

Encuentro Educacional

ISSN 1315-4079 ~ Depósito legal pp 199402ZU41

Vol. 17(2) Mayo - Agosto 2010: 269 - 291

Esquemas previos sobre dinámica bajo la teoría de los campos conceptuales. Consideraciones para el cambio*

Ramón Meleán, Xiomara Arrieta y María Escalona

*Centro de Estudios Matemáticos y Físicos, Facultad de Humanidades
y Educación, LUZ. E-mail: rmeleanr@hotmail.com,
xarrieta2410@yahoo.com, covem@msn.com*

Resumen

La teoría de los campos conceptuales asegura que la adquisición de conocimientos es moldeada por situaciones dominadas por los estudiantes o de su experiencia al tratar de modificarlas. En el presente trabajo se analiza, desde la perspectiva de la teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud, los esquemas previos que utilizan los alumnos en la resolución de situaciones problemáticas de dinámica. La metodología utilizada es de tipo descriptivo explicativo con diseño cuasi experimental. La información fue recolectada través de un cuestionario complementado con un instructivo para baremo y analizada mediante estadística descriptiva e inferencial. Los resultados destacan el uso de un reducido conjunto de esquemas poco desarrollados, con invariantes operatorios diferentes al conocimiento científico, limitaciones para reconocer datos, condiciones e incógnitas, así como para inferir, generalizar y evaluar los resultados. Finalmente, se plantean lineamientos generales para la propuesta de una estrategia didáctica, fundamentada principalmente en las teorías de Ausubel, Vygotsky y Vergnaud, con la que se pretende dar respuesta a esta situación.

Palabras clave: Teoría de los campos conceptuales, esquemas previos, problemas de dinámica, estrategia didáctica.

* Este trabajo forma parte del proyecto de Investigación "Enseñanza de las Ciencias para la Construcción de Conocimientos", financiado por el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CONDES), de la Universidad del Zulia.

Recibido: 23-03-2009 ~ Aceptado: 09-07-2009

Previous Schemes regarding Dynamics under the Conceptual Field Theory. Considerations for Change

Abstract

The conceptual field theory ensures that knowledge acquisition is shaped by situations dominated by students or their experience when trying to modify them. This paper analyzes previous schemes used by students to solve problem situations of dynamics from the perspective of the conceptual field theory by Vergnaud. Methodology is of the descriptive, explanatory type with a quasi-experimental design. Information was collected through a questionnaire complemented with an instructional scale and analyzed using descriptive and inferential statistics. Results emphasize the use of a small set of less developed schemes with operational invariants different from scientific knowledge, limitations for recognizing data, conditions and unknowns, as well as for inferring, generalizing and evaluating the results. Finally, general guidelines are proposed for a didactic strategy, based mainly on the theories of Ausubel, Vygotsky and Vergnaud, aiming to address this situation.

Key words: Conceptual field theory, previous schemes, dynamics problems, teaching strategy.

Introducción

Un gran número de investigadores en el área de la enseñanza de las ciencias han estudiado las concepciones alternativas de los estudiantes, motivados en parte, por la recomendación de Ausubel sobre la importancia de considerar sus conocimientos previos como punto de partida para la instrucción. Investigaciones recientes sobre la naturaleza y el papel del conocimiento previo en la comprensión de alguna situación de aprendizaje, ya sea de conceptos, re-

solución de problemas o actividades experimentales, evidencian que éste influye sobre cómo y cuánto se comprende, se aprende y se retiene, y determinan las posibilidades de hacer transferencia a nuevas situaciones (Poggioli, 2005; Arrieta y Marín, 2006; Nava, Arrieta y Flores, 2008; Meleán, 2008).

Desde siempre, los educandos han dado razonamientos errados a las preguntas que le formulan en clases, y ante este hecho, la respuesta tradicional del docente ha sido sancionadora. Las concepciones

previas de los estudiantes han sido consideradas como errores, concepciones ingenuas, concepciones alternativas respecto a las concepciones científicas o cualquier otra denominación con clara connotación negativa. Para Vergnaud (1990), esta manera de concebir el conocimiento previo supone al aprendizaje como incompleto o deficiente en comparación con los especialistas; es más fructífero considerar el sujeto como un sistema dinámico con mecanismos reguladores capaces de asegurar su progreso cognitivo.

La teoría de los campos conceptuales (TCC) asegura que la adquisición de conocimiento es moldeada por las situaciones y problemas previamente dominados y que ese conocimiento está influido por el contexto. Por lo tanto, gran parte del conocimiento previo de los alumnos viene de las primeras situaciones que fueron capaces de dominar o de su experiencia al tratar de modificarlas. Pero, generalmente existen diferencias entre el conocimiento que los sujetos construyen en su relación con el medio y el conocimiento científico.

Sin embargo, es normal que los alumnos presenten tales concepciones y éstas deben ser consideradas como precursoras de conceptos científicos para ser adquiridos. La activación de esos precursores es necesaria y debe ser guiada por el profesor. La TCC se propone localizar y estudiar continuidades y rupturas

en la evolución de los conocimientos del sujeto, donde desarrolla un vasto repertorio de esquemas.

El presente trabajo tiene como objetivo hacer un análisis de los esquemas previos que utilizan los estudiantes en la resolución de problemas de dinámica a través de lo que Vergnaud considera que son sus *ingredientes* (metas y anticipaciones, reglas de acción, invariantes operatorios y posibilidades de inferencia) y se pretende dar lineamientos generales para el desarrollo de los mismos.

La teoría de los campos conceptuales de Vergnaud

Gerard Vergnaud, director de investigación del Centro Nacional de Investigación Científica de Francia, propone la TCC, creada a partir de los legados de Piaget y Vygotsky, la cual pretende ofrecer un referencial para el estudio del desarrollo cognitivo y del aprendizaje de competencias complejas, particularmente aquellas implicadas en las ciencias y en las técnicas (Moreira, 2002).

Vergnaud, citado por Moreira (2002), toma como premisa que el conocimiento está organizado en *campos conceptuales* cuyo dominio, por parte del sujeto, ocurre a lo largo de un extenso período de tiempo, a través de experiencia, madurez y aprendizaje; entendiéndose campo conceptual como un conjunto informal y heterogéneo de proble-

mas, situaciones, conceptos, relaciones, estructuras, contenidos y operaciones del pensamiento, entrelazados durante el proceso de adquisición.

