accesibles y cercanos al lector, construyendo definiciones y abstracciones según sea necesario en vista del conocimiento científico de la astronomía. Así, la figura 33, en la gráfica 16, muestra el tema “Viendo más”, donde se configuran distintas

indicaciones para facilitar al lector la observación astronómica u actividades para la misma, tal como “¿Porqué no realizar una fiesta de estrellas? Invita a tus amigos y familiares en una noche estrellada y utiliza tus conocimientos para guiarlos a través de ¡las maravillas de la Luna, estrellas y planetas!”, en un registro del hacer que busca regular el comportamiento por medio de indicaciones que el lector puede seguir para la exploración del cielo nocturno, expuesto en la gráfica como el valle después de la primera cresta.

En ese mismo sentido, y nuevamente bajo un registro de habilitación que permite configurar indicaciones que el lector puede seguir, se puede observar y leer el texto que conforma la parte final de la gráfica 16, donde se lee:

Cuando uses los binoculares, as estrellas pueden parecer tabalearse. Eso es porque los binoculares magnifican cualquier movimiento de tus manos. Trata de apoyar los binoculares en una cerca o en tus rodillas para que no se muevan.

Nuevamente configurando una situación anclada que el lector podría reconocer en su propia práctica de observación nocturna con binoculares. De manera que se muestra un registro del hacer para anclar un conocimiento que representa una guía o “consejo” sobre el uso de binoculares y sobre una mejor experiencia en la observación nocturna.



**Gráfica 16.** Ondas semánticas del texto en la figura 33, *Observa el cielo nocturno* de Raman Prinja.

El libro también forma parte de una serie de géneros textuales que usan el discurso de la divulgación de la ciencia para construir conocimiento disciplinar a partir de formatos atractivos al lector. En un primer acercamiento al conocimiento relacionado con el cielo nocturno, una guía para la observación del mismo resulta útil en tanto que

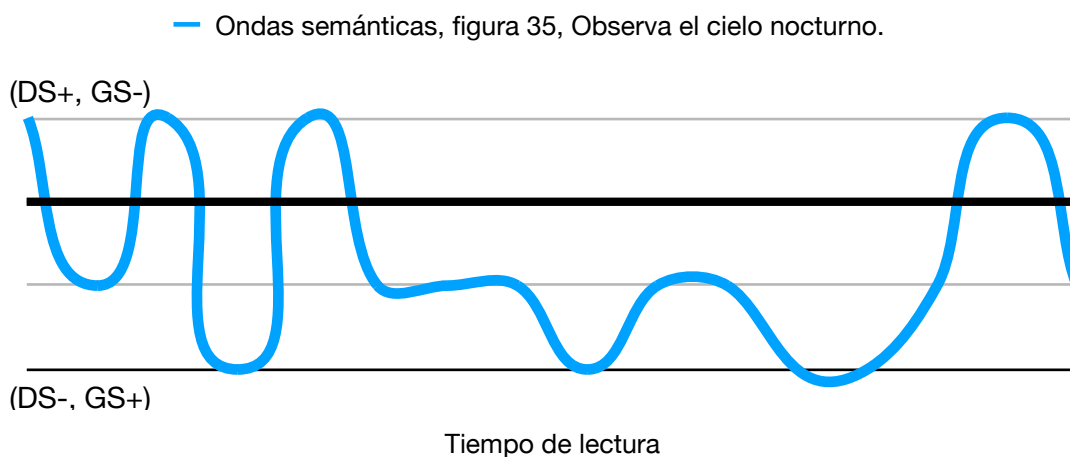
facilita las prácticas científicas, así como una recontextualización del lenguaje científico, que permite acercarlo al lector lego. La gráfica 17 muestra un ejemplo claro de ello, el texto configura saberes y prácticas relacionados a la interpretación del lenguaje en el libro:

En este libro, leerás que una estrella puede ser vista en el norte o en el oeste. De manera tal que necesitas un simple compás para saber cuál es el camino que estás enfrentando. La aguja del compás señala siempre al norte.

Algunas constelaciones tienen formas muy claras o son fáciles de ubicar en el cielo — especialmente cuando has aprendido a reconocer sus contornos. Una vez que has encontrado estas constelaciones “fáciles”, puedes trazar líneas imaginarias entre sus estrellas. Siguiendo estas líneas te guiarás a otras constelaciones estrellas y aún galaxias cercanas. Esto se llama saltando estrellas y puedes comenzar a hacerlo en la página 28.

Si necesitas describir qué tan lejos está una estrella de otra, ¡inténtalo con tu mano! Mirando al cielo, extiende tu brazo tan lejos como puedas. El ancho de tu mano — o dedo— es una forma rápida y conveniente de medir una distancia en el cielo nocturno.

A partir de un registro de habilitación, en el que se configuran prácticas para la observación del cielo, se exponen algunos momentos que formulan abstracciones desde una densidad semántica común. Es importante notar que el tema de la figura 36, “Encontrando tu camino” se encuentra después de que el libro ha tocado los temas de lo visible en el cielo nocturno (“¿Qué puedes ver?”, “Estrellas, planetas y galaxias”, “observando estrellas”, “Patrones en el cielo”, “Las constelaciones”) y también la variación de lo observable (“El cielo en movimiento”, “Nuestra visión cambiante”). La secuencia de estos temas permite que el lector sea “preparado” para su propia práctica de observación astronómica y, dado que el libro es de un género textual referencial/práctico, presenta temas como el representado en la gráfica 17, una serie de indicaciones



**Gráfica 17.** Ondas semánticas del texto en la figura 35, *Observa el cielo nocturno* de Raman Prinja.

que el lector puede considerar para facilitar su práctica. Considerado lo anterior, es curioso que la variación semántica del texto permite un *anclaje* del conocimiento expuesto previamente en una práctica para el lector, representado en la parte central de la gráfica.

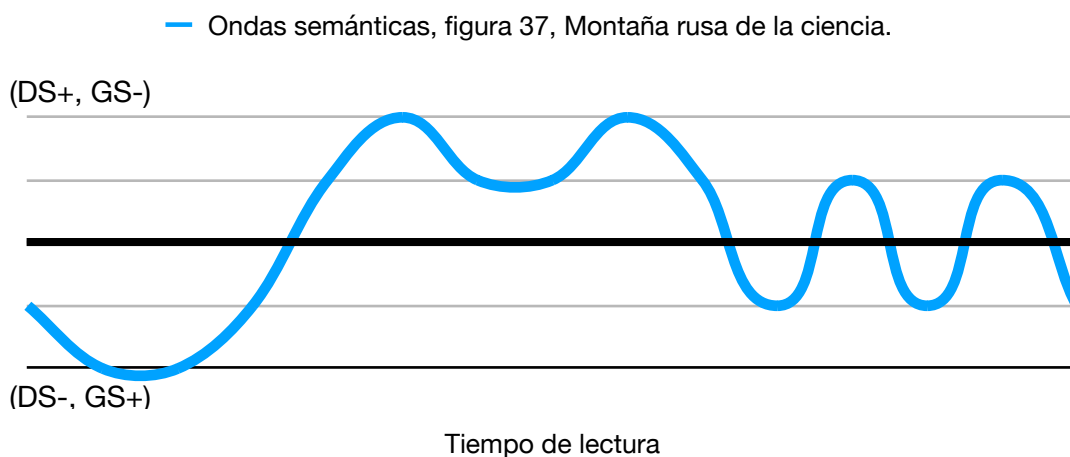
El siguiente libro pertenece a la sección de libros dedicados a la mecánica y dinámica. *Montaña rusa de la ciencia* es un libro que mantiene una mayor cantidad de conceptos científicos relacionados con el estudio del movimiento. A su vez, todo el contenido científico es contextualizado en un modelo armable incluido en una caja al final del libro que, una vez armado, ejemplifica cada fenómeno físico con una sección del modelo de una montaña rusa.

La gráfica 18 corresponde a la apertura introductoria al libro, en la figura 37, donde se muestra una ilustración del modelo armado a manera de mapa que indica, en recuadros textuales, en qué página se desarrollan los temas y páginas relacionados al segmento de la montaña rusa.

El texto inicial, representado en la primera parte de la gráfica, da al lector las primeras instrucciones para armar el modelo, y una vez armado, indica “haz que una canica baje por la pista y obsérvala rodar, elevarse, caer, tomar curvas y recorrer un bucle. Investiga la fascinante ciencia que hace que todo esto pase”, en un registro del hacer, que ancla la experiencia del texto a una actividad particular que el lector puede replicar para complementar la lectura del libro. Para finalizar esta introducción, el texto lee: “Aprende sobre el movimiento, las fuerzas, la gravedad, la energía y el movimiento circular”, representado en el primer ascenso hasta una densidad *conglomerada*, compuesta por los conceptos recién expuestos.

Siendo la apertura inicial, el texto introduce ya conceptos relacionados al movimiento, tales como “energía”, “gravedad”, “velocidad”, “acelera”, “fricción”; cada uno en un recuadro que introduce dicho concepto en el contexto del modelo armable, cada uno representado en la gráfica como crestas, que en su recuadro textual, se hace un primer desempaquetamiento de ese concepto, es decir, una breve explicación del concepto, como en el recuadro número dos: “Das a la canica la energía que necesita para bajar por la montaña rusa cuando la colocas en el inicio. Ve las páginas 18-19 para

saber sobre energía”, representado en la gráfica como la primera cresta, comprendida por el concepto “energía” seguida de un descenso en la gráfica que representa al complemento “que necesita para bajar por la montaña rusa...”, que sugiere un nivel de abstracción ya que no se trata de una explicación del concepto, sino una característica del movimiento referido.



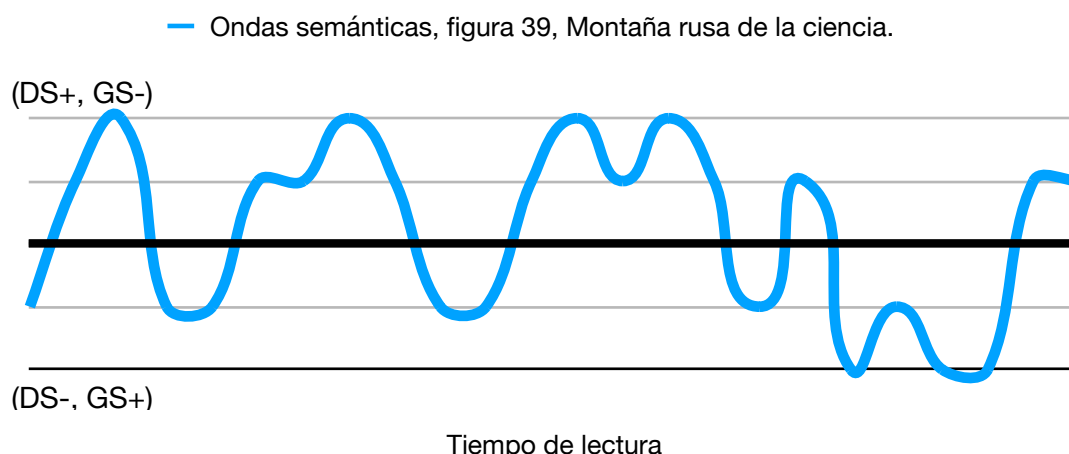
**Gráfica 18.** Ondas semánticas del texto en la figura 37, *Montaña rusa de la ciencia* de Chris Oxlade.

Es por esto que podemos ver movimientos en las ondas semánticas como en la gráfica 19, donde se puede observar una mayor permanencia en un lenguaje con densidad semántica intensa, y algunos descensos a densidades *común* y *anclado*, compuestos en general por la referencia al contexto inmediato proporcionado por el libro, el modelo armable.

Encontramos en el texto distintos momentos en que se configuran conceptos correspondientes al estudio del movimiento e interacción de fuerzas. El título de la apertura en la figura 39 es “Empujar y jalar”, y el texto comienza por recuperar los conceptos introducidos en páginas anteriores: “Ahora que sabemos cómo se mueven las cosas, preguntémosnos porqué las cosas se mueven”, lo cual implica un movimiento ascendente en tanto que la pregunta introduce la cuestión focal de la apertura. Es decir, en el cuestionamiento “Preguntémosnos cómo se mueven las cosas” ya se refiere a una abstracción que la ciencia del movimiento explora. En seguida de esto, el texto continúa por configurar la definición de una fuerza: “Los objetos no se mueven por sí mismos, es necesario que algo los jale o los empuje. En ciencia, un jalón o un empujón se conoce

como fuerza”, donde este último concepto representa la primera cresta en la gráfica 19. proponiendo un elemento de alta densidad semántica que será desarrollado a lo largo de la apertura en la figura 39. Inmediatamente después de configurar este concepto, lo ejemplifica en acciones que el lector pudo haber hecho siguiendo las instrucciones del libro: “Has usado algunas fuerzas para armar la montaña rusa y las usas para hojear un libro”, representado por el movimiento en descenso de la primera cresta, formulando así una ejemplificación del concepto recién expuesto, un *anclaje* del concepto en términos de su densidad semántica.

El siguiente movimiento en ascenso de la gráfica, se muestra en el texto: “Medimos la fuerza en newtons (N). Un newton es más o menos la fuerza que necesitas para levantar un peso de 100 gramos”, que implica dos movimientos en ascenso, el primero en la propuesta de la unidad “newton” como medida de fuerza, y la segunda en tanto que se define la unidad como una función de peso contra fuerza, configurando un elemento importante en el estudio del movimiento, ya que supone el elemento principal para producirlo. En seguida de esto, el texto continua “Algunas fuerzas, como el empuje del motor de un jet, son enormes. Otras, como el empuje de las alas de una mariposa, son muy pequeñas”, recontextualizando la información sobre la medida de fuerzas con la unidad newton con dos ejemplos, un jet y una mariposa, representados en la gráfica como un movimiento descendente cuyo valle llega a una densidad semántica *común*.



**Gráfica 19.** Ondas semánticas del texto en la figura 39, *Montaña rusa de la ciencia* de Chris Oxlade.

A lo largo de todo el libro se muestran recuadros con experimentos que apuntan la información de cada apertura a un segmento particular del modelo. La gráfica 20 muestra las ondas semánticas correspondientes al tema “En círculos”, donde se relaciona información sobre el movimiento circular y fuerza centrípeta. En la parte final de la gráfica observamos dos valles que conforman la contextualización de la información en el modelo:

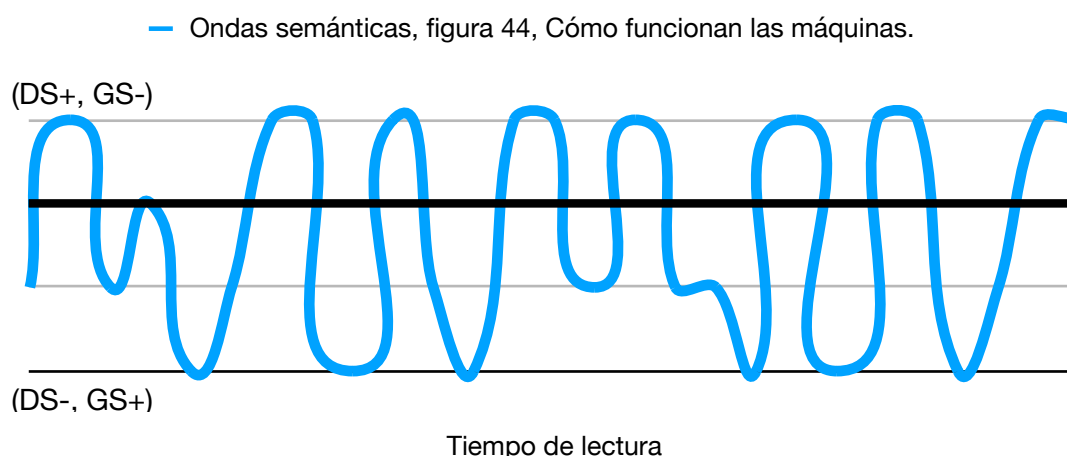
Haz rodar una canica pendiente abajo y hacia el embudo a diferentes velocidades. A altas velocidades, puedes ver el embudo sacudiéndose mientras la canica se mueve por el borde. Esto es porque la canica empuja fuerte, y la pared empuja fuerte la canica para mantenerla moviéndose en círculos.

