

Los criterios de clasificación de la materia inerte en la Educación Primaria: concepciones de los alumnos y niveles de competencia

Martín del Pozo, Rosa; Galán Martín, Paloma

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad Complutense de Madrid, España.
rmartin@edu.ucm.es prascogalan@gmail.com

[Recibido en septiembre de 2011, aceptado en marzo de 2012]

En este artículo se describen y analizan los criterios que los alumnos de Primaria utilizan para clasificar la materia inerte y cómo emplean los criterios básicos de clasificación (sustancia pura/mezcla). El estudio¹ se ha realizado con 55 alumnos de 2º, 4º y 6º de Primaria del Colegio Público Trabenco de Leganés (Madrid), a partir de los datos suministrados por una tarea de clasificación de imágenes elaborada a tal efecto. Los resultados sugieren que los alumnos utilizan una diversidad de criterios basados en la percepción y en la utilidad, así como los criterios natural/artificial y uno/varios componentes para aplicar los criterios básicos de clasificación de la materia inerte. Por último, como principal implicación didáctica se proponen diferentes niveles de competencia en la clasificación de la materia en la Educación Primaria.

Palabras clave: Educación primaria; Clasificación de la materia inerte; Concepciones de los alumnos; Niveles de competencia.

The criteria of classification of inert matter in Primary Education: conceptions of students and competency levels

This article describes and analyzes the criteria elementary students used to classify inert matter and how they use the basic criteria of classification (pure substance/mixture). The study was conducted with 55 students of 2º, 4º and 6º of Primary Public School Trabenco Leganés (Madrid), from data supplied by an image classification task developed for this purpose. The results suggest that students use a variety of criteria based on the perception and use, and the criteria for natural/artificial and one /multiple components to apply the basic criteria classification of inert matter. Finally, as the main educational implication proposed different levels of competency in the classification of matter at Primary Education.

Keywords: Primary Education; Classification of inert matter; Conceptions of students; Competency levels.

La clasificación de la materia inerte en la Educación Primaria

La diversidad de la materia se introduce en la Educación Primaria y su comprensión requiere el aprendizaje del concepto estructurante de sustancia a nivel macroscópico, lo que permite clasificar la materia inerte en sustancias puras y mezclas, y caracterizar los cambios químicos como procesos de formación de nuevas sustancias a partir de otras diferentes (Vogelezang, 1987; Martínez Losada et al., 2009). Veamos como esta temática se contempla en el currículo oficial, los libros de texto y las pruebas de evaluación de la competencia científica.

En el currículo oficial de Educación Primaria², la competencia en el conocimiento y la interacción con el medio físico incluye el progresivo dominio de procesos científicos básicos, como el de la clasificación. Los contenidos relacionados con la clasificación de la materia están relacionados fundamentalmente con dos bloques de contenido: uno sobre la materia viva y

¹ Este estudio es parte del Trabajo Fin de Master “Los criterios de clasificación de la materia en la Educación Primaria: Concepciones de los alumnos y niveles de competencia” realizado por Paloma Galán Martín y dirigido por Rosa Martín del Pozo, en el Master Universitario de Estudios Avanzados en Pedagogía de la Facultad de Educación de la Universidad Complutense de Madrid, en el curso 2010/2011.

² ORDEN ECI/2211/2007, de 12 de julio, por la que se establece el currículo y se regula la ordenación de la Educación Primaria (BOE 20 Julio 2007). <http://www.boe.es/boe/dias/2007/07/20/pdfs/A31487-31566.pdf>

otro sobre la materia inerte; que incluye diferentes criterios de clasificación cada vez de mayor complejidad (Tabla 1)

| CICLOS | BLOQUE 6. MATERIA Y ENERGÍA |
|------------------------------|---|
| PRIMER CICLO (6-8 años) | La diversidad de materiales. Clasificación según criterios elementales: estado de agregación, textura, color, forma, plasticidad, etc. |
| SEGUNDO CICLO (8-10 años) | Comparación, clasificación y ordenación de diferentes objetos y materiales a partir de propiedades físicas observables y posibilidades de uso. |
| TERCER CICLO (10-12 años) | - Estudio y clasificación de algunos materiales por sus propiedades (dureza, solubilidad, estado de agregación, conductividad térmica). - Separación de componentes de una mezcla mediante: destilación, filtración, evaporación o disolución. |

Tabla 1. Contenidos curriculares relacionados con la clasificación de la materia inerte.

