

Propuesta de Enseñanza con Base en la agrupación de Términos Marcados por el IDL y del Coeficiente de Relación entre Vocablos



J. Madrigal-Melchor¹, A. Enciso-Muñoz¹, D.A. Contreras-Solorio¹,
J.M. Rivera-Juárez¹, J. López-Chávez²

¹Unidad Académica de Física, Universidad Autónoma de Zacatecas, Calzada Solidaridad esq. Paseo a la Bufa s/n CP 98060, Zacatecas, México.

²Unidad Académica de Letras, Universidad Autónoma de Zacatecas.

E-mail: jmadrigal.melchor@fisica.uaz.edu.mx

(Recibido el 18 de Diciembre de 2009; aceptado el 16 de Octubre de 2010)

Resumen

Debido a que se ha detectado en los diferentes niveles educativos la baja comprensión de la ciencia -y en particular de la física-, hemos realizado diversas investigaciones encaminadas a entender las causas de ese comportamiento y a proponer modelos que nos encaminen a encontrar soluciones para conseguir una mejor enseñanza y un aprendizaje más rico en el área de la física. El Índice de Disponibilidad Léxica (IDL) que surge de la lexicometría hipotéticamente refleja un ordenamiento mental del vocabulario de un tema específico -centro de interés-. Con base en lo anterior hemos generado una base de datos que refleja el dominio terminológico de expertos en el área de física utilizando el IDL. De igual manera generamos el IDL correspondiente a novatos. Realizamos las comparaciones de sendos ordenamientos en los que se observa que tienen una baja correlación entre ellos. Además definimos el Coeficiente de Relación entre Vocablos (CRV), el cual nos muestra las diferentes agrupaciones entre los vocablos. Los resultados anteriores fortalecen el modelo cónico de enseñanza de la física. Mostramos las diferentes curvas de correlación y gráficos de agrupaciones entre vocablos.

Palabras clave: Índice de Disponibilidad Léxica, Coeficiente de Relación entre Vocablos.

Abstract

In different levels of education it has been detected the low understanding of science, especially in physics. Therefore, we have made several investigations that will lead to understand the causes of this behavior and thus, propose models which will help us to find solutions to reach a better teaching and a richer learning in physics. The Index of Lexical Availability (IDL) that arises from lexicometry hypothetically reflects a mental vocabulary ordering of a specific subject. Based on the above, using the IDL, we have generated a database which reflects the terminology domain of experts in physics. Similarly, we have generated the IDL for beginners. We conducted two separate ordering comparisons in which are observed to have a low correlation between them. Furthermore, we defined the Relation Coefficient between Words (RCW), which shows the different groupings between words. The above results strengthen the conical model of physics education. We show the different correlative curves and graphs of groups of words.

Keywords: The Index of Lexical Availability, Relation Coefficient between Words.

PACS: 01.40.Fk, 01.40.-d, 01.40.

ISSN 1870-9095

I. INTRODUCCIÓN

La enseñanza de las ciencias —en particular de la física— es uno de los aspectos en los que los países desarrollados han puesto mucha atención en el desarrollo de planes de estudio, estrategias de aprendizaje, laboratorios de enseñanza y en investigación didácticas. Los resultados de estos trabajos han puesto de manifiesto los múltiples problemas asociados al aprendizaje del conocimiento científico. En estas tareas, nuestro país está un poco rezagado, aunque en algunas instituciones se investiga en esta dirección, por citar un ejemplo, en la UNAM se han desarrollado dos proyectos: el proyecto Revisión Crítica y

Mejoramiento de la Experimentación en Física en el nivel Primaria 1983-1986 y el proyecto Integrado de Ciencias Naturales para el Sexto Grado de Primaria 1986-1990. Actualmente, otras instituciones desarrollan estos trabajos; por otro lado existe la creación, hace un año de la sección México de la AAPT. Aunque debe señalarse que no hay tradición por promover la investigación sobre la enseñanza de las ciencias, como tampoco una cultura científica que promueva la aplicación de nuevas estrategias, lo que ocasiona que la enseñanza continúe siendo del tipo conferencia.

Muñoz-Chápuli [1] señala algunos problemas específicos que son conocidos y compartidos por la mayor

parte de los profesores universitarios. Caracteriza las prácticas docentes habituales en las universidades diciendo que «la tendencia actual consiste en proporcionar un volumen cada vez mayor de información a los estudiantes y, desde el momento en que se exige que dicha información se reintegre en un examen, reforzar la noción de que el ejercicio memorístico a corto plazo es la base del aprendizaje». Señala también la existencia de una enseñanza caracterizada por lecciones magistrales dirigidas a gran cantidad de estudiantes, lo que impide la actividad y participación de los mismos, así como una falta de creatividad por parte de los profesores en su tarea docente. Hestenes [2] opina que lo anterior se debe a una falta de evaluación de las prácticas docentes, a una baja estima de los científicos universitarios por los desarrollos pedagógicos y didácticos y a una falta de programas de investigación coherentes para mejorar su enseñanza. Considera que en cierto modo «somos “profesores por accidente”», ya que la mayoría no se ha formado para enseñar, que la elección de la profesión se ha realizado observando más los aspectos científicos que los específicamente docentes y que, en general, la «promoción profesional va a depender mucho más de la cantidad y calidad de nuestra investigación que de la calidad de nuestra enseñanza». Nuestra posición con respecto a los planteamientos de Muñoz-Chápuli y Hestenes es de una total concordancia.