A partir de un registro de habilitación, el texto presenta instrucciones para que el lector pueda experimentar el fenómeno explicado, en el modelo proporcionado. El primero de los dos valles al final de la gráfica 20 muestra en su descenso el registro de habilitación que da lugar a la instrucción: “Haz rodar una canica pendiente abajo y hacia el embudo en diferentes velocidades”, anclando un referente que el lector, idealmente, habría armado. En segundo lugar, el movimiento en ascenso tiene su cresta en una densidad compacta, que en este caso, implica la explicación de los conceptos de fuerza expuestos: “A altas velocidades, puedes ver el embudo sacudiéndose mientras la canica se mueve por el borde. Esto es porque la canica empuja fuerte la pared, y la pared empuja fuerte la canica...”, que es una abstracción ya construida por el resto del texto en la apertura de la figura 41.

El segundo valle y cresta en el final de la gráfica 20 representa las ondas semánticas constituidas por el texto en el segundo recuadro de experimento de la figura 41: “Ata una pelota de tenis al extremo de una cuerda de 1 m de largo. hazla girar suavemente por encima de tu cabeza. ¿Puedes sentir el tirón que necesitas dar a la cuerda para mantener la pelota moviéndose en círculos?”, que nuevamente hace un anclaje, pero este segundo recuadro no ancla el concepto al modelo armable, sino a una actividad nueva que implica atar una pelota de tenis, objetos que podrían ser comunes en la cotidianidad del lector, para ejemplificar el conocimiento disciplinar adquirido. La pregunta final de este texto refiere a estos conceptos revisados, por lo que su densidad semántica sugiere un ascenso en intensidad.



presentados. En la primera página de la apertura en la figura 44, el contexto utilizado para relacionar la información es la arquitectura egipcia y el método de utilizar rampas para mover los grandes bloques de la pirámide, como en el texto: “Estos antiguos egipcios están construyendo una pirámide y utilizan una rampa para elevar un bloque de piedra”, representado en el tercer valle de la gráfica 21, cuyo ascenso representa el uso de “utilizan una rampa para elevar...”, lo que representa el concepto principal de la apertura.



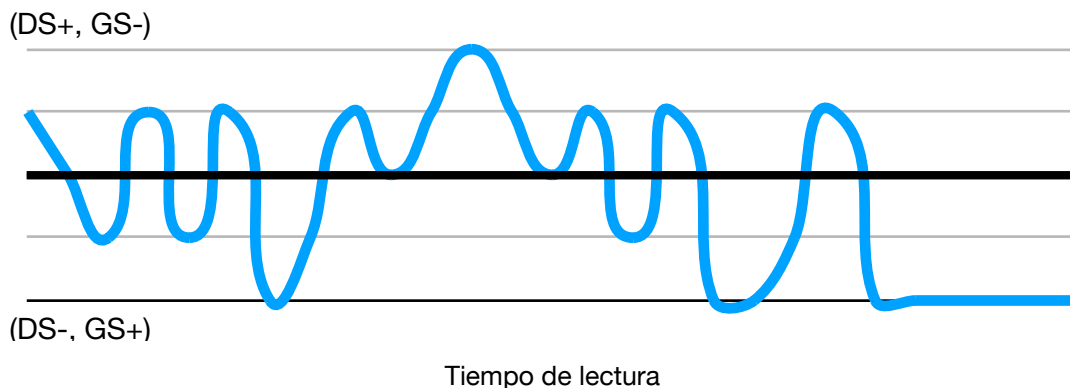
**Gráfica 21.** Ondas semánticas del texto en la figura 44, *Cómo funcionan las máquinas* de Nick Arnold y Allan Sanders.

En la gráfica 22 podemos ver las ondas semánticas correspondientes al tema “palanca”. Se puede notar, de la gráfica, que encontramos más movimientos regulares entre una densidad técnica y una densidad común y anclada, lo cual se da por el uso particular de las estructuras lingüísticas presentadas, en su mayoría, de registros de presentación y exposición (*expounding*) que explican los procesos y funcionamientos de las distintas máquinas y mecanismos. En la gráfica 22, vemos cerca de la parte inicial un momento que desciende hasta una densidad *anclada*, este momento corresponde con el texto: “Subibaja o balancín. Este conocido juego es un tipo de palanca en la cual el fulcro está ubicado entre el esfuerzo y la carga”, donde encontramos un elemento de la vida diaria al cual la densidad semántica se *ancla* para inmediatamente relacionar ese elemento con el tema principal de la apertura, exponiendo un factor importante de la máquina en cuestión: “es un tipo de *palanca* en el cual el *fulcro* está ubicado entre el *esfuerzo* y la *carga*”. Vemos así un momento de abstracción que corresponde a la

presentación de las partes de una palanca en términos de un objeto cercano a la vida cotidiana de los lectores. En la gráfica, el ascenso desde la densidad *anclada* representa la abstracción del elemento anclado “subibaja” con su categorización como una palanca con características particulares.

Otro punto importante en este libro, y visible en la gráfica 22, es la presentación de una línea temporal que presenta distintos usos de la máquina en cuestión a lo largo de la historia, que a lo largo de todo el libro se presenta en la parte baja de las aperturas. En la gráfica 22, la línea del tiempo correspondiente a la palanca está representada en el final, donde se muestra como un anclaje de la información expuesta en sus usos en diferentes momentos de la historia con ejemplos como la balanza, trabuquete, abrelatas y abrebotellas. Este anclaje se da por el uso de una ejemplificación de la palanca en objetos de la vida diaria que podrían reconocerse como tal, exponiendo además información que complementa cada objeto con el momento de su aparición o invención.

— Ondas semánticas, figura 45, *Cómo funcionan las máquinas*.



**Gráfica 22.** Ondas semánticas del texto en la figura 45, *Cómo funcionan las máquinas* de Nick Arnold y Allan Sanders.

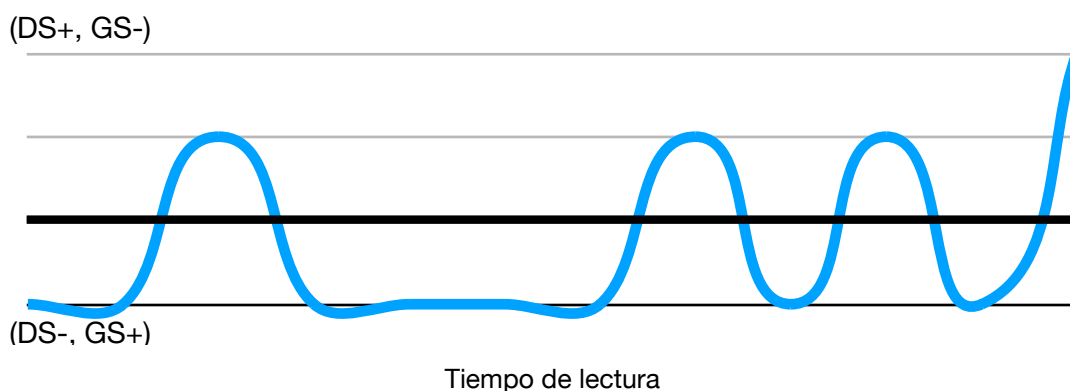
Otro punto importante en este libro es el uso de los modelos armables para ver una representación de la máquina y su funcionamiento. La gráfica 23 presenta las ondas semánticas derivadas de la figura 48, donde se presenta el tema “Trinquete”, un mecanismo introducido de la siguiente manera:

La mayoría de los mecanismos pueden moverse en dos direcciones: hacia adelante y hacia atrás. pero algunas máquinas, como el torniquete o molinete, deben moverse en una sola dirección. El trinquete es un mecanismo que solo permite el movimiento en una dirección.



En la gráfica 24, podemos ver un primer momento que se encuentra anclado. Dado que el libro busca construir una narración, en lo visual y en los textos expuestos, el anclaje se da gracias a una construcción en registro de recreación de los conceptos relacionados al movimiento, cuyo primer momento de introducción de un concepto abstracto se representa en la gráfica como la primer cresta, en el texto: “¡Soy movimiento!”, lo cual indica el nombre de uno de los personajes y también representa un concepto con cierta densidad semántica en la dinámica y mecánica. El valle largo que se forma en la parte central de la gráfica 24 muestra una secuencia narrativa en el texto, en el que se utiliza nuevamente un registro de recreación para construir una serie de acciones entre los personajes que eventualmente culmina en algunas explicaciones que salen de la narración para proponer aspectos del conocimiento de las fuerzas y movimiento como fenómenos naturales: “¡Somos un equipo! Los objetos no se mueven solos”, “Tienes razón. ¡Me necesitas!”, momentos representados en la segunda cresta, seguida de la presentación del personaje Fuerza y finalmente una última cresta que los vuelve a presentar juntos: "Y juntos somos... ¡Fuerza y movimiento!”.

— Ondas semánticas, figura 49, Fuerza y movimiento.



**Gráfica 24.** Ondas semánticas del texto en la figura 49, *Fuerza y movimiento*, de Joseph Midthun y Samuel Hiti.

El libro muestra momentos en la lectura que remiten a ejemplos de la vida real donde los conceptos introducidos son aplicados. La gráfica 25 muestra las ondas semánticas de una apertura que muestra este proceso en la lectura. El primer valle en la gráfica no representa una parte de la narración sino un *anclaje* dado por la contextualización en la cotidianidad de las fuerzas: “Existen muchas fuerzas actuando a

tu alrededor todos los días. Por ejemplo, esta excavadora. Una fuerza mecánica en acción”, cuya última parte representa un movimiento ascendente que termina en la primera cresta de la gráfica. Este elemento que es representado por la cresta, “fuerza mecánica”, tiene un desempaquetamiento circunstancial, dado por la ejemplificación de la excavadora: “¡Eso sí que es un montón de fuerza”, representado por el descenso hasta un lenguaje *común*. La segunda cresta en la gráfica se da por retomar el concepto de gravedad: “¿Recuerdas la gravedad? Un astronauta en la luna sólo puede sentir cerca de una sexta parte de la gravedad que tú sientes en la Tierra”. La última cresta en la gráfica 25 representa al texto: “El **magnetismo** es otro tipo de fuerza. Los imanes pueden atraer o repeler ciertos materiales”, donde se configura el ascenso por la introducción de “magnetismo” así como un descenso dado por la relación creada “es otro tipo de fuerza”, que representa un registro de presentación y exposición que permite relacionar al magnetismo con la clase “fuerzas” que la apertura en la figura 51 intenta ejemplificar.

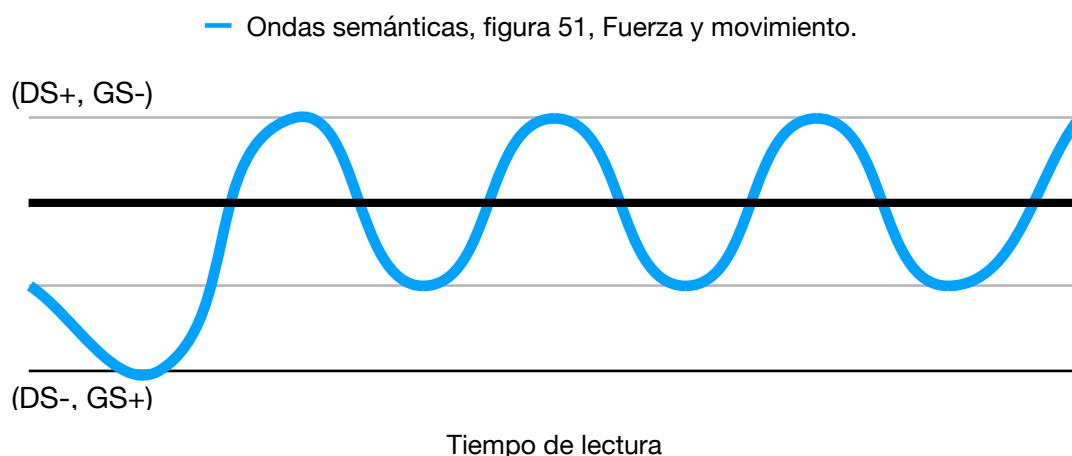
Podemos ver una regularidad en la presentación de densidades semánticas comunes y ancladas a lo largo de todo el libro, lo cual responde al uso tanto de contextualizaciones de la información y conocimiento disciplinar por medio de ejemplificaciones, y al uso de registros de recreación par construir el hilo narrativo que permite la exposición de conceptos y fenómenos del movimiento e interacción de fuerzas. En la gráfica 26 podemos observar estos momentos que cumplen el rol narrativo en la lectura, con una densidad semántica *común* representada en los valles. Este libro se presenta en un formato particular que induce a una estructura lingüística narrativa, la estructura de los elementos visuales en una viñeta procura en todo momento representar a los personajes conduciendo una acción o interacción, ya sea entre personajes, con objetos o con su entorno. Al mismo tiempo, suceden textos como los siguientes, (cada línea de texto representa una burbuja de diálogo):

Movimiento (M): Los científicos definen el movimiento como un cambio de posición.  
M: Si comenzamos aquí...  
M: y nos pasamos para acá...  
M: ¡Ya nos movimos!

Que es el texto inicial de la figura 52, donde a partir de una secuencia de acciones del personaje movimiento, se elabora sobre la definición del concepto por medio de una

ejemplificación. Así, la primera línea del personaje Movimiento configura dos elementos interesantes, por un lado, se habla de usos del lenguaje de una comunidad particular, al nombrarlos directamente; en segundo lugar, se configura la definición de movimiento desde la perspectiva de esa comunidad como “un cambio de posición”. En la gráfica 26, esta primera línea configura desde una densidad común a los científicos, para inmediatamente aumentar la densidad semántica en el concepto “movimiento” y un desempaquetamiento del mismo como definición.

Las siguientes tres líneas de la viñeta recrean una secuencia de acciones realizadas por el personaje, que ejemplifican el concepto recién introducido al dibujarlo en 4 lugares distintos de la viñeta, un lugar por línea de diálogo. Ya que estas representan una recreación de una secuencia particular de eventos, en un formato textual/visual como el cómic, la densidad semántica se encuentra en el nivel *común*.