La TCC supone que el propósito del desarrollo cognitivo es la conceptualización. Ella es la piedra angular de la cognición. Luego, se debe prestar toda la atención a los aspectos conceptuales de los esquemas y al análisis conceptual de las situaciones para las cuales los estudiantes desarrollan sus esquemas, en la escuela o fuera de ella. Se trata de una teoría psicológica del proceso de conceptualización de lo real que permite localizar y estudiar continuidades y rupturas entre conocimientos desde el punto de vista de su contenido conceptual.

Los aspectos clave de la TCC son, además del propio concepto de campo conceptual, los de esquema, situación, invariante operatorio (teorema-en-acción o concepto-en-acción), y su propia noción de concepto.

Campos conceptuales según Vergnaud

Campo conceptual es definido como un conjunto de problemas y situaciones cuyo tratamiento requiere conceptos, procedimientos y representaciones de tipos diferentes pero íntimamente relacionados.

Tres argumentos principales condujeron al concepto de campo conceptual: 1) un concepto no se forma

dentro de un solo tipo de situaciones; 2) una situación no se analiza con un solo concepto; 3) la construcción y apropiación de todas las propiedades de un concepto o de todos los aspectos de una situación es un proceso de largo aliento que se extiende a lo largo de los años, a veces de una decena de años, con analogías y mal entendidos entre situaciones, entre conceptos, entre procedimientos, entre significantes.

Conceptos

Se define concepto como un triplete de tres conjuntos, $C = (S, I, R)$ donde:

S: es un conjunto de situaciones que dan sentido al concepto.

I: es un conjunto de invariantes (objetos, propiedades y relaciones) sobre las cuales reposa la operacionalidad del concepto, o un conjunto de invariantes que pueden ser reconocidos y usados por los sujetos para analizar y dominar las situaciones.

R: es un conjunto de representaciones simbólicas (lenguaje natural, gráficos y diagramas, sentencias formales, entre otros) que pueden ser usadas para indicar y representar los invariantes y, consecuentemente, representar las situaciones y los procedimientos para lidiar con ellas.

El primer conjunto –de situaciones– es el *referente* del concepto, el segundo –de invariantes operatorios– es el *significado* del concepto,

en cuanto al tercero –de representaciones simbólicas– es el *significante*.

Una definición pragmática podría considerar un concepto como un conjunto de invariantes utilizables en la acción, pero esta definición implica también un conjunto de situaciones que constituyen el referente y un conjunto de esquemas puestos en acción por los sujetos en esas situaciones. De ahí, el triplete (*S, R, I*) donde, en términos psicológicos, *S* es la realidad e *I, R* la representación que puede ser considerada como dos aspectos interactuantes de pensamiento, el significado (*I*) y el significante (*R*).

Situaciones según Vergnaud

El concepto empleado por este autor no es el de situación didáctica, pero sí el de problema a resolver, siendo que toda situación compleja puede ser analizada como una combinación de tareas, para las cuales es importante conocer su naturaleza y dificultades propias. La dificultad de un problema o tarea no es ni la suma ni el producto de las diferentes subtareas involucradas, pero es claro que el desempeño en cada subtarea afecta el desempeño global.

Vergnaud apela también al sentido que, según él, es atribuido por los psicólogos al concepto de situación: los procesos cognitivos y las respuestas del sujeto son función de las situaciones con las cuales es confrontado. Además de eso, destaca

dos ideas principales relacionadas: variedad e historia. Esto es, en un cierto campo conceptual existe una gran variedad de situaciones y los conocimientos de los aprendices son moldeados por las que encuentran y progresivamente dominan, particularmente por las primeras situaciones susceptibles de dar sentido a los conceptos y procedimientos a ser aprendidos. El sentido es una relación del sujeto con las situaciones y con los significantes.

Esquemas según Vergnaud

Esquema es la organización invariante del comportamiento para una determinada clase de situaciones. Es en los esquemas que se deben investigar los conocimientos en acción del sujeto, es decir, los elementos cognitivos que hacen que la acción del sujeto sea operatoria.

Esquema es el concepto introducido por Piaget para dar cuenta de las formas de organización como de las habilidades sensorio-motoras y de las habilidades intelectuales. Este genera acciones y debe contener reglas, pero no es un estereotipo porque la secuencia de acciones depende de los parámetros de la situación.

Vergnaud considera que los esquemas necesariamente se refieren a situaciones, a tal punto que debería hablarse de interacción esquema –situación en vez de interacción sujeto –objeto como planteaba Piaget. De esto se deriva que el desarrollo

cognitivo consiste sobre todo y principalmente, en el desarrollo de un vasto repertorio de esquemas.

La definición de esquema es precisa, pero necesita de mayores especificaciones para facilitar su comprensión, lo que denomina *ingredientes de los esquemas*, a saber:

1. *Metas y anticipaciones*, es el ingrediente del esquema que permite al individuo descubrir una posible finalidad de su actividad y, eventualmente, submetas; puede también esperarse ciertos efectos o eventos;

2. *Reglas de acción*, del tipo “si... entonces” que constituyen la parte verdaderamente generadora del esquema, aquella que permite la generación y la continuidad de secuencias de acciones del sujeto; son reglas de búsqueda de información y de control de los resultados de acción;

3. *Invariantes operatorios*, teoremas-en-acción y conceptos-en-acción, que dirigen el reconocimiento, por parte del individuo, de los elementos pertinentes de la situación; son los conocimientos contenidos en los esquemas; aquellos que constituyen la base, implícita o explícita, que permite obtener la información pertinente y de ella inferir la meta a alcanzar y las reglas de acción adecuadas.

4. *Posibilidades de inferencia* (o razonamientos), que permiten “calcular”, “aquí y ahora”, las reglas y anticipaciones a partir de las

informaciones e invariantes operatorios que dispone el sujeto; o sea, toda actividad implicada en los otros tres ingredientes requiere cálculos “aquí e inmediatamente” para esta situación.

Las situaciones se pueden clasificar en dos tipos:

a) Clases de situaciones en las que el sujeto dispone de las competencias necesarias al tratamiento relativamente inmediato de la situación y que para su resolución se observan conductas ampliamente automatizadas, organizadas por un solo esquema ordinario o hábito.

b) Clase de situaciones en las que el sujeto no dispone de todas las competencias necesarias, que le obligan a un tiempo de reflexión y exploración, a vacilaciones, a tentativas frustradas, llevando eventualmente al suceso al éxito o al fracaso. En este tipo se observa la utilización sucesiva de diversos esquemas y para llegar a la solución estos deben ser desarticulados, re combinados y acomodados.

