

ELEMENTOS PARA EL DISEÑO DE UNA ESTRATEGIA DIDÁCTICA RELACIONADA CON LA CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO CINÉTICO ESCOLAR SOBRE LOS CAMBIOS DE ESTADO DE LA MATERIA

SAMANTHA CLAUDIO PIEDRAS / ÁNGEL DANIEL LÓPEZ MOTA
Universidad Pedagógica Nacional

RESUMEN: Este trabajo identifica algunas dificultades de aprendizaje del tema de los cambios de estado de la materia en alumnos de educación secundaria en México y propone el diseño, implementación y evaluación de una estrategia didáctica fundamentada en la modelización. El objetivo principal de esta estrategia, es construir un modelo científico escolar alternativo que permita a los alumnos pensar, actuar y comunicar el fenómeno de los cambios de estado de la materia de una forma lo más cercana posible a la ciencia erudita.

Para el logro de dicho objetivo, se ha procedido a la construcción de un modelo

hipotético inferido –a partir de las ideas previas de los estudiantes- sobre las formas como los alumnos conciben los cambios de estado de la materia y los explican, reportadas en la literatura. De dicho modelo se presentan los elementos, las relaciones y las primeras características identificadas de éste, permitiendo tener una noción de con qué elementos enfrentarán los estudiantes la enseñanza por recibir con respecto a los cambios de estado.

PALABRAS CLAVE: Modelo científico escolar, cambios de estado, estrategia.

Introducción

La ciencia escolar se relaciona con la *transposición didáctica* de contenidos provenientes de la ciencia erudita. Sí la ciencia escolar se limita al aprendizaje verbal de la teoría cinético molecular de la materia o la memorización de conceptos como calor y temperatura se corre el riesgo de que el aprendizaje sea irrelevante y descontextualizado.

Se puede afirmar que la ciencia escolar utiliza modelos que son transposiciones didácticas de las distintas teorías científicas. No se debe confundir ésta con una simplificación de la otra, dado que se trata de la construcción de un modelo nuevo que incluye conceptos, lenguajes, analogías o experimentos distintos (Sanmartí, 2000).

La ciencia escolar se propone la construcción de modelos científicos escolares propios para la comprensión de la naturaleza como una actividad científica escolar para explicar, representar, comunicar y actuar sobre los fenómenos. En síntesis, la ciencia escolar construye sus propios modelos que responden a necesidades e intereses particulares de los alumnos, a los contextos escolares particulares.

Antecedentes

Relevancia

Los cambios físicos se encuentran en los contenidos de evaluación en ciencias del Programa para la Evaluación Internacional de Estudiantes de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (PISA) y se consideran tema de utilidad científica en la vida diaria; de relevancia y de necesidad en la educación secundaria. (INEE, 2005)

El estudio de los cambios de estado de la materia cobra relevancia porque es un contenido científico escolar presente en los currículos de educación básica - primaria y secundaria- en México, con distintas aproximaciones en cada nivel educativo.

Antecedentes curriculares: los cambios de estado en la educación primaria y secundaria

Los cambios de estado de la materia son un contenido escolar del currículo de educación primaria en México; el tema se estudia en sexto grado, en el área de ciencias naturales- en el ámbito de los materiales-El programa en este nivel plantea dos objetivos de aprendizaje, que los alumnos:

1. Identifiquen los cambios de estado de la materia como *transformaciones temporales* del entorno en donde *las sustancias siguen siendo las mismas aunque cambien de estado o forma*, y,
2. Que expliquen las implicaciones de estas transformaciones temporales en la naturaleza y en su vida diaria mediante los conceptos de *evaporación y condensación* en el contexto del ciclo del agua. (Secretaría de Educación Pública, 2009)

En la educación secundaria en México, el tema de los cambios de estado de la materia se estudia en segunda grado, en el bloque III de la asignatura de Ciencias II desde la perspectiva del modelo cinético corpuscular de la materia.

Los planes de estudio plantean los siguientes aprendizajes esperados sobre el tema de los cambios de estado de la materia.

Aprendizajes esperados:

1. Describe los cambios de estado de la materia en términos de la transferencia de calor y los explica con base en el modelo cinético. Se hace hincapié en la diferenciación del concepto de calor y temperatura.
2. Interpreta los cambios de estado o de fase en la materia a partir de una gráfica presión-temperatura.
3. Explica algunos fenómenos cotidianos en términos de las relaciones entre la presión y la temperatura.