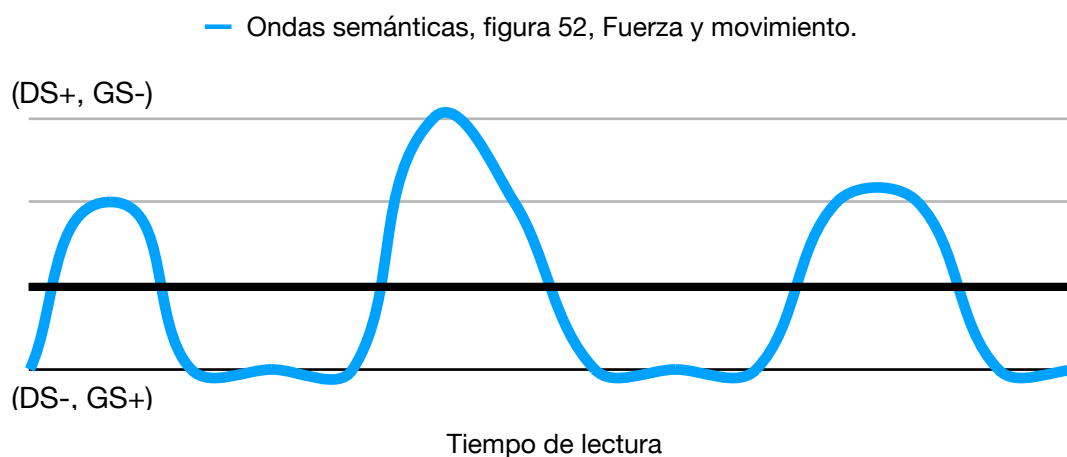


**Gráfica 25.** Ondas semánticas del texto en la figura 51, *Fuerza y movimiento*, de Joseph Midthun y Samuel Hiti.

La siguiente cresta en la gráfica 26, la cresta central, se da por la pregunta realizada por uno de los personajes: “¿Conoces las características más importantes del movimiento?”, que configura una abstracción que caracteriza los conceptos por introducir, lo cual aumenta la densidad semántica de la enunciación; esta pregunta se responde en la siguiente viñeta: "Velocidad y trayectoria", que compactan la abstracción previa en dos conceptos puntuales. Cada uno de estos conceptos es después explicado en el mismo formato, a partir de una definición seguida por una ejemplificación en la secuencia de eventos recreada por las acciones y actividades de los personajes:

M: La velocidad es la distancia recorrida en un tiempo determinado.  
M: Nuestros coches recorrieron la misma distancia.  
M: ¡Pero al tuyo le tomó más tiempo llegar aquí!  
Fuerza (F): Porque viajó a una velocidad menor que tu coche.

En las gráficas del libro *Fuerza y movimiento* hemos visto que el uso de un registro de recreación sirve como el medio para presentar conceptos abstractos de la ciencia, definirlos y retomarlos en función de una secuencia narrativa que ilustre el concepto introducido. Del mapa 10, podemos ver esta relación entre la incidencia de registros de recreación y presentación y exposición (*expounding*), de donde podemos asumir que el formato de cómic facilita un medio para la presentación de conceptos abstractos del estudio del movimiento.



**Gráfica 26.** Ondas semánticas del texto en la figura 52, *Fuerza y movimiento*, de Joseph Midthun y Samuel Hiti.

En el mismo sentido de construcción narrativa que el libro anterior, el libro *Hugo y las leyes del movimiento* de Noboru Takeuchi y Marisol Soto, muestra una narración que sigue al personaje Hugo, en su aventura por rescatar a su perro, secuestrado por el Dr. Malvadizco. El libro expone por tanto, un cuento que utiliza la narrativa para introducir conceptos sobre el estudio del movimiento.

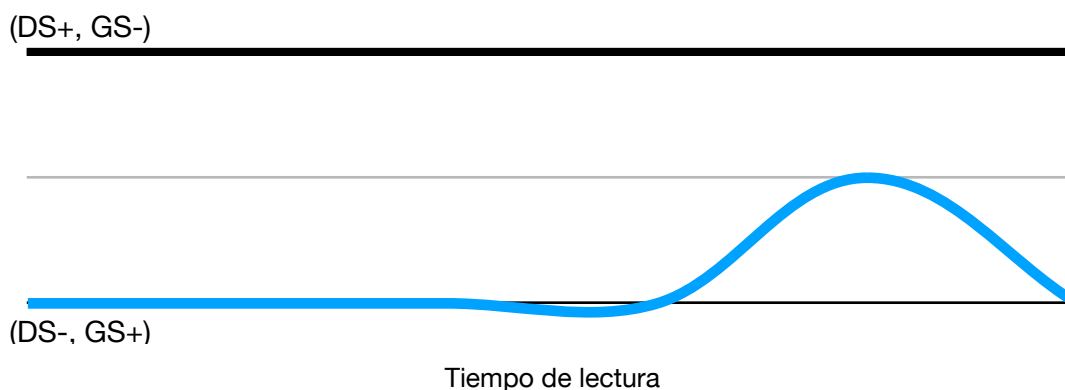
Por tanto, el registro general del libro se configura como recreación que, en términos de Matthiessen, configura “contextos donde un flujo de eventos imaginarios particulares humanos son narrados para lograr algún tipo de efecto estético” (2015: 6), con ello describiendo la aventura de Hugo. La gráfica 27 muestra la primera parte de la narración, donde se introduce al personaje en un contexto particular, el salón de clases.

Ya que se trata de una narración, la densidad semántica se encuentra *anclada* en la primera en la primera parte de la gráfica. El texto en esta primera parte lee:

Eran los últimos días de clase y Hugo estaba peligrosamente cerca de reprobado el año. Aunque parezca increíble, esto no le quitaba el sueño... Para él lo único importante era el fútbol y pensaba que para practicarlo no necesitaba saber nada de ciencia.

El primer momento que muestra una abstracción en la gráfica tampoco sale necesariamente del marco de registro que se emplea, sino que utiliza una abstracción en densidad *común* para resumir el cuento a manera de presentación: “Esta es la historia de cómo nuestro pequeño amigo, aplicando las leyes de la física, logró rescatar a su perro de un malévolo científico loco y, de paso, salvó al mundo de un gran peligro”, donde el término “leyes de la física”, que no es explicado y no corresponde a un concepto determinado, sino un conjunto de conocimientos que el texto desarrollará a lo largo de la lectura. Inmediatamente después de esta mención el texto continúa con la narración de los eventos, marcando el principio del hilo narrativo: “Todo comenzó hace mucho tiempo, con nuestro futuro héroe en el salón de clases...”, marcando nuevamente una densidad *anclada*.

— Ondas semánticas, figura 53, Hugo y las leyes del movimiento.



**Gráfica 27.** Ondas semánticas del texto en la figura 53, *Hugo y las leyes del movimiento*, de Noboru Takeuchi y Marisol Soto.

La gráfica 28 muestra un momento en la narración donde se introducen algunos conceptos con mayor densidad semántica, relacionados a la disciplina. El texto comienza por presentar a Galileo Galilei, y da información sobre su lugar de nacimiento, así como algunos elementos de la narración que describen al personaje: “— ¡Mí nombre es Galileo Galilei! Ragazzo. La mia mama me dio a luz en la piccola Italia

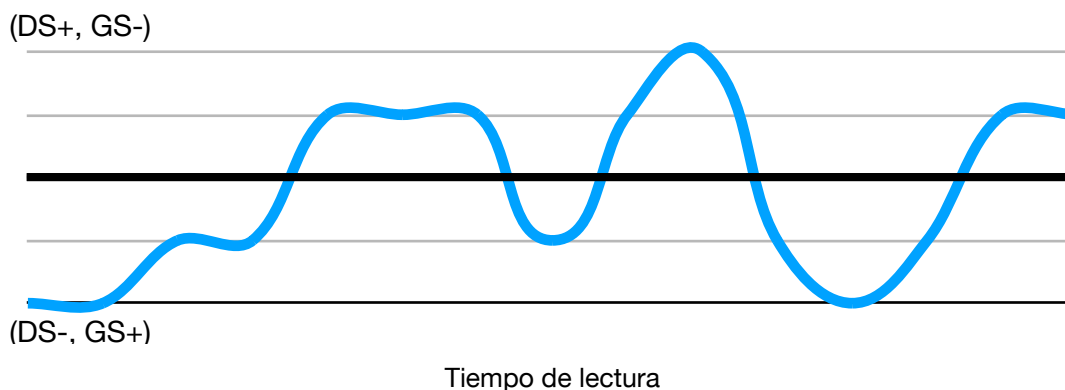
— se adelantó el personaje, vestido con una ropa muy llamativa”, esta secuencia de diálogo está representada en la primera parte de la gráfica, como el valle inicial, cuya descripción de su atuendo aumenta un nivel de densidad, en tanto que se describe en un lenguaje común una descripción del personaje.

El segundo momento en la gráfica, la primera cresta que asciende a densidad semántica *compacta* representa al perfil académico con el que Galileo se presenta:

Fui varias cosas: matemático, astrónomo, inventor y físico. Muchos me consideran el padre de la ciencia moderna —y seguidamente le recitó su biografía—. Inventé entre otras cosas, el telescopio astronómico y el reloj de péndulo, —presumía el notable hombre de ciencia, frotándose la barba.

Lo cual representa, como fue dicho, un ascenso en densidad semántica en el texto que culmina en la primera cresta de la gráfica, cuyo descenso, representa en el texto una intervención de Hugo: “Oh sí he visto varios en los museos”, en un lenguaje con densidad semántica *común*, para de nuevo subir, primer a una densidad semántica *compacta* y finalmente densidad *conglomerada* en: “Pero además, descubrí las manchas del Sol y las lunas de Júpiter [...] pero creo que mi contribución más importante a la ciencia fue el uso de las matemáticas en el estudio del movimiento de los cuerpos”. Después de esta interacción, se da una contextualización en la narración del concepto movimiento, donde Hugo relaciona el concepto con lo que un personaje anterior le comentó: “Movimiento, sí, pero y tú qué tienes que ver con los planetas y sus órbitas? Acabo de hablar con Aristóteles, y me dijo que los planetas están alrededor de la Tierra, y que ustedes tienen unas ideas raras”, retomando el registro de recreación para

— Ondas semánticas, figura 56, Hugo y las leyes del movimiento.



**Gráfica 28.** Ondas semánticas del texto en la figura 56, *Hugo y las leyes del movimiento*, de Noboru Takeuchi y Marisol Soto.

configurar el hilo narrativo general del libro, permitiendo de esta manera un “diálogo” entre los conocimientos científicos de diferentes momentos históricos relacionados a un mismo fenómeno, que a su vez está relacionado con la trama del cuento y la presentación de un acercamiento a la historia de la ciencia.

En la gráfica 29 podemos ver otro momento en la narración que utiliza un registro de presentación y exposición para construir la definición de la “ley de gravitación universal”, exponiendo los distintos procesos que implica esta ley:

Todos los objetos se atraen unos a otros, y la fuerza de atracción depende de la masa de los objetos. Entre mayor sea la masa, mayor es la fuerza. También depende de la distancia que los separa. Entre más lejos estén los objetos menor es la fuerza de atracción.

Con este texto en un registro de presentación y exposición, presenta varios elementos que han sido expuestos anteriormente en la narración; sin embargo, dado el nivel de abstracción que la ley mencionada requiere, es necesario tener conocimiento básico de estos elementos, donde se construyen aspectos como atracción, masa, fuerza, distancia, que son conceptos con un valor de densidad semántica particular, en la gráfica representado como *compacto* a partir del descenso de la primera cresta, que corresponde al nominal “Ley de gravitación universal” (figura 58).

El punto más bajo representado en la gráfica, vuelve tomar un registro de recreación para continuar la narración:

Hugo iba anotando todo en su libreta y remarcó lo que le parecía más difícil de entender. Después receloso miró a Sir Newton. Pero de seguro el científico ya estaba acostumbrado a que lo miraran de esa manera, así que continuó sin darle importancia.

La narración de lo anterior configura distintos aspectos. Por un lado, la primera cláusula hace una referencia a la disposición visual de la página anterior, donde se ilustra una especie de bloc de notas donde están los apuntes del personaje. En segundo lugar, el resto del texto presenta una secuencia de eventos que describen la escena de la narración, y perfila al personaje científico como “acostumbrado a que lo miraran de esa manera”, que podría ser una referencia al nivel de abstracción de su lenguaje (la definición de la ley de gravitación) y la necesidad de Hugo (como lego y expuesto en principio como desinteresado por la ciencia) de ejemplificaciones o más explicaciones.



Por último en la sección de libros sobre dinámica y mecánica, el caso del fragmento del libro *Física divertida* presenta un formato de libro interactivo o pop-up, donde, en un registro de presentación y exposición se introducen informaciones del estudio científico de distintos fenómenos, como el movimiento y la interacción de fuerzas.

La gráfica 30 muestra la apertura del libro correspondiente al tema “A la fuerza”, donde se exploran los conceptos sobre la interacción de fuerzas y leyes del movimiento, así como distintas aplicaciones de estos fenómenos en la tecnología humana y algunos recursos históricos que dibujan el contexto de producción de esos conceptos. Nótese que en la ondulación semántica, aparecen constantemente momentos de densidad semántica de nivel *técnico* seguidos en su mayoría por descensos que contextualizan la información disciplinar en ejemplos de la vida cotidiana, tecnologías, y contextualización histórica, así como actividades que el lector puede replicar como “experimentos” que *anclan* el conocimiento en una práctica particular.

El registro predominante de estos procesos de explicación se da en presentación y exposición (*expounding*) por lo que el libro cumple con el género textual de un libro referencial, donde se presentan distintas informaciones relacionadas a fenómenos particulares y, con el discurso particular de la divulgación científica, se construyen elementos que completan la información más allá de un lenguaje solamente científico, sino utilizando distintos recursos para contextualizar tanto el conocimiento como sus procesos de producción, aplicaciones, historia, ideologías, y prácticas.

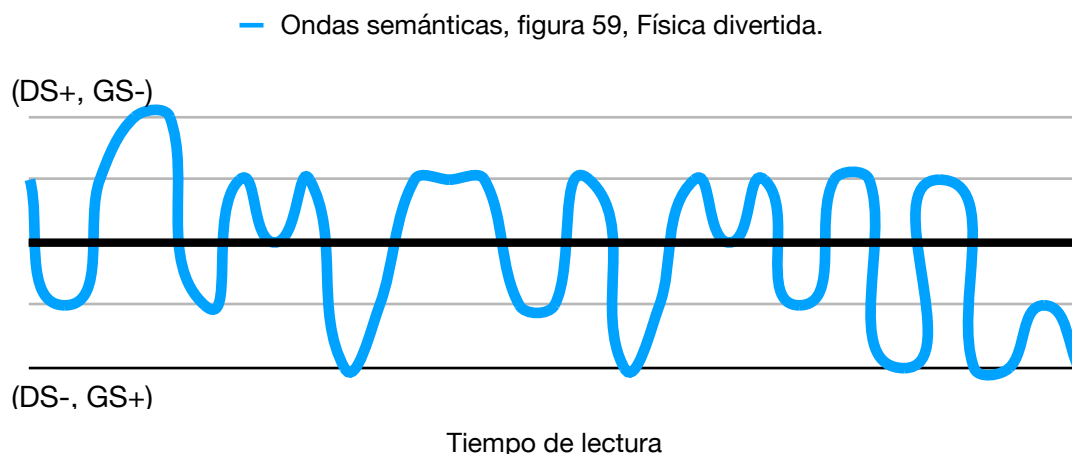
En la figura 59, el primer texto presenta el concepto de fuerza y relaciona ejemplos de sus interacciones:

Las fuerzas son empujones o jalones que actúan sobre los objetos, desde los planetas más grandes hasta los átomos más pequeños. Las fuerzas no se pueden ver, pero sí sus efectos, por lo que si pateas una pelota, la moverás. Una de las fuerzas que experimentamos cada día es la gravedad. La gravedad atrae objetos entre sí, pero el tirón es más fuerte sólo si uno de los objetos es enorme, como la Tierra.

Este texto está representado en el primer valle, cresta y el descenso de la cresta, considerando “las fuerzas” como el punto inicial, seguida por una definición “son empujones o jalones”, y una referencia de su ocurrencia en el mundo real, que implica un descenso en densidad semántica que revisa y elabora sobre el concepto “fuerzas”.

Seguido de este descenso, se “empaqueta” la gravedad como un fenómeno de la misma clase que constituye “fuerzas”. Al hablar de gravedad, se conjuga un elemento que implica otros conocimientos, no expuestos aún al lector, pero que a lo largo de la lectura implicará el descubrimiento de otros fenómenos y conocimientos científicos, así como implicará el trabajo de personajes científicos. Por esta razón, la densidad semántica resultante del concepto “gravedad” en este párrafo resulta *conglomerada*, y su desempaquetamiento se dará a lo largo de la lectura de la apertura completa, que siguiendo patrones textuales similares al del texto citado.