Invariantes operatorios

Si se designa con las expresiones “concepto-en-acción” y “teorema-en-acción” a los conocimientos contenidos en los esquemas, también se puede designar con la expresión más amplia “invariantes operatorios”. Teoremas-en-acción y conceptos-en-acción son invariantes operacionales o componen-

tes esenciales de los esquemas y determinan las diferencias entre ellos.

Teorema-en-acción es una proposición sobre lo real considerada como verdadera. Concepto-en-acción es un objeto, un predicado, o una categoría de pensamiento considerada como pertinente, relevante.

Metodología: población e instrumento

La presente investigación se basa en el paradigma positivista porque persigue el estudio de una realidad objetiva, presentando un diseño descriptivo que pretende caracterizar las respuestas obtenidas, estableciendo así su situación y comportamiento.

La población estuvo conformada por 74 estudiantes, distribuidos en las únicas dos secciones de primer año de ciencias de Educación Media, Diversificada y Profesional, de la UE Colegio Nuestra Señora del Pilar, ubicada en el Municipio Maracaibo del Estado Zulia.

Teniendo en cuenta esas características, según Tamayo y Tamayo (2001), no es necesario realizar un muestreo, puesto que se investiga en *universo*, es decir, cuando se toma para el estudio la totalidad de la población.

Los estudiantes que conformaron la muestra (37 en cada sección) tenían edades comprendidas entre 15 y 16 años, 51 eran mujeres y 23 hombres y todos eran alumnos re-

gulares. Debido a la homogeneidad, los grupos control y experimental fueron seleccionados al azar (Cuadro 6).

Para la recolección de información se aplicó un cuestionario denominado EPRE (anexo 1), y posteriormente se estableció su codificación. El cuestionario presenta un total de 9 problemas referidos a las leyes de Newton (ley de inercia, ley de fuerza y ley de acción y reacción) que fueron obtenidos de la revisión bibliográfica, de internet y otros fueron creados para la investigación.

El proceso de codificación se realizó de la siguiente manera: en cada ítem del cuestionario para el análisis de los esquemas, se evalúa cada uno de los indicadores (metas y anticipaciones, reglas de acción, invariantes operatorios y posibilidades de inferencia). Se aplica el cuestionario y luego se hace una discusión personalizada para profundizar en el análisis de las respuestas. La información obtenida de cada estudiante y por cada ítem se estructuró como sigue:

- En el cuadro *operacionalización-ítem* (anexo 3), se escribe una equis (X) por cada respuesta afirmativa a cada una de las preguntas que aparecen en el *instructivo para baremo* (anexo 2), excepto en el subindicador 2.a donde se escribe el código correspondiente de acuerdo al *baremo 3* (anexo 6).

- Una vez lleno el cuadro *operacionalización-ítem*, se cuentan

las equis que hay en cada fila, y el total se escribe en cada una de las casillas de la columna *total* del mismo cuadro.

- Los resultados obtenidos en la columna *total* para los subindicadores 1.a, 1.b, 1.c, 2.b y 2.c se ubican en el cuadro *baremo 1* (anexo 4). Esto se hace para asignarle a cada subindicador un código del 1 al 5 y su valor respectivo en la escala tipo Likert correspondiente (*No, Mal, Parcialmente mal, Parcialmente bien y Bien*).
- De la misma manera, se procede con subindicadores 3.a, 3.b, 4.a y 4.b en el cuadro *baremo 2* (anexo 5). El código asignado a cada uno también es un número del 1 al 5, y la escala tipo Likert asociada es: *En desacuerdo, Parcialmente en desacuerdo, Regular, Parcialmente de acuerdo y De acuerdo*.

En el cuadro *baremo 3* se encierra en un círculo la opción del ítem 2.a correspondiente a la manera como explica el estudiante el proceso para llegar a la solución.

En el análisis de los resultados se utilizaron estadísticos descriptivos y el estadístico t de Student a través de una prueba de comparación de medias en muestras independientes para estudiar los esquemas de resolución de problemas que utilizaron los estudiantes de los grupos experimental y control y la homogeneidad de los grupos. La validez de contenido del

cuestionario quedó determinada por la opinión de varios expertos en el área objeto de estudio, quienes evaluaron la pertinencia, coherencia y consistencia del mismo con relación a los objetivos de investigación. La validez de constructo se realizó aplicando una prueba piloto a través del análisis factorial. Para la confiabilidad se utilizó el coeficiente Alfa de Cronbach, donde se obtuvo un valor de 0,8549, el cual se considera aceptable tomando en cuenta que se trata de una prueba de rendimiento (Ruiz, 2002). Todo esto se realizó mediante el programa SPSS versión 10.

Análisis de Resultados

Los esquemas de resolución de problemas que presentan la muestra de estudiantes son observados a través de los indicadores *metas y anticipaciones, reglas de acción, invariantes operatorios y posibilidades de inferencia*. Los valores para estos indicadores se muestran en el Cuadro 1 por indicadores, subindicadores y grupos.

Para el subindicador *¿focaliza el problema?*, en el Cuadro 2: *metas y anticipaciones*, se observa que para ambos grupos el 25% de los estudiantes tiene un puntaje igual a 1, lo que indica que ellos *no* focalizan el problema; el 50% obtuvo puntajes menores o iguales a 3, de lo cual se infiere que, de acuerdo al baremo, algunos de ellos apenas alcanzan la categoría de *parcialmente mal* y el 75% tiene pun-

Cuadro 1. Operacionalización de la variable

VARIABLE	INDICADORES	SUBINDICADORES
Esquemas	Metas y anticipaciones	<ul style="list-style-type: none"> - Focalizar el problema - Reconocer datos o condiciones explícitas o tácitas - Reconocer las incógnitas
	Reglas de acción	<ul style="list-style-type: none"> - Explicar el proceso para llegar a la solución - Evaluar los resultados obtenidos - Resolver el problema de otra manera o dar una solución alternativa
	Invariantes operatorios	<ul style="list-style-type: none"> - Teoremas-en-acción en acuerdo con el conocimiento científico - Conceptos-en-acción pertinentes con el conocimiento científico
	Posibilidades de inferencia	<ul style="list-style-type: none"> - Inferir o deducir los resultados - Generalizar a partir de los resultados

Fuente: (Meleán, Arrieta, Escalona, 2008).