Antecedentes directos

Las ideas de los alumnos sobre los cambios de estado han sido estudiadas en rango de edades de 7 a 18 por diversos autores Osborne&Cosgrove, 1983; Erikson, G. &Tiberghien, A., 1985; Stavy, 1990; Borsese, *et al*, 1996, entre muchos otros.

Los resultados de la investigación indicaron que los niños tienen ideas acerca de los cambios de estado las cuales son bastante diferentes de las visiones de los científicos. También parecería que estas ideas pueden a veces estar influenciadas de forma no deseada por la enseñanza científica (Osborne&Cosgrove, 1983, p. 825).

A partir de la identificación y organización de las ideas reportadas en la literatura enuncio un grupo de siete categorías de ideas frecuentes:

1. Los alumnos no conciben la conservación de la masa ni de la sustancia Borsese; Lumbaca&Pentimall, 1996 (UNAM, 2004)
2. No consideran los procesos sino los estados (Kind, 2004)
3. Conciben una disminución-aumento del tamaño de las partículas (Pozo & Gómez, 1998)
4. Adecuan términos científicos a sus percepciones (Pozo & Gómez, 1998)
5. Sustancializan el calor (Driver & otros, 1994)
6. No perciben la reversibilidad en los cambios de estado de la materia (Kind, 2004)

7. Atribuyen propiedades de “ligereza” o “pesadez” a los estados de la materia (Stavy, 1990)

Identificación del problema

Los alumnos de secundaria no logran construir un modelo cinético molecular escolar que explique los cambios de estado de la materia desde un punto de vista científico.

Preguntas y objetivos

1. ¿Qué elementos, relaciones y características debería tener un modelo cinético escolar de arribo, que comparta con el modelo cinético molecular erudito y el presentado en el currículo, que sea alcanzable por los alumnos de educación secundaria y lograr explicarse los cambios de estado de la materia de manera lo más cercana posible al modelo cinético-molecular?
2. ¿Cuáles debieran ser los criterios que guíen la secuencia y selección de las actividades de aprendizaje que permitan la construcción de ese modelo cinético escolar alternativo?

Propósitos de esta presentación

1. Presentar un modelo hipotético inferido del análisis de las ideas previas de los alumnos reportadas en la literatura sobre los cambios de estado de la materia.
2. Presentar un primer modelo cinético escolar de arribo como dispositivo teórico que permita a los alumnos transitar del modelo hipotético inferido hacia un modelo cinético escolar lo más cercano posible al modelo cinético-molecular
3. Establecer los primeros elementos para el diseño de una estrategia didáctica relacionada con la construcción de un modelo cinético escolar.

Aproximación teórico-metodológica

1. Se procede a identificar, contrastar y organizar de las ideas previas reportadas en la literatura.

2. Se recurre a la modelización para construir, caracterizar y presenta un primer modelo hipotético de la forma como los alumnos de secundaria piensan los cambios de estado de la materia.
3. Se realiza una contrastación de dicho modelo hipotético de alumnos de secundaria con respecto a los aprendizajes esperados que se proponen alcanzar en el de estudios de educación secundaria, plan y erudito sobre los cambios de estado
4. La de la modelización para lograr un modelo de arriba como dispositivo teórico que permita transitar del modelo de los estudiantes a hacia la construcción de un modelo científico escolar con características propias como una forma de interpretar los cambios de estado lo más cercana posible a la ciencia erudita.

Análisis y resultados

A partir de lo planteado en el currículo de educación básica y de los resultados de investigación surge una cuestión: ¿se puede presumir que los estudiantes de educación secundaria conciben los cambios de estado de la materia como transformaciones temporales y han desarrollado mecanismos de conservación de la sustancia durante los cambios de fase la materia después de estudiarlos en la primaria?