El formato del libro muestra registros mayormente de presentación y exposición, con algunos momentos de registros de habilitación donde se dan instrucciones para replicar un fenómeno particular. En la gráfica 30, el experimento está representado en la última secuencia de valle, cresta y descenso. La segunda parte del experimento lee: “Apila varias monedas sobre una mesa. Golpea la moneda inferior con una regla. ¿Qué sucede? Debido a que sólo se le aplicó una fuerza a la moneda inferior, sólo esa moneda se mueve”, representado en la última cresta de la gráfica 30. cuya cúspide corresponde al uso del término fuerza para explicar lo que ocurre al realizar el experimento.

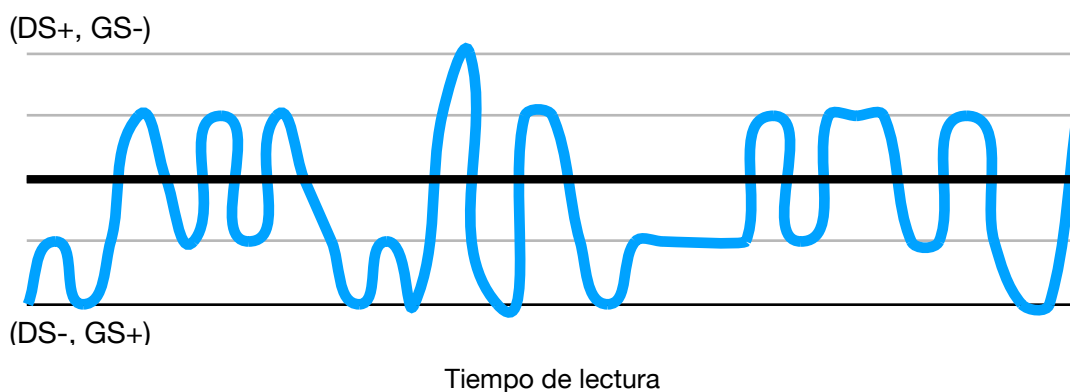


**Gráfica 30.** Ondas semánticas del texto en la figura 59, *Física divertida* de Tom Adams y Thomas Flintham.

En la gráfica 31 podemos ver la última gráfica de la sección de libros de mecánica y dinámica, tomada de la figura 60, donde se expone el tema “Siente la fricción”, concepto que se explora desde distintas aplicaciones para aprovechar o disminuir la fricción entre materiales. Estos distintos ejemplos de fricción en el entorno

del lector permite la introducción de los aspectos de la fricción a partir de una descripción que abarca un espectro amplio de usos, como patines de hielo, llantas especializadas para climas, fricción y producción de calor, resistencia del aire y una relación de máquinas simples, cuyo funcionamiento también implica el aprovechamiento de la fricción. Así, el discurso del libro utiliza recursos como los registros de presentación y exposición para construir relaciones entre información disciplinar y algunos contextos que pudieran ser reconocidos por el público lector. En ese mismo proceso, se retoman también las prácticas que permiten, tanto replicar el fenómeno, como configurar una secuencia de acciones que son en conjunto un proceso particular de la ciencia, la experimentación implica el replicar un fenómeno natural con variables controladas y observaciones respecto a las mismas, que generan hipótesis y comprueban teorías. Este proceso, recontextualizado para ser accesible al lector, se presenta en el momento final de la lectura, habiendo esta última configurado las variables consideradas y los procesos necesarios para que el lector pueda relacionar toda la información en esa actividad.

— Ondas semánticas, figura 60, Física divertida.



**Gráfica 31.** Ondas semánticas del texto en la figura 60, *Física divertida* de Tom Adams y Thomas Flintham.

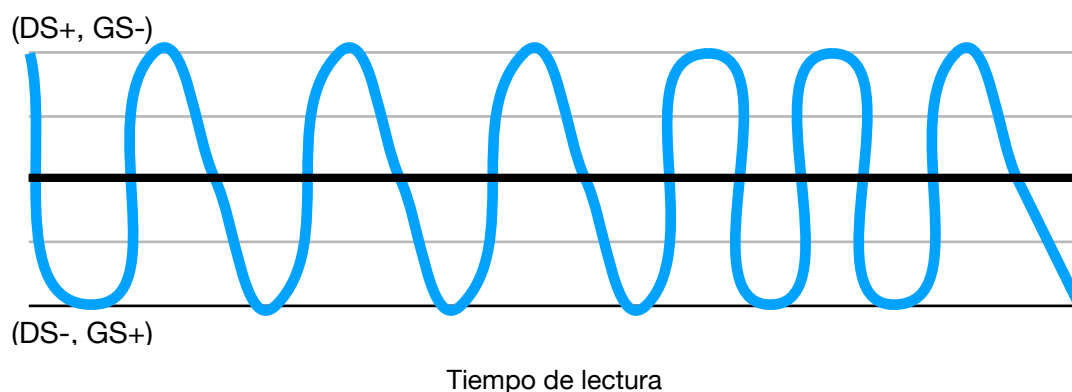
A partir de estos elementos, estructuras semánticas y recursos epistemológicos pertenecientes a la física, el libro *Física divertida* construye relaciones entre contextos y conceptos. La ciencia provee un acervo de contenido que el libro recontextualiza lingüísticamente y ejemplifica el contenido. Es importante notar que no se busca una

configuración de todos los aspectos del conocimiento disciplinar, sino que se presenta como una primera introducción o acercamiento a ese contenido disciplinar.

Este mismo proceso de relación de conocimiento disciplinar con contextos determinados se puede observar con mayor intensidad en los últimos dos libros del corpus, pertenecientes a la sección de temas variados de ciencias.

El primero de estos libros *100 cosas que saber sobre ciencia* presenta la estructura de un libro de referencia, donde se desarrollan temas que comprenden una gran variedad de ramas científicas y de cultura general. El libro presenta un flujo de registros de presentación y exposición que relacionan conceptos, explicaciones y una contextualización particular que ubica al concepto en un aspecto de la vida cotidiana.

— Ondas semánticas, figura 62, *100 cosas que saber sobre ciencia*.



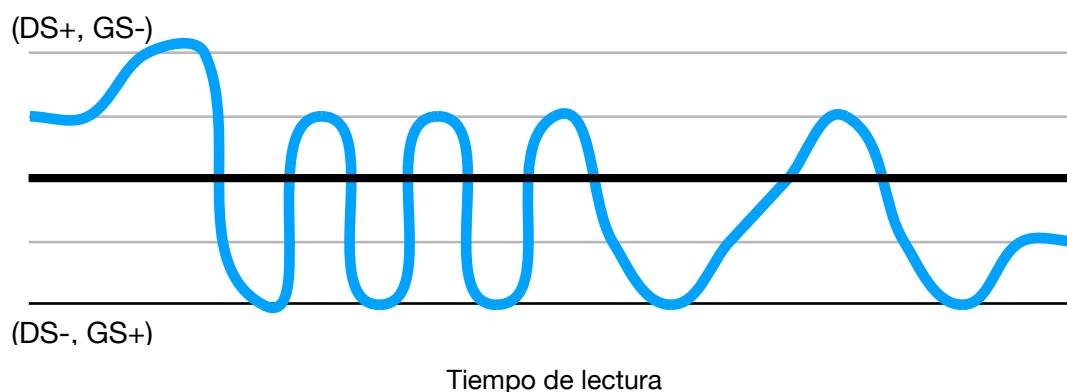
**Gráfica 32.** Ondas semánticas del texto en la figura 62, *100 cosas que saber sobre ciencia* de Alex Firth.

La gráfica 32 muestra las ondas semánticas del tema “Las primeras plumas...”, que presenta las supuestas funciones de las plumas en los dinosaurios. En la figura 62 podemos ver que la ilustración muestra varias especies de dinosaurios emplumados que comparten un mismo fondo con los textos que indican las funciones, cada una de las cuales representa una cresta en la gráfica 32. Junto a las funciones de las plumas (calentarse, camuflarse, destacar, moverse y escapar), los textos hacen una elaboración sobre la función respectiva, representada como cada descenso de una cresta. En este caso, la ondulación semántica resulta muy regular en tanto que las relaciones formadas no constituyen un lenguaje abstracto disciplinar, y en cambio, es relacionado con funciones que pueden pertenecer al lenguaje común con unos pocos referentes de

densidad baja como el caso del texto que define la función de “calentarse”: “Algunos dinosaurios estaban cubiertos de plumas larguísimas, que resultarían ideales para atrapar el aire caliente que tenían junto a la piel”; o el texto que acompaña la función “destacar”: “Algunas especies desarrollaron un plumaje muy llamativo para atraer a sus parejas o espantar a sus posibles competidores”. Podemos ver, de estos y el resto de textos en la figura 62, un registro de presentación y exposición que elabora sobre la clase “plumas”, exponiendo distintas funciones de la misma y relacionando cada uno de esos fenómenos desde un contexto paleontológico en un lenguaje que es constantemente desempaquetado.

En la gráfica 33, vemos las ondas semánticas de un tema en el libro que construye información relacionada a la historia de la ciencia. El tema 24 del libro, titulado “Marie Curie...”, muestra una línea del tiempo donde se localizan los eventos notables en la vida de la científico polaca. Dada la estructura de los textos y su disposición en una línea temporal, cada texto está titulado por el año de ocurrencia. Así, cada año representa un *anclaje* que resulta en una disposición semántica particular, construyendo una secuencia particular. Por otro lado, cada texto explica un evento importante en la vida científica de Marie Curie, introduciendo algunos elementos con mayor densidad semántica tales como: “1898. Marie y su esposo, Pierre, descubrieron el radio y el polonio”. El registro que se presenta en este caso es de reporte, que construyen contextos donde un flujo particular de eventos humanos desplegados cronológicamente ayudan al lector a revisar eventos (Matthiessen 2015: 6).

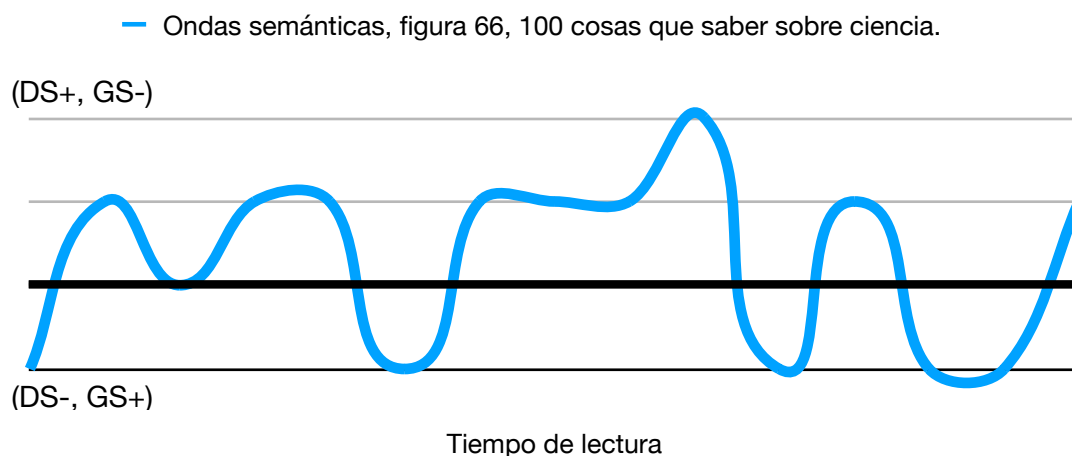
— Ondas semánticas, figura 64, 100 cosas que saber sobre ciencia.



**Gráfica 33.** Ondas semánticas del texto en la figura 64, *100 cosas que saber sobre ciencia* de Alex Firth.

El libro presenta formatos de ilustración que permiten ejemplificar y construir un flujo de lectura que facilita la comprensión de los fenómenos expuestos. Uno de estos ejemplos es el tema expuesto en la figura 66, titulado “Cuando recordamos algo...”, donde se presentan informaciones de la neurología que comprenden el estudio de la generación de recuerdos. La ilustración y sus textos, representados en la cresta con mayor densidad semántica en la parte central de la gráfica 34, exponen las diferentes etapas de la construcción de un recuerdo a partir de un diagrama que representa al cerebro y los ojos. El registro que se usa para los distintos textos que aparecen en este tema están desarrollados como presentación y exposición, relacionando todos los factores del fenómeno de recuperación de recuerdos como una operación neurológica.

Gracias al formato del libro *100 cosas que saber sobre ciencia*, el lector tiene la libertad de explorar los temas de acuerdo a su propio interés, sin la necesidad de seguir un hilo narrativo que perdure a lo largo de todo el libro, ni límites en cuanto a la disciplina que se presenta, ofreciendo mayor versatilidad para ello con un alto rango de ciencias exploradas, fenómenos naturales, historia y cultura humana explicados por las mismas desde una perspectiva de literacidad científica, es decir, no una construcción del conocimiento disciplinar exclusivamente, sino una relación y recontextualización de ese conocimiento para construir información relevante y significativa para el lector.



**Gráfica 34.** Ondas semánticas del texto en la figura 66, *100 cosas que saber sobre ciencia* de Alex Firth.

El siguiente y último libro analizado, presenta un formato diferente que considera la construcción del conocimiento disciplinar desde una perspectiva que

configura la práctica científica y a los científicos como agentes rebeldes que desafiaban los conocimientos establecidos en sus épocas, para producir nuevas teorías y conocimiento científico. En *Ciencia rebelde* se construyen pequeñas biografías de personajes científicos que trabajaron en un amplio rango de ramas científicas.

Desde el título del libro, podemos notar que la práctica científica es valorizada como una serie de desafíos y cambio de paradigmas que permiten el progreso del conocimiento, o sus fallos y “camino sin salida”. La primera apertura del libro, como fue analizado en el capítulo anterior, clasifica a la ciencia como “curiosidad”, “desacuerdo”, “descubrimiento” y “un viaje largo”, este último constituye también una referencia a las ilustraciones que se muestran a lo largo del libro, una “carretera del conocimiento”.

En la gráfica 35 se muestran las ondas semánticas de la figura 68, que presenta el tema “La historia del sistema solar”, el texto de introducción lee:

Con las estrellas en sus ojos, esos tipos se pusieron a observar el Universo, y anotaban cuidadosamente todo lo que veían, Estaban entre los primeros científicos rebeldes. Sus ideas sobre el sistema Solar entraban en conflicto con las creencias aceptadas de su tiempo.

Que configura desde el punto inicial de la gráfica 35, hasta el segundo valle, este último representa la referencia en el texto al “conflicto con las creencias aceptadas”, que contextualiza las ideas producidas por los científicos que “anotaban cuidadosamente todo lo que veían”. En este texto se comienzan a perfilar las conductas de los científicos desde la perspectiva general del libro que los engloba en una actitud “rebelde”, así como la práctica particular de anotar sus observaciones, un elemento importante en la configuración de prácticas científicas.

En cada texto de la apertura se presenta a un científico que dedicó algún momento al estudio de los astros y movimientos planetarios. El primer texto de este tipo presenta a Ptolomeo y sus observaciones astronómicas:

Si miras el cielo nocturno, las estrellas y los planetas parecen rodar lentamente sobre tu cabeza. Para nosotros no hay percepción de movimiento, lo que hizo pensar a los primeros astrónomos que la Tierra estaba en reposo, justo en el centro de todo.

Donde se configuran dos momentos distintos, una referencia a experiencia sensorial del lector y la conclusión de los primeros astrónomos respecto al movimiento planetario.