Cuadro 2. Metas y anticipaciones

Estadísticos	¿Focaliza el problema?		¿Reconoce datos o condiciones explícitas o tácitas?		¿Reconoce las incógnitas?	
	GC	GE	GC	GE	GC	GE
N	37	37	37	37	37	37
Mediana	3	3	2	2	3	3
Moda	1*	1*	1	1	4	3
Mínimo	1	1	1	1	1	1
Máximo	5	5	4	4	5	5
Percentiles	25	1	1	1	1	1
	50	3	3	2	2	3
	75	4	4	3	3	4

* Existen varias modas. Se muestra la menor.
 Fuente: (Meleán, Arrieta, Escalona, 2008).

tajes menores o iguales que 4, de lo que se deduce que algunos de ellos están *parcialmente bien*.

Con referencia al subindicador *¿reconoce datos o condiciones explícitas o tácitas?*, en ambos grupos, el 25% de los estudiantes tiene un puntaje igual a 1 y por tanto *no* son capaces de reconocer los datos o condiciones que se presentan en la situación problemática.

El 50% obtuvo puntajes menores o iguales a 2, de lo cual se sigue que, algunos de ellos reconocen *mal* los datos o condiciones en los problemas presentados; el 75% tiene puntajes menores o iguales que 3, de lo que se concluye que algunos de ellos están *parcialmente mal* al momento de reconocer datos o condiciones explícitas o tácitas. En este subindicador el máximo puntaje obtenido fue 4, lo que significa que ningún estudiante reconoce *bien* los datos o condiciones en las situaciones planteadas.

Haciendo un análisis similar con el subindicador *¿reconoce las incógnitas?*, el 25% de los estudiantes tiene un puntaje igual a 1, lo que indica que ese conjunto de alumnos *no* reconocen las incógnitas de los problemas; el 50% obtuvo puntajes menores o iguales a 3, de lo cual se deduce que algunos de ellos apenas alcanzan a reconocer las incógnitas de manera *parcialmente mal*; el 75% tiene puntajes menores o iguales que 4, indicando que algunos de ellos están *parcialmente bien* cuando

tienen que reconocer las incógnitas en los problemas propuestos.

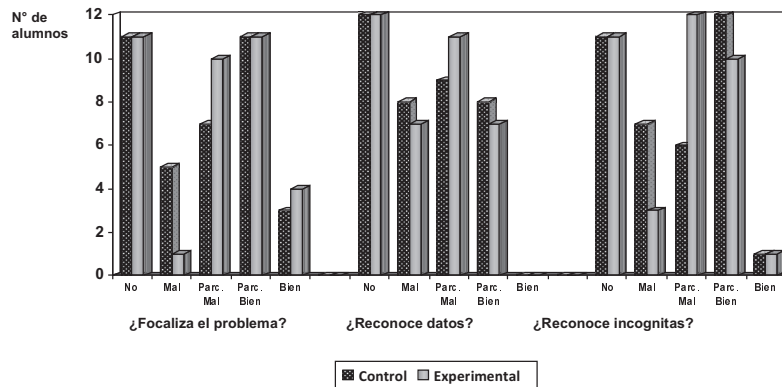
En resumen, para el indicador *metas y anticipaciones*, los grupos experimental y control tienen puntajes promedios de 3, lo cual quedan ubicados en la categoría *parcialmente mal* según el baremo. En otras palabras, estos alumnos presentan deficiencias para focalizar el problema, para reconocer datos o condiciones explícitas o tácitas y para reconocer las incógnitas. Con estos resultados los aprendices tienen pocas posibilidades para resolver problemas.

El Gráfico 1 muestra cómo se distribuyen los puntajes por grupo y se visualizan las modas.

Según Cruz (2000), cuando un individuo está ante un problema debe reconocer un estado inicial, un estado final o meta, un conjunto de restricciones o condiciones que deben cumplirse y un conjunto de acciones, transformaciones u operaciones que es permitido realizar para llegar a la solución. La aceptación de esta forma de estructurar el problema ayuda a conseguir precisión en las situaciones que se abordan y, en consecuencia ser más eficiente en el proceso de búsqueda de soluciones. Para Vergnaud (2006), es esencial que el sujeto pueda descubrir una posible finalidad de su actividad y, eventualmente submetas; debe también esperar ciertos efectos o eventos.

Considerando el subindicador *¿puede explicar el proceso para llegar a la solución?*, se detecta que para am-

Gráfico 1. Metas y anticipaciones



Cuadro 3. Reglas de acción

Estadísticos	¿Puede explicar el proceso para llegar a la solución?		¿Evalúa los resultados obtenidos?		¿Puede resolver el problema de otra manera o dar una solución alternativa?	
	GC	GE	GC	GE	GC	GE
N	37	37	37	37	37	37
Mediana	5	5	1	1	1	1
Moda	5	5	1	1	1	1
Mínimo	1	1	1	1	1	1
Máximo	5	5	3	3	2	3
Percentiles	25	3	3	1	1	1
	50	5	5	1	1	1
	75	5	5	1	1	1

Fuente: (Meleán, Arrieta, Escalona, 2008).

En los dos grupos, el 25% de los educandos tienen puntajes de 1 ó 3, lo que indica que ellos *no* pueden explicar el proceso para llegar a la solución o la explicación se basa en la utilización de lenguaje corriente o en el mal uso de las ecuaciones. El 75%

restante obtuvo un puntaje igual a 5, de lo cual se infiere que la explicación del proceso para llegar a la solución se basa en el uso de lenguaje corriente o mal uso de fórmulas y usan símbolos o gráficos (Cuadro 3).