Los resultados del trabajo realizado por Osborne & Cosgrove en 1983 sobre las concepciones de alumnos en rangos de edades de 8 a 17 años respecto a los cambios de estado del agua mostró que los alumnos mantienen ideas como: *“Cuando el agua hierve y el vapor no es visible por mucho tiempo es que se convierte en aire. El aire y el vapor son la misma cosa; o cuando el agua hierve las burbujas están hechas de calor o de aire”* (Osborne & Cosgrove, 1983). Otros resultados como los de Johnson, Ph (1988); Dibar, M & Conlinvaux (1989) corroboran lo planteado por Osborne & Cosgrove. Llama la atención el reporte de que estas ideas se manifiestan en educación primaria, secundaria e incluso preparatoria (UNAM, 2004).

No queda claro que el asunto el desarrollo de mecanismos de conservación de la sustancia sea una cuestión manifiestamente superada por parte de los alumnos de educación secundaria, a pesar de ser un objetivo de aprendizaje que debió lograrse en la primaria. No obstante, el problema de aprendizaje de la conservación de la sustancia en los cambios de estado está ausente en el currículo de secundaria en México.

Es posible afirmar que este aspecto de los cambios de estado responda al uso de un modelo de los estudiantes distinto -en sus elementos y relaciones – al de la ciencia.

En ese sentido, se puede argumentar que la ciencia escolar en primaria no ha podido lograr que los alumnos construyan mecanismos de conservación de la sustancia como parte de un modelo científico escolar que dé cuenta de las transformaciones de fase de la materia desde un punto de vista científico.

Lo que se constituye en un problema de aprendizaje que la instrucción en primaria, secundaria e incluso preparatoria debería solucionar.

Sucede algo similar con las concepciones sobre los estados de la materia en las que los alumnos disponen de “teorías” específicas para cada uno de los estados de agregación. Por ejemplo, atribuyen propiedades de “ligereza” o “pesadez” a los estados de la materia (Stavy, 1990). Se considera que los sólidos son “pesados” y los gases son “ligeros”. Los alumnos relacionan los estados de la materia con el “peso” y no con la densidad.

Ante la situación de que la instrucción básica no ha logrado que los alumnos de construyan un modelo cinético escolar para la explicación de los cambios de estado, fundamentado en la persistencia de concepciones alternativas reportadas, planteamos un modelo cinético escolar de arriba. Su diseño responde a la necesidad de una herramienta teórica que permita acercar a los alumnos hacia explicaciones lo más cercanas posible al punto de vista científico.

A continuación se presentan el modelo hipotético inferido y el modelo cinético escolar de arriba -sus enunciados explicativos, sus características y algunos de sus alcances-.

1. Modelo Hipotético inferido (Ver figura 1 y 2)

1. La **materia** es tal como se ve, **continua y estática**.
2. Los **sólidos** son más pesados que los **líquidos** y **gases**, y estos son más ligeros que los anteriores.
3. El **calor** y la **temperatura** son sustancias que poseen los cuerpos.
4. En los cambios de estado no se conserva la masa y las **sustancias** se transforman en otras.
5. Se consideran los **estados iniciales** y **finales** en las transformaciones.

6. Los cambios **no** son **reversibles**.

2. Modelo cinético escolar de arribo (Dispositivo teórico) (Ver figura 3 y 4)

1. La materia está formada por partículas diminutas que están en constante movimiento.
2. En donde el **calor** es la transferencia de energía que determina el movimiento y la distancia entre partículas y va de un cuerpo de mayor a menor temperatura y la **temperatura** del **sistema** determina el grado de movimiento de las partículas e indica el punto en el que se dan los cambios de fase de la materia.
3. Las partículas interactúan entre sí mediante **fuerzas intermoleculares** y en forma de **colisiones**.
4. El **número de partículas** se conserva.

Comentarios finales

Del análisis de las ideas previas de los estudiante y ponderando lo requerimientos curriculares se reconocen necesidades y elementos importantes que deberán estar presentes en el diseño de la estrategia para lograr la construcción de un modelo cinético escolar de arribo.

1. Las actividades de aprendizaje que se planteen, deben responder a necesidades de aprendizaje particulares detectadas -la conservación de la masa/sustancia; la comprensión de la naturaleza discontinua de la materia, la comprensión del intercambio y flujo de energía de un sistema con el entorno-.
2. Disponer que las actividades de aprendizaje comiencen en lo concreto y en lo simple y después se dirijan hacia lo abstracto y lo complejo.
3. Que la disposición de las actividades de aprendizaje estén articuladas a fin de ir superando dificultades de aprendizaje particulares progresivamente pero dirigidas la construcción de un modelo cinético escolar articulado. articulado.

