

Una interpretación de las opiniones de ingresantes a la universidad sobre la noción de interacción

María Silvia Stipcich¹, Marco Antonio Moreira² y Concesa Caballero³

¹Departamento de Formación Docente, Facultad de Ciencias Exactas, UNICEN, Buenos Aires, Argentina. Email: stipci@exa.unicen.edu.ar. ²Instituto de Física, UFRGS, Porto Alegre, Brasil. Email: moreira@if.ufrgs.br ³Área de Física Aplicada, Facultad de Ciencias, Universidad de Burgos, Burgos, España. Email: concesa@ubu.es

Resumen: Este trabajo detalla el proceso realizado para analizar las respuestas a un test, distribuido entre aspirantes a ingresar en la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional del Centro, en Tandil, Buenos Aires. La investigación en que se enmarca este test, es de carácter etnográfico y busca llegar a "comprender" algunas representaciones mentales que los estudiantes del nivel polimodal¹ tienen sobre la interacción gravitatoria para elaborar una propuesta didáctica (que incorporando esta información) pudiera colaborar para avanzar en la conceptualización de esta noción. El análisis que en adelante se presenta se encuadra dentro de los lineamientos del análisis textual o de contenido y los resultados forman parte de los estudios preliminares de la investigación.

Palabras clave: interacción, representaciones, alumnos ingresantes a la universidad.

Title: An interpretation of the views of inductees to the university on the notion of interaction.

Abstract: This job details made process to analyze the answers to a test, distributed among applicants to join at the Faculty of Sciences exact of the University National Center, in Tandil, Buenos Aires. Research that fits This test is ethnographic character, seeking to "understand" some mental representations that students made level¹ have on gravitational interaction to develop a didactic proposal (that incorporating this information) could collaborate to advance in the conceptualization of this notion. Analysis that in forward occurs fits within the guidelines of the analysis textual or content and results are part of studies preliminary research.

Keywords: interaction, representations, students to the university.

Introducción

Este trabajo es parte de una investigación cuyo propósito es describir las representaciones mentales que estudiantes del nivel polimodal (de un determinado centro escolar) emplean para otorgar significado al concepto

¹El nivel Polimodal es el último estrato de la educación preuniversitaria, dura tres años, admite diferentes modalidades (ciencias sociales, administración y gestión, ciencias naturales, etc.) y los estudiantes que nuclea tienen edades que oscilan entre los 15 y los 18 años. En nuestro caso cuando nos referimos al nivel polimodal estamos admitiendo que la modalidad del mismo es ciencias naturales.

de interacción (gravitatoria, eléctrica y magnética) tomando como referente a los contenidos involucrados, los procedimientos y las valoraciones del saber. La investigación se complementará con una intervención didáctica en el aula de Física de ese mismo nivel educativo.

Se trata de una investigación de carácter etnográfico que busca, en primer lugar, "comprender" los significados que los estudiantes estarían asignando a la noción de interacción. El diseño de la investigación se ha planeado en dos grandes momentos: el de los estudios a priori y el de la propuesta didáctica. Como parte del primer momento se pueden señalar los siguientes estudios preliminares:

- El epistemológico de los contenidos contemplados en la enseñanza.
- El de los textos de uso frecuente en las clases de ciencias.
- El de la enseñanza tradicional y sus efectos.
- El de las ideas de los estudiantes, de las dificultades y de los obstáculos que determinan su evolución.
- El de las ideas de los profesores que enseñan Física en el nivel polimodal.
- El del campo de restricciones donde se intentará situar la intervención didáctica.

Los resultados obtenidos a partir del trabajo con los textos de uso frecuente en las clases de ciencia (Stipcich y Moreira, 2001); las entrevistas con los profesores que enseñan Física en el nivel polimodal (Stipcich y Moreira, 2002 a) y nuestra propia experiencia de más de quince años de trabajo con Profesores en ejercicio y estudiantes preuniversitarios han sido el soporte para diseñar y fundamentar el test (Stipcich y Moreira, 2002 b) a distribuir entre los alumnos que están asistiendo a un curso nivelatorio como instancia previa al ingreso a la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional del Centro, de Tandil, Buenos Aires.

En particular, se comenta el proceso de análisis seguido para arribar a los resultados del test que, junto al resto de estudios preliminares contribuirán para el diseño de la propuesta didáctica.

Lineamientos teóricos

Los resultados que de este análisis se deriven habrán de interpretarse bajo dos supuestos:

- 1) se trata de estudiantes que ya han transitado por *todas* las físicas de la educación preuniversitaria. Es decir, se tratará con alumnos de más de 18 años de edad que, cuando menos, han participado del dictado de una Física básica en su formación polimodal. (Elementos de Mecánica clásica, por ejemplo).
- 2) el modo en que se estarían representando la noción de interacción no responde, a aquél que la comunidad científica ha consensuado. Dicho de otra manera, asumimos que la manera en que los estudiantes se estarían representando la interacción dista de la que esperaríamos construir en nuestras clases de Física.

Se desarrollan a continuación, las consideraciones teóricas sobre la manera que en este trabajo se entiende a la conceptualización tomando el referencial teórico de los campos conceptuales de Vergnaud, que se emplean luego, para analizar las respuestas de los ingresantes. Se trata de una teoría que contiene elementos importantes para interpretar la tarea educativa ya que toma en consideración el rol de mediación del docente a la vez que el interés está puesto en el aprendizaje de los conceptos científicos.

El objetivo de la *teoría de los campos conceptuales* de Vergnaud es el de proporcionar un encuadre teórico a las investigaciones sobre actividades cognitivas complejas, en especial referidas a los aprendizajes científicos y técnicos. Se trata de una teoría psicológica del concepto o, mejor dicho, de la conceptualización del real, que permite estudiar las filiaciones y las rupturas entre los conocimientos desde el punto de vista conceptual. (Vergnaud, 1990).

Vergnaud reconoce que ha conformado esta propuesta, incorporando aportaciones de Piaget, de quien es su discípulo, y de Vigotsky. De Piaget toma el concepto de esquema, una idea muy potente, que sintetiza la manera en que un sujeto puede representarse una acción haciendo uso de alguna forma de lenguaje. El concepto de esquema es la bisagra entre la representación (que se asume en alguna forma de lenguaje) y la acción. Esta propuesta supera a la piagetiana en el sentido que el sujeto de Vergnaud es un "*sujeto en situación*" y más todavía, toma como referencia el contenido del conocimiento y se preocupa por analizar el dominio conceptual de ese conocimiento. (Franchi, 1999: 160)

En cuanto a los aportes vigotskianos, es fácil de advertir en el planteo que presenta, un énfasis tanto en el dominio de simbolismos, como en el rol del docente, como el mediador por excelencia cuya función específica es la de proporcionar las situaciones más oportunas para que los estudiantes puedan poner en juego sus esquemas en la zona de desarrollo próximo. (Vergnaud, 1998: 181).

A los fines de que esta presentación no resulte demasiado extensa, se muestra, en la figura 1, un mapa sobre la manera en que se relacionan los principales conceptos de esta teoría.

El mapa puede comprenderse a partir de identificar la confluencia de dos espacios:

- 1) el ubicado en la mitad superior, donde prevalece la tríada esquema, representación y realidad de evidentes connotaciones piagetinas y
- 2) el que se sitúa en la mitad inferior, formado por otra tríada: mediación², realidad y representación, más próximo, tanto por el lugar del simbolismo como de la mediación, con los aportes vigotskianos.

Respecto del espacio superior, es claro el lugar de jerarquía ocupado por el concepto de esquema. Según este autor, si se admite que la Psicología cognitiva está interesada en teorizar sobre la acción y la actividad el concepto de *esquema* es el más importante de los conceptos de Psicología

²La palabra mediación ha sido encerrada en un óvalo para denotar que se trata de un término que no forma parte de los conceptos relevantes de la teoría sino que se trata de la función que se le asigna al docente.

cognitiva. La mayor parte de nuestra actividad cognitiva está hecha de esquemas. (1998: 172). El esquema se define como la organización invariante del comportamiento para una cierta clase de situaciones. (1990:136; 1994:53; 1998:168). Es el articulador o transductor necesario entre el real³ y la representación. Se trata de una totalidad dinámica funcional para interpretar las relaciones entre la acción y el lenguaje.

Los esquemas forman parte de todos los registros posibles de la conducta, incluidas competencias bien diferentes como los gestos, las actividades intelectuales, la afectividad, las conductas lingüísticas. (1996c: 202)

Vergnaud (1998: 173) sostiene que es posible reconocer cuatro ingredientes que componen los esquemas:

Finalidades y anticipaciones: un esquema está siempre dirigido a situaciones en las cuales el sujeto puede descubrir una posible finalidad de su actividad, sus objetivos o ciertos efectos o ciertos fenómenos (1996c: 201)

Reglas de acción, búsqueda de la información y control: son reglas del tipo "si ... entonces", son las verdaderas generadoras de los esquemas, las que ponen en marcha la secuencia de acciones.

Invariantes operacionales: son los conocimientos que están contenidos en los esquemas. Constituyen el núcleo conceptual implícito o explícito de los esquemas. Contienen la información que permite inferir las reglas de acción y el objetivo a alcanzar. Hay dos grandes clases de invariantes, los teoremas-en-acto y los conceptos-en-acto. Los teoremas en acto son proposiciones tenidas como verdaderas sobre el real, los conceptos en acto, por su parte, son los predicados, las categorías llamadas a ser relevantes para la situación que se presenta. Hay una relación dialéctica entre ambos: los conceptos son parte de los teoremas en acción, pero estos últimos son quienes les dan su contenido a los primeros. Los teoremas-en-acto son largamente implícitos y no necesariamente verdaderos. Por ejemplo, el enunciado *todos los cuerpos caen, en las proximidades de la tierra con la aceleración de la gravedad*, es un teorema-en-acto; la aceleración de la gravedad es un concepto-en-acto.

Posibilidades de inferencia: son las posibilidades de hacer anticipaciones en función de los invariantes que dispone el sujeto y de las informaciones con que cuenta.