Naturalmente, carece de sentido generalizar estas críticas a todos los docentes y, menos aún, descalificar la tarea que realizan. Sabemos que algunos docentes dedican un tiempo especial para planificar sus clases y exponen los temas con claridad y mucho detalle; es decir, que muestran algunas habilidades en la comunicación de los conocimientos que son propias de su calidad de investigadores científicos. La experiencia señala, sin embargo, que estos cuidados no garantizan por sí la calidad del proceso enseñanza-aprendizaje. El problema radica en las orientaciones didácticas que están presentes en sus actividades, muchas de ellas producto de experiencias no reflexivas o de ideas de sentido común sobre la enseñanza adquiridas a lo largo de su formación, además de un uso ya tradicional de plantear los problemas y las explicaciones de los mismos con base en la simplicidad y no usando la terminología adecuada para los diferentes conceptos. La crítica que realizamos debe ser considerada en buena medida como autocrítica; es decir como síntoma de la necesidad de un proceso de reflexión interno de la comunidad docente sobre su propia enseñanza.

Por otro lado, las investigaciones de Drive [3], Viennot [4], Champagne y colaboradores [5], y Hewson [6] sobre preconcepciones han puesto en evidencia que éstas por lo general son diferentes a las aceptadas por la comunidad científica y que la acción escolar no las ha modificado. Por otro lado, Pines y West [7] muestran que los estudiantes generan dos “esferas” inconexas de conocimientos, una desarrollada en el contexto de su vida cotidiana y otra en el contexto escolar (Madrigal [8]), que por lo general también se desarrollan en paralelo y sin coincidencia alguna entre ellas.

Algunos de los problemas que se han generado con las prácticas habituales de la enseñanza de la ciencia y en

particular de la física son los siguientes: Simplificación y modificación de conceptos que propician el desarrollo de errores conceptuales, estructuración de contenidos sin tomar en cuenta el nivel de desarrollo de los estudiantes, carencia de políticas adecuadas para el ingreso a las escuelas de Física, existencia y persistencia de preconcepciones en los estudiantes, escasa articulación en el trabajo de los equipos docentes, la falta de trabajo cooperativo en donde a través del diálogo, la cooperación, la convivencia, el respeto a las diferencias y la solidaridad se aprenda mejor, también la concepción memorística del aprendizaje y la resistencia por parte de los profesores a adoptar las innovaciones en los aspectos pedagógicos y didácticos, la resolución de problemas de manera tradicional, esto es, mediante el uso de una ecuación y por lo tanto queda como una simple sustitución dejando por un lado el análisis y propuesta de diferentes modelos para resolver el problema tipo texto, y —para terminar— la descontextualización de los conceptos científicos con las representaciones propias de los alumnos.

Además es importante considerar el papel que juega el lenguaje en el proceso de enseñanza y aprendizaje. Por ejemplo, Brookes y colaboradores [9, 10, 11] muestran que el uso de la metáfora y la gramática funcional del lenguaje usado en la física afecta el aprendizaje en los estudiantes [10, 11]. Por otro lado, usan estos conceptos para explicar la forma en que la fuerza es entendida [11].

En nuestro trabajo hemos usado una herramienta lingüística llamada Índice de Disponibilidad Léxica (IDL) [12, 13, 14, 15], que nos permite encontrar ordenamiento entre vocablos de un centro de interés (CI) particular. Además introdujimos el concepto de Índice de Relación entre Vocablos (CRV) para mostrar agrupamiento entre vocablos. Más adelante hablaremos profundamente de lo anterior.

II. FUNDAMENTO TEÓRICO

A. Índice de disponibilidad léxica (idl), su surgimiento

Es ya una tradición hablar en la lingüística hispánica del léxico fundamental de una lengua como aquel que está formado por el léxico básico y el léxico disponible (López Morales [16]). El léxico básico es el que abarca los vocablos más usuales de una comunidad y que se caracterizan por un alto grado de estabilidad —permanencia— que les permite aparecer con mucha frecuencia y en todo tipo de discursos, independientemente de la temática de que se trate.

El léxico (o vocabulario) disponible surge como un concepto que encierra un conjunto de vocablos (palabras) que complementa al léxico básico; este último recopila el léxico frecuente (aproximadamente 5 000 vocablos) y el primero, el léxico conocido por todos los hablantes de una norma pero que únicamente se utiliza en circunstancias específicas —comidas, bebidas, profesiones, oficios, etcétera— la suma de ambos produce el léxico fundamental. Obtención del IDL.