Referencias bibliográficas

- Driver, & otros. (1994). Dando sentido a la ciencia en secundaria. Investigaciones sobre las ideas de los niños. Madrid, España: Visor.
- INEE. (2005). Pisa para docentes: La evaluación como oportunidad de aprendizaje. México.

Kind, V. (2004). Más allá de las apariencias. Ideas previas de los estudiantes sobre conceptos básicos de química. México: Aula XXI/Santillana.

Osborne, R., & Cosgrove, M. (1983). Children's conceptions of the changes of state of water. (N. A. Teaching, Ed.) Journal of Research in Science Teaching , 20 (9), 825-838.

Pozo y Gómez, C. (1998). Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico. Madrid, España: Morata.

Sanmartí, N. (2000). El diseño de unidades didácticas. En Perales, & Cañal, Didáctica de las ciencias experimentales. España: Ed. Alcoy.

Secretaría de Educación Pública. (2009). Programas de Estudio 2009. Sexto grado. Educación Básica Primaria. México.

Stavy, R. (1990). Children's conception of changes in the state of matter: from liquid (or sólido) to gas. Journal of Research in Science Teaching , 3 (27), 247-266.

UNAM. (2004). Ideas previas. (CONACYT) From: <http://ihm.ccadet.unam.mx/ideasprevias/ConsultsFrame.html>

<i>Modelo Hipotético inferido</i>
<i>¿Qué explica</i>
<ol style="list-style-type: none"> 1. Que la materia es tal como se ve, estática y continua y sus estados sólido, líquido y gas tienen esencia propia de pesadez o ligereza. 2. Que cuando la materia se calienta posee una sustancia, que es el calor o la temperatura. 3. Que la materia, en los cambios de estado, se pierde y las sustancias iniciales se transforman en otras sustancias. 4. Explican las características macroscópicas que cambian de los estados inicial y final de las transformaciones de fase. 5. Que los cambios de estado se dan en un sentido a partir del calentamiento y no en sentido inverso por pérdida de calor. 6. El comportamiento microscópico de la materia a partir de sus concepciones macroscópicas, que las partículas aumentan o disminuyen de tamaño, se calientan, enfrían, evaporan, derriten o congelan.
<i>¿Cómo se caracteriza?</i>
<ol style="list-style-type: none"> 1. Por ser un modelo útil y suficiente para los alumnos, que explica los cambios de fase de la materia a partir de las transformaciones macroscópicas evidentes; y por tanto no tienen la necesidad de un modelo más complejo. 2. Por ser un modelo estático y no reversible porque configura el estado inicial y el final de la materia; pero no razona la propia transformación y su reversibilidad. 3. Por estar arraigado en la cognición de base inmediata de los alumnos, construido a partir de las experiencias sensoriales de los alumnos. 4. Por ser de menor complejidad, que el modelo cinético molecular, y de requerir una demanda cognitiva más baja
<i>¿Qué intervenciones es capaz de operar?</i>
<ol style="list-style-type: none"> 1. Describir cambios observables de los estados inicial y final en los cambios de fase. 2. Permite hacer predicciones inmediatas, útiles y suficientes en contextos cotidianos. 3. Inferir el comportamiento microscópico de la materia en función de los cambios macroscópicos.