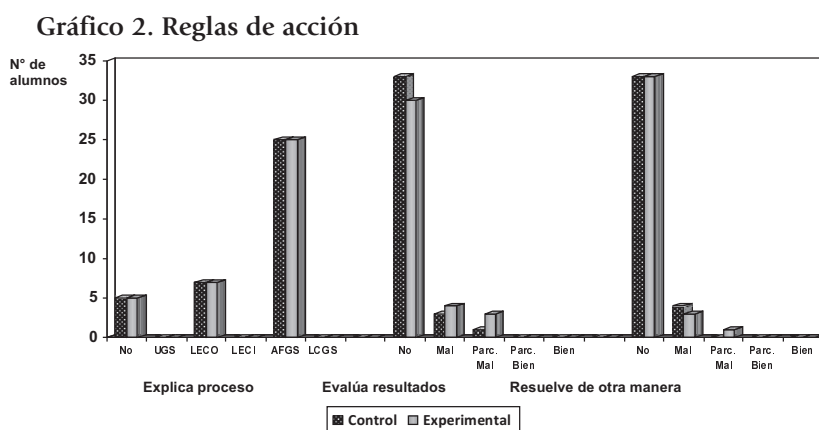
Con relación a los subindicadores *¿evalúa los resultados obtenidos?* y *¿puede resolver el problema de otra manera o dar una explicación alternativa?*, el 75% de los estudiantes tiene un puntaje igual a 1 lo que indica que no aportaron alguna solución al problema aunque fuese errada, o el resultado obtenido no fue expuesto al análisis dimensional, ni se verificó si la respuesta era congruente con la realidad y/o con las condiciones del problema ni fue sometido a ningún tipo de evaluación. Tampoco fueron capaces de resolver el problema de otra manera o dar una explicación alternativa. El 25% restante obtuvo puntajes de 2 ó 3, lo cual se ubica, según el baremo, en las categorías *mal* y *parcialmente mal*, con excepción del subindicador *¿puede resolver el problema de otra manera o dar una explicación alternativa?* en el grupo control, donde nadie se logró ubicar en esta última categoría.

En los diagramas de barra (Gráfico 2) se observa como se distribu-

yen los puntajes por grupo y las modas en cada subindicador.

Los puntajes obtenidos tanto por el grupo control como por el experimental para el indicador *reglas de acción*, revelan en un conocimiento nulo para activar reglas de acción. En general, los alumnos tienen grandes debilidades en sus reglas de búsqueda y de control de los resultados de sus acciones. Esto puede ser consecuencia de que ambos grupos tienen dificultades a la hora de focalizar los problemas y reconocer tanto los datos y condiciones como las incógnitas. Esta afirmación se apoya en el hecho de estar ubicados, en promedio, en la categoría *parcialmente mal* para el indicador *metas y anticipaciones*.

Al analizar el indicador *invariantes operatorios*, el Cuadro 4 indica que en los dos subindicadores *¿están en acuerdo con el conocimiento científico los teoremas-en-acción utilizados?* y *¿son pertinentes o relevantes*



Cuadro 4. Invariantes operatorios

Estadísticos	¿Están en acuerdo con el conocimiento científico los teoremas-en-acción utilizados?		¿Son pertinentes o relevantes los conceptos-en-acción utilizados?	
	GC	GE	GC	GE
N	37	37	37	37
Mediana	1	1	1	1
Moda	1	1	1	1
Mínimo	1	1	1	1
Máximo	3	3	3	4
Percentiles	25	1	1	1
	50	1	1	1
	75	1	1	1

Fuente: (Meleán, Arrieta, Escalona, 2008).

los *conceptos-en-acción utilizados*?, en ambos grupos, el 75% de los aprendices tiene un puntaje igual a 1, lo que indica que sus conocimientos, implícitos o explícitos no tienen pertinencia ni están de acuerdo con el conocimiento aceptado por la ciencia.

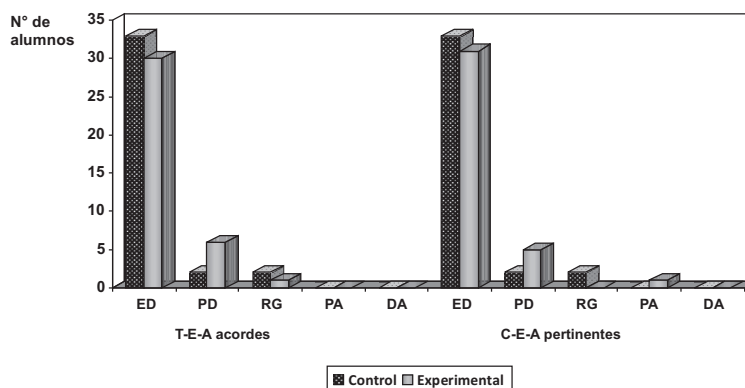
Los estudiantes del 25% restante obtuvieron puntajes de 2 ó 3, lo cual se ubican en las categorías *parcialmente en desacuerdo* y *regular*, con excepción del subindicador *¿son pertinentes o relevantes los conceptos-en-acción utilizados?* en el grupo experimental, donde los puntajes fueron 2 ó 4, ubicándose en las categorías *parcialmente en desacuerdo* y *parcialmente en acuerdo*. Los diagramas de barra (Gráfico 3) exponen como se distribuyen los puntajes por gru-

po y las modas en cada subindicador.

Según Vergnaud, citado por Moreira (2002), los invariantes operatorios dirigen el reconocimiento de los elementos pertinentes de la situación problemática; son los conocimientos contenidos en los esquemas y constituyen la base, implícita o explícita, que permite obtener la información pertinente y de ella inferir la meta a alcanzar y las reglas de acción adecuadas. Esto explica los resultados pobres que presentaron los estudiantes en los otros indicadores.

Al observar los dos subindicadores de *posibilidades de inferencia*, en el Cuadro 5 se detecta que en ambos grupos, el 100% de los estudiantes obtuvo un puntaje igual a 1

Gráfico 3. Invariantes operatorios



Cuadro 5. Posibilidades de inferencia

Estadísticos	¿Infiere o deduce resultados?		¿Generaliza a partir de los resultados?	
	GC	GE	GC	GE
N	37	37	37	37
Mediana	1	1	1	1
Moda	1	1	1	1
Mínimo	1	1	1	1
Máximo	1	1	1	1
Percentiles	25	1	1	1
	50	1	1	1
	75	1	1	1

Fuente: (Meleán, Arrieta, Escalona, 2008).

y por lo tanto, se ubicaron en la categoría *en desacuerdo*. Esto se debió a que ninguno de ellos fue capaz de hacer inferencias, deducciones o generalizaciones. Este escenario era previsible, porque según Vergnaud, citado por Moreira (2002), las posibilidades de inferencia permiten calcular las reglas y anticipaciones a

partir de las informaciones e invariantes operatorios que dispone el sujeto, o sea, toda actividad implicada en los otros tres ingredientes, los cuales están muy poco desarrollados como ya se conoció anteriormente.