Se aplican encuestas en un número determinado, pero arbitrario, de centros de interés (CI), por un tiempo marcado

de antemano o por una cuota definida de equis número de palabras. Con esto se genera una matriz en donde cada fila refiere a una palabra y las columnas refieren a la frecuencia con la que dicha palabra se dijo en la posición de la columna. El IDL se calcula bajo la siguiente ecuación [13, 15]:

$$D(P_j) = \sum_{i=1}^n \left(\frac{f_{ij}}{I} \right) e^{-2.3 \frac{i-1}{n-1}} \quad (1)$$

Donde $D(P_j)$ es el valor de disponibilidad de la palabra j , n es la máxima posición alcanzada en el centro de interés, i es el número de posición de que se trata, j es el índice de la palabra en cuestión, f_{ji} es la frecuencia absoluta de la palabra j en la posición i , I nos indica el número de informantes que participaron en la encuesta.

De esta manera formamos el IDL para cada palabra. Valores altos del IDL indican alta disponibilidad de dicha palabra.

En las investigaciones de disponibilidad léxica en la física hemos encontrado una serie de parámetros que probablemente el planificador pueda usar como nuevos auxiliares. No estamos pensando en el conjunto de términos que conseguimos por medio de las encuestas de disponibilidad léxica que nos permite conocer una terminología básica, en donde encontramos las listas descendentes, los valores de uso y la superficie que ocupa cada uno de los términos —valores de IDL—; hablamos esencialmente de los ordenamientos resultantes de la combinación de la frecuencia y la espontaneidad cuya conjugación originan los índices de disponibilidad.

Durante el proceso de asignación de los valores de disponibilidad, generamos una matriz de análisis del total de los términos según la frecuencia y la posición con que fueron dados en el momento de la encuesta; en ella se pueden observar series diferentes de distribución según cada uno de los dos parámetros, lo que a su vez permite formar curvas de distribución que agrupan términos cercanos en cuanto a su uso por el (profesor, alumno); dicho de una manera más simple se observan grupos de términos que fueron dicho sobre todo en las primeras posiciones, otros cuya distribución se da en la parte media del espectro y varias modalidades más como son las distribuciones achatadas, las que se elevan al final o las que muestran varios picos. Estos resultados son la base de nuestra propuesta. Para cuantificar lo dicho en este párrafo hemos introducido el concepto de Coeficiente de Relación entre Vocablos (CRV), el cual será explicado más ampliamente en la próxima sección.

B. Coeficiente de relación entre vocablos (CRV)

Para estudiar la relación entre vocablos definimos un coeficiente de Correlación entre Vocablos de la manera siguiente:

$$CRV_{jk} = \sum \frac{f_{ji}}{\max(f_{ji})} * \frac{f_{ki}}{\max(f_{ki})} \quad (2)$$

Donde n es la posición máxima alcanzada en el centro de interés, j , k indican j -ésimo y k -ésimo vocablo respectivamente; i indica posición en la tabla de frecuencias; f_{ij} frecuencia del j -ésimo vocablo en la posición i -ésima; $\max(f_{ij})$ frecuencia máxima del j -ésimo vocablo.

Valores grandes de CRV_{jk} indican una fuerte correlación entre los vocablos, lo que nos habla de que existe una nucleación alrededor del vocablo de mayor IDL, que se encuentra dentro de la constelación obtenida por el CRV_{jk} , lo que muestra desde un punto de vista geométrico es que si observamos un par de curvas frecuencia vs. posición (f_{ij} vs. i) para diferentes vocablos, tenemos que el valor de CRV_{ij} mayor indica forma de curva más parecidas y valor menor de CRV_{ij} más pequeño forma de curva nada parecidas.

C. Ejemplos de uso del IDL

En seguida se ofrece un ejemplo de la utilización del IDL aplicado en los centros tradicionales de una lengua natural (en este caso español). Para esto se levantó una encuesta a un grupo de informantes los cuales tienen las mismas características. La encuesta consistía en anotar todos los vocablos que pudieran recordar en 16 centros de interés durante tres minutos. En la Tabla I mostramos una parte de la matriz de frecuencias que se obtiene de dicha encuesta. La tabla nos muestra la frecuencia de cada vocablo y la posición en que fue registrado por cada uno de los informantes.

TABLA I. Matriz de frecuencias del centro de interés de lenguaje natural.

Vocablo	Posiciones														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Correr	7	2	3	1	0	1	2	0	1	1	1	1	0	2	0
Escribir	0	1	1	2	1	5	0	0	4	1	1	1	2	3	0
Comer	5	2	2	0	2	2	1	1	0	0	0	1	0	0	0
Jugar	3	2	3	2	0	2	1	0	0	0	1	2	0	0	2
Amar	5	1	0	1	2	2	0	1	0	1	0	0	1	0	1
Dormir	1	7	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Reír	0	0	0	2	1	1	3	0	4	1	1	0	0	1	1
Leer	0	0	0	1	2	3	3	0	0	2	1	1	0	2	0
Estudiar	1	0	0	1	0	1	1	2	0	4	0	1	1	1	2
Sofñar	0	1	3	2	1	0	0	0	0	1	2	0	0	1	0

Vocablo	Posiciones											Idl	
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26		27
Correr	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0.5772
Escribir	0	1	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0.4673
Comer	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4455
Jugar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.4384

Vocablo	Posiciones												IdI
Amar	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0.4223
Dormir	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.3460
Reír	1	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0.3293
Leer	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3179
Estudiar	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0.3065
Soñar	0	0	1	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0.2949

Al procesar la información de la tabla anterior, se obtienen datos que resultan fructíferos para realizar gran cantidad de análisis diversos, algunos de los cuales pueden ser proyectados hacia la concepción del lexicón mental, por lo que resultan también de gran utilidad para evaluar algunas teorías que dentro de la lingüística y la psicología cognoscitivas han surgido en los últimos años.