Figura 1. Descripción del modelo hipotético inferido

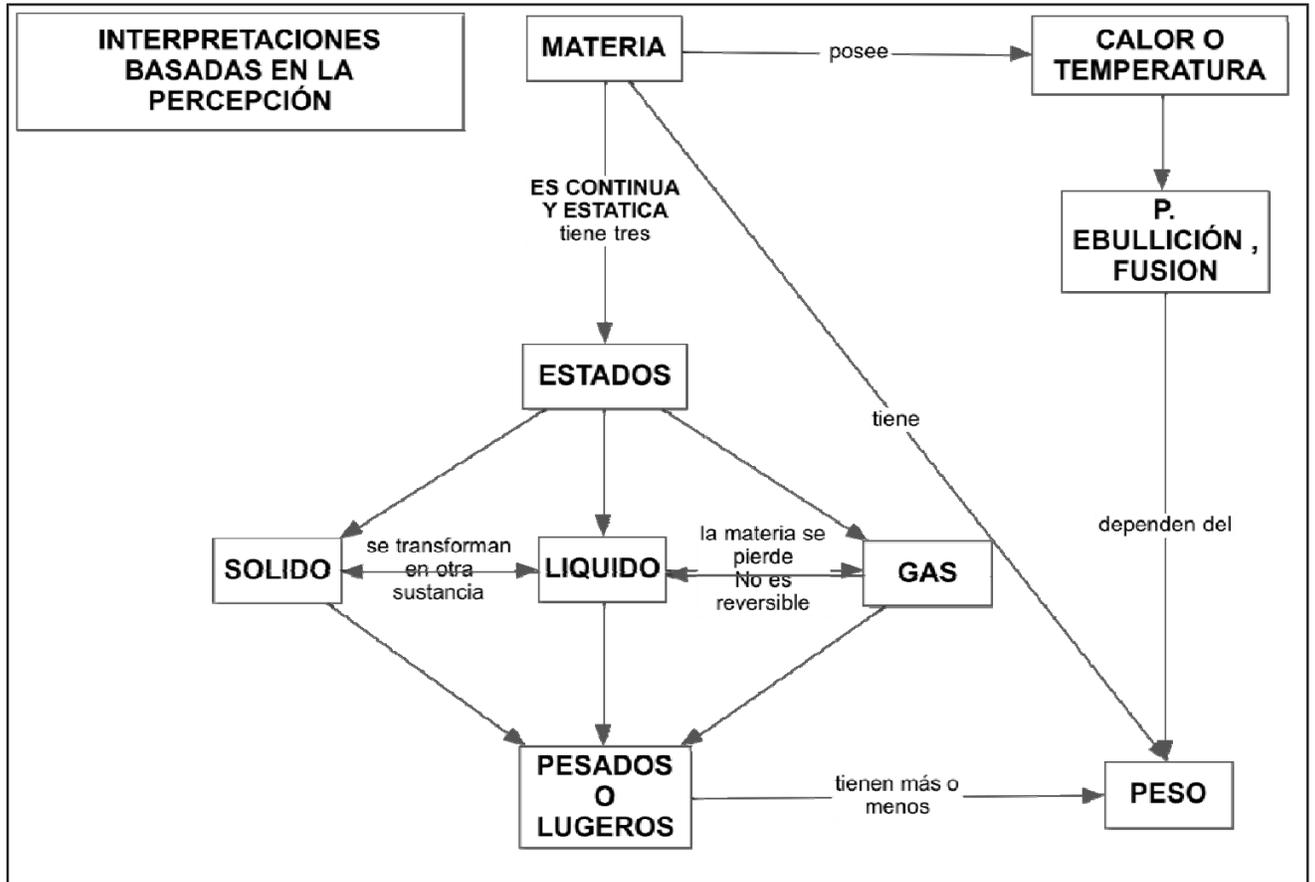


Figura 2. Modelo Hipotético inferido

<i>Modelo cinético escolar de arriba</i>	
<i>¿Qué explica</i>	
1.	Que la materia es un sistema de partículas en constante movimiento e interacción
2.	Este sistema establece un intercambio de materia y energía con el entorno.
3.	Que el calor es una energía en transición que fluye de un cuerpo de menor a mayor temperatura modificando la energía interna del sistema
4.	Que el calor se transforma en movimiento que está relacionado con la energía cinética promedio de las partículas del sistema. Que la temperatura es una magnitud estadística que da cuenta de la energía cinética promedio de las partículas del sistema
6.	Los cambios de estado de la materia como fenómenos físicos reversibles, en donde la cantidad y naturaleza de la materia se conserva.
<i>¿Cómo se caracteriza?</i>	
1.	Por ser un modelo sencillo, lógico, coherente y consistente.
2.	Por ser un modelo científico didáctico, que retoma elementos de la ciencia y considera factores cognitivos y de interés de los estudiantes de secundaria.
4.	Ser un modelo dinámico reversible que permite explicar procesos y conceptos de cambios de fase de la materia.
5.	Por requerir menor demanda cognitiva que el modelo cinético molecular de la ciencia.
<i>¿Qué intervenciones es capaz de operar?</i>	
1.	Pensar en términos del número de partículas y la distancia intermolecular que hay entre ellas permite desarrollar mecanismos de conservación de la masa, de la sustancia y una noción de densidad.
2.	Posibilita atribuir a los cambios de estado una explicación lógica desde el mundo microscópico- como el efecto que tienen los cambios de la energía cinética de las partículas en aspectos macroscópicos-.
3.	Permite pensar, representar, explicar y predecir fenómenos físicos como los cambios de estado y otros. Ayuda no sólo distinguir los conceptos científicos de calor y temperatura, sino que posibilitan usarlos para explicar los fenómenos desde un punto de vista científico.