Por otra parte, y posiblemente como consecuencia de los resulta-

dos obtenidos, ninguno de los estudiantes fue capaz de resolver correctamente alguno de los problemas. Este hecho indica que el aprendizaje de conceptos relacionados con dinámica no es significativo.

En cuanto a la homogeneidad entre los grupos experimental y control, ésta se muestra en el Cuadro 6 para cada uno de los subindicadores. Como la variabilidad entre estos es muy semejante, se usa la prueba de igualdad de varianzas. Los valores de la significancia por cada uno de ellos que aparece en la tabla son superiores al 53,9%. Debido a que los valores de significación son mayores que

el 5%, se infiere que estos grupos son muy semejantes.

La pregunta del indicador *posibilidades de inferencia* no aparece en el análisis debido a que su varianza fue cero.

Estrategia didáctica para el cambio de esquemas previos

Toda propuesta didáctica que considere las ideas previas de los aprendices, sus inquietudes e intereses, y tomando como premisa que "de los errores también se aprende", resulta ser de interés para docentes y educandos, sobre todo, si propicia

Cuadro 6. Prueba para igualdad de medias entre grupos. Pretest

Subindicadores	Prueba t para la igualdad de medias			Decisión
	t	gl	Sig.	
¿Focaliza el problema?	-,499	72	,620	$\mu_g \text{ control} = \mu_g \text{ exp}$
¿Reconoce datos o condiciones explícitas o tácitas?	,000	72	1,000	$\mu_g \text{ control} = \mu_g \text{ exp}$
¿Reconoce las incógnitas?	-,182	72	,856	$\mu_g \text{ control} = \mu_g \text{ exp}$
¿Puede explicar el proceso para llegar a la solución?	,000	72	1,000	$\mu_g \text{ control} = \mu_g \text{ exp}$
¿Evalúa los resultados obtenidos?	-,617	72	,539	$\mu_g \text{ control} = \mu_g \text{ exp}$
¿Puede resolver el problema de otra manera o dar una explicación alternativa?	-,314	72	,755	$\mu_g \text{ control} = \mu_g \text{ exp}$
¿Están en acuerdo con el conocimiento científico los teoremas-en-acción utilizados?	-,474	72	,637	$\mu_g \text{ control} = \mu_g \text{ exp}$
¿Son pertinentes o relevantes los conceptos-en-acción utilizados?	-,427	72	,670	$\mu_g \text{ control} = \mu_g \text{ exp}$

Fuente: (Meleán, Arrieta, Escalona, 2008).

condiciones para el desarrollo cognitivo de los sujetos involucrados en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

En ese sentido, esta investigación propone el diseño de una estrategia didáctica con la cual se prevé el desarrollo de un vasto repertorio de esquemas, cada vez más acordes con el conocimiento científico y por ende, el logro de aprendizajes significativos de conceptos relacionados con la Dinámica. La estrategia, fundamentada en la teoría del aprendizaje significativo de Ausubel, en la del enfoque sociocultural de Vygotsky y en la de los campos conceptuales de Vergnaud, se resume en el Gráfico 4.

A los estudiantes se les presentarán situaciones problemáticas cualitativas o cuantitativas, que llamen su atención y se encuentren en su zona de desarrollo próximo, en términos de Vygotsky, lo cual se hará verbalmente, con uso del pizarrón o a través del computador. Con esto se pretende aumentar las condiciones que favorezcan la disposición a aprender, según Ausubel.

Se promoverá el trabajo colaborativo, conformando equipos de tres alumnos, heterogéneos en cuanto a sexo y rango de habilidades, con tareas específicas que serán rotadas, se les explicará sobre el proceso de resolución de problemas y las fases propuestas por Lejter de Bascones (2002) para el área de la física y las heurísticas utilizadas en

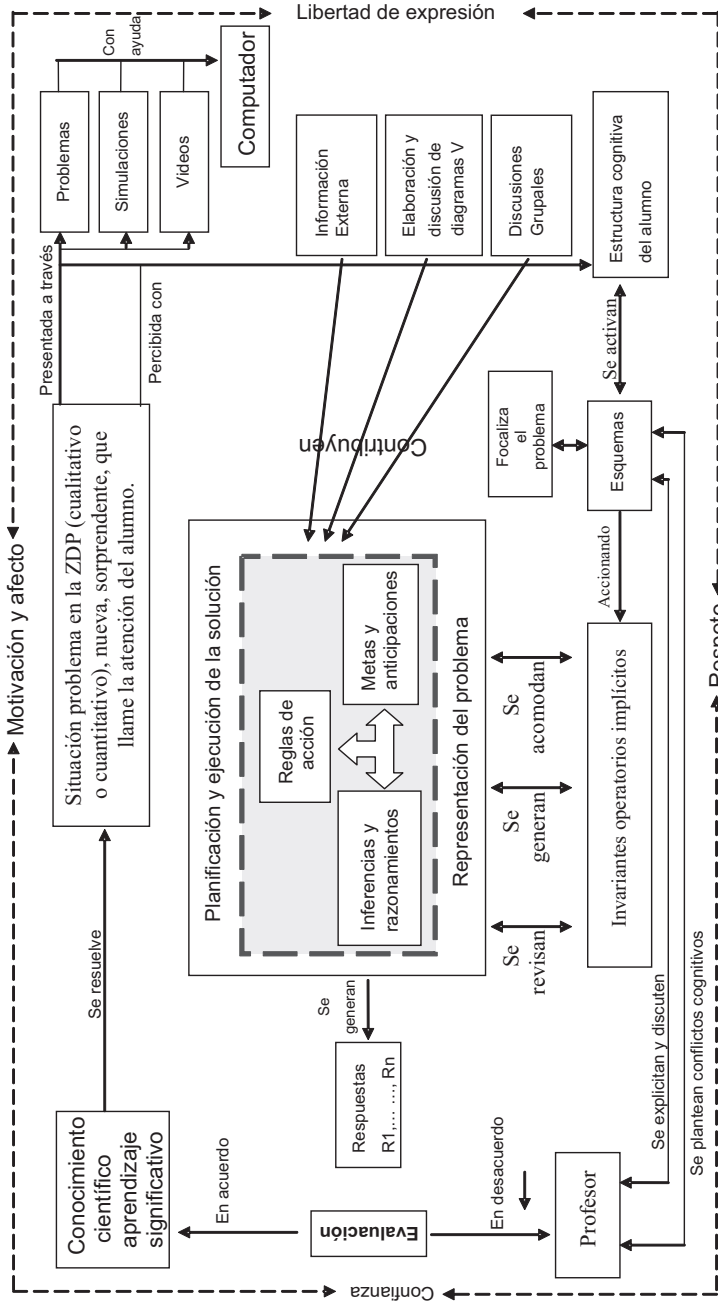
ese proceso planteadas por Cruz (2000). Seguidamente se les proporcionarán lecturas y clases sobre el tema para su posterior discusión y construcción de diagramas V de Gowin.