Desde el punto de vista meramente cuantitativo obtenemos los valores de frecuencia y los valores del índice de disponibilidad léxica de cada uno de los vocablos; por ejemplo, en la muestra en que nos basamos aparecen 202 verbos diferentes, de un total de 697 respuestas dadas por los informantes, pero los diez primeros verbos, según su frecuencia y sus valores de disponibilidad porcentual, son los siguientes

TABLA II. En esta tabla mostramos la frecuencia alcanzada por vocablo, el rango, su índice de disponibilidad, su disponibilidad porcentual y la disponibilidad acumulada

	vocablo	frecuencia	rango	índice de disponibilidad	disponibilidad porcentual	disponibilidad acumulada
1	Correr	24	02	0.57720	5.21037	5.21037
2	Escribir	26	01	0.46734	4.21863	9.42901
3	Comer	17	08	0.44553	4.02174	13.45075
4	Jugar	19	05	0.43848	3.95813	17.40889
5	Amar	20	03	0.42236	3.81264	21.22154
6	Dormir	13	10	0.34602	3.12351	24.34506
7	Reír	19	05	0.32932	2.97280	27.31786
8	Leer	18	07	0.31792	2.86983	30.18769
9	Estudiar	20	03	0.30651	2.76689	32.95459
10	Soñar	16	09	0.29489	2.66194	35.61653

Como es posible ver desde el mismo primer vocablo que aparece, el ordenamiento que da el índice de disponibilidad no coincide en absoluto con el que brinda la frecuencia:

correr aparece 24 veces, frente a escribir, que lo hace en 26 oportunidades -o sea que fue dicho por 26 informantes-; sin embargo, el índice de disponibilidad de correr es superior en casi un 25% al de escribir, debido a que se dijo en las primeras posiciones más veces. Algo semejante se puede observar respecto de comer, que tiene una frecuencia de 17, contrastantemente con los cinco vocablos que le siguen y que tienen mayor frecuencia que él, pero menor índice de disponibilidad. Llama la atención también el caso de dormir, que tiene una frecuencia de 13 -muy por abajo de las otras de que se rodea-, pero ocupa el sexto rango de un listado de 202 verbos. Esto se debe -repito- a la distribución en que aparecen los verbos estudiados, puesto que la fórmula de medición de la disponibilidad relaciona la frecuencia con el lugar de aparición en la lista que produjo el informante.

Así, la distribución explica —lo digo otra vez, a riesgo de parecer reiterativo— por qué correr aparece con un valor mayor de disponibilidad que escribir, aunque éste tiene una frecuencia superior: correr fue dicho siete veces en primer lugar, dos en segundo y tres en tercera, lo que significa que doce informantes emitieron dicho vocablo en las tres primeras posiciones de la lista de verbos que produjeron, en tanto que escribir no fue nunca la primera opción, ya que se dijo una vez en segunda posición y otra única vez en tercera, así que sólo fue dicho por dos informantes en las tres primeras posiciones. Del mismo modo, el verbo dormir, que tiene sólo trece apariciones en total, ocupa, sin embargo, el rango sexto, debido a que siete informantes lo anotaron en la segunda posición.

Por otro lado, también se puede observar como un parámetro importante la distribución que forma el vector de frecuencias de cada uno de los vocablos. Por ejemplo, correr y comer se distribuyen de un modo muy semejante a partir de la primera posición, donde se encuentra la frecuencia más alta de ambos verbos, además de que es muy significativo que las siete primeras posiciones estén muy cargadas en los dos casos, pues correr aparece en ellas dieciséis veces —66.6%— y comer en catorce oportunidades —82.35%—. Muy semejantes a estos verbos son amar y jugar, con once y trece ocurrencias respectivamente en las siete primeras posiciones, para un 57% y un 72.22%. Diferentes, en cambio, son las agrupaciones de escribir, leer y estudiar por una parte, y reír y soñar por la otra. Es de mucha importancia hacer notar que las agrupaciones de que trato parecen en algunos casos responder a semejanzas semánticas y en otros no tienen ese tipo de conexión. La relevancia de este hecho se relaciona con que es posible pensar que estas formas reflejan cómo la memoria procede para extraer los vocablos de la mente. Lo que pienso que sucede es que dichos vocablos no siempre se relacionan por su parecido semántico, sino que también lo hacen por otro tipo de similitudes, que pueden ser de índole fonética o situacional, o responder a los intereses del informante, por ejemplo-- ver [15] y referencias dentro de él. De esta manera, los agrupamientos que acabo de mencionar corresponden, así sea lejanamente, a algunas concepciones que psicólogos y psicolingüistas han presentado para explicar la estructura de la memoria [17, 18].