"...el desarrollo cognitivo consiste ante todo y principalmente en el desarrollo de un vasto repertorio de esquemas" (1996c: 203)

Para que este desarrollo tenga lugar hace falta proveer a los alumnos de las situaciones más oportunas. Aquí es, donde entran en juego los elementos del espacio inferior del mapa. La tarea de los profesores es la de ayudar a los estudiantes a desenvolver su repertorio de esquemas. (1998: 10). Las *situaciones* a las que el sujeto se enfrenta no hay que entenderlas

³El *real* está inmerso en un cierto campo conceptual. Para Vergnaud el conocimiento se organiza en campos conceptuales. *Un campo conceptual es un conjunto informal y heterogéneo de problemas, situaciones, conceptos, relaciones, estructuras, contenidos y operaciones de pensamiento, conectados unos con otros y, probablemente, entrelazados durante el proceso de adquisición* (1982: 40)

en el sentido de situaciones didácticas. Se trata más bien de tareas. Toda situación compleja puede ser analizada como una combinación de tareas de las que es importante conocer su naturaleza y las dificultades propias. (1990: 149).

En esas situaciones el lenguaje y los símbolos ocupan un lugar de relevancia. Los profesores usan palabras y oraciones para explicar, hacer preguntas, seleccionar información. Hay mucha información en gestos y expresiones faciales. Pasar desde los invariantes operacionales que pudieran poner en juego los estudiantes para afrontar las situaciones, a palabras y a textos no es simple. Ante todo, se requiere de la práctica del lenguaje natural. Además los sistemas lingüísticos y semióticos no se caracterizan por representar lo que cada individuo tiene en mente, se sabe que hay huecos importantes entre lo que es representado en la mente individual y el significado usual de las palabras. (1998:177). Luego, la cuestión del simbolismo es de sumo interés en la conformación de los esquemas .

Si a lo antes comentado, se le agrega que la premisa que sostiene que la construcción de un concepto no es independiente de la situaciones a las cuales se enfrenta el sujeto, puede entenderse mejor cómo es que Vergnaud (1990: 145, 1993:8) concibe al concepto como un triplete $C = (S,I,R)$ donde:

S: es el conjunto de situaciones que dan sentido al concepto (la referencia); I: es el conjunto de invariantes sobre las cuales reposa la operacionalidad del concepto (el significado) y R: es el conjunto de representaciones simbólicas (formas lingüísticas y no lingüísticas) que pueden ser usadas para indicar o representar los invariantes (el significante).

Nótese que en el mapa de la página que sigue el concepto es justamente la confluencia de estos tres elementos. *El concepto no es una simple definición. Se refiere a un grupo de situaciones y envuelve un grupo de diferentes invariantes operacionales, y sus propiedades pueden ser expresadas por representaciones lingüísticas y simbólicas diferentes.*(1998: 177). Será entonces, la intervención deliberada del docente, su *mediación* ofreciendo situaciones, la que puede contribuir a que esos invariantes operacionales evolucionen hacia verdaderos conceptos científicos. Se trata de una tarea prolongada y que no se alcanza de una vez y para siempre, por el contrario, requiere de un trabajo sostenido en el tiempo.

a) la *segmentación* en unidades de análisis en función del contenido al que alude. En este caso hay una segmentación de partida que es el enunciado de cada una de las cuestiones del test;

b) el *agrupamiento* sobre la base de la definición de categorías, identificando dimensiones relevantes a priori y/o reconocidas en el proceso de análisis del discurso. Para el test en cuestión, se establecen algunas agrupaciones a priori en función del contenido de las preguntas. El test ha previsto la inclusión de cuestiones diferentes que tienden a complementarse para intentar inferir cómo es que quien las responda, estaría entendiendo a la interacción. (Stipcich, Moreira, 2002b);

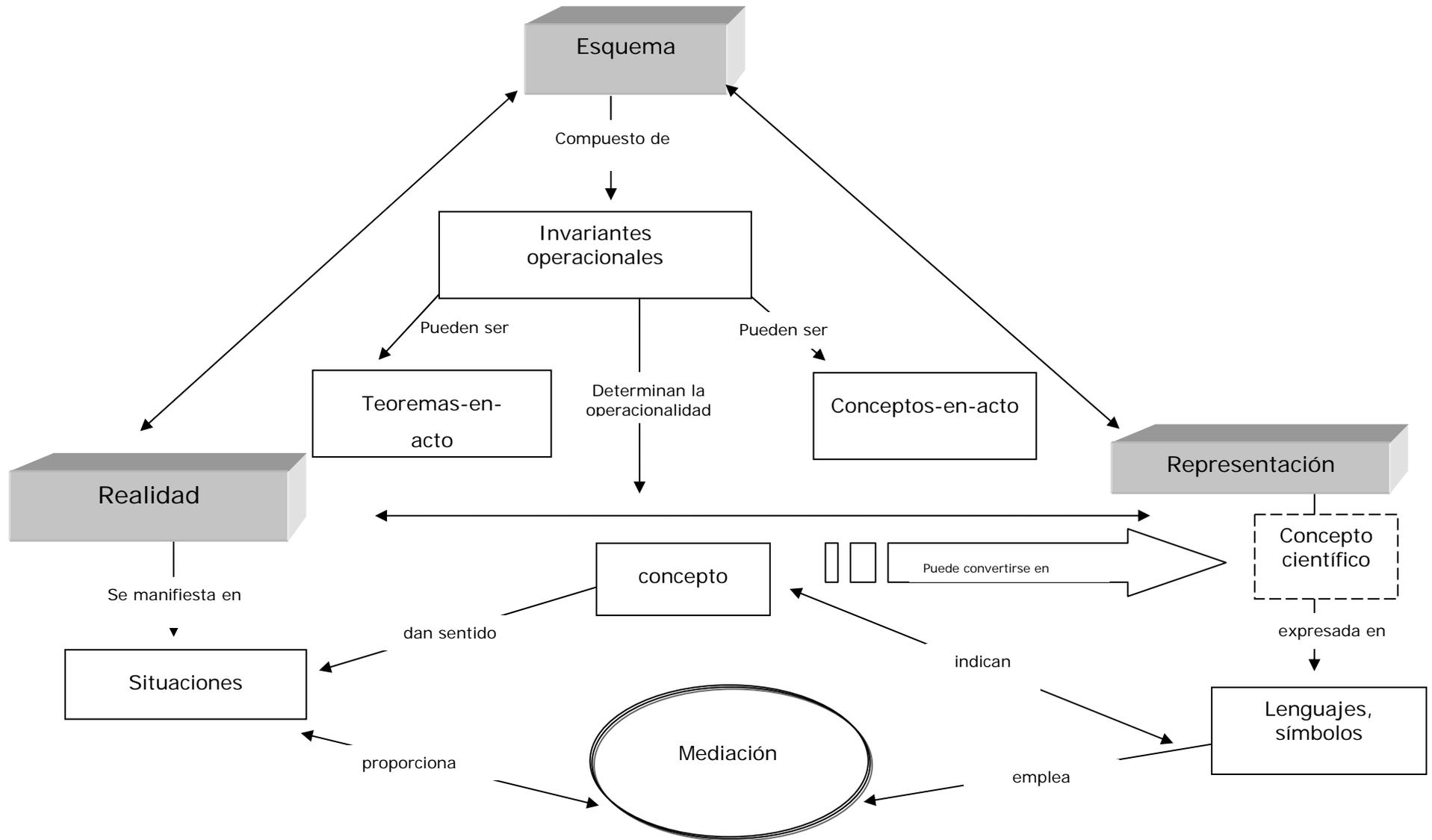


Figura 1.- Mapa conceptual que resume las aportaciones de Verignaud.

c) la *organización en metacategorías* por identificación de significados de mayor generalidad. La *inclusión* y la *subordinación* mediante el establecimiento de relaciones entre categorías que permite establecer jerarquías en el *corpus* de datos;

d) la *ordenación* de acuerdo con algún criterio explícito y que constituye una primera conclusión de la investigación;

e) la *covariación* en la dirección de ocurrencia de categorías y el establecimiento de posibles relaciones causales en la coaparición de elementos en una secuencia consistente dentro de un esquema de variables múltiples (característica del campo de investigación educativa).

Las etapas c), d) y e) resultarán de analizar de manera conjunta las respuestas dadas por un mismo individuo a aquellas preguntas que se han estimado como complementarias.

Análisis por pregunta

Cuestión 1a:

Es habitual en los textos de Física, ejemplificar la Ley de Gravitación universal presentando la interacción que tiene lugar entre la Tierra y su satélite, la Luna.

¿Se te ocurre alguna manera de esquematizar ó representar tal interacción? Explica en no más de tres renglones qué representa tu esquema y qué papel juega cada uno de los elementos que usas en el esquema.⁴

Las unidades de análisis han sido, en primer lugar, las respuestas a cada una de las preguntas que son parte del test. Se procedió leyendo las 151 respuestas a la cuestión 1 a) y, a partir de esto, la identificación de conceptos y/o frases que nos permitieran reconocer algunas dimensiones emergentes. Resultado de ello, son las siguientes cuatro categorías:

- Explicaciones por analogías con fenómenos magnéticos (MAG)⁵: Incluye a aquellas respuestas que para hablar de la interacción Tierra-Luna usan como referencia la acción de imanes.

Ejemplos:

*"La representación es que la Tierra tiene como un imán que es la gravedad y eso hace que los elementos permanezcan parados, no se muevan mientras la Tierra rota". (R1.99)*⁶

"El núcleo de la Tierra tiene un campo magnético que atrae y mantiene en órbita a la Luna". (R1.103)

- Explicaciones en las que interviene la gravedad (GRA): Se trata de respuestas en las que se alude a la gravedad como causal de la interacción que se pretende explicar.

⁴El apartado a) ofrece la posibilidad de permitir un análisis gráfico y uno escrito. Este último, por su parte, podría dar algún indicio del lenguaje que se emplea a la vez que facilitar la inferencia de aquellos conceptos de los que están haciendo uso para la explicación.

⁵La sigla entre paréntesis corresponde a la codificación de cada una de las categorías que se emplea en el reconocimiento de un segmento de respuesta escrita que se asocia a cada una de ellas.

⁶La sigla significa que se trata de la respuesta a la pregunta 1 del alumno numerado 99.

Ejemplos:

"La interacción de la Tierra con la Luna es la relación que tiene o pueden tener dos pares de elementos. Al tener dos elementos interactúan al mismo tiempo gracias a la gravedad": (R1.6)

"Interactúan ya que la gravedad de la Tierra hace que la Luna mantenga la órbita, si no hubiese gravedad en la Tierra la Luna perdería su órbita y se alejaría de la Tierra hasta encontrar un nuevo centro de atracción gravitatorio": (R1.120)

- Explicaciones basadas en el movimiento (MOV): Involucra a las respuestas que ponen en el movimiento de uno ó más de los objetos en cuestión, el factor explicativo para la interacción entre ambos.