Luego, se procede a la explicación y corrección de los conocimientos contenidos en sus esquemas, a través de las discusiones grupales, la mediación, la provisión de situaciones problemáticas alternativas para inducir conflicto cognitivo, el uso de palabras y símbolos, la construcción del conocimiento y la formalización. Paralelamente, a través de las fases del proceso de resolución de problemas, señaladas anteriormente, se les ayudará a mejorar los otros componentes de los esquemas (metas y anticipaciones, reglas de acción y posibilidades de inferencia) y además, se localizarán y estudiarán rupturas y discontinuidades en los conceptos que poseen los alumnos. Finalmente, se proveerán nuevas situaciones problemáticas hasta lograr la construcción de conceptos e invariantes operatorios acordes con el conocimiento científico, pudiendo hacer transferencias a nuevas situaciones y así lograr aprendizajes significativos.

Consideraciones Finales

Al analizar los esquemas previos de los estudiantes en la resolución de problemas de dinámica, se puede señalar que los grupos partí-

Gráfico 4. Esquema de la estrategia didáctica propuesta



cipes en la investigación presentaban homogeneidad en cuanto a sus características y a esquemas de resolución; no mostraban diferencias significativas antes de la aplicación de la estrategia didáctica, en cuanto a sus metas y anticipaciones, reglas de acción, invariantes operatorios y posibilidades de inferencia, los cuales se ubicaban entre mal y parcialmente mal, de acuerdo al baremo diseñado para tal fin. Con esos resultados, los alumnos tenían pocas posibilidades para resolver problemas, hecho que quedó evidenciado porque ninguno de los ellos fue capaz de resolver alguna de las situaciones planteadas.

Estos resultados deben llevarnos como docentes a tomar conciencia sobre la forma en que dirigimos el proceso enseñanza aprendizaje. Se hace evidente que de continuar de esta manera las consecuencias seguirán siendo similares, lo que no impulsa a cambiar nuestra forma de actuación e incentivar a ser innovadores en nuestras aulas de clase.

La estrategia didáctica descrita brevemente pretende ayudar a los aprendices a focalizar los problemas presentados, activar sus esquemas, y éstos a su vez accionar invariantes operatorios generalmente implícitos, con los que intentarán darle solución. Aquí se trata de indagar en sus concepciones previas, dentro de sus zonas de desarrollo próximo, la pertinencia y veracidad de sus invariantes operatorios y de-

terminar posibles subsumidores y obstáculos. La misma se aplicó a la muestra bajo estudio, tomando en cuenta todas las fases. El alcance de los resultados obtenidos se expondrá en una publicación posterior.

Referencias Bibliográficas

- ARRIETA, X. y MARÍN, N. (2006). "Las prácticas habituales de física y la transferencia de conocimiento". Revista **Encuentro Educativo**. Vol.13, N° 3. pp. 401- 413.
- CRUZ, C. (2000). **La solución de problemas y sus implicaciones didácticas**. Departamento de Matemática Aplicada. Facultad de Ingeniería. Universidad Central de Venezuela.
- LEJTER DE BASCONES, J. (2002). **Resolución de problemas de papel y lápiz en física**. Editora María Maite Andrés. Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Caracas, Venezuela.
- MELEÁN, R. (2008). **Estrategia didáctica basada en resolución de problemas para el aprendizaje significativo de la física**. Tesis inédita. Doctorado en Ciencias de la Educación, Universidad Dr. Rafael Belloso Chacín, Maracaibo.
- MOREIRA, M. (2000). **Aprendizaje significativo: Teoría y práctica**. Ediciones Visor. Madrid, España.
- MOREIRA, M. (2002). **La teoría de los campos conceptuales de Vergnaud, la enseñanza de las ciencias y la investigación en el área**. [Documento en línea]. Consultado el 5 de abril de 2006

- en: www.if.ufrgs.br/~moreira/vergnaudespanhol.pdf
- NAVA, M., ARRIETA, X. Y FLORES, M. (2008). "Ideas previas sobre carga, fuerza y campo eléctrico en estudiantes universitarios. Consideraciones para su superación". *Revista Telos*. Vol. 10, N° 2, pp. 308-323.
- POGGIOLI, L. (2005). *Estrategias de resolución de problemas*. Libro 5. Serie Enseñando a aprender. (Segunda edición). Fundación Polar, Venezuela.
- RUÍZ, C. (2002). *Instrumentos de investigación educativa. Procedimiento para su diseño y validación*. (2ª edición). Editado por CIDEG. Barquisimeto, Venezuela.
- TAMAYO Y TAMAYO, M. (2001). *El proceso de la investigación científica*. (4ª edición). Editorial Limusa.
- VERGNAUD, G. (1990). "La teoría de los campos conceptuales". *Revista Recherches en Didactique des Mathématiques*. Vol. 10. No. 2,3. pp. 133-170.
- VERGNAUD, G. (2006). *Representación y actividad: Dos conceptos estrechamente asociados*. [Documento en línea]. Consultado el 15 de marzo de 2007 en: http://www.waece.org/cdlogico-matematicas/ponencias/gerad-vernaurd_pon_es.htm

ANEXO 1

CUESTIONARIO PARA LA DETECCIÓN DE LOS ESQUEMAS PREVIOS (EPRE)

Las proposiciones presentadas a continuación tienen la finalidad de recabar información sobre los esquemas previos que utilizan los estudiantes para la resolución de problemas de dinámica, específicamente en las leyes de Newton, de los que alumnos que cursan Física durante el año escolar 2007 - 2008 en la U. E. Colegio Nuestra Señora del Pilar.

Instrucciones

1. Lee con atención cada una de las situaciones que se presentan.
2. Por favor, responde escribiendo el mínimo detalle que consideres pertinente para explicar el problema planteado.
3. Esfuérzate en dar respuesta a cada una de las situaciones planteadas.
4. No comentes con tus compañeros. El cuestionario es individual.