C. Relación entre Vocablos

Basándonos en los estudios sobre la memoria humana y sobre el lexicon mental estamos probando las técnicas de la determinación de la disponibilidad léxica para tratar de descubrir las relaciones entre vocablos de distinta clase gramatical, con miras a establecer de qué manera están organizados en la mente del hablante. Aitchison (1987), especialmente en el capítulo nueve, habla de la importancia de las clases de palabras en la disposición del lexicon mental y hace comentarios que apuntan hacia la idea de que los nombres, los verbos y los adjetivos se almacenan cercanamente.

De la tabla de frecuencias analizada anteriormente se puede observar que comer y correr tienen comportamiento en frecuencia muy similar a diferencia de correr y estudiar. para observar con claridad lo anterior ver la figura 1.

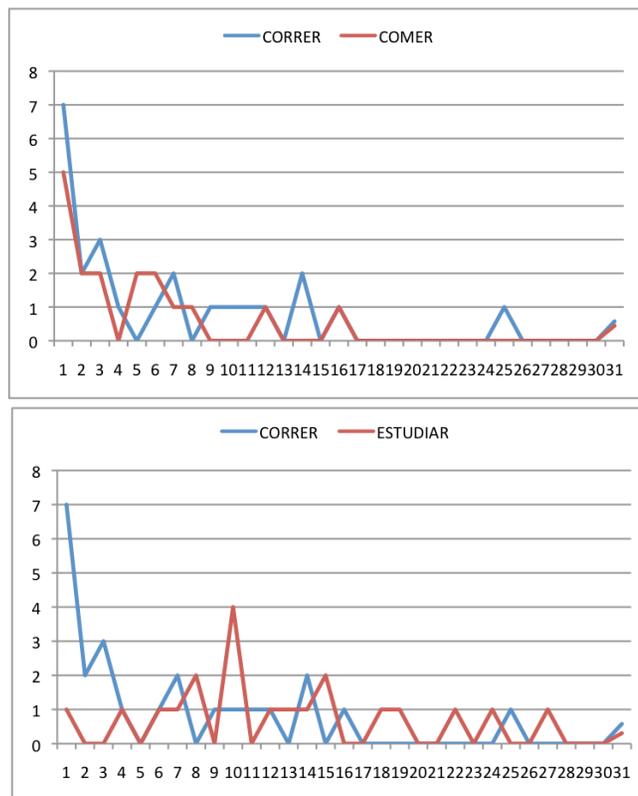


FIGURA 1. Mostramos las curvas de relación entre vocablos. La gráfica superior muestra la relación entre correr (línea azul) y comer (línea roja). Existe buena correlación. En la gráfica inferior se muestra la relación entre correr (línea azul) y estudiar (línea roja) mostrando una baja correlación.

Para hacer un análisis cuantitativo se introdujo el concepto de CRV, el cual será usado detalladamente en la ejemplificación de la terminología del área de física, tarea principal del presente trabajo.

III. APLICACIÓN Y USO DEL IDL EN FÍSICA

En el presente trabajo usaremos la metodología descrita anteriormente en la física, en particular estudiaremos el léxico

disponible en el área de mecánica. Lo que buscamos con conocer el léxico disponible en el área de mecánica es conocer los agrupamientos de vocablos que forman las redes conceptuales. Esto es, el léxico que será necesario que un experto lo planifique, para que defina de manera global una secuencia entre las agrupaciones de conceptos.

Para obtener el material primario de estudio realizamos una serie de encuestas con tres centros de interés (mecánica, electricidad y magnetismo, y como centro de control el de medios de transporte); posteriormente procedimos a generar la tabla de frecuencias correspondiente y de ahí se calculó el IDL y el CRV. La muestra fue constituida por expertos (Doctores en el área con amplia experiencia, 58), docentes con grado de licenciatura y maestría (nivel intermedio, 39) y novatos (estudiantes de grado de licenciatura, 389).

IV. RESULTADOS

A continuación discutiremos los resultados generados por los expertos en el centro de interés de mecánica. Es de suma importancia profundizar en estos resultados dado que son la parte que nos permitirán marcar las diferentes redes conceptuales que marcan la línea de secuencias que tomaremos como guía para generar el modelo de enseñanza que proponemos.

Al realizar el tratamiento de datos resulto que tenemos un número total de 326 vocablos, producidos por 38 informantes, a quienes se les concedió 5 minutos para que contestará cada uno de los centros de interés antes descritos. El máximo número de vocablos producidos por un informante fue de 46. Es muy importante resaltar, que aunque estamos tratando con terminología del área, no se encontró que un vocablo fuera mencionado por el total de los encuestados. Velocidad fue el vocablo con más alta frecuencia (33), seguido por aceleración (30), fuerza (26), energía (24), masa (20) y torque (20) y una larga lista de manera descendente hasta llegar a los 326 vocablos. Como podemos ver en la tabla III.