Ejemplos:

"La interacción que tiene lugar entre la Tierra y la Luna, se debe a que la Luna orbita a la Tierra, quiere decir que está muy cerca para irse y muy lejos para caer. Además de los movimientos de rotación y traslación de la Tierra y el de rotación de la Luna". (R1.9)

"En el dibujo la Tierra y la Luna representan la interacción con respecto a los movimientos que tienen cada uno de ellos. O sea la interacción tiene lugar por el hecho de que la Luna y la Tierra están en movimiento y se satisfacen entre sí". (R1.33)

- Tests que no tienen respuesta a esta cuestión (NSC): Se incluyen aquí a aquellos test que no tienen ninguna respuesta; a los que explicitan desconocer aquello que se está preguntando y a los que aún habiendo realizado algún esquema el mismo no permite hacer inferencias en relación con el propósito de la pregunta.

Es de notar que las tres primeras categorías son no excluyentes. Esto es, sería posible encontrar respuestas que fueran categorizables en más de una categoría a la vez. Basta por citar un ejemplo la transcripción de R1.99 que acompaña a la categoría MAG. En ese caso, si bien se emplea la analogía del imán (y por ello se la incluye allí), también se identifica a la gravedad como "la responsable" de la interacción. Asimismo, como primera aproximación a las respuestas se trata de categorías lo suficientemente flexibles para incorporar un elemento de manera que, por ejemplo, la categoría MAG no está contemplando respuestas en las que la analogía entre fenómenos gravitacionales y magnéticos es detallada sino que se trata de alusiones del estilo *"es como si la tierra tuviera un imán"*. De la misma forma GRA y MOV incluirán aquellas respuestas que, en un sentido amplio, aluden a la gravedad (como fuerza, como campo gravitacional, sin más que la gravedad) y al movimiento como causales de la interacción, respectivamente.

Un primer aspecto que hay que destacar es que 82 tests forman parte de NSC, de los cuales 80 están en blanco y los dos restantes pertenecen a cada una de las otras dos alternativas antes mencionadas. Luego, una primera conclusión para esta pregunta es que más de la mitad de los respondientes no está en condiciones de dar explicaciones respecto de la interacción Tierra-Luna.

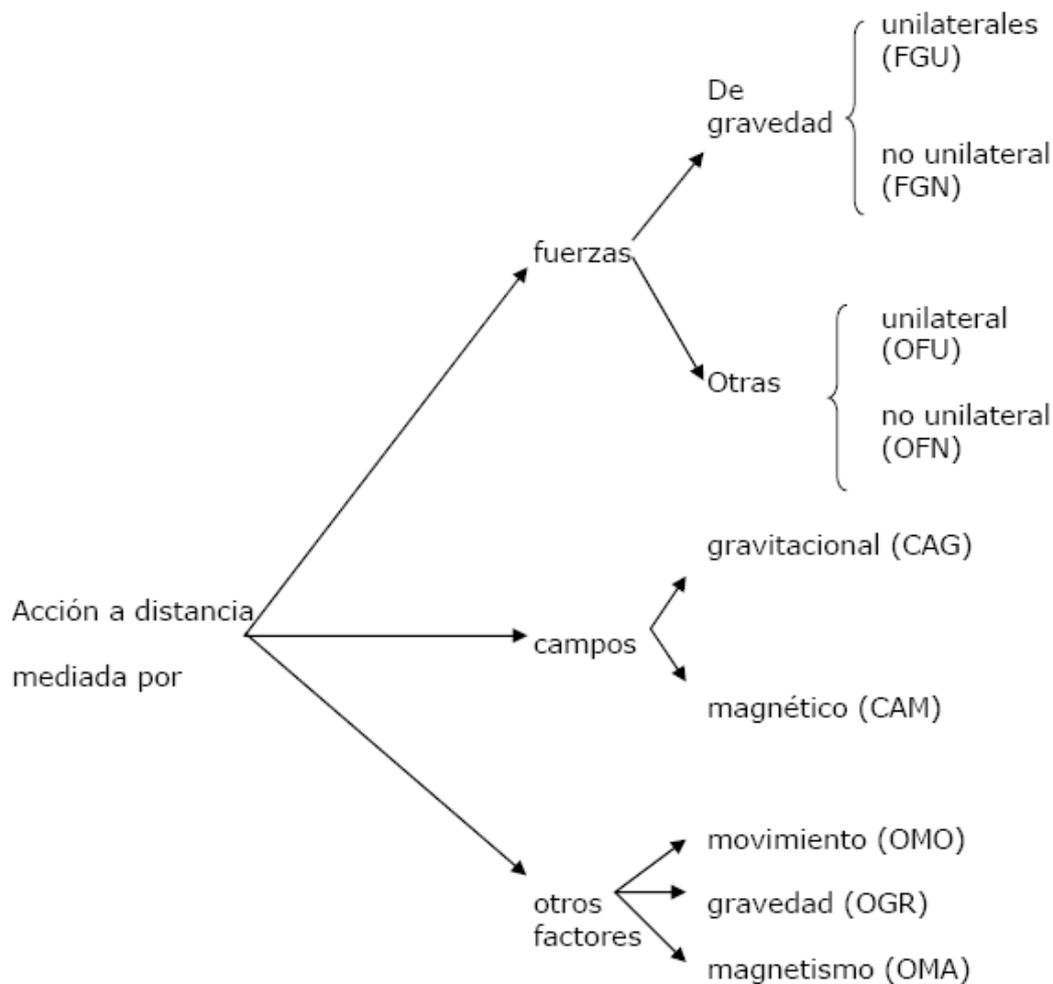


Figura 2.- Esquema estructurador de las categorías emergentes del análisis de la cuestión 1a.

Una mirada más pormenorizada de los tests permite esbozar algunas relaciones entre las categorías anteriores y la generación de otras nuevas a los fines de inferir otros significados (criterio c de los que enuncia Bernardez *op.cit.*). Para esto, se parte del planteo de posibles criterios para agruparlas. Una característica común a las respuestas es la presencia de una *mediación* para la interacción. Dicho de otra manera, la mayoría de las respuestas argumentan la interacción entre la Tierra y la Luna como una acción a distancia mediada por determinado factor. Esta idea permitió construir el esquema estructurador presentado en la figura 2, en el que se incluyen y subordinan a algunas de las categorías antes descritas, a la vez que se incorporan otras dimensiones que se explican más adelante.

El esquema presenta las categorías surgidas a partir de considerar a las diferentes mediaciones que se han identificado en las respuestas e incluye a las primeras categorías que se analizaron antes. El primer ejemplo presentado para la categoría MAG aparece aquí formando parte de otros factores, ya que no es posible reconocer qué cosa es el magnetismo para este entrevistado. El segundo ejemplo, pasa a formar parte de campos en la categoría CAM. Se procede de manera similar con las respuestas que se

encuadraban bajo GRA reubicando dos ejemplos antes presentados (tomados de R1.6 y R1.120) dentro de OGR. Los extractos de R1.9 y R1.33 para MOV pasan a ser parte de otros factores en la categoría OMO.

En cuanto al resto de las especificaciones del esquema estructurador, se trata de "valores" para las categorías antes comentadas. Con unilateral y no unilateral se quiere significar que se trata de respuestas de las que no resulta posible inferir si la fuerza está siendo concebida con su correspondiente par en otro objeto o si simplemente se la toma en consideración desde el lugar de un solo elemento.

Otros ejemplos:

✓ Categoría FGU:



Un elemento del esquema depende de otro, en este caso el Sol mantiene en órbita a la Tierra por su fuerza de gravedad y a su vez la Tierra mantiene en órbita a la Luna por la misma causa. (R1.1)

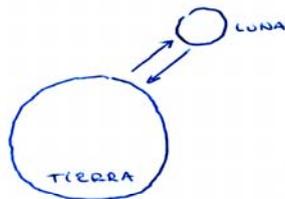
✓ Categoría FGN

La Tierra por tener más masa (...) ejerce una fuerza gravitatoria más grande que la de la Luna. Ambas se atraen y ejercen distintos efectos sobre el otro. Por ejemplo, la Luna actúa sobre las mareas. (R1.29)

✓ Categoría OFU:

La Luna gira alrededor de la Tierra debido a la fuerza que ejerce sobre la Luna. Esta fuerza se debe a la diferencia de tamaño. Otro ejemplo sería el sistema solar ya que todos los planetas giran alrededor del Sol por ser éste el más grande de todos. (R1.118)

✓ Categoría OFN:



El esquema representa "acción" de la tierra en la luna y de la luna en la tierra. Entre ellas con las flechas que se representan • una fuerza de atracción entre ellos

Figura 3.- Los vectores fuerza se asocian a cada uno de los cuerpos representados (R1.47).

Comentarios en relación con la cuestión 1a

La nueva categorización pone de manifiesto que los entrevistados conciben a la interacción como una acción a distancia que involucra fuerzas,

campos y otras alternativas. Cuando optan por fuerzas, mayoritariamente, lo hacen identificándola con la gravedad. Para el caso de campos las opciones entre magnético y gravitacional son de igual frecuencia, aunque esta es mucho menor en relación con la frecuencia de la respuesta a fuerza. Sólo cuatro respuestas contemplan la posibilidad de mediar la acción entre la Tierra y la Luna por la presencia de campos. Los resultados de la categoría otros factores son interesantes: de los tres valores posibles que incluye, la respuesta menos frecuente es movimiento mientras que gravedad es la de mayor frecuencia. Si se está dispuesto a admitir que cuando los entrevistados no encuentran un calificativo para la mediación y simplemente la caratulan como "gravedad" se está en presencia de un protoconcepto de campo, podría entonces, tratarse de un resultado alentador para nuestro accionar en las clases de Física y si este fuera el caso, las opciones más registradas pasarían a ser la mediación por fuerzas y por campos gravitacionales. *"Los contenidos de saberes designados como aquellos a enseñar (explícitamente: en los programas; implícitamente: por la tradición, evolutiva, de la interpretación de los programas), en general preexisten al movimiento que los designa como tales. Sin embargo, algunas veces (y por lo menos más a menudo de lo que se podría creer) son verdaderas creaciones didácticas, suscitadas por las necesidades de la enseñanza"*. (Chevallard, 1997). En relación con esta cita se piensa que la noción de campo cumple con la doble caracterización de ser un contenido explícito (al menos en los índices de los textos de uso frecuente en la educación preuniversitaria e inclusive en las últimas consideraciones acerca de los contenidos para el polimodal emanadas del Ministerio de Cultura y Educación de Argentina) e implícito por la necesidad que le imprimen otros contenidos; por ejemplo el acceso a la construcción de la noción de ondas electromagnéticas requiere, necesariamente de la anticipación del concepto de campo. Se trata, a su vez, de lo que podríamos considerar en acuerdo con Klimovsky (1995) un término teórico; es decir, contrapuesto a empírico: no hay posibilidades empíricas de encontrar un campo en el sentido físico del término. Luego, será función del docente trabajar en el intersticio que media entre el protoconcepto y el concepto a los fines de colaborar para su aprendizaje.