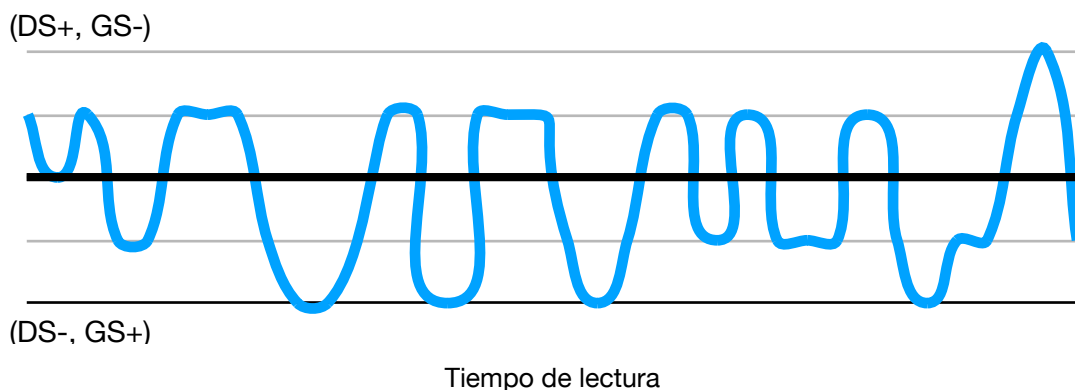
Esta secuencia se representa en la cresta de densidad semántica *compacta* ya que supone un conocimiento particular con un nivel de abstracción que corresponde no a la configuración de ciencia, sino de historia de la ciencia. El registro inicial de este fragmento es uno de reporte al referir a la experiencia del lector y en el mismo registro se habla del pensamiento general respecto al movimiento de los astros.

Uno de los textos en la parte central de la apertura en la figura 68 presenta a Tycho Brahe, representado en el 5to valle de la gráfica 35:

Tycho vivía en su propia isla privada, en una casa construida para él por el rey de Dinamarca. ¡Tenía un alce por mascota y organizaba fiestas muy salvajes! Perdió la nariz en una pelea, entonces tenía un par hechas de metal. Tycho hizo soberbias observaciones del cielo nocturno, y en 1572 vio una “supernova” (la muerte explosiva de una estrella masiva). Su descubrimiento probó que los cielos no eran simplemente fijos e invariables.

Se perfila la vida del personaje con valoraciones como “organizaba fiestas muy salvajes”, “hizo soberbias observaciones” y se le atribuyen conductas como “vivía en su propia isla privada”, “tenía un alce por mascota”, que complementan el perfil del científico en torno al marco conceptual generado por la “rebeldía”. El registro de reporte permite construir el contexto de eventos mencionados que configuran la vida de Brahe; sin embargo, con el objetivo del discurso de divulgación científica de construir conocimiento disciplinar, el texto menciona en el último momento el aporte del científico a la ciencia. Esto parece ser un recurso que pone en primer plano la conceptualización de los científicos como personajes rebeldes, antes que enfocarse demasiado en presentar conocimiento disciplinar. A pesar de esto, no se prescinde del mismo, como se lee en el texto de Brahe.

— Ondas semánticas, figura 68, 100 cosas que saber sobre ciencia.



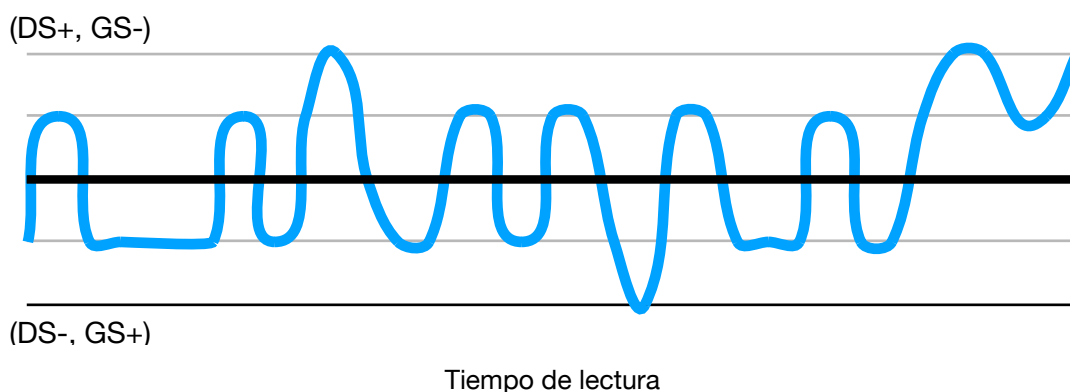
**Gráfica 35.** Ondas semánticas del texto en la figura 68, *Ciencia rebelde* de Dan Green.

Por otro lado, el libro insiste en ubicar a cada científico en su contexto temporal para después presentar su investigación como progreso del conocimiento científico. La gráfica 36, muestra el ejemplo de la figura 70, que corresponde a la última sección del tema “La historia de la vida misma”, el cual sigue el estudio de la biología y microbiología a desde los 1600s hasta 1990. En esta apertura podemos encontrar distintos momentos que presentan nuevamente a los científicos con valoraciones que sugieren su rebeldía, así como explicaciones generales de sus descubrimientos. uno de estos momentos se puede leer en el texto relacionado a la Dra. Lynn Margulis:

Lynn Margulis se arriesgó cuando sugirió que los microbios tomaban ADN unos de otros, e incluso se relacionaban. Ella se aferró a sus argumentos, y en los 80 demostró estar en lo correcto. Las partes de los células vegetales que capturan la luz del sol, y las partes generadoras de energía de las células animales son “polizones”, ¡e incluso tienen su propio ADN!

donde se muestran procesos con carga valorativa como “se arriesgó”, “se aferró” que concuerdan con el marco de rebeldía. Al mismo tiempo el registro de recreación que formula el flujo de eventos de la investigación de Margulis, se utiliza un registro de presentación y exposición para mostrar sus descubrimientos. El texto configura inicialmente la hipótesis propuesta por la científico: “los microbios tomaban ADN unos de otros”, y las acciones de la misma por sostener sus argumentos y finalmente comprobarlos. En la narración de estos eventos, el registro de reporte permite un momento de registro de presentación y exposición donde se muestra una explicación del fenómeno investigado por Margulis, componiendo el concepto de células polizones, que no pertenecen al sistema en el que se encuentran.

— Ondas semánticas, figura 70, 100 cosas que saber sobre ciencia.



**Gráfica 36.** Ondas semánticas del texto en la figura 70, *Ciencia rebelde* de Dan Green.

Los textos en gran parte del libro siguen un patrón similar, donde se califica a los científicos como rebeldes, se muestra su desafío al conocimiento establecido, y se da una breve presentación y explicación de sus descubrimientos o aportes científicos. A pesar de que *Ciencia rebelde*, al igual que *100 cosas que decir sobre ciencia*, no utilizan registros de habilitación para presentar instrucciones, actividades y experimentos al lector, sí se configuran distintas prácticas científicas.

— Ondas semánticas, figura 72, 100 cosas que saber sobre ciencia.



**Gráfica 37.** Ondas semánticas del texto en la figura 72, *Ciencia rebelde* de Dan Green.

Un ejemplo de lo anterior se observa en un fragmento del texto correspondiente a la gráfica 37. Dos fragmentos presentan al médico Andrés Vesalio, representado en las últimas dos crestas de la gráfica 37:

“No me hagan reír. Es verdad, dicen que Galeno es el amo, pero yo digo que es un médico confuso. Galeno ha mezclado sus bestias con sus cuerpos humanos y yo estoy aquí para ponerlo en su verdadera dimensión. A diferencia de él, yo he abierto una gran cantidad de humanos, así que estoy por encima del resto. Sólo para reafirmar mi argumento, he hecho una lista con 200 de los errores más grandes de Galeno. Y ahora tengo un ejército de académicos a mi lado”

Vesalio, el joven profesor belga, comenzó a rebanar cadáveres y cortarlos en pedazos en la década de 1540. Estaba decidido a descubrir cómo funcionaba el cuerpo humano. utilizó los libros de Galeno para ayudarse, ¡y pronto se dio cuenta de que el médico griego realmente nunca había diseccionado un cuerpo humano!

Con estos textos se configura, a partir de un registro de recreación, una respuesta de Vesalio ante la investigación de un médico predecesor, y una recreación de momentos de su vida. También se muestran tres aspectos de la práctica científica: la legitimación de un conocimiento particular por medio del consenso, la importancia de la

experimentación en la producción de conocimiento, y la documentación del mismo en publicaciones.

En los casos analizados se ha mencionado continuamente la interacción de elementos disciplinares y prácticas de comunidades científicas con la producción de estos textos de divulgación científica. Esto resulta de la práctica que el discurso de divulgación científica supone, en el sentido que se ha sostenido en este trabajo, donde no se trata solo de la transmisión o de informar a un público sobre la ciencia, sino de la construcción de conocimiento a partir de hechos, usos lingüísticos, conceptos, historia, filosofía y práctica, todos elementos que deben cultivarse en el lector, quien idealmente adquiere habilidades, pensamiento crítico y reconoce relaciones significativas entre discurso público/cotidiano y ciencia.

El producto final, en vista de todos los elementos analizados, dan forma a la divulgación científica como un discurso que se constituye de una compleja red de registros que dan lugar a géneros textuales variados, los cuales siguen los objetivos de un género discursivo que busca construir un conocimiento no a partir de un lenguaje especializado y abstracto, sino a partir de una serie de prácticas, perspectivas, ideologías, filosofías y conocimiento, así como relaciones que permitan formular de todo ello información significativa para público que no pertenece a una comunidad científica.

## **7. Discusión.**

A lo largo de esta investigación se ha considerado la naturaleza de un discurso especializado en la construcción de conocimientos y prácticas de algunas disciplinas científicas presentes en los libros analizados en el corpus. Este discurso toma códigos que provienen de las prácticas y saberes científicos, producidos en ese medio por agentes también especializados en esas disciplinas.

La complejidad del discurso y prácticas científicas se han construido a lo largo de varios siglos de desarrollo como conocimiento acumulado y paradigmas que renuevan el progreso del entendimiento de sus objetos de estudio. Esta complejidad construye un discurso que no solo produce contenido denso semánticamente, sino que también conjuga una serie de elementos que forman parte del discurso de las ciencias, tales como prácticas sociales y profesionales particulares, formas de construcción de pensamiento crítico y/o ideologías asociadas a la producción y construcción progresiva y acumulativa del conocimiento, considerando cambios de perspectivas investigativas a lo largo del tiempo, así como nuevos problemas en la investigación, tales como la actual discusión por una teoría de gran unificación de las fuerzas.

En los libros analizados encontramos una serie de características que no conforman al discurso de la ciencia, sino que buscan recontextualizarlo en términos que sean cercanos y accesibles al lector. Esto es, el discurso de la divulgación científica más que transmitir un conocimiento particular y formular un acervo de los mismos, busca la reconstrucción y reformulación de conceptos científicos a partir no de la teoría disciplinaria de la física, sino de aspectos de la vida cotidiana o a partir de géneros discursivos y textuales adecuados, con un contexto cercano y significativo para el lector, de modo que la configuración de elementos abstractos de cada disciplina sea también significativa y cercana discursivamente.

El análisis ha arrojado distintos recursos y elementos lingüísticos que, en conjunto, producen contextos textuales particulares a los que el lector puede acceder para revisar temas que puedan ser de su interés. Estos recursos lingüísticos permiten una

construcción particular de estructuras semánticas que introducen conceptos abstractos de la ciencia en formas que resulten significativas para el lector.

Así, observando los mapas de registros que se han producido, podemos encontrar una prevalencia de registros de presentación y exposición que resultan de estructuras que configuran explicaciones, descripciones y categorizaciones para la presentación de conceptos y fenómenos científicos. Estos momentos en los textos producen variaciones semánticas en la lectura que constituyen elementos con distintos niveles de densidad semántica, como conceptos, utilizados en las disciplinas que han producido el contenido central de la divulgación científica; o momentos de anclaje donde se presenta una alta gravedad semántica relacionando un contexto experiencial cercano al lector con algunos conocimientos disciplinares desarrollados en la lectura.

Contemplando las características del discurso de la divulgación científica, estos elementos abstractos relacionan distintos tipos de conocimientos sobre ciencia y en torno a la ciencia con la cotidianidad. Entre los aspectos observados durante el análisis, se encontraron elementos de la historia de la ciencia, de la cultura humana, tecnologías, así como prácticas y protocolos de las comunidades científicas.

Por otro lado, este mismo discurso utiliza otros recursos de registro para producir géneros textuales como entorno semántico conceptual en el que el contenido científico pueda ser mediado. Estos recursos funcionan en conjunto con la presentación y exposición para configurar un texto que el lector encuentre atractivo y que presente los contenidos que busque. A su vez, esto permite configurar los elementos necesarios para poder construir no un texto científico, sino un texto que permita la divulgación de la ciencia como un ejercicio de construcción de literacidad científica, utilizando recursos multimodales que permitan al lector asociar el contenido, tanto visual como textual, como tipos de saberes especializados para la exploración y explicación de temas científicos, considerando un *affordance*, o disponibilidad semiótica, adecuada para la comprensión y asimilación por parte del lector.

En el caso específico de los libros de astronomía revisados, consideremos el lenguaje y práctica de la astronomía. Bajo el entendido que la divulgación de la ciencia no busca transmitir el conocimiento científico como tal, sino que busca hacer una reconstrucción de ese contenido en términos accesibles al lector lego, podemos ver un primer perfil temático en los libros de divulgación de astronomía: la observación del cielo nocturno, explicaciones de lo observable y la configuración de las disciplinas que estudian el espacio, así como tecnologías para hacerlo.

Con esto en mente, los casos revisados muestran mayormente registros de presentación y exposición, con registros de reporte también presentes en todos los libros, aunque en menor medida. Utilizando estos recursos lingüístico-semánticos, se construye conocimiento que presenta una primera aproximación a los contenidos y prácticas de la astronomía, buscando siempre maneras de ejemplificar y reconstruir esos contenidos y prácticas de manera que el lector pueda asimilarlos en un contexto que le sea significativo. Así, el uso de explicaciones sobre cuerpos y fenómenos celestes se hace desde la configuración de géneros textuales que permiten construir un acervo de información (*Descubramos el espacio exterior, El espacio en 30 segundos, Aventúrate en una misión par explorar el espacio, Observa el cielo nocturno*), mientras que otros utilizan un registro de recreación y reporte (*Mensajero de las estrellas*) para presentar la vida y obra de un científico y bajo esa estructura narrativa, definir conceptos y descubrimientos que el científico desarrollo. Otro registro importante en la divulgación de la ciencia son aquellos que permiten exponer instrucciones para el lector, por medio de las cuales podrá recrear los fenómenos naturales explicados o presentar analogías y ejemplificaciones por medio de actividades. Los registros de habilitación y del hacer permiten un tipo particular de estructuras lingüísticas que construyen secuencias de acciones que, al ser recreadas por el lector, ejemplifican los conceptos explicados en el libro. Por otro lado, estos registros también hablan de una configuración específica de la conducta del lector, como es el caso de *Observa el cielo nocturno*, que se presenta al lector como un manual o guía para la observación y por tanto muestra distintos tipos de actividades que el lector puede realizar para mejorar su apreciación de los contenidos científicos del libro.

Es importante notar que hay varios elementos que se exponen como dados en estos libros de astronomía. Al hablar de planetas, constelaciones, estrellas y algunos cuerpos celestes, no es un recurso utilizado el hablar del origen de cada uno de estos objetos a profundidad, sino que se toman en cuenta informaciones particulares que permitan dar una primera consideración de esos conocimientos. Por ejemplo, no es necesaria una historia geológica que considere la formación de cada planeta en los libros analizados, sino que se muestran características de los planetas para un primer acercamiento a estos cuerpos celestes para la construcción de literacidad científica.