También en los criterios de evaluación, como se aprecia en la Tabla 2, se incluye la clasificación de la materia inerte de forma progresiva.

| CICLOS | CRITERIOS DE EVALUACIÓN |
|------------------------------|---|
| PRIMER CICLO (6-8 años) | 8. Identificar diferencias en las propiedades elementales de los materiales, relacionando algunas de ellas con sus usos. Este criterio evalúa si son capaces de identificar y diferenciar propiedades físicas observables como olor, sabor, textura, peso/masa, color, dureza, estado, capacidad de disolución en agua, o de reaccionar con alguna sustancia, así como de explicar con ejemplos concretos y familiares la relación entre las características de algunos materiales y los usos a los que se destinan. |
| SEGUNDO CICLO (8-10 años) | 2. Identificar y clasificar animales, plantas y rocas, según criterios científicos. Con este criterio de evaluación se trata de saber si conocen criterios científicos para clasificar seres vivos o inertes; como su régimen alimentario, su forma de reproducirse, o su morfología en seres vivos, o su dureza, exfoliación o brillo en rocas y minerales. La evaluación supone que puedan activar los conocimientos necesarios para reconocer la especie de que se trata, aún con la ayuda de claves o pautas sencillas. |
| TERCER CICLO (10-12 años) | 10. Diferenciar sustancias de uso cotidiano por su estado de agregación y por su naturaleza química, explicando las características propias de sólidos, líquidos y gases y de algunas sustancias por su naturaleza química. A partir de este criterio se pretende evaluar la capacidad del alumnado de conocer las características propias de los sólidos, líquidos y gases, y saberlas identificar en sustancias de uso cotidiano. Asimismo, se pretende que conozcan algunas sustancias químicas por su capacidad de reacción con otras sustancias o con indicadores, identificando igualmente algunas en el uso doméstico, como la lejía, el vinagre, o el agua, observando como reaccionan o no frente a determinados reactivos: metales, rocas, indicadores ácido-base, etc. El agua en concreto es una sustancia muy adecuada para que ellos muestren también su conocimiento sobre los estados de agregación y los cambios de estado. |

Tabla2. Criterios de evaluación relacionados con la clasificación de la materia inerte.

Por otra parte, en el currículo oficial de Educación Primaria se señalan una serie de orientaciones metodológicas para la enseñanza del área de Conocimiento del medio en las que se resalta el papel de las ideas de los alumnos. Hay una clara apuesta por una metodología de

enseñanza de orientación constructivista, basada en la utilización didáctica de las ideas, experiencias e intereses de los alumnos, y que se refuerza en el siguiente texto:

“El docente ha de tener siempre presente, por ejemplo, que un razonamiento que es lógico y coherente, puede no ser percibido como tal por el niño si no está en sintonía y coherencia con su visión del mundo. Es aquí cuando se han de buscar y aplicar las estrategias didácticas que, contando con las peculiaridades individuales del discente y su formación anterior (conocimientos previos de que dispone, riqueza cultural del medio familiar y sociocultural.), sean capaces de convertir las ideas previas de los alumnos en aproximaciones sucesivas al conocimiento científico y ayuden a los niños a aprender proporcionándoles en cada momento las ayudas pertinentes.”

Por su parte, los libros de texto de Primaria, habitualmente en el tercer ciclo, formulan los criterios básicos de clasificación de la materia inerte a nivel macroscópico (Martínez Losada et al., 2009). Así, el concepto de sustancia se asocia al de tipo o clase de material de propiedades características constantes, sin diferenciar entre elementos y compuestos; y el de mezcla, a un material con varios componentes, que pueden verse a simple vista, si se trata de mezclas heterogéneas, o no, en el caso de mezclas homogéneas, y que se pueden separar.