Las ilustraciones para la cuestión 1a

Para esta misma pregunta, se ha realizado un análisis complementario al anterior, tomando como unidad de análisis la ilustración que los estudiantes hubieran realizado. Estas ilustraciones se vinculan de diferente manera con el texto escrito. En algunos casos el texto se constituye en una explicación que detalla el esquema, en otras, en cambio, se trata de dos lenguajes totalmente autónomos.

En lo que sigue se analizan todas las ilustraciones recogidas. En primer lugar, se categorizan en:

□ *Figurativas*.- Se componen de elementos que representan objetos "reales" interactuando entre sí. Por ejemplo en la figura que sigue la Tierra aparece con la delimitación territorial de los diferentes continentes.



Figura 4.- La Tierra es ilustrada haciendo uso de las representaciones que emplean los mapas (R1.117).

□ *Simbólicas.*- Se componen de elementos simbólicos como vectores, "puntos materiales", etc.

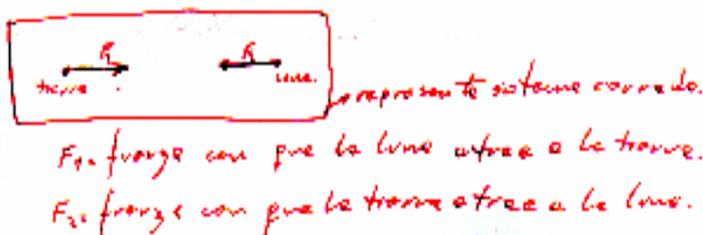


Figura 5.- La Tierra y la Luna son representadas por sendos puntos materiales. La interacción queda caracterizada por vectores fuerza (de igual magnitud y sentido contrario) aplicados en cada uno de los cuerpos celestes. (R1.4).

□ *Mixtas.*- Se componen de elementos de las dos clases arriba descritas. La ilustración que sigue representa a la Tierra y la Luna figurativamente, y a la interacción entre ambas de manera simbólica empleando lo que podrían considerarse "frentes de ondas".



Figura 6.- La Tierra sigue el esquema del globo terrestre, la Luna guarda connotaciones "reales" en los cráteres y la interacción queda esquematizada por frentes de onda provenientes de cada cuerpo (R1.32).

La mayoría de las ilustraciones (47 sobre un total de 72) son de carácter simbólico. Es decir, los estudiantes representan la situación que se describe en la pregunta mediante algún símbolo. Los símbolos que emplean, sin embargo, no son necesariamente, aquellos que están consensuados como parte del lenguaje científico, como es el caso de los vectores.

Como el análisis de las respuestas realizado en la primera parte de esta presentación, contempla (aunque de manera implícita) una resignificación de las ilustraciones que lo acompañan, en adelante nos ocuparemos solamente de las ilustraciones que "por sí mismas" brindan alguna información para los propósitos de esta investigación. En este sentido, se piensa en ilustraciones que permitieran hacer inferencias respecto de posibles relaciones funcionales entre los elementos constituyentes. De los 72 tests que incluyeron ilustraciones, solamente 40 brindaron la posibilidad de interpretarse según los intereses de este trabajo. Los restantes contenían figuras "sueltas" sin ninguna especificación que ayudara a inferir la intención del estudiante al elaborarla. En estas ilustraciones se representa, fundamentalmente, a: la Tierra, la Luna, la órbita de la Tierra, la órbita de la Luna, la atmósfera, el movimiento de la Tierra, el movimiento de la Luna y la interacción entre la Tierra y la Luna. Puesto que el interés está centrado en atender a la manera de representar la interacción se delimitan algunas nuevas categorías (que engloban a las anteriores), en relación con la función que cumplen ciertos elementos que, para estos alumnos, estarían representándola. Los elementos que se emplean a los fines de intentar explicar la interacción son:

Es de notar, que entre las posibilidades anteriores solamente hay dos casos que (aún cuando no se hace explícito el nombre) podrían reconocerse entre los símbolos que habitualmente se emplean en Física: los vectores (líneas llenas y orientadas en un solo sentido) y las líneas de fuerza (líneas cortadas y sin orientar). El resto son símbolos o signos que no forman parte de un código común. En el caso de las líneas curvas, se emplean, fundamentalmente, para indicar el movimiento de la Tierra o de la Luna, o de ambas. Se presenta indistintamente tanto en casos donde es ese movimiento el supuesto factor que explica la interacción, como en otros en

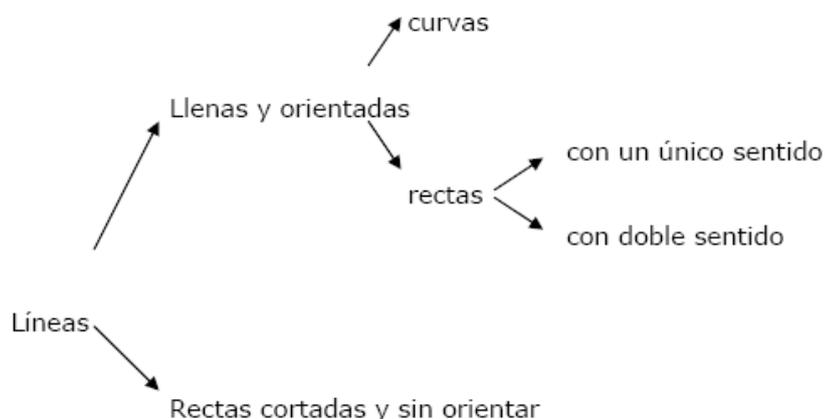


Figura 7.- Esquema estructurador de las categorías emergentes para las ilustraciones que acompañan a la cuestión 1a.

Respecto de lo que podríamos asumir como vectores no siempre parecen emplearse en el sentido que esperaríamos desde la enseñanza de la Física. Ejemplo de esto son situaciones donde la interacción parece ser representada por fuerzas, dibujadas como vectores provenientes de cada uno de los elementos que interactúan pero que no tienen un punto de aplicación establecido, de manera tal que parece tratarse de entes que actúan desde algún punto del espacio que separa los elementos. Véase al respecto la figura 3 que acompaña a la categoría OFN en la página 10.

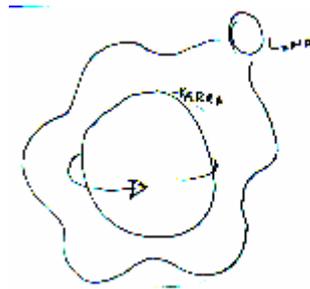


Figura 8.- La Tierra se acompaña de una línea curva que sugiere la rotación. La Luna se ubica en un lugar de la trayectoria "ondulante" alrededor de la Tierra. (R1.17)

Para el caso de líneas de doble sentido cabe como posibilidad que quiera indicarse que se trata de una situación en la que "por alguna razón" los dos elementos entran en relación a la vez.



Figura 9.- La interacción entre la Tierra y la Luna se esquematiza mediante una línea de doble sentido.

Son escasas las ilustraciones que emplean líneas cortadas y que podrían estar representando lo que admitimos como líneas de fuerza del campo gravitacional.

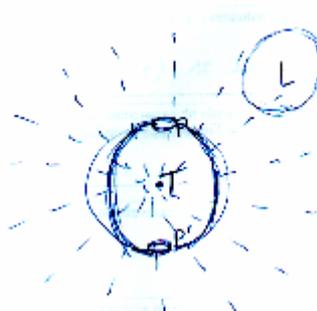


Figura 10.- La Tierra y líneas de puntos a modo de líneas de campo gravitacional en el que se incluye la Luna.

También (a pesar de que no se lo considera para este análisis) se hace uso de curvas y líneas para esquematizar las órbitas (circulares, elípticas,

irregulares, con líneas llenas o de trazos cortados). En cuanto a los símbolos para la Tierra y la Luna un único caso (figura 5) lo hace empleando lo que conocemos como punto material. El resto de los entrevistados emplea indistintamente círculos y/o esquemas figurativos más o menos animistas.

En lo que respecta a las características de la interacción, en términos generales, las ilustraciones complementan la información surgida del análisis del contenido de las respuestas, antes trabajado. Así se distinguen ilustraciones que parecen explicar la situación desde:

- el movimiento
- acciones a distancia
- el campo

Si bien dos de las tres alternativas anteriores son válidas para la explicación de la interacción (acciones a distancia y campo), hay que notar que no se trata (a excepción de un único caso) de manifestaciones explícitas. Más aún, la referencia a las acciones a distancia debe entenderse en un sentido amplio, en el que se incluyen "vectores en el aire", líneas con un único sentido, cuyo destinatario es la Tierra (ver la figura 12) ó líneas con doble sentido que de alguna manera quieren significar una vinculación de la Tierra con la Luna (ver la figura 9). De la misma manera, la categoría campo es flexible y admite representaciones que van desde las líneas de fuerza que rodean a la Tierra (ver la figura 10) hasta sombreados difusos en el espacio comprendido entre la Tierra y la Luna (ver la figura 9). Un detalle que es para destacar el hecho de que cuando no se representa un par de fuerzas o una única fuerza, lo que pretende indicar la interacción se ubica, en la mayoría de los casos, entre los objetos Tierra-Luna, como si tal interacción tuviera lugar sólo en la zona de enfrentamiento entre los cuerpos.

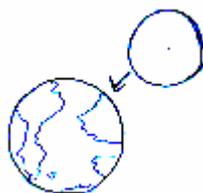


Figura 11.- La interacción entre la Tierra y la Luna ilustrada como una atracción terrestre (R1.15).



Figura 12.- La interacción entre la Tierra y la Luna representada por una "zona difusa" entre ambos cuerpos.