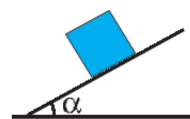
1. Un pasajero sentado en la parte trasera de un autobús afirma que se lastimó cuando el conductor aplicó precipitadamente los frenos provocando que una maleta saliera volando hacia él desde el frente del vehículo. Si tu fueras el juez de este caso, ¿qué decisión tomarías? ¿En qué leyes físicas te sustentas?



2. Entre un clip de hierro y un imán, ¿quién atrae a quién? ¿Quién atrae con mayor fuerza? ¿Quién adquiere mayor aceleración? ¿En qué leyes físicas te apoyas?



3. En la figura, a medida que α se aproxima a 90° , ¿a qué valores se aproximan la aceleración, la fuerza normal y el peso ejercido sobre el bloque? Representa las fuerzas en un diagrama para cada una de las situaciones donde α sea igual a 0° , 20° , 70° y 90° .



4. Una persona de 80Kg se lanza desde la cima de un edificio muy alto y su paracaídas no abre. Luego de 15s, su caída es totalmente vertical y su velocidad permanece en 288Km/h. ¿Cuál es el valor de la fuerza resultante sobre el paracaidista ese instante? Dibuja un diagrama donde representes las fuerzas que actúan sobre el paracaidista.



5. A veces, cuando un automóvil choca por detrás a otro que está en reposo, una persona que vaya en el automóvil delantero puede desnucarse. Explica por qué la cabeza de la víctima parece ser arrojada hacia atrás en el momento del choque. ¿Realmente es así o es un mito? Explica qué leyes físicas apoyan o niegan esta situación.



6. Generalmente, las autoridades de tránsito manifiestan la importancia del uso del cinturón de seguridad argumentando que “aumenta la seguridad”, “evita daños mayores en caso de accidente” o “estarás más protegido”, pero no dan una explicación física sobre cómo o por qué protege al conductor durante el accidente y mucho menos se apoyan en alguna ley física para dar tal explicación. Proporciona la explicación y susténtala con alguna ley física. ¿Importa usar el cinturón holgado y con el espalda muy inclinado. ¿Por qué?



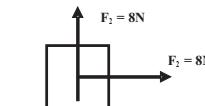
7. Imagínate que una persona usa unos patines para empujar un “carrito de supermercado” con las ruedas bien lubricadas y el piso muy pulido. ¿Se mueve la persona, el carrito o ambas? ¿Influye el hecho de que el carrito esté vacío o lleno? ¿Qué leyes físicas explican esta situación?



8. En la colisión frontal de una bicicleta y un camión pesado, ¿cuál de los dos vehículos recibe mayor impacto? ¿Qué explicación física le das al hecho obvio de que la bicicleta se lleva la peor parte? ¿Qué leyes físicas explican tal situación?



9. En la figura, considera que la fuerza de fricción entre el bloque y la superficie es nula. ¿Cuál es la fuerza neta sobre el bloque si su peso es 2N? Detalla cada paso que realizas.



ANEXO 2

INSTRUCTIVO PARA BAREMO

1	a) ¿Focaliza el problema?	1) No 2) Mal 3) Parcialmente mal 4) Parcialmente bien 5) Bien
	b) ¿Reconoce datos o condiciones explícitas o tácitas?	1) No 2) Mal 3) Parcialmente mal 4) Parcialmente bien 5) Bien
	c) ¿Reconoce las incógnitas?	1) No 2) Mal 3) Parcialmente mal 4) Parcialmente bien 5) Bien
2	a) ¿Puede explicar el proceso para llegar a la solución?	1) No 2) Usa gráficos o símbolos 3) Explica en lenguaje corriente o usa mal las fórmulas 4) Explica en lenguaje científico 5) Explica en lenguaje corriente o usa mal las fórmulas y usa símbolos o gráficos 6) Explica en lenguaje científico y usa símbolos o gráficos
	b) ¿Evalúa los resultados obtenidos?	1) No 2) Mal 3) Parcialmente mal 4) Parcialmente bien 5) Bien
	c) ¿Puede resolver el problema de otra manera o dar una explicación alternativa?	1) No 2) Mal 3) Parcialmente mal 4) Parcialmente bien 5) Bien
3	a) ¿Están en acuerdo con el conocimiento científico los teoremas-en-acción utilizados?	1) En desacuerdo 2) Parcialmente en desacuerdo 3) Regular 4) Parcialmente de acuerdo 5) De acuerdo
	b) ¿Son pertinentes o relevantes los conceptos-en-acción utilizados?	1) En desacuerdo 2) Parcialmente en desacuerdo 3) Regular 4) Parcialmente de acuerdo 5) De acuerdo
4	a) ¿Infiere o deduce los resultados?	1) En desacuerdo 2) Parcialmente en desacuerdo 3) Regular 4) Parcialmente de acuerdo 5) De acuerdo
	b) ¿Generaliza a partir de los resultados?	1) En desacuerdo 2) Parcialmente en desacuerdo 3) Regular 4) Parcialmente de acuerdo 5) De acuerdo

ANEXO 3
CUADRO OPERACIONALIZACIÓN-ÍTEM

	Ítem 1	Ítem 2	Ítem 3	Ítem 4	Ítem 5	Ítem 6	Ítem 7	Ítem 8	Ítem 9	Total	Código
1.a											
1.b											
1.c											
2.a											
2.b											
2.c											
3.a											
3.b											
4.a											
4.c											

ANEXO 4

BAREMO 1

No	Mal	Parcialmente mal	Parcialmente bien	Bien					
1	2	3	4	5					
0	1/9	2/9	3/9	4/9	5/9	6/9	7/9	8/9	9/9

ANEXO 5

BAREMO 2

En desacuerdo (ED)	Parcialmente en desacuerdo (PD)	Regular (RG)	Parcialmente de acuerdo (PA)	De acuerdo (DA)					
1	2	3	4	5					
0	1/9	2/9	3/9	4/9	5/9	6/9	7/9	8/9	9/9

ANEXO 6

BAREMO 3

No	Usa gráficos o símbolos (UGS)	Explica en lenguaje corriente (LECO)	Explica en lenguaje científico (LECI)	Aplica mal las fórmulas y usa gráficos o símbolos (AFGS)	Explica en lenguaje científico y usa gráficos o símbolos (LCGS)
1	2	3	4	5	6