TABLA III. Matriz de frecuencias del centro de interés de lenguaje natural.

Vocablo	Posición												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13-45
velocidad	2	5	4	2	2	7	2	2	0	0	0	0	...
aceleración	0	5	4	2	4	4	4	0	3	0	0	0	...
fuerza	2	3	0	0	4	0	1	2	2	0	2	2	...
energía	0	2	0	0	0	0	1	0	2	2	0	1	...
masa	0	0	2	4	4	0	0	3	0	2	0	2	...
torque	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	0	...
tiempo	0	2	0	0	1	0	3	1	2	4	0	0	...
trabajo	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	2	1	...
inercia	0	1	0	0	0	1	3	0	1	0	0	2	...
momento angular	0	0	0	0	0	2	1	1	0	4	0	2	...

Vocablo	Posición												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13-45
desplazamiento	0	0	0	4	0	3	0	0	2	0	0	1	...
movimiento	3	0	2	0	0	2	0	0	0	0	2	0	...
energía cinética	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...
leyes de Newton	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	...
partícula	2	0	4	0	2	0	0	2	0	0	0	1	...
posición	5	0	0	1	2	0	0	0	0	2	0	0	...
vector	3	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	...
energía potencial	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...
potencia	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	...
fricción	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	...
momento de inercia	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	...
cinemática	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	...
dinámica	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	...
cuerpo	0	0	0	2	0	0	2	0	0	1	0	0	...
distancia	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	...
momento	0	0	2	2	1	2	1	2	4	0	3	0	..

El ordenamiento que resulta con base en el IDL, en vista que considera la posición, resulta diferente. Por ejemplo, tenemos que el vocablo con mayor IDL es velocidad (0.6227), aceleración (0.5871), fuerza (0.4549), cantidad de movimiento (0.4355), masa (0.3698), y así de manera de descendente para el resto de los 326 vocablos.

Encontramos fuertes agrupamientos de términos alrededor de fuerza, aceleración, velocidad y cantidad de movimiento. Parte de estos agrupamientos los mostramos en la tabla IV.

TABLA IV. Coeficiente de Relación entre Vocablos para los siguientes términos: fuerza, aceleración, velocidad.

Vocablo	aceleración	Vocablo	velocidad	vocablo	fuerza
aceleración	4.2 4	aceleración	2.5 7	fuerza	3.75
momento	3.4	velocidad	2.3 8	momento	3.5
velocidad	2.5 7	momento	2.2 9	cantidad de movimiento	2.37 5
fuerza	2.2 5	cuántica	1.5 7	aceleración	2.25
cantidad de movimiento	1.9	movimiento	1.3 3	Newton	2.25
cuántica	1.8	fuerza	1.2 9	trabajo	2.12 5
trayectoria	1.7	escalar	1.1 4	lagrangiano	1.75
inercia	1.6	masa	1.1 1	masa	1.75
masa	1.6	desplazamiento	1.0 4	momento de inercia	1.5
momento lineal	1.6	compresión	1	energía	1.37 5

Vocablo	aceleración	Vocablo	velocidad	vocablo	fuerza
tiempo	1.6	coordenada	1	trayectoria	1.37 5
desplazamiento	1.3	derivada temporal	1	velocidad	1.29
Newton	1.3	espacial	1	cuántica	1.25
plano inclinado	1.3	joule	1	estática	1.25
energía	1.2 5	luz	1	fricción	1.25
cuerpo	1.2	mecánica de precisión	1	ímpetu	1.25
partícula	1.2	momento lineal	1	potencia	1.25
trabajo	1.2	Newton	1	tiempo	1.25
movimiento	1.2	trayectoria	1	velocidad angular	1.25
escalar	1	partícula	1	movimiento	1.16 7
estadística	1	inercia	0.8 6	distancia	1.12 5
estática	1	velocidad angular	0.7 9	partícula	1.12 5
fuerzas	1	cantidad de movimiento	0.7 9	inercia	1.08 3
mecánica clásica	1	distancia	0.7 9	energía cinética	1.06 3
móvil	1	sistema de referencia	0.7 9	posición	1.05
potencial	1	trabajo	0.7 9	aceleración media	1
vector de posición	1	tiempo	0.7 5	cambio de posición en el tiempo	1
órbita	0.9	estadística	0.7 1	conservación	1
tiro parabólico	0.9	estática	0.7 1	deslizamiento	1
energía cinética	0.8 5	fuerzas	0.7 1	gravedad	1
aceleración media	0.8	mecánica clásica	0.7 1	hidrodinámica	1
cambio de posición en el tiempo	0.8	móvil	0.7 1	impulso	1
clásico	0.8	vector de posición	0.7 1	mecánica estadística	1
compresión	0.8	cuerpo	0.7 1	momento lineal	1
conservación	0.8	vector	0.6 8	momentum	1
coordenada	0.8	impulso	0.6 4	par de fuerzas	1
cronometría	0.8	mecánica	0.6 4	partículas	1
derivada espacial	0.8	momento angular	0.6 4	reacción	1
derivada temporal	0.8	potencial	0.6 4	rozamiento	1
deslizamiento	0.8	tiro parabólico	0.6 4	dirección	0.87 5

En el tercer bloque de la tabla IV podemos observar la red conceptual en torno al término fuerza, dado que se relaciona fuertemente con cantidad de movimiento, aceleración,

trabajo, masa, velocidad. Como sabemos, la fuerza es dada por:

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}, \quad \vec{p} = m\vec{v}. \quad (3)$$

Lo anterior se observa fuertemente en la serie de gráficas que mostramos a continuación.