*Cuestión 1b: ¿Cómo se explica que la Tierra y la Luna interactúen sin estar en contacto?*⁷

El primer acercamiento a las respuestas indica que de los 151 tests hay 54 que no contienen información para esta pregunta. Entre esos 54, 5 responden explícitamente "no sé", mientras que los restantes son, mayoritariamente, espacios en blanco.

Para analizar las respuestas, se procedió con una secuencia que comenzó por una mirada global respecto del contenido de las mismas donde, de manera análoga a lo que ya se explicó para la pregunta anterior, se identificaron categorías cuya explicación tenía como conceptos centrales el movimiento, la gravedad, las fuerzas y el campo. (Criterios b, c y d propuestos por Bernardez, *op. cit.*). No obstante como la intención de esta pregunta estaba focalizada en identificar las explicaciones basadas en la acción a distancia o, la presencia de campos, se continua el análisis en esa dirección arrojando las siguientes categorías:

- Explicaciones en las que interviene la noción de fuerza/s (FUE): Se incluyen las respuestas que fundamentan el no estar en contacto haciendo explícita la presencia de alguna/s fuerza/s.

Ejemplos:

"Mediante la fuerza gravitatoria que poseen ambos cuerpos"(R1.16)

"Porque la fuerza que actúa entre las dos (refiriéndose a la Tierra y la Luna) es magnética" (R1.53)

"Todos los cuerpos se atraen y se rechazan por dos fuerzas, una centrípeta y otra centrífuga" (R1.130)

- Explicaciones en las que interviene la noción de campo (CAM): Contempla aquellas respuestas en las que es posible inferir alusiones a la noción de campo de fuerzas.

Ejemplos:

"La Tierra y la Luna interactúan debido a la interacción de campos magnéticos" (R1.2)

"Porque ambas poseen un campo gravitatorio que hace que se mantengan a una cierta distancia y hace que la Luna mantenga una órbita alrededor de la Tierra" (R1.121)

- Otras explicaciones (OEX): Se reúnen bajo este apartado aquellas respuestas en las que los factores para explicar la interacción no son fuerzas ni campos de fuerzas.

Ejemplos:

"Por la atmósfera que nos protege" (R1.55)

"Porque la Luna gira alrededor de la Tierra describiendo una órbita" (R1.90)

"Porque la Luna es el satélite de la Tierra" (R1.113)

⁷La incorporación de esta cuestión tiene la pretensión de identificar posibles adhesiones, bien a la noción de acción a distancia, bien a la existencia de un campo gravitatorio. En cualquiera de los casos, se esperaba identificar algún tipo de relación entre conceptos.

"La Luna se encuentra en órbita alrededor de la Tierra al igual que la Tierra lo hace con el Sol" (R1.133)

Comentarios en relación con la cuestión 1b

Las tres categorías establecidas más arriba son exhaustivas y excluyentes. La categoría FUE considera a aquellas explicaciones en las que de manera explícita se refiere a alguna fuerza. Mayoritariamente (34 sobre 44) las respuestas aluden a una fuerza de carácter gravitatorio, no obstante, también se menciona a fuerzas centrífugas, y magnéticas o simplemente fuerza sin ningún calificativo que permita su identificación, tal como muestran los ejemplos allí presentados.

Entre las respuestas que emplean en sus argumentaciones a la fuerza gravitatoria hay diferencias. Algunas, son escuetas y simplemente "etiquetan" que la pregunta 1b) se explica "*por la fuerza de gravedad*", de manera que no permiten indagar sobre qué cosa es la gravedad. En otros casos las explicaciones brindan algún detalle más, e incluso recurren a formulaciones matemáticas:

"Se explica mediante la ley de Newton que dice que dos cuerpos ejercen una atracción entre ellos proporcional a sus masas e inversamente proporcional a la distancia que los separa.

Tomado de la (R1.12)

$$F = \frac{M_1.M_2}{D^2}$$

En este caso se trata de una respuesta que vincula masas y distancia a la vez que se refiere al carácter legal de la formulación realizada por Newton.

Solamente una respuesta de las que se incluyen bajo la categoría CAM hace referencia explícita al campo gravitacional (R1.121). Las restantes, que son sólo 4, asocian la interacción entre la Tierra y la Luna por la acción de campos magnéticos.

Al analizar la pregunta 1a se concluyó, bajo ciertas consideraciones, que la frecuencia de respuestas que la explicaban empleando la acción a distancia era comparable con aquellas que lo hacían por referencia a la presencia de campos. En este caso, podría llegarse a resultados similares si se acepta que en la categoría CAM se incluyan respuestas que, aún cuando no mencionan la palabra campo, son "buenas aproximaciones" a tal noción. Se entiende por "buenas aproximaciones" respuestas como la siguiente:

"Porque la gravedad atrae a los cuerpos que están cerca sin necesidad de estar en contacto" (R1.29)

"Porque la gravedad de Planetas, Satélites naturales (todos los cuerpos celestes) se extiende mucho más allá de su atmósfera" (R1.32)

"No están en contacto directo pero sus gravedades producen la interacción" (R1.120)

En cualquiera de los casos antes ejemplificados parecería aceptable que alguna cosa asociada con la gravedad ocupa los alrededores de los cuerpos celestes provocando cierta influencia sobre otros cuerpos. Con estas

consideraciones resultaría, nuevamente, una paridad entre las alternativas de la acción a distancia y el campo. Identificar respuestas como las aquí presentadas no ha sido tarea sencilla. Es de destacar que no basta la sola mención de una palabra, como podría ser el término gravedad, para incluir a la respuesta como una probable noción de campo gravitatorio. Se trata de un trabajo pormenorizado que, siguiendo los lineamientos del análisis de contenidos, intenta identificar posibles relaciones causales en la coaparición de elementos en una secuencia consistente dentro de un esquema de variables múltiples. Al respecto, parece importante revisar los siguientes dos ejemplos:

"Por la gravedad o acción-reacción que se produce entre ambos cuerpos" (R1.22).

"Porque la gravedad atrae a los cuerpos que están cerca sin necesidad de estar en contacto" (R1.29).

A pesar de que en los dos casos "la responsabilidad" de la interacción estaría depositada en la gravedad y esto es lo que las hace respuestas similares, el alumno 22 da indicios de asociarla a una fuerza ya que menciona junto al término en cuestión la acción y reacción. Por su parte, el respondiente 29, pone de manifiesto la ausencia de un contacto explícito y es esta la diferencia que da los indicios que llevan a incluir a la respuesta 22 en la categoría FUE mientras que la 29 se ubica en CAM.

La categoría OEX, incluye a respuestas que presentan explicaciones basadas en otros aspectos diferentes a los que se comentaron antes y que no son de interés a los fines de este estudio. De la lectura de los ejemplos antes presentados, puede advertirse que se trata de respuestas cuya fundamentación está focalizada en alguna propiedad o función de los objetos celestes como puede ser su órbita, su movimiento, su atmósfera. Ninguna de las respuestas que aquí se recopilan hace alusiones a fuerzas a distancia o, a condiciones en el espacio que se ubican los cuerpos de manera que pudiéramos pensar en campos de fuerzas.

Cuestión 1 c: ¿Conoces alguna otra forma de interacción, además de la gravitatoria?. Indica cuáles.⁸

Procediendo de manera similar que en las opciones anteriores se separan aquellas encuestas que han sido contestadas de las que no. Dentro de estas últimas se contemplan tres clases: las que quedaron sin responder (71), las que mencionan no saber la respuesta (4) y las que dicen que no conocen otra forma de interacción además de la que relaciona a la Tierra con la Luna (21). Aunque no resulta simple de reconocer cuánto entusiasmo o compromiso puede depositar un ingresante en responder un test, no habría, en principio, motivos para desconfiar de la buena voluntad de los ingresantes. Con todo, si así fueran las cosas resulta, cuando menos, alarmante que 96 de los 151 tests no consigan enunciar otra forma de interacción además de la que se ha presentado antes entre la Tierra y la Luna.

⁸El ítem c) busca la posibilidad de extenderse hacia otros campos de la Física que sean de conocimiento de quien está respondiendo la encuesta. En principio, cuando menos, se espera que pudieran dar el ejemplo de la interacción electrostática entre cargas.

Entre las que sí han dado una respuesta se identifican las siguientes categorías:

- Alusión a alguna de las formas de interacción que propone el estudio de la Física (FUN): Esta categoría contempla las posibilidades de mencionar la interacción electromagnética, la nuclear y la débil.
- Alusión a alguna fuerza (FUE): Son respuestas que proponen como forma de interacción a una clase particular de fuerza.
- Alusión a la Biología (BIO): Se incluyen en esta categoría a las respuestas que no especifican un nombre concreto para la interacción pero que la ejemplifican usando para ello objetos o temas más propios del estudio de la Biología que de la Física.
- Otras respuestas (ORE): Se reúnen en esta categoría respuestas donde la interacción queda caracterizada en términos de objetos o de otros conceptos físicos.

Comentarios en relación con la cuestión 1c

Decidimos no ejemplificar a cada una de las categorías resultantes ya que simplemente se trata de mencionar nombres de interacción. No obstante, algunos ejemplos, se presentarán formando parte de comentarios más generales como los que siguen a continuación.

- Las categorías no son ni exhaustivas ni excluyentes, de manera que una misma respuesta puede estar codificada por más de un código (responde a más de una categoría) o bien, no estar cubierta por ninguno de ellos porque se encuadra en otras respuestas.
- Bajo la denominación de interacción electromagnética se incluye a: las respuestas que mencionan a la interacción eléctrica (un único caso), la magnética (21 de las respuestas contemplan esta forma) y la electromagnética (2 respuestas incluyen esta alternativa).
- Entre las respuestas se identifican tres denominaciones que, con algunas consideraciones, podrían incorporarse bajo la forma de interacción electromagnética. Estas denominaciones son: química, molecular y atómica. En cualquiera de los tres casos entendemos que se quiere aludir a las interacciones debidas a las partículas cargadas y ello permitiría que estas respuestas (son 8) se incorporaran a la forma electromagnética.
- Las interacciones nuclear y débil son reconocidas, cada una, por un único respondiente.
- Entre los constituyentes de la categoría FUE, algunas de las menciones que se presentan son las siguientes: fuerza de rotación, centrífuga, fuerza de acción y reacción, fuerza normal.
- Como ejemplos de la categoría BIO podemos presentar:

"Hay muchas formas de interacción, por ejemplo un río que desemboque en el mar o una relación simbiótica entre animales". (R1.18)

"Sí, la interacción del hombre con el medio ambiente en que vive". (R1.108)

- Entre las respuestas categorizadas por OTR se pueden enunciar las siguientes denominaciones asociadas a la interacción: calórica, energía, presión, lumínica, rotación, traslación.
- Ningún respondiente menciona las tres formas esperadas, además de la gravitatoria que se ha mencionado en el propio enunciado. Sólo dos casos hacen alusión a las formas electromagnética y nuclear, por una parte y a electromagnética y fuerza débil, por otra.