La evidencia de estas estructuras lingüísticas para la configuración de literacidad científica en los lectores es observada en los análisis lexicogramaticales, mapas de registros y ondas semánticas, donde podemos dar cuenta de las funciones de estas variaciones entre contextos cotidianos y abstracciones disciplinares. El caso de los libros de astronomía muestra contextos que tienen que ver con la observación del cielo, el sistema solar, algunos cuerpos celestes y la exploración del espacio, y en ellos construye abstracciones disciplinares que buscan organizar el conocimiento de manera que resulte cercano al lector, y con un perfil de uso lingüístico que coincida y sea legítimo dentro de las comunidades científicas, es decir, procuran un nivel de disponibilidad semiótica apropiada al lector y aceptable entre científicos. Encima de ello, ese perfil lingüístico está necesariamente acompañado de prácticas particulares, configuradas bajo parámetros más o menos específicos. En esto es notable el ejemplo de *Observa el cielo nocturno*, que presenta distintas formas para que el lector pueda recuperar conceptos científicos en actividades y para configurar otras prácticas que podrían ser de utilidad en su vida cotidiana y su acercamiento a la observación astronómica.

Para el caso de los libros sobre mecánica y dinámica, el fenómeno particular que se expone es el movimiento, así como sus características, componentes y otros aspectos del mismo. Esto da lugar a contextualizaciones de la vida real donde el movimiento pueda ser ejemplificado (*Montaña rusa de la ciencia, Cómo se mueven las máquinas,*

*Fuerza y movimiento, Física divertida*), mientras que otros producen su propia contextualización por medio de un formato narrativo (*Hugo y las leyes del movimiento*).

A diferencia de los libros de astronomía, el contexto disciplinar de los libros de mecánica y dinámica permite una conexión más directa con el lector, en tanto que los fenómenos del movimiento pueden resultar de contextos que sean más próximos al mismo. Entre los libros que hemos analizado encontramos contextos de máquinas simples que utilizamos cotidianamente, una representación de una estructura de juegos mecánicos y aplicaciones de fuerzas en distintos aspectos de la vida humana; sin embargo, existen constantes entre los temas relacionados al movimiento expuestos por los libros revisados, tales como interacción entre fuerzas y objetos, fricción, velocidad y aceleración, masa y peso, entre otros.

Algunos de los elementos presentados muestran una densidad semántica particular que surge de procesos semiótico-gramaticales como la metáfora gramatical. En conceptos como *movimiento*, *velocidad*, *aceleración*, podemos ver procesos de estabilización gramatical por medio de un paso de proceso o calidad a entidad. Es decir, de movimiento, podemos observar el cambio de categoría gramatical del proceso *mover* a la de una entidad, *movimiento*. Por otro lado, en velocidad y aceleración vemos el cambio de una categoría gramatical de calidad a entidad. Estas metáforas gramaticales, y otros elementos disciplinares observados en los libros, permiten construir sistemáticamente el conocimiento desde sus componentes más básicos. Esto es una diferencia particular que se observa en contraste con los temas de astronomía, donde varios elementos son dados y se construye conocimiento a partir de ellos. Para la dinámica y la mecánica se pueden construir conceptos desde contextos que anclan los fenómenos del movimiento desde sus aspectos más puntuales.

Con esto, podemos ver variaciones semánticas que permiten construir abstracciones disciplinares a partir de la experiencia del lector relacionada a su observación de objetos en movimiento, así como estructuras lingüísticas que permiten recrear fenómenos particulares como ejemplificación de los conceptos disciplinares expuestos.

Los registros de presentación y exposición son más comunes por los motivos antes mencionados, mostrando procesos de definición y explicación de los elementos básicos del movimiento como interacción de fuerzas y masas de objetos. Sobre estos elementos iniciales, generalmente ejemplificados con contextos cotidianos y experimentos, se construyen nuevos conceptos que plantean distintas dimensiones del movimiento. En algunos de los casos, sobre la configuración de estos elementos iniciales es necesaria una enunciación de conceptos con mayor densidad semántica, como las leyes del movimiento de Newton o la Ley de gravitación universal; sin embargo, cada uno de estos elementos es explicado dentro de los parámetros de registro que permite el formato de cada libro.

Observando los mapas de registro de cada libro, podemos ver que hay una mayor cantidad de registros de habilitación en comparación con los de astronomía. Considerando nuevamente la posibilidad de ejemplificar los fenómenos del movimiento con contextos y materiales accesibles al lector, se presentan estructuras lingüístico-semánticas que configuran una serie particular de acciones. Esto funciona en partida doble, por un lado, permite la construcción de una serie de actividades que permiten recrear un fenómeno particular; en segundo lugar, configura una práctica particular de las ciencias, la experimentación por medio del método científico, que si bien no está expresado como tal en cada actividad, si se formulan elementos del mismo, tales como la observación, documentar datos, modificación de variables y construcciones de hipótesis.

Estas características que permiten ejemplificar el conocimiento disciplinar de la dinámica y mecánica en contextos relacionados a la cotidianidad del lector permite construir un primer acercamiento a lo disciplinar con entornos familiares, armando relaciones entre lo científico y lo cotidiano. Los libros analizados presentan así variaciones en densidad semántica que conectan los dos mundos de manera que resulte significativa para el lector, conocimiento que también es legítimo ante las comunidades científicas. Así, podemos ver en las gráficas de ondas semánticas correspondientes a los libros de dinámica y mecánica, una tendencia a la construcción de abstracciones que se

relacionan con contextos cotidianos del lector y que se ejemplifican con experimentos y actividades que permiten situar los fenómenos explicados.

Por último los libros *100 cosas que saber sobre ciencia* y *Ciencia rebelde*, construyen conocimientos de maneras contrastantes. El primero, se basa en perfiles y descripción de las distintas ramas científicas y sus objetos de estudio. El libro busca construir una mirada holística a las disciplinas científicas, que abarcan no solo aspectos del mundo natural, sino temas donde se habla de la influencia en la cultura humana, incluida la tecnología, las artes e historia de la ciencia.

En ese aspecto, el libro *100 cosas que saber sobre ciencia* no utiliza registros de habilitación, sino de presentación y exposición y reporte, para construir abstracciones relacionadas a varios temas científicos que abarcan conocimientos de biología, física, química, energías renovables, cosmología, y muchas ciencias más; y para la presentación de otros aspectos entorno al conocimiento científico, como la línea temporal de la vida de Marie Curie, o la presentación de distintas obras literarias relacionadas con las ciencias y la ciencia ficción.

Otro aspecto importante de este primer libro es que no busca construir abstracciones que pudieran sobrepasar las capacidades de un público lego, sino que busca recrear los conceptos científicos a partir de temas y preguntas que pudieran ser de interés particular al público. Entre estos temas aparecen tales como los vistos en el análisis y otros, como la vida de las abejas, proyecciones de ciencias futuristas, consideraciones de problemas matemáticos, etc.

La variación semántica observada en este libro presenta una alta frecuencia en el paso de densidades semánticas disciplinares a gravedades semánticas que contextualizan el conocimiento de manera que pueda anclarse y asimilarse más fácilmente por sus lectores.

En cambio, el libro *Ciencia rebelde*, busca reconstruir no temas científicos, sino valoraciones y perspectivas respecto a la práctica de lo científico. Para ello, el libro se basa en el reporte y recreación de las vidas y obras de varios científicos, tanto históricos

como modernos, con los que se construyen valoraciones sobre la ciencia como un ejercicio de curiosidad, desacuerdo y constante cuestionamiento de los fenómenos naturales. Así, el libro utiliza recursos biográficos para construir un perfil de varios científicos como personajes rebeldes que utilizaban la ciencia para comprobar sus observaciones e hipótesis. A partir de registros de reporte y recreación, el libro utiliza algunos momentos de construcción de narrativas que permiten, por ejemplo, enfrentar a dos científicos que difieren espacio-temporalmente, de manera que se pueda dar un diálogo entre ellos; o la presentación de varios científicos dedicados a los estudios de la Tierra para enfrentarlos en una lucha por presentar sus hipótesis respecto a la edad del planeta. El libro utiliza estos registros de recreación y reporte como cotexto de registros de presentación y exposición para mostrar elementos disciplinares correspondientes a los campos de estudio de cada científico presentado.

Esto da lugar a la exposición de distintos temas científicos a partir de la presentación de la vida de los científicos, configurando conocimientos de la historia de la ciencia y, de paso, algunas consideraciones respecto al objeto y campo de estudio de cada tema general.

Bajo este entendido, y considerando el mapa de registros y ondas semánticas derivadas del libro *Ciencia rebelde*, podemos ver variaciones que van del uso de contextos que rodearon a los científicos y valoraciones respecto a su ejercicio de la curiosidad, desacuerdo y rebeldía para desafiar los conocimientos establecidos en sus ramas de estudio, a la configuración de conocimiento especializado desarrollado por los mismos científicos y la construcción de una valoración general del estudio científico en distintas áreas de conocimiento.

Es importante mencionar que en todos los libros revisados, se tiene una consideración inicial de la ciencia como una metodología que permite explorar el mundo natural de manera que el conocimiento generado pueda ser organizado sistemáticamente y constituya un fundamento para el desarrollo de nuevo conocimiento. Es decir, en general se enfoca la construcción de conceptos, nominalizaciones de fenómenos, así como la explicación de los mismos, esto es, la forma que adopta el

conocimiento desarrollado por la física y otras ciencias en términos más o menos canónicos; pero a la vez, se ponen en funcionamiento códigos que configuran al cognoscente, ya sea científico o lector, en tanto prácticas y metodologías a realizar, que son introducidas como las formas de hacer y configurar el conocimiento presentado, así como maneras de explorar la experiencia propia del mundo natural a partir de la perspectiva de la disciplina científica. Entendido en el sistema de la legitimación de códigos, podemos observar que el discurso expuesto en los libros del corpus se concentra en la construcción del conocimiento científico, pero éste no se despegaba de configurar códigos del conocer, y del cognoscente, esto es, cómo se legitima quien hace ciencia y cómo hace esa ciencia. En un sentido más puntual, las estructuras del discurso reconfiguran el contenido disciplinar especializado de la ciencia, con sus abstracciones y lenguajes auxiliares (como el matemático, computacional, técnico, etc.), para exponerlo en registros que se concentran en el desempaquetamiento de la información, así como registros que pueden complementarla, como reporte de información relacionada o recreación de situaciones que permiten narrar el flujo de eventos que llevó a tal o cual descubrimiento científico, sea una narración realista o con base en eventos imaginarios. La construcción metafuncional presente muestra tanto momentos de alta densidad semántica como de alta gravedad semántica, lo cuál difiere de los lenguajes científicos formales, donde la tendencia es a sostener una alta densidad semántica y pocos momentos de gravedad semántica que refieran hacia un contexto particular (experimental, más que cotidiano); en cambio, la divulgación de la ciencia hace constantes movimientos de alta densidad a alta gravedad y viceversa, demostrando el uso de registros explicativos que empaqueten y desempaqueten información disciplinar. Esta variación semántica también se mueve en la configuración del cognoscente, del mismo lector, en tanto que presenta actividades construidas bajo el marco de la metodología científica, para habilitarlo en la secuencia de acciones que le lleve a recrear un fenómeno y contemplarlo en términos del conocimiento expuesto en la lectura, lo cuál construye tanto al lector/actor como la manera de hacer ciencia.

## **8. Conclusiones.**

Durante los análisis que se han mostrado en este trabajo se han encontrado características que pertenecen al uso de lenguajes cotidianos, con poca abstracción en torno a lo disciplinar de las ciencias, para la construcción de información que ha sido producida desde una perspectiva científica, bajo los usos y protocolos de las comunidades científicas. En distintos ejemplos del corpus, estos lenguajes cotidianos son la base para recontextualizar los saberes científicos y ser presentados a un público lego que busca un primer acercamiento a esa información abstracta.

A lo largo de este trabajo también se ha sostenido que la divulgación de la ciencia, como discurso que construye información particular de las comunidades científicas, también invita al lector a considerar actitudes, ideologías, formas de pensar y formas de hacer que funcionan en conjunto para la producción e interpretación de conocimiento significativo. Esta serie de dimensiones que configuran a la divulgación de la ciencia dan lugar a un discurso que permite recontextualizar los conocimientos abstractos y especializados en entornos que el lector encuentre significativos y funcionales en su vida cotidiana.

Por otro lado, el discurso de la divulgación de la ciencia busca hacer el lenguaje científico atractivo al lector, utilizando registros que permitan construir una amplia gama de géneros textuales que den lugar a una mayor selección de formatos que pudieran resultar interesantes al lector. En el corpus analizado encontramos libros de referencia, narrativos e interactivos, en todos se construye algún elemento del conocimiento disciplinar, ya sea por la exposición de ciencia, o por la construcción de otros recursos, como biografías, narraciones de eventos imaginarios, reporte de cualidades, atributos y funciones de objetos con interés científico y construyendo relaciones entre el mundo de lo cotidiano y el lenguaje científico. Esto constituye una característica importante de los libros llamados informativos, que buscan poner al alcance del público no especialista determinados conocimientos, hacerlos comprensibles e interesantes; sin embargo, se extiende el alcance de los temas que pueden ser expuestos, ya que estos libros también buscan recontextualizar el conocimiento

construido en tanto que se muestran distintas aristas de la producción, función y contexto del mismo. En los análisis, hemos visto ejemplos que recontextualizan el conocimiento científico en términos de máquinas utilizadas cotidianamente, en términos de la práctica de observación del cielo nocturno, en el contexto de una montaña rusa, en la exploración del mundo natural y la tecnología humana o en la narración de un personaje ficticio que necesita las leyes del movimiento para vivir su aventura. De todo esto, podemos ver una serie de procesos interesantes en términos sociales, lingüísticos y semióticos de la divulgación de la ciencia.

De lo anterior, hemos observado un predominio de registros de presentación y exposición y habilitación que configuran ondas semánticas regulares a lo largo de la lectura de un texto. Añadido a esto, la presentación visual de cada texto permite una formulación interpersonal particular que da lugar a un acercamiento entre lector, contenido científico y texto, utilizando recursos de empatía que configuran particularmente las representaciones visuales del contenido disciplinar, los personajes y sus acciones en cada libro. Así, los recursos de presentación y exposición, habilitación y las ondas semánticas observadas construyen un texto cuyas configuraciones ideacionales, interpersonales y textuales son la base para un discurso que introduce saberes especializados de las disciplinas científicas a partir de lenguajes cotidianos no abstractos, logrando no la exposición de conceptos científicos, sino su paulatina construcción con un anclaje en la cotidianidad del lector.

Es importante enfatizar la relación entre los registros de presentación y exposición y habilitación respecto a las ondas semánticas que se producen y observaron durante el análisis. Esta relación resulta de vital importancia en tanto que se hace evidente un proceso semántico que utiliza recursos lingüísticos no cotidianos, utilizados en comunidades sociales no especializadas (y por tanto, de amplio alcance entre círculos sociales de variados contextos y saberes) para la construcción de conceptos, teorías y prácticas especializadas de las comunidades científicas. Es decir, se construye una relación explicativa entre contenido especializado disciplinar y las comunidades no especializadas en las prácticas y saberes científicos.

La divulgación de la ciencia utiliza estos recursos lingüístico-semióticos para lograr una efectiva construcción de los contenidos científicos en términos que resulten cercanos y, sobre todo, significativos para el lector, considerando tanto la importancia del interés voluntario del mismo y la precisión y fidelidad del contenido respecto a su uso en las comunidades científicas que los han producido. En esto estriba uno de los objetivos de la divulgación científica, el construir conocimiento que sea legítimo y acertado, combatiendo las falsas informaciones y disciplinas llamadas pseudocientíficas. Un gran valor que la divulgación científica presenta es la capacidad de construir conocimiento comprobable, resultado de las investigaciones y desarrollo de saberes de comunidades dedicadas al estudio objetivo de fenómenos naturales y sociales.