Figura 3. Descripción del modelo cinético escolar de arriba

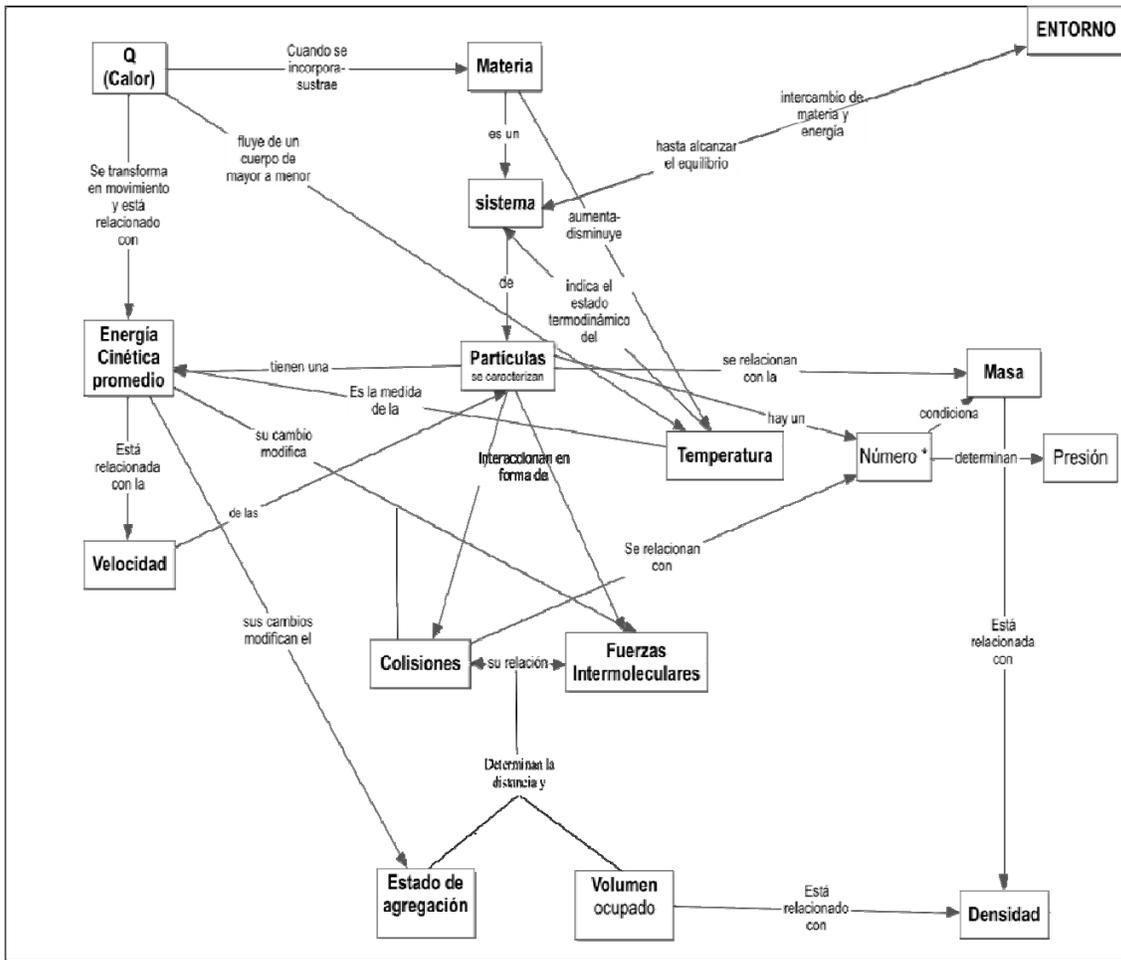


Fig. 4. Modelo cinético escolar de arribo