Cuestión 1 d: ¿ Dirías que la Tierra es el causal de la interacción Tierra-Luna? ¿Por qué?⁹

Esta cuestión propone, de por sí una categorización a priori en relación con las respuestas esperadas, a saber:

- Causal de la interacción en la Luna (LAL)

Ejemplos:

" La Luna porque su gravedad nos afecta. La gravedad de la tierra podría afectar la Luna pero no lo hace porque no hay nada" (R1.32).

"La luna porque actúa satélite natural de la Tierra" (R1.25).

- Causal de la interacción en la Tierra (LAT)

Ejemplos:

"La Tierra al tener una mayor masa atrae a la Luna" (R1.38).

"La Tierra que mediante su campo magnético la mantiene girando a la Luna alrededor de ella" (R1.2).

- Causal de la interacción en ambos cuerpos celestes (TYL)

Ejemplos

"Ambas, porque ambas tienen campos gravitatorios y se atraen mutuamente". (R1.121)

"Ambas ejercen sus fuerzas gravitatorias una sobre otra" (R1.124)

"Ambas. Para que exista interacción tienen que existir por lo menos dos elementos". (R1.126)

Comentarios en relación con la cuestión 1d

Tal como se comenta antes, esta cuestión es una ampliación de la pregunta 1b puesto que se pretende avanzar sobre los motivos que estarían provocando la interacción de dos cuerpos que no están en contacto. Es de destacar que de las 151 encuestas respondidas, mientras que 76 conforman el grupo de los que no contestan o manifiestan no conocer la respuesta, 73

⁹Para la elaboración de la alternativa d) se tuvieron en cuenta resultados de investigaciones que muestran que los estudiantes tienden a interpretar los acontecimientos mediante relaciones lineales de causa-efecto reservando para la causalidad un sentido único (Anderson, 1986; Pozo, 1987). Luego, describir la interacción entre la Tierra y la Luna como una relación recíproca donde los dos sistemas interactúan modificándose mutuamente es aceptar que no hay un único agente capaz de generar tal interacción. Este es uno de los propósitos que orientan hacia la comprensión de los fenómenos físicos. Entiéndase que con esta cuestión no se trata de aportar más evidencias a los resultados que se comentan antes (aún cuando las respuestas que se obtengan vayan en ese sentido); por el contrario: se busca indagar si los estudiantes están en condiciones para afrontar este problema como una interacción entre sistemas y no como una mera simplificación del acontecimiento en términos de una única causa generadora de un determinado efecto.

seleccionan un causal y de éstos 50 respondientes argumentan a favor de este causal. Específicamente, hay 20 respuestas que establecen como causal a la Tierra; 4 a la Luna y 49 a ambos cuerpos. Entre quienes adjudican como causa de la interacción a la Tierra se comentan diferentes cualidades o funciones que esta última estaría ejecutando a la hora de provocar que la Luna interactúe con ella. Tal como se ha analizado en la cuestión 1 a) estas cualidades tienen que ver con sus movimientos (de traslación y/o rotación), su magnetismo (fuerza/campo) y su gravedad (fuerza/campo).

*Cuestión 2:*¹⁰

En lo que sigue se enuncian una serie de alternativas, de las cuales se te pide que marques aquellas que ayudan para describir las interacciones que hay en la naturaleza.

Hay interacción cuando los elementos que intervienen:

- a) están en movimiento.
- b) permanecen quietos.
- c) son de tamaño pequeño en relación a nosotros.
- d) son de tamaño grande en relación a nosotros.
- e) son de tamaño comparable al nuestro.
- f) están muy alejados entre sí.
- g) están muy próximos entre sí.

Para esta cuestión se procede analizando la frecuencia de selección de los estudiantes para cada una de las alternativas que se ofrecen (figura 13). Es de destacar que todas las opciones son igualmente válidas para describir la interacción. Es decir, cabría esperar que todas las columnas tuvieran la misma altura.

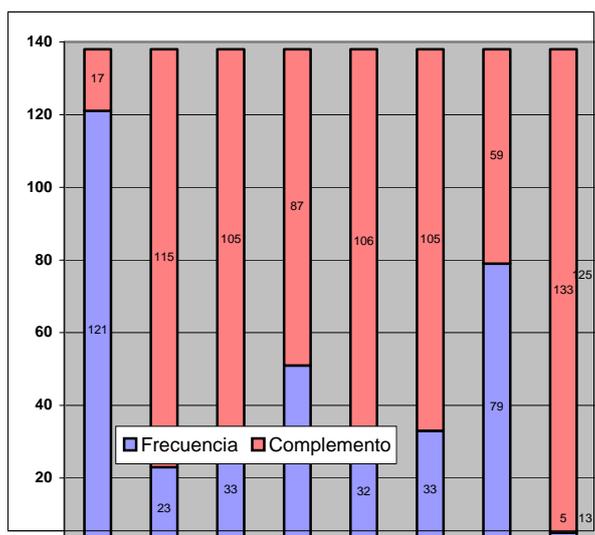


Figura 13.- Distribución de frecuencias para la cuestión.

¹⁰Esta pregunta presenta un listado de características factibles de asociarse a alguna/s de las formas de interacción. Se espera que la selección de los estudiantes permita inferir las formas que en que el concepto está siendo considerado.

Se ha graficado en el eje vertical la frecuencia de respuestas que han señalado a cada alternativa como aceptable y se ha acompañado con el complemento (el número de respuestas que no la reconoce como aceptable) para facilitar una comparación entre las dos alternativas.

La preponderancia de la alternativa a (los elementos que intervienen están en movimiento) por sobre las restantes descripciones para identificar situaciones de interacción parece estar de acuerdo con el hecho de haber expresado, entre las causas de la interacción entre la Tierra y la Luna al movimiento de esta última alrededor de la primera. Además tratándose del ejemplo que nosotros mismos presentamos esta alternativa es, sin dudas, una alternativa estimada como posible por los entrevistados. De manera análoga (aunque en menor medida) la frecuencia alcanzada por la alternativa d (que se refiere a cuerpos de tamaño grande en comparación al nuestro), podría vincularse con el ejemplo que se ha venido trabajando. La opción g (los elementos que intervienen están muy próximos entre sí) es también una opción de frecuencia elevada en comparación al resto. También en este caso, estimamos como probable la vinculación con el ejemplo Tierra - Luna. El hecho de que la Luna sea un satélite de la Tierra que se mueve "en sus proximidades" podría explicar la frecuencia a la alternativa g, siendo que es habitual entre los estudiantes el empleo de expresiones muy próximo o lejano sin establecer patrones de referencia para la comparación.

Es notable la escasa (solamente un 3 %) identificación de todas las alternativas como posibles situaciones de interacción.

Cuestión 3¹¹

En la lista que sigue hay una serie enunciados de los que se pide que digas si los crees V o F (dentro de cada casilla). En cualquier caso, justifica tu respuesta.

- La interacción ocurre entre pares de elementos y por tanto sólo hay interacción cuando tenemos sólo dos elementos.
- La interacción ocurre entre pares de elementos pero ello no impide que haya más de dos elementos presentes y varias interacciones entre pares de ellos.
- Un mismo elemento puede estar sometido a la acción de más de una forma de interacción al mismo tiempo.
- Cuando se tiene la presencia de un cuerpo A, y un cuerpo B, la interacción de A con B ocurre al mismo tiempo que la de B con A.
- Cuando se tiene la presencia de un cuerpo A, y un cuerpo B, la interacción de A con B ocurre un tiempo después que la de B con A.

¹¹Esta pregunta retoma la intencionalidad de determinar la concepción de interacción que están sosteniendo los estudiantes (ítems a, b y c) en relación con los agentes que forman parte de la misma, la cantidad de agentes que pueden intervenir (*principio de superposición de campos*) y la posibilidad de considerar diferentes formas de interacción actuando en simultáneo en un mismo fenómeno. Los últimos tres ítems buscan indagar si la variable tiempo juega algún lugar en el fenómeno de la interacción. Para esto se optó por proposiciones que obviarán los términos simultaneidad e instantaneidad ya que, en lenguaje cotidiano, ambos se consideran sinónimos y esto podría interferir en nuestros intereses.

- Cuando se tiene la presencia de un cuerpo A, y un cuerpo B, la interacción de B con A ocurre un tiempo después que la de A con B.

El primer acercamiento al análisis de esta pregunta estuvo dedicado a registrar la frecuencia de respuestas verdaderas y falsas para cada una de las alternativas que se presentaban (figura 14).

Antes de enunciar consideraciones entorno a la lectura del gráfico destacamos que los valores de verdad para las diferentes alternativas son los siguientes: A: Falsa; B: Verdadera; C: Verdadera.

Las alternativas que siguen son aquellas en las que se incorpora la presencia de la variable tiempo de manera que la aceptación de una de ellas (la D) supone la no aceptación de las dos restantes (E y F) o viceversa. Es decir, mientras la aceptación de la alternativa D podría dar indicios de una adhesión al modelo de acción a distancia, las opciones E y F se estiman más próximas a la teoría de campos donde el tiempo adquiere un valor diferente de cero o lo que es lo mismo la velocidad de propagación de la perturbación no es infinita.

Con las consideraciones anteriores se puede decir que para las tres primeras alternativas más del 50% de los respondientes lo hace por la opción correcta. Para las últimas tres opciones hay que advertir que, en términos generales, las respuestas guardan la coherencia esperada. Esto es, puede aceptarse comparable, el número de opciones verdaderas para D (proposición aceptable desde el modelo de acción a distancia) que de opciones falsas para E y para F (proposiciones que responden a la teoría de campos). Luego, para la población aquí encuestada, parecería que el tiempo se incorpora a la descripción de la interacción con las características de simultaneidad, más próximo al modelo de la acción a distancia.