Al hablar de las comunidades de divulgación de la ciencia es común que se desvirtúe este ejercicio entre las comunidades científicas, algo que a paso lento comienza a cambiar, argumentando que el conocimiento "transmitido" no resulta suficientemente abstracto o fiel a las complejidades de la ciencia. Y, a decir verdad, tienen razón. Pero bajo fundamentos erróneos.

La divulgación de la ciencia no formula conocimiento científico. La divulgación de la ciencia no es un discurso que pretenda "hacer científicos". Este discurso tiene una función más simple que ha sido enterrada bajo idealismos sobre su aplicación. La divulgación científica es una primera aproximación a un mundo de saberes, es una manera de despertar la curiosidad del lector, es un método para entender en forma simple algunos fenómenos naturales y sociales. Se trata de un discurso que introduce aquel sistema complejo de lo científico, hablando no solo de su producto, sino su trabajo, formas, ideologías, prácticas, relaciones entre sus elementos y un entendimiento que la ciencia es una práctica humana, no relegada a unos cuantos genios, sino como un procedimiento de observación y consideración crítica de lo que experimentamos en el mundo natural y social.

Así, podemos concluir que la divulgación científica es un discurso que configura literacidad científica, cultura general y otras estructuras semiótico-lingüísticas para estimular pensamiento crítico, entendida la literacidad científica como la capacidad de

relacionar y reaccionar significativa y funcionalmente ante informaciones de las disciplinas científicas y la realidad social.

### **8.1 La divulgación de la ciencia bajo el marco de acontecimientos en el 2020.**

Considerando el perfil realizado hasta este punto del ejercicio de construcción de conocimientos, saberes y prácticas especializadas de la ciencias a partir del discurso de la divulgación de la ciencia, es importante retomar algunos de los objetivos particulares de este discurso.

La divulgación de la ciencia trasciende, como se ha mencionado repetidas veces, a la simple transmisión de conocimientos y de ser una práctica limitada por un escenario particular, como los escolares e institucionales. En ciertos espacios que se dedican a este ejercicio es común el decir y escuchar sobre “educar a la población”, el “proveer conocimiento”, “mejorar la calidad de vida”, que no son actividades que sobrepasen los objetivos de la divulgación de la ciencias, pero desdibujan los mecanismos sociales que este discurso utiliza para construir conocimiento.

A partir de lo observado en este trabajo, consideramos que la divulgación debe dejar el modelo de deficit que aún hoy prevalece en muchos espacios de México y el mundo. Más allá de proveer conocimiento, la divulgación es una práctica que busca poner en contacto y diálogo distintos saberes, tanto especializados, como cotidianos, para la formulación de un conocimiento significativo que resulte útil (o cuando menos, interesante) para el lector. Esto se da gracias a la explotación de la curiosidad e interés del público, y es desde este interés que los aspectos antes mencionados como educación, proveer conocimiento y mejorar la calidad de vida son posibilidades alcanzables.

De esto, y en vista de los acontecimientos del año 2020, es necesario notar la gran importancia de lograr un diálogo entre los saberes existentes en la sociedad. En un mundo asediado por un enemigo invisible (SARS-CoV-2, causante de Covid-19) que la comunidad médica y científica ha logrado identificar, el entender el potencial peligro de

un virus mortal y de alto índice de contagio es vital para impulsar prácticas como la higiene personal y la protección de posibles contagios, así como lograr legislaciones que permitan proteger a la sociedad de un grave problema de salud pública y sus consecuencias. Es también importante considerar las prácticas y esfuerzos de las comunidades especializadas en el control y estudio de enfermedades, como elementos necesarios para lograr un mejor enfrentamiento a la situación mundial, no como elementos elitistas de un grupo de gente privilegiada por el alcance de sus estudios, sino como herramientas disponibles para nuestro propio beneficio en estas circunstancias. Es en este marco donde un discurso como la divulgación científica resulta de gran importancia, en tanto que pretende precisamente acercar aquellos conocimientos especializados y complejos a una población que los desconoce, y que puede beneficiarse grandemente de su conocimiento.

El diálogo entre saberes que resulta del discurso de la divulgación científica, permite actuar sobre estos conocimientos para propagarlos significativamente y construir una conciencia general de las situaciones, posibilidades de acción y medidas de prevención que todos, como comunidad y sociedad, podemos realizar. No se trata de considerar a un grupo como poseedores de un conocimiento inaccesible, ni de generar informaciones falsas que perjudican el ejercicio efectivo de las comunidades científicas, sino comprenderlos como grupos de especialistas que proveen herramientas y saberes que pueden resultar útiles en el diario vivir, en la toma de decisiones, en la consideración de lo que sucede y a dónde queremos llegar.

Así, lograr una literacidad científica, en especial respecto al tema de SARS-Cov-2, resulta en una necesidad que nos permitiría un mejor enfrentamiento a la pandemia, en tomar decisiones acordes a la gravedad de la situación y a considerar potenciales riesgos que puedan afectar nuestra salud. El alcance de poner en práctica el diálogo de saberes puede conducir a una interacción balanceada entre distintos sectores de la sociedad, dando lugar a implementos en tecnología o legislación que provean a una mejor calidad de vida para todos.

## 9. Anexo.

Tablas de incidencia de registros correspondientes a los mapas de registros de cada libro analizado.

		Mensajero de las estrellas						
Registros	Subregistros	Introducción	Quinta apertura	Séptima apertura	Novena apertura	Onceava apertura	Treceava apertura	Total en tabla
Presentación y exposición	Explicación	3		8		2		13
	Categorización							
Reporte	Crónica	1	5					6
	Inspeccionar			3				3
	Inventariar							
Recreación	Dramatización/ Narración		9	4	4	7	5	29
Compartir	Experiencia							
	Valores							
Hacer	Colaborar							
	Dirigir							
Habilitar	Dar instrucciones							
	Regular							
Recomendar	Aconsejar							
	Inducir							
Explorar	Revisar							

Tabla 1. De *Mensajero de las estrellas*, de Peter Sís (2010).

		Espacio en 30 seg						
Registros	Subregistros	Tema 3: Empezamos el universo.	Tema 5: Años luz	Tema 6: Esto se hunde.	Tema 15: Venus.	Tema 21: Saturno.	Tema 22: Cometas	Total en tabla
Presentación y exposición	Explicación	20	14	17	14	13	15	93
	Categorización						1	1
Reporte	Crónica	3			1		1	5
	Inspeccionar						1	1
	Inventariar							
Recreación	Dramatización/ Narración							
Compartir	Experiencia							
	Valores							
Hacer	Colaborar							
	Dirigir		1					1
Habilitar	Dar instrucciones		4			4		8
	Regular							
Recomendar	Aconsejar							
	Inducir							
Explorar	Revisar							

Tabla 2. De *El espacio en 30 segundos*, de Clive Gifford (2014).

		Aventúrate en una misión para explorar el espacio.						
Registros	Subregistros	Tema 1: Bienvenido al espacio	Tema 2: ¿Dónde está?	Tema 9: El Sol	Tema 20 y 21 (misma apertura): Urano y Neptuno	Tema 30: Interior del Sol	Tema 35: Potentes cohetes	Total en tabla
Presentación y exposición	Explicación	9	13	12	7	12	12	65
	Categorización	3	3	3	2	1	1	13
Reporte	Crónica	1			1			2
	Inspeccionar							0
	Inventariar							
Recreación	Dramatización/ Narración							
Compartir	Experiencia	1						1
	Valores						1	1
Hacer	Colaborar							
	Dirigir			1				1
Habilitar	Dar instrucciones			5		6	5	16
	Regular							
Recomendar	Aconsejar							
	Inducir						1	1
Explorar	Revisar				4			4
	Argumentar							

Tabla 3. De *Aventúrate en una misión para explorar el espacio*, de Tom Jackson (2017).

		Descubramos el espacio exterior						
Registros	Subregistros	Tema 1: ¿Dónde está la Tierra?	Tema 4: ¿Quién nada en el mar de la serenidad?	Tema 5: ¿Sabes cuántas estrellas hay?	Tema 8: ¿Qué es un transbordador espacial?	Tema 9: ¿Qué es una estación espacial?	Tema 10: ¿Cómo llegar a ser astronauta?	Total en tabla
Presentación y exposición	Explicación	14	13	12	7	13	20	79
	Categorización		1					1
Reporte	Crónica			1			1	2
	Inspeccionar							
	Inventariar							
Recreación	Dramatización/ Narración	2						2
Compartir	Experiencia							0
	Valores							
Hacer	Colaborar							
	Dirigir							
Habilitar	Dar instrucciones							
	Regular							
Recomendar	Aconsejar							
	Inducir							
Explorar	Revisar							

Tabla 4. De *Descubramos el espacio exterior*, de Andrea Erne (2014).

		Observa el cielo nocturno						
Registros	Subregistros	Tema 1: ¿Qué puedes ver?	Tema 4: Patrones en el cielo.	Tema 11: Viendo más.	Tema 15: Saltando estrellas a Tauro y las Pléyades.	Tema 9: Encontrando tu camino	Tema 23: Júpiter	Total en tabla
Presentación y exposición	Explicación	7	7	5	7	15	12	53
	Categorización	1	1					2
Reporte	Crónica							
	Inspeccionar	4						4
	Inventariar							
Recreación	Dramatización/ Narración							
Compartir	Experiencia							
	Valores							
Hacer	Colaborar							
	Dirigir		2	5		2	5	14
Habilitar	Dar instrucciones	1	3	5	5	3		17
	Regular							
Recomendar	Aconsejar		1	1			1	3
	Inducir		1					1
Explorar	Revisar							

Tabla 5. De *Observa el cielo nocturno*, de Roman Prinja (2014).

		Montaña rusa de la ciencia						
Registros	Subregistros	Tema 1: Montaña rusa de la ciencia	Tema 2: En movimiento.	Tema 3: Empujar y jalar.	Tema 8: Obteniendo energía	Tema 9: En círculos	Tema 13: Montañas rusas de la vida real	Total en tabla
Presentación y exposición	Explicación	8	18	24	25	15	11	101
	Categorización		1		1			2
Reporte	Crónica					1		1
	Inspeccionar	6	1		2		2	11
	Inventariar							
Recreación	Dramatización/ Narración							
Compartir	Experiencia							
	Valores							
Hacer	Colaborar							
	Dirigir	7	2					9
Habilitar	Dar instrucciones	4	7	7	2	3		23
	Regular		1	2	4	3		10
Recomendar	Aconsejar							
	Inducir							
Explorar	Revisar							

		Cómo funcionan las máquinas						
Registros	Subregistros	Máquinas	Plano inclinado	Palanca	Rueda y eje	Cremallera y piñón	Trinquete	Total en tabla
Presentación y exposición	Explicación	20	27	25	22	15	21	130
	Categorización			1				1
Reporte	Crónica		5	7	6	7	8	33
	Inspeccionar	2						2
	Inventariar							
Recreación	Dramatización/ Narración							
Compartir	Experiencia							
	Valores							
Hacer	Colaborar							
	Dirigir							
Habilitar	Dar instrucciones	5	3	5	3	6	4	26
	Regular				1			1
Recomendar	Aconsejar							
	Inducir							
Explorar	Revisar							

		Fuerza y movimiento						
Registros	Subregistros	Fuerza y movimiento	¿Qué es la fuerza?	Fuerzas a nuestro alrededor	¿Qué es el movimiento?	Variación del movimiento	Permanecer en movimiento	
Presentación y exposición	Explicación	2	8	6	8	6	12	42
	Categorización							
Reporte	Crónica							
	Inspeccionar			1				1
	Inventariar							
Recreación	Dramatización/ Narración	8	5		3	6	2	24
Compartir	Experiencia		1					1
	Valores							
Hacer	Colaborar							
	Dirigir							
Habilitar	Dar instrucciones							
	Regular							
Recomendar	Aconsejar							
	Inducir							
Explorar	Revisar							

Tabla 8. De *Fuerza y movimiento*, de Joseph Midthun y Samuel Hiti (2017).

		Hugo y las leyes del movimiento						
Registros	Subregistros	Capítulo 1, intro	Cáp. 1, final	Cap. 2 Universo de aristóteles	Cap. 2, Galileo	Cap. 4, tercera ley de Newton	Cap 4, Ley de gravitación universal	
Presentación y exposición	Explicación		3	6	3	7	11	30
	Categorización							
Reporte	Crónica		1					1
	Inspeccionar				5	1		6
	Inventariar							
Recreación	Dramatización/ Narración	7	10	1	7	5	5	35
Compartir	Experiencia							
	Valores							
Hacer	Colaborar							
	Dirigir							
Habilitar	Dar instrucciones							
	Regular							
Recomendar	Aconsejar							
	Inducir							
Explorar	Revisar							

Tabla 9. De *Hugo y las leyes del movimiento*, de Noboru Takeuchi y Marisol Soto (2011).

		Física divertida						
Registros	Subregistros	Pag 1	Pag 2	Pag 3	Pag 4	pag 5	pag 6	
Presentación y exposición	Explicación	20	11	21	30	22	13	117
	Categorización							
Reporte	Crónica	1	8				8	17
	Inspeccionar							
	Inventariar							
Recreación	Dramatización/ Narración							
Compartir	Experiencia							
	Valores							
Hacer	Colaborar							
	Dirigir							
Habilitar	Dar instrucciones	1	3	2	4		6	16
	Regular							
Recomendar	Aconsejar							
	Inducir							
Explorar	Revisar							

Tabla 10. De *Física divertida*, de Tom Adams y Thomas Flintham (2012).

		100 cosas que saber de ciencia						
Registros	Subregistros	¿Qué es la ciencia	9: Las primeras plumas...	18: Los coches...	24: Marie Curie...	67: las ballenas caminaban...	76: Cuando recordamos algo...	
Presentación y exposición	Explicación	5	8	11	2	8	10	44
	Categorización		1	2		1		4
Reporte	Crónica				8	5		13
	Inspeccionar			3				3
	Inventariar							
Recreación	Dramatización/ Narración							
Compartir	Experiencia							
	Valores							
Hacer	Colaborar							
	Dirigir							
Habilitar	Dar instrucciones							
	Regular							
Recomendar	Aconsejar							
	Inducir							
Explorar	Revisar							

Tabla 11. De *100 cosas que saber sobre ciencia*, de Alex Firth (2015).

		Ciencia rebelde						
Registros	Subregistros	¿Qué es esa cosa que llamamos ciencia?	La historia del sistema solar	La edad de la Tierra	La historia de la vida misma (2)	Historia de la luz (2)	Ejércitos de anatomía	
Presentación y exposición	Explicación	20	7	7	16	11	1	62
	Categorización							
Reporte	Crónica	2	16	17	11	7	7	80
	Inspeccionar	3	1		1	4	2	11
	Inventariar							
Recreación	Dramatización/ Narración			1	1	4	14	20
Compartir	Experiencia							
	Valores							
Hacer	Colaborar							
	Dirigir							
Habilitar	Dar instrucciones							
	Regular							
Recomendar	Aconsejar							
	Inducir							
Explorar	Revisar							

Tabla 12. De *Ciencia rebelde*, de Dan Green (2015).