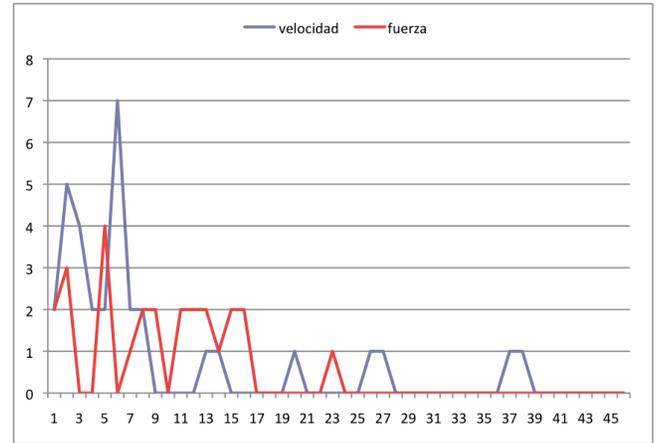
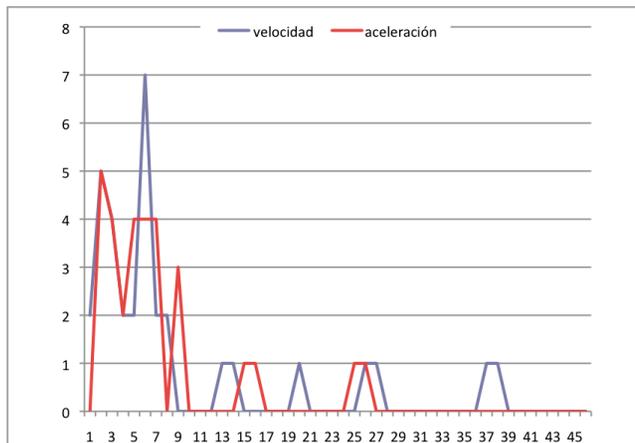
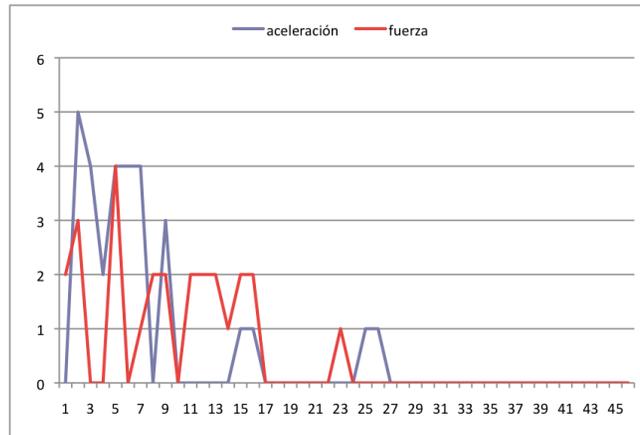
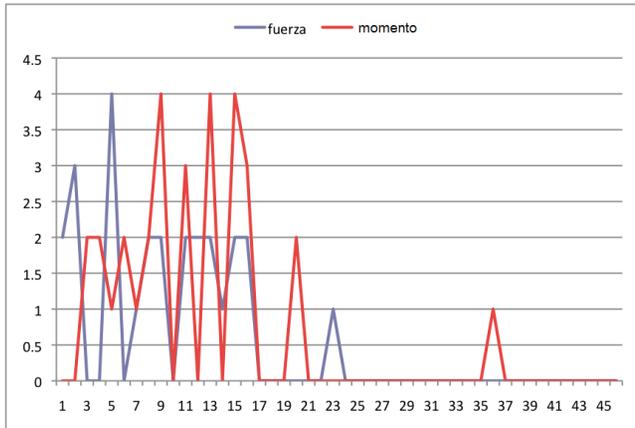


FIGURA 2. Curvas correlación entre diferentes términos altamente correlacionados. En la primera gráfica mostramos la relación entre fuerza (azul) y momento (rojo). En la segunda gráfica mostramos la relación entre fuerza (roja) y aceleración (azul). En la tercera gráfica mostramos la relación entre velocidad (azul) y aceleración (rojo). Finalmente, en la cuarta mostramos la relación entre fuerza (rojo) y aceleración (azul).