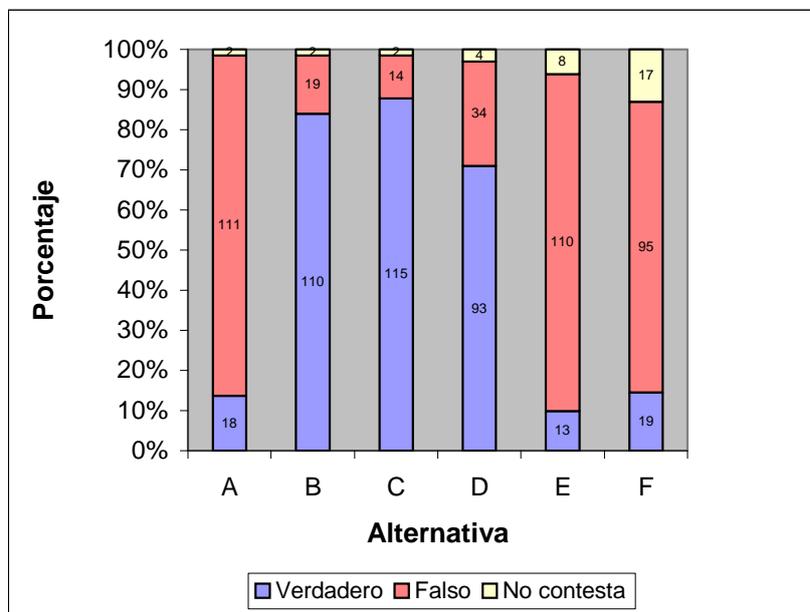


Figura 14.- Distribución de frecuencias para la cuestión número 3.

Algunas justificativas para las opciones escogidas:

Ejemplos de argumentos para justificar la falsedad de la opción A:

"Puede haber más de dos elementos, por ejemplo en nuestro sistema solar, el sol mantiene a la Luna y a la Tierra en órbita y a su vez la Tierra mantiene en órbita a la Luna" (R3.121).

"Deben existir por lo menos dos elementos".(R3.126)

"Ocurre interacción entre todos los planetas del sistema solar" (R3.103).

"Hay planetas con más de dos lunas" (R3.133).

Puede advertirse la disparidad en las argumentaciones que se ofrecen. El primero, tercero y cuarto ejemplos son en realidad contraejemplos, sin ninguna explicación. Se dice que también hay interacción entre otros elementos. En todos los casos los ejemplos recurren a situaciones consistentes con el modelo Tierra-Luna, esto es, siguen refiriéndose a la interacción entre cuerpos celestes. En cuanto al segundo ejemplo es el único en que se exhibe que dos elementos es la condición de mínima aunque resulta incompleto ya que no se enuncia el fundamento de ello.

Ejemplos de argumentos para justificar la verdad de la opción B:

"Existen muchos ejemplos en la naturaleza, por ejemplo el sistema Luna- Tierra-Sol"(R3.4)

"Porque si tengo tres imanes y los junto de a dos se atraen o repelen entre sí, pero con tres, uno se repele y el otro atrae".(R3.5)

"Porque se puede generar interacción entre varios pares de elementos".(R3.9)

"Como ejemplo común se puede usar el sistema solar".(R3.89)

Consideraciones similares a las que se presentaron para la opción A son las que se encuentran en esta oportunidad. Si bien los ejemplos que se mencionan son aceptables no se explica, en ningún caso que la interacción goza del carácter de extensión para más de dos elementos. El tercer ejemplo es el que más se aproxima a esto diciendo que se trata de varios pares de elementos.

Ejemplos de argumentos para justificar la verdad de la opción C:

"Si puede suceder porque un elemento puede tener una interacción y a su vez otra de diferente modo". (E3.35)

"El caso de una interacción magnética y eléctrica".(R3.82)

"Porque puede estar interactuando con varios pares de elementos"(R3.9)

Tampoco en esta oportunidad resultan aceptables las justificaciones. En el primer ejemplo, se trata de una reiteración de lo que el propio enunciado reúne. El segundo ejemplo, si bien menciona el nombre de dos formas diferentes de interacción no contextualiza en qué circunstancias podrían ocurrir en simultáneo. El tercer ejemplo es el más comprometido ya que si bien se habla de interactuar entre varios pares de elementos no se especifica cuáles serían tales interacciones.

Ejemplos de argumentos para justificar la elección de la opción D:

V "A cada acción corresponde una reacción y ésta es instantánea". (R3.27)

V "Para que interactúen deben estar ambos afectados al mismo tiempo". (R3.82)

V "Porque los elementos interactúan mutuamente". (R3.151)

F "La interacción entre dos cuerpos primero se interacciona A con B". (R3.80)

De las 131 encuestas respondidas solamente 46, incluyen una argumentación junto a la elección. En el caso de las opciones E y F las justificaciones son escasas y en todos los casos se trata de proposiciones que no agregan información al enunciado propuesto sino que lo reiteran. Por ejemplo:

"Falso, porque un elemento no puede interactuar con otro a destiempo". (R3.151)

"Falso, porque de haber interacción debe ser al mismo tiempo". (R3.5)

Análisis comparativo de las respuestas a las preguntas 1b, 1d y 3b

El análisis de cada pregunta sin contemplar los resultados de las restantes es el siguiente:

Cuestión 1b: Las respuestas se distribuyen en dos grupos aproximadamente iguales, cada uno reúne a un 45 % del total de las respuestas. Mientras que en uno de dichos grupos se identifica a la fuerza como el justificativo del no contacto entre los cuerpos, en el otro, las explicaciones pueden considerarse más próximas a la noción de campo gravitatorio.

Cuestión 1d: Las respuestas se distribuyen entre quienes identifican a la Tierra (20 respuestas) como causa de la interacción, a la Luna (4 respuestas) o a ambos cuerpos (49 respuestas). En este caso, más de la mitad de las respuestas reconocen que la causa es la presencia de ambos cuerpos.

Cuestión 3b: La mayoría de los respondientes está de acuerdo en admitir que en la interacción pueden participar más de dos elementos. (Se registran 110 respuestas correctas sobre un total de 131)

La cuestión que nos surge a toda vista es ¿qué "modelo" explicativo han elegido quienes reconocen a ambos cuerpos como causales de la interacción?¹² *Interesa, fundamentalmente cuáles son los elementos (conceptos, proposiciones) que ese modelo incorpora y cuáles son los que excluye. Alcanzar cierta determinación sobre estos elementos podría ser un indicio acerca de las rupturas o filiaciones entre los conocimientos de los estudiantes y los científicos.*

Para esto se procede a una nueva lectura conjunta (de todas las encuestas que responden a 1d según la opción ambos cuerpos) de los ítems 1d y 1b. Esta mirada permite identificar 5 encuestas para "desechar" ya que

¹²Nos limitamos a revisar aquellas respuestas que optaron por ambos cuerpos por tratarse de la alternativa esperada.

las respuestas a uno y otro ítem de la pregunta 1 son contradictorias. Además hay 7 encuestas para las cuales no resulta posible establecer la comparación, ya sea porque carecen de una justificación o bien porque contestan el ítem 1d pero no así el 1b.

En síntesis, resulta posible comparar 37 encuestas. Todas ellas guardan una relación coherente entre lo que contestan en cada ítem. Se identifica que 18 aluden, en los dos ítems a la presencia de fuerzas; 11 lo hacen empleando proposiciones de las cuales podrían inferirse características vinculadas a la noción de campo de fuerzas y las 8 restantes a aspectos vinculados con el movimiento de uno y otro astro. Los resultados parecen indicar que no existe una preponderancia de una explicación sobre otra.

Por último la comparación con el ítem b de la cuestión numerada 3 pretende registrar la posibilidad de incorporar a más de dos elementos participando de la interacción. En este caso estamos ante un 84% de respuestas aceptables, aún cuando las justificaciones no explican "todo" lo que se esperaría encontrar. Es importante destacar que este porcentaje es análogo al de respuestas obtenidas cuando se intenta encontrar un motivo para la interacción sin contacto entre los cuerpos (ítem 1b). Estos resultados estarían indicando que cualquiera que sea "el modelo explicativo que los estudiantes adoptan" lo hacen concibiendo la posibilidad de "extenderlo" a más de dos elementos participantes y, consecuentemente, a la influencia de cada uno de ellos sobre los restantes.

Análisis comparativo de las respuestas al ítem 1c con las respuestas a todos los ítems de la pregunta 2.

Las alusiones a las diferentes formas de interacción se han comentado en detalle bajo el título correspondiente a la cuestión 1 c). Diremos aquí solamente que de 151 encuestados sólo 32 nombran a la interacción electromagnética, 1 a la interacción fuerte y 1 a la débil.

Los resultados para la pregunta 2 están resumidos en la gráfica que distribuye las frecuencias con que se han registrado las alternativas presentadas.

A los fines de establecer comparaciones, la información que disponemos sólo nos permite admitir que las respuestas obtenidas distan mucho de las que esperaríamos encontrar en estudiantes que ya han transitado la educación preuniversitaria. Esto es:

- no se reconocen a las cuatro fuerzas fundamentales como las formas de interacción que nuclean a diferentes clases de fuerzas y, en relación con esto
- no se advierte que todas las cualidades presentadas en la pregunta numerada 2 son cualidades posibles de una/s u otra/s forma/s de interacción.

Análisis comparativo de las respuestas al ítem 1d con las respuestas a los ítems d, e y f de la pregunta 3

Completamos la comparación entre los ítems relacionando aquí la pregunta acerca del causal de la interacción con aquellas que intentan participar al tiempo en esa interacción. Tal como se comentó antes, el

tiempo es, mayoritariamente, desestimado; es decir, parecería primar una explicación en la que participan a la vez la los objetos que se vinculan.

Una mirada de las preguntas que propone el test según la teoría de Vergnaud

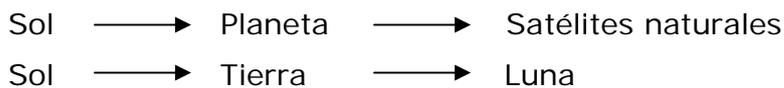
Analizamos en este apartado de qué manera la formulación del test presentado a los estudiantes (y consecuentemente las respuestas al mismo) podría interpretarse, según los lineamientos de la teoría de los campos conceptuales de Vergnaud antes comentada. Para ello, focalizamos nuestro análisis en los *invariantes operatorios*

Algunos ejemplos, pueden ayudar a comprender el proceso seguido en el análisis. En la cuestión 2 que proponemos en el test, todos los enunciados que allí se ofrecen pueden entenderse como teoremas-en-acto donde la interacción es un argumento de una cierta función que tiene características que le son propias. Por ejemplo: *Hay interacción cuando los elementos que intervienen permanecen quietos.*

El reconocimiento por parte de los estudiantes de estos teoremas-en-acto podría darnos un indicio de la relevancia que cada uno de esos enunciados tiene para ellos. Tal como se comenta en su oportunidad, las expresiones más reconocidas, entre la población encuestada son aquellas que describen la relación entre la Tierra y la Luna, que es el ejemplo que nosotros mismo propusimos. Esto podría indicar que los estudiantes no disponen de las competencias necesarias para representarse una situación diferente a la que nosotros hemos presentado. Será, sin dudas, éste el espacio para la intervención del profesor proporcionando situaciones fructíferas para ayudarles a captar los significados.