## Referencias

- Airey, J. (2009) *Science, Language and Literacy. Case Studies of Learning in Swedish University Physics*. Uppsala Universitet: Suecia.
- Airey, J. y Linder, C. (2017) Social semiotics in university physics education. En *Multiple Representations in Physics Education*. (pp. 95-122) Cham: Springer.
- Airey, J. y Linder, C. (2006) Language and the Experience of Learning University Physics in Sweden. En *European journal of physics* 27(3), pp. 553-560. <http://dx.doi.org/10.1088/0143-0807/27/3/009>
- Aman, I.; Awal, N.; Fadzeli, M (2014) Discourse Strategies of Science and Technology Academic Texts: A Malay Language Account. En *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 136, págs. 344-349.
- Bajtín, M. M. (1984). El problema de los géneros discursivos. En *Estética de la Creación Verbal* (pp. 248-293). México: Siglo XXI Editores.
- Barnes, B. (1974) *Scientific Knowledge and Sociological Theory*. Londres: Reutledge & Kegan Paul.
- Barnes, B. (1982) *T.S. Kuhn and Social Science*. Londres: The Macmillan Press LTD.
- Bhatia, V. (2017) *Critical Genre Analysis*. Nueva York: Routledge.
- Bhatia, V. (2014) *Worlds of Written Discourse*. Londres: Bloomsbury.
- Barrios, M.; Mendoza, M. (2018) La construcción del discurso en libros pop-up, texto imagen y movimiento. *Arte e investigación*. No. 14, e017, noviembre 2018. DOI: 10.24215/24691488e017.
- Bazerman, C. (2012). *Géneros Textuales, Tipificación y Actividad*. Puebla: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Bazerman, C. (1988) *Shaping Written Knowledge. The Genre and Activity of the Experimental Article in Science*. Madison: University of Winsconsin Press.

- Bazerman, C. (1997) Reporting the Experiment: The Changing Account of Scientific Doings in the Philosophical Transactions of the Royal Society, 1665-1800, en: Harris, R. A. (coord) *Landmark Essays on Rhetoric of Science. Case Studies*. Mahwah (New Jersey): Lawrence Erlbaum: 169-186.
- Bazerman, C. y Paradis, J. (Eds.) (1991) *Textual Dynamics of the Professions*. Madison: University of Wisconsin Press.
- Bazzul, J. (2016) *Ethics and Science Education: How Subjectivity Matters*. Estados Unidos: Springer.
- Ben-David, J. (1971) *The Scientist's Role in Society*. Nueva Jersey: Prentice-Hall.
- Bernstein, B. (1990) *The Structuring of Pedagogic Discourse. Class, Codes and Control Vol. IV*. Londres: Routledge.
- Bernstein, B. (1996) *Pedagogy, Symbolic Control and Identity*. Londres: Taylor & Francis.
- Biro, S. (2007) *Miradas desde afuera: Investigación sobre divulgación*. México: DGDC-UNAM
- Bourdieu, P. (2003) *El oficio de científico*. Barcelona: Anagrama.
- Bruner, J. (1986) *Realidad mental y mundos posibles. Los actos de la imaginación que dan sentido a la experiencia*. Barcelona: Editorial Gedisa.
- Bush, V. (2020) *Science: The Endless Frontier*. EE.UU.: National Science Foundation.
- Calvo, M. (2003) *Divulgación y periodismo científico: entre la claridad y la exactitud*. México: DGDC-UNAM.

- Cajas, F. (2000) Alfabetización Científica y Tecnológica: La transposición didáctica del conocimiento tecnológico. En *Enseñanza de las ciencias* 19 (2), págs. 243-254. Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona.
- Cajas, F. (1999) Public understanding of science: using technology to enhance school science in everyday life. En *International Journal in Science Education*, 21(7), págs. 765- 774.
- Calsamiglia, H. y Cassany, D. (2001) Voces y conceptos en la divulgación científica. En *Revista Argentina de Lingüística* 11-15, págs. 173-209.
- Calsamiglia, H.; Tusón, A. (1999) *Las cosas del decir. Manual de análisis del discurso*. Barcelona: Ariel.
- Calsamiglia, H. *et al.* (en prensa). Análisis discursivo de la divulgación científica. *I Congreso Internacional de Análisis del discurso*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- Camargo, A. (2011) El género científico. La relación discurso-pensamiento y la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. En *Forma y Función*. Vol. 24, Núm. 2. En línea: <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/formayfuncion/article/view/38473/41484> (Consultado el 11 de Abril del 2017).
- Camargo, A. (2015) *El estilo de enseñanza: una mirada comunicativa, discursiva y didáctica en el aula de ciencias naturales*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Cameron, L. (2002) Metaphors in the Learning of Science: a discourse focus. En *British Educational Research Journal*. Vol. 28, núm. 5, págs. 673-688.
- Carey, S. (1985) *Conceptual Change in Childhood*. Cambridge: MIT Press.

- Cassany, D. (2003) Análisis de la Divulgación Científica: modelo teórico y estrategias divulgativas. En *Texto, Lingüística y Cultura. XIV Congreso de la Sociedad Chilena de Lingüística. Comunicaciones seleccionadas*. Osorno: Editorial Universidad de los Lagos, págs. 57-80.  
Cassany, D.; Martí, J. (1998) Estrategias divulgativas del concepto *prión*. *Quark*, no 12: 58-66.
- Chi, M. T. H. (1992). Conceptual change within and across ontological categories: Examples from learning and discovery in science. En Giere, R. (Ed.), *Cognitive models of science: Minnesota studies in the philosophy of science* (págs. 129-160). Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Chi, M. T. H.; Slotta, J.; Leeuw, N. (1994) From Things to Processes: A Theory of Conceptual Change for Learning Science Concepts. En *Learning and Instruction*, Vol. 4, págs 27-43.
- Chiuminatto, P. (2014) A Ciencia Cierta, el papel de los papers. En *Revista Chilena de Literatura*, No. 84 (Septiembre 2014), págs. 59-75.
- Cicourel, A. (1974) *Cognitive sociology*. Nueva York: The Free Press.
- De Semir, V. (2000) Decir la ciencia: las prácticas divulgativas en el punto de mira. En Calsamiglia, H. (coord. núm. monográfico) *Revista Iberoamericana de Discurso y Sociedad*. Junio, vol. 2, núm. 2. págs. 94-97.
- Duhem, P. (1954) *The Aim and Structure of Physical Theory*. Estados Unidos: Princeton University Press.
- Esteban, J.M.; Martínez, S. (2008) *Normas y prácticas en la ciencia*. México: UNAM.

- Estrada, L. (1992) La divulgación de la ciencia. *Ciencias*, núm. 27, julio-septiembre, pp. 69-76. [<https://revistacienciasunam.com/es/175-revistas/revista-ciencias-27/1620-la-divulgaci%C3%B3n-de-la-ciencia.html>].
- Estrada, L. (coord.) (2003) *La divulgación de la ciencia: ¿educación, apostolado o...?* México: Dirección general de divulgación de la ciencia, UNAM.
- Fauconnier, G. (1997) *Mappings in Thought and Language* Cambridge: Cambridge University Press.
- Fauconnier, G. (1994) *Mental Spaces*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Frowley, W. (2009) *Linguistic semantics*. Nueva York: Reutledge.
- Garralón, A. (2013) *Leer y Saber. Los libros informativos para niños*. España: Publidisa.
- Gascoigne, T.; Schiele, B.; Leach, J.; Riedlinger, M. (Eds.) *Communicating Science: A global perspective*. Acton: Australian national University Press.
- Gee, J.; Handford, M. (2012) *The Routledge Handbook of Discourse Analysis*. Nueva York: Routledge.
- González, T.; Sánchez, J. (1988) Las sociología del conocimiento científico. En *Revista Española de Investigaciones Sociológicas*. No. 43 (julio - septiembre, 1988), págs. 75-124.
- Gutiérrez Rodilla, B. (1998). *La ciencia empieza en la palabra. Análisis e historia del lenguaje científico*. Barcelona: Península.
- Halliday, M.A.K. (2004) The Language of Science. *Collected Works of M. A. K. Halliday*. Vol 5. Nueva York: Continuum.

- Halliday, M.A.K. (1982) *El lenguaje como semiótica social*. México: FCE.
- Halliday, M.A.K; Martin, J. R. (Eds.) (1993) *Writing science: Literacy and discursive power*. Pittsburgh, PA: University of Pittsburgh Press.
- Halliday, M. A. K; Matthiessen, C. M. (2014) *Halliday's introduction to functional grammar*. NY: Routledge.
- Hart, C. (2014) *Discourse, Grammar and Ideology*. Estados Unidos: Bloomsbury
- Hanrahan, M. (2006). "Highlighting hybridity: A critical discourse analysis of teacher talk in science classrooms." *Science Education*, 90(1), 8-43. Consultado el 28 de marzo de 2017 en <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sce.20087/abstract>
- Jackendoff, R. (1972) *Semantic interpretation in generative grammar*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Jackendoff, R. (1983) *Semantics and cognition*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Jeanneret, Y. (1994) *Ecrire la science. Formes et enjeux de la vulgarisation*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Lakoff, G. (1988) "Cognitive Semantics." En U. Eco, & P. Violi, *Meaning and Mental Representation*. Indiana: Indiana University Press. pp. 119-154
- Lakoff, G.; Johnson, M. (1980) *Metáforas de la vida cotidiana*. Madrid: Cátedra, 1991.
- Langacker, R. W. (1991) *Concept, image and symbol: the cognitive basis of grammar*. Berlín; Nueva York: Mouton de Gruyter.
- Lemke, J. (1990). *Talking science. Language, Learning, and Values*. EE.UU.: Ablex Publishing.

- Lemke, J. (s.f.) *The Literacies of Science*. Revisado el 13 de noviembre del 2017. <http://www.jaylemke.com/science-education/>
- Lemke, J. (s.f. 2) *Multimedia Genres for Science Education and Scientific Literacy*. Revisado el 13 de noviembre del 2017. <http://www.jaylemke.com/science-education/>
- Llácer, E.; Ballesteros, F. (2012) El lenguaje científico, la divulgación de la ciencia y el riesgo de las pseudociencias. En *Quaderns de Filologia. Estudis lingüístics*. Vol. XVII, págs. 51-67.
- Loffer-Laurian, A.M. (1984) Vulgarisation scientifique: formulation, reformulation, traduction. En *Langue française*, núm. 64, págs. 109-125.
- Mapelli, G. (2004) Estrategias lingüístico-discursivas de la divulgación científica. En *AISPI Actas XXII*, págs. 169-184.
- Martin, J. R.; Rose, D. (2008) *Genre Relations. Mapping Culture*. Londres: Equinox Publishing.
- Martin, J. R.; Rose, D. (2007b) *Working With Discourse: Meaning Beyond the Clause*. Londres: Continuum.
- Martin, J. R.; White, P. R. R. (2005) *Language of Evaluation*. NY: Palgrave.
- Martin, J. R.; Veel, R. (Eds.) (1998) *Reading Science. Critical and Functional perspectives on discourses of science*. Nueva York: Reutledge.
- Martínez, S. (1993) Método, evolución y progreso en la ciencia. En *Revista Hispanoamericana de Filosofía*. Vol. XXV, No. 73, págs. 37-69.
- Martínez, S. (1997) *De los efectos a las causas. Sobre la historia de los patrones de explicación científica*. México: Seminario de Problemas Científicos y filosóficos, Instituto de Investigaciones Filosóficas.
- Martínez, S. (2003) *Geografía de las prácticas científicas*. México: UNAM.

- Martínez, S.; Guillaumin, G. (Compiladores) (2005) *Historia, filosofía y enseñanza de la ciencia*. México: UNAM.
- Matthiessen, C. (2015) Register in the round: Registerial cartography en *Functional Linguistics* 2015 2:9 revisado el 8 de abril 2019 <https://functionallinguistics.springeropen.com/articles/10.1186/s40554-015-0015-8>
- Maton, K.; Hood, S.; Shay, S. (Eds.) (2016) *Knowledge-Building. Educational studies in Legitimation Code Theory*. Nueva York: Reutledge.
- Maton, K. (2013) Making Semantic Waves: A key to cumulative knowledge-building. En *Linguistics and Education*. Vol. 24, número 1, Abril 2013. pp. 8-22.
- McRae, M. W. (1993) *The Literature of Science: Perspectives on Popular Scientific Writing*. Athens: University of Georgia Press.
- Moirand, S. (1997) Formes discursives de la diffusion des savoirs dans les médias. En *Hermès*. (21) 33, págs. 33-44.
- Mortimer, E. & Wertsch, J. (2003). “The architecture and dynamics of intersubjectivity in science classrooms.” *Mind, Culture and Activity*, 10(3), 230-244.
- Muñoz, C. (2010) El rol de la metáfora léxica en la divulgación de la ciencia. En *Tabula Rasa*, núm. 13, julio-diciembre, págs. 273-292.
- Painter, C.; Martin, J.R.; Unsworth, L. (2012) *Reading Visual Narratives. Image analysis of children's picture books*. Bristol: Equinox Publishing Ltd.
- Pardo, N. (1996). El Discurso de la ciencia en la escuela. *Forma y Función*, 9, 55-69.
- Patiño, M. L. (Coord.) (2013) *La divulgación de la ciencia en México desde distintos campos de acción: visiones, retos y oportunidades*. Ciudad de México: SOMEDICyT.
- Quintanilla, M. (2006) La ciencia en la Escuela: un saber fascinante para aprender a ‘leer el mundo’. En *Revista Pensamiento Educativo*, Vol. 39, Núm. 2, págs. 177-204

- Randaccio, M. (2004). “Language change in scientific discourse.” En *Journal of Science Communication*, 3(2), 1-15.
- Sánchez, Ma. A. (2010) *Ciencia pública*. México: DGDC-UNAM.
- Sandoval, S. I. (2016) *Recuerdan a Luis Estrada, padre de la divulgación de la ciencia en México*, consultado el 19 de noviembre de 2018 en [http://ciencia.unam.mx/leer/602/Recuerdan\\_a\\_Luis\\_Estrada\\_padre\\_de\\_la\\_divulgacion\\_de\\_la\\_ciencia\\_en\\_Mexico](http://ciencia.unam.mx/leer/602/Recuerdan_a_Luis_Estrada_padre_de_la_divulgacion_de_la_ciencia_en_Mexico)
- Soto, G. (2004). “La estructuración de la información en el discurso científico escrito: segmento de orientación y núcleo informativo.” *Lenguas Modernas*, 30, 7-24. Consultado el 28 de julio de 2017 en <http://www.accessmylibrary.com>.
- Suppe, F. (1998). *The structure of a scientific paper*. *Philosophy of Science*, 65(3), 381-405.
- De Semir, V. (2017) *Decir la ciencia: Las prácticas divulgativas en el punto de mira*. [online] Disponible en [http://www.medtrad.org/panacea/IndiceGeneral/n3\\_Resenas3.pdf](http://www.medtrad.org/panacea/IndiceGeneral/n3_Resenas3.pdf) [consultado el 26 abril del 2017].
- Tonda, J. et al. (2002) *Antología de la divulgación de la ciencia en México*. México: DGDC-UNAM.
- Van Dijk, T. (2013) *CDA is NOT a method of critical discourse analysis*. En: <https://www.edisportal.org/debate/115-cda-not-method-critical-discourse-analysis>, consultado el 16 de noviembre del 2018.
- Van Krieken, R. et al. (2017) *Sociology: Themes and perspectives*. Sydney: Pearson.
- Ventola, E.; Charles, C.; Kaltenbacher, M. (Eds.) (2004) *Perspectives on multimodality*. Amsterdam/Philadelphia: John Benjamins Publishing Company.
- Vygotsky, L. V. (1964). *Pensamiento y Lenguaje*. Buenos Aires: La Pléyade.

- Whorf, B. (1950). *Four Articles on Metalinguistics*. Washington: Foreign Service Institute.
- Wodak, R. y Chilton, P. (Eds.) (2005) *A New Agenda In (Critical) Discourse Analysis*. Philadelphia: John Benjamins Publishing Co.
- Wodak, R. y Meyer, M. (Eds.) (2003) *Métodos de Análisis Crítico del Discurso*. Barcelona: Gedisa.
- Wodak, R. (1996). *Disorders of discourse*. Londres: Longman.
- Wodak, R. (Ed.). (1989). *Language, Power and Ideology. Studies in political discourse*. Amsterdam: Benjamins.

This cosmic dance of bursting decadence and withheld permissions twists all our arms collectively, but if sweetness can win, and it can, then I'll still be here tomorrow to high-five you yesterday, my friend. Peace.

-Tart Totter