Existen otros agrupamiento que se podrían mencionar, sin embargo para continuar con la línea de Brookes [11] y de Jewett [19] decidimos mostrar los agrupamientos alrededor del término fuerza y así ver con mayor énfasis la construcción del concepto plasmado en la segunda Ley de Newton. En un trabajo futuro lo presentaremos con más detalle los diferentes agrupamientos.

V. CONCLUSIONES

El modelo lingüístico usado para analizar la terminología del área de mecánica no ha permitido detectar los términos nucleares y los que él mismo atrae para formar la constelación conceptual correspondiente.

Encontramos que los expertos tienen una red conceptual sólidamente entrelazada a partir del término de fuerza, así se fortalece la segunda Ley de Newton.

El uso del IDL para construir los ordenamientos y de la determinación del CRV permite construir la secuencia de conocimientos que el alumno debe llevar para almacenar productivamente su aprendizaje. De este modo podrá conceptualizar este y el resto de los conocimiento que vaya a estudiar en el área de mecánica.

Esto viene a confirmar que la forma en que los diferentes conceptos asociados con las constelaciones de términos, se deben de enseñar de manera simultánea, esto es, debemos de diseñar un modelo didáctico que nos permita presentar de forma conjunta estos conceptos.

Por otro lado, de manera inmediata se desprende la posibilidad de crear nuevos textos con base a esta organización.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por Fondos Mixtos, Gobierno del Estado de Zacatecas.

REFERENCIAS

- [1] Muñoz, R., *Escribir para aprender: ensayo de una alternativa para la enseñanza universitaria de las ciencias*, Enseñanza de las Ciencias **13**, 273-278 (1995).
- [2] Hestenes, D., *Toward a Modeling Theory of Physics Instruction*, Am. J. Phys. **55**, 440-454 (1987).
- [3] Drive, R., *Psicología cognitiva y esquemas conceptuales de los alumnos*, Enseñanza de las Ciencias **4**, 3-15 (1986).
- [4] Viennot, L., *Spontaneous Reasoning in Elementary Dynamic*, Eur. J. Sci. Educ. **1**, 205-222 (1979).
- [5] Champagne, A. B., Gunstone, R. F. & Klopfer, L. E., *Instructional Consequences of Students' Knowledge about Physical Phenomena in West y Pines* (Eds.), Cognitive Structure and Conceptual Change (Academic Press, New York, 1985) pp. 61-90.
- [6] Hewson, P. W., *La enseñanza de la fuerza y movimiento como cambio conceptual*, Enseñanza de las Ciencias **8**, 157-172 (1990).
- [7] Pines, A. L. & West, L. H. T., *Conceptual Understanding an Science Learning: An Interpretation of research within a Source-of-Knowledge framework*, Science Education **70**, 583-604 (1985).
- [8] Madrigal, J. et al., *El lenguaje Científico, su mal uso en la vida cotidiana*, Teoría, métodos y técnicas para la enseñanza de la lengua, (UAZ, Zacatecas, 2007).
- [9] Brookes, D. T., *The Role Of Language In Learning Physics*, Ph. D. Thesis, Graduate Program in Physics and Astronomy. Rutgers, The State University of New Jersey (2006).
- [10] Brookes, D. T., & Etkina, E., *Using conceptual metaphor and functional grammar to explore how language used in physics affects student learning*, Physical Review Special Topics - Physics Education Research **3**, 010105 (2007).
- [11] Brookes, D. T. & Etkina, E., *"Force", ontology, and language*, Physical Review Special Topics - Physics Education Research **5**, 010110 (2009).
- [12] Justo, H. G., *Disponibilidad léxica en colores*, Tesis Licenciatura, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM (1986).
- [13] López, J., y Strassburger, C., *Otro cálculo del índice de disponibilidad léxica* (1987), Manuscrito Inédito, publicado posteriormente como El diseño de una fórmula matemática para obtener un índice de disponibilidad léxica confiable, *Anuario de Letras XXXVIII*, UNAM, México 227-251 (2000).
- [14] López, J., Consideraciones acerca del índice de disponibilidad léxica en *Memoria del XXX Aniversario del Centro de Lingüística Hispánica del Instituto de investigaciones Filológicas de la UNAM*, México, 419-430 (1999).
- [15] López, J., *¿Que te viene a la memoria? La disponibilidad léxica: teoría, métodos y aplicaciones*, UAZ, Zacatecas. Ver referencias dentro del libro (2003).
- [16] López, H., Reseña a "Jean Aitchison. *Words in the mind: An introduction to the mental lexicon* (Basil Blackwell Ltd., Oxford-New York, 1987), x + 229 págs.", en *Lingüística*, **1**, ALFAL, Caracas. 143-164 (1989).
- [17] Estes, W. K., Aspectos estructurales de los modelos asociativos de la memoria, en *Charles N. Cofer Ed., Estructura de la Memoria Humana*, (Ediciones Omega, Barcelona, 1979) pp. 35-60.
- [18] Aichison, J., *Words in the mind: An introduction to the mental lexical*, (Basil Blackwell, Oxford-New York, 1987).
- [19] Jewett Jr., J. W., *Energy and the Confused Student I: Work*, The Physics Teacher **46**, 38-43 (2008).