La pregunta 3 plantea una serie de afirmaciones para las que se solicita que los respondientes determinen su acuerdo o desacuerdo justificando tal elección. En este caso la interacción aparece sustantivada y, según sea el caso, se busca relacionarla con condiciones de necesidad mínima (a y b); reconocer si es posible establecer combinaciones entre diferentes tipos (ítem c) o inferir la evolución temporal de los elementos constituyentes (ítems d, e y f). Intentamos con estas cuestiones encontrar la respuesta a los siguientes planteos: ¿es la interacción una cuestión que “se extiende” a varios elementos?; el tiempo en que ocurre tal interacción ¿es finito?. La respuesta a estas formulaciones podrían ayudar para reconstruir un modelo de la situación que los estudiantes se estarían representando. Los elementos que se incluyen en las proposiciones que son parte de la pregunta 3 son relevantes para construir una conceptualización de la interacción. Se trata de: el tiempo, el número de elementos que participa en la interacción y el tipo de interacciones que puede estar afectando a un mismo elemento a la vez.

Dejamos para el final los comentarios vinculados con la cuestión 1 ya que, siendo (en alguna medida) la de respuesta menos cerrada daría indicios de ciertas *reglas de acción* que podrían estar empleando los encuestados.



Un elemento del esquema depende de otro, en este caso el Sol mantiene en órbita a la Tierra por su fuerza de gravedad y a su vez la Tierra mantiene en órbita a la Luna por la misma causa. (R1.1)

En oportunidad de realizar el análisis a esta respuesta la encuadramos en la categoría FGU ya que responde a la presencia de la fuerza de gravedad con carácter unidireccional. Es importante notar que tal respuesta encierra de manera implícita el hecho de que la gravedad tiene un carácter causal y unidireccional de los primeros elementos sobre los últimos. Otra manera de interpretar esta respuesta es admitiendo que en este caso no se evidencia la relación de reciprocidad de la interacción: *"Si un objeto A afecta a un objeto B, después, el objeto B afecta al objeto A, es indiferente a la naturaleza de los objetos A y B. Los objetos A y B interactúan o no interactúan"*. (Lemeignan, 1994). Para este entrevistado la gravedad del Sol actúa sobre el planeta y la gravedad de este último lo hace sobre los satélites naturales como el caso de la Luna en la Tierra. ¹³Nótese que la notación empleada presenta similitudes a una proposición de la forma A actúa (indicado por la flecha) sobre B, que (nuevamente indicado por la flecha) actúa sobre C. Esta respuesta escrita no explicita que haya ninguna clase de relaciones mutuas ni conjuntas ya que podría esperarse cierto carácter aditivo del efecto de la gravedad sobre los satélites a causa de la acción simultánea sobre ellos, del Sol y del planeta. Luego, se trata de un teorema-en-acto que podríamos indicar de la siguiente forma:

La gravedad actúa entre pares de elementos desde el primero y sobre el segundo. A su vez, este último podrá actuar sobre un tercero.

Un ejemplo en contrario es el que acompaña a la categoría TYL:

"Ambas ejercen sus fuerzas gravitatorias una sobre otra"(R1.124).

En este caso parece claro admitir que por detrás de ese enunciado se puede reconocer el criterio de reciprocidad antes enunciado.

Otro ejemplo de los teoremas-en-acto que emplean los alumnos para responder a la cuestión 1 es el presentado en la página 7 bajo la categoría GRA:

"Interactúan ya que la gravedad de la Tierra hace que la Luna mantenga la órbita, si no hubiese gravedad en la Tierra la Luna perdería su órbita y se alejaría de la Tierra hasta encontrar un nuevo centro de atracción gravitatorio": (R1.120)

¹³Este enunciado nada nos dice acerca de la jerarquía establecida. Tal como se presenta podría pensarse que la interacción ocurre desde los elementos más masivos hacia los de menos masa ó, también por cierta proximidad entre los elementos que participan.

En síntesis

Este trabajo ha intentado mostrar el proceso seguido con el tratamiento de los datos a un test. A modo de situación diagnóstica, se ha procurado la identificación de algunos ingredientes de los esquemas que los ingresantes a la Facultad de Ciencias Exactas estarían empleando para conceptualizar sobre la interacción.

Ha sido posible reconocer indicadores sobre el supuesto de partida y enunciado al comienzo del referencial teórico. La distancia entre las ideas de los ingresantes y la conceptualización que asume la comunidad científica es de importancia. El concepto de interacción no reúne, para los alumnos testeados, los tres componentes que esperaríamos reconocer haciendo uso de la propuesta de Vergnaud. Los invariantes empleados se asocian con símbolos y situaciones que no son, mayoritariamente, las que propone la comunidad científica. Así aún cuando es posible, en algunas respuestas inferir una noción "embrionaria" de campo gravitacional, la representación del mismo queda restringida a la zona "entre" los cuerpos participantes y no a todo el espacio. (Ver los comentarios presentados en la página 14). Asimismo los símbolos en las representaciones gráficas están lejos de ser las líneas de campo o los vectores que aluden a fuerzas. (Ver la figura 7)

Luego, los resultados obtenidos sugieren la necesidad de profundizar en el tema diseñando y poniendo en práctica situaciones variadas que colaboren a captar los significados esperados desde el marco de la ciencia.

A modo de síntesis enunciamos a continuación un grupo de invariantes operacionales¹⁴ (que podrían expresarse como teoremas-en-acto) que las situaciones didácticas deberían contemplar:

- *Carácter recíproco*: Si un objeto A afecta a un objeto B, después, el objeto B afecta al objeto A, es indiferente a la naturaleza de los objetos A y B. Los objetos A y B interactúan o no interactúan. (Lemignan, op.cit.). En términos de fuerzas, podríamos escribir que

$$|F_{AB}| = |F_{BA}|$$

- *Carácter composicional*: Un objeto A puede estar sometido de manera simultánea a diferentes formas de interacción independientes unas de otras.

- *Carácter aditivo*: Puede enunciarse en términos del principio de superposición de campos. El campo total debido a todas las fuentes es la suma de los campos debidos a cada fuente. Si C es el campo producido por varias fuentes, podemos escribir que:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$$

- *Carácter simultáneo*: En términos del modelo de acción a distancia la interacción ocurre a la vez en los dos elementos que participan.

¹⁴Los invariantes esperados se han expresado en términos de caracteres y principios porque se entiende que son enunciados que desempeñan funciones diferentes dentro del campo conceptual de la interacción. En el caso de los primeros se trata de propiedades derivadas del marco teórico consensuado hasta la fecha. Los principios, en cambio, determinan el campo de validez de los caracteres.

- *Carácter instantáneo*: En términos de la teoría de campos de fuerzas existe un tiempo finito para que un objeto A interactúe con otro objeto B.
- *Principio de independencia de las dimensiones de los objetos intervinientes*: Las interacciones son posibles entre objetos del nivel microscópico, mesocósmico o macroscópico.
- *Principio de independencia del estado dinámico de los objetos participantes*: Las interacciones son posibles sea para objetos en reposo como para objetos en movimiento.
- *Principio de independencia de la separación entre los objetos participantes*: La interacción se da tanto para objetos muy próximos entre sí como para objetos muy alejados.

Referencias bibliográficas

- Anderson, R.J. (1983). *The architecture of cognition*. Cambridge: University Press.
- Bernardez, E. (1995). *El papel del léxico en la organización textual*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- Chevallard, Y. (1997). *La transposición didáctica. Del saber sabio al saber enseñado*. Buenos Aires: Aique.
- Franchi, A. (1999). Considerações sobre a teoria dos campos conceituais. En Alcântara Machado, S.D. et al. (Eds.), *Educação Matemática: uma introdução* (pp. 155-195). São Paulo: EDUC.
- Klimovsky, G. (1995) *Las desventuras del conocimiento científico*. Buenos Aires: AZ Editora.
- Lemeignan, G. y A. Weil-Barais (1994). A developmental approach to cognitive change in mechanics. *International Journal of Science Education*, 16(1), 99-120.
- Pozo, J.I. y M.A. Gómez Crespo (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Morata.
- Stipcich, S. y M. Moreira (2001). El tratamiento del concepto de interacción en textos de Polimodal y Universitarios. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 1, 118-131.
- Stipcich, S. y M. Moreira (2002a). Las opiniones de los Profesores de Física sobre la interacción en la enseñanza de la Física. Aceptado para su publicación en *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 2.
- Stipcich, S. y M. Moreira (2002b). Un test para indagar ideas sobre la noción de interacción. Aceptado para su publicación en las Memorias del VI Simposio de Investigadores en Educación en Física.
- Vergnaud, G. (1982). A classification of cognitive tasks and operations of thought involved in addition and subtraction problems. En Carpenter, T., Moser, J. & Romberg, T. (Eds.), *Addition and subtraction. A cognitive perspective* (pp. 39-59). Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum.

Vergnaud, G. (1993). Teoria dos campos conceituais. En Nasser, L. (Ed.) *Anais do 1º Seminário Internacional de Educação Matemática do Rio de Janeiro* (pp. 1-26).

Vergnaud, G. (1994). Multiplicative conceptual field: what and why? In Guershon, H. and Confrey, J. (Eds.), *The development of multiplicative reasoning in the learning of mathematics* (pp. 41-59). New York: State University of New York Press.

Vergnaud, G. (1996c). Algunas ideas fundamentales de Piaget en torno a la didáctica. *Perspectivas*, 26(10), 195-207.

Vergnaud, G. (1998). A comprehensive theory of representation for mathematics education. *Journal of Mathematical Behavior*, 17(2), 167-181.

Vergnaud, G. (1990). La théorie des champs conceptuels. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 10 (23), 133-170.