Los referentes empíricos utilizados para ejemplificar son muy diferentes dependiendo de las editoriales: desde el agua con el aceite hasta el agua mineral, pasando por el granito, en el caso de las mezclas. Las sustancias están menos ejemplificadas, siendo el agua, la más nombrada.

Las actividades propuestas en los textos suelen ser mayoritariamente de “lápiz y papel”, relacionadas fundamentalmente con la identificación de mezclas homogéneas y heterogéneas, y los procedimientos de separación de las mismas, pero no hay actividades que propongan diferenciar entre sustancias y mezclas. Pocas editoriales plantean a los alumnos realizar las mezclas y separar después sus componentes de forma práctica.

Como señalan Martínez Losada et al. (2009): “el estudio de las mezclas debería estar asociado a la paralela caracterización de las sustancias puras. Sin embargo, los libros presentan deficiencias en este sentido, al no tratarlas simultáneamente, retrasando la inclusión de estas últimas a secundaria” (p. 150).

La clasificación de la materia, especialmente en el caso de los seres vivos, ha tenido una especial presencia en el informe de resultados de la evaluación de competencias realizada en 4º de Primaria en 2009³. Una de las informaciones más valiosas de este informe es el establecimiento de 5 niveles en el dominio de la competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico (o competencia científica). Por lo que se refiere a la clasificación de la materia, estos 5 niveles en el dominio de la competencia científica solo se concretan, según la misma fuente, para el caso de la clasificación de los animales, pero son un primer referente para ampliar la descripción de los niveles de competencia al caso de la materia inerte, como es nuestra intención.

En estas pruebas, las tareas que se proponen al alumnado suelen tener una parte de información, casos concretos y la aplicación de la información a esos casos concretos. Señalar que estas tareas tienen un formato interesante para apreciar cómo los alumnos aplican los criterios de clasificación a los casos concretos, aunque no se obtiene información de su manera de entender el criterio utilizado, y tampoco nos suministran datos sobre los criterios que espontáneamente utilizarían los alumnos para resolver las tareas de clasificación.

³ Evaluación general de diagnóstico 2009. Educación Primaria. Cuarto curso Informe de resultados. <http://www.educacion.gob.es/evaluacion/publicaciones/evaluacion-diagnostico.html>

Teniendo todo ello presente, hemos llevado a cabo un estudio comparativo con alumnos de Primaria de los tres cursos finales de ciclo, utilizando las tareas de formación de grupos con imágenes de objetos y materiales conocidos, en las que tienen que indicar y justificar los criterios utilizan espontáneamente en sus clasificaciones y cómo clasifican a partir de criterios dados (sustancia/mezcla). Dicho estudio ha sido uno de los referentes que nos ha permitido elaborar una propuesta de niveles de competencia para la clasificación de la materia inerte que puede ser de utilidad en las tareas de evaluación por competencias.

Los criterios de clasificación de la materia utilizados por los alumnos: antecedentes

De los diferentes marcos teóricos sobre la naturaleza de las concepciones de los alumnos (como estadios de desarrollo cognitivo, como creencias, como teorías, como recursos o como representaciones implícitas) analizados recientemente por García, Mateos y Vilanova (2011), coincidimos en que las concepciones son un conocimiento alternativo al científico-escolar, con cierta coherencia interna, no son necesariamente explícitas, su devenir puede ser diferente para distintos dominios y su evolución ocurre a través de un proceso mediante el cual las representaciones implícitas se reelaboran en formatos más explícitos y más estables.

La constatación de la importancia de los contenidos específicos en la utilización de las habilidades cognitivas generales por los alumnos es uno de los aspectos más relevantes en la evolución de la investigación sobre las concepciones de los alumnos (Vosniadou, 1994). Dicho en otros términos, los procesos no son independientes del contenido al que se aplican. Así, han proliferado los estudios sobre las ideas de los alumnos acerca de los contenidos escolares (la digestión, el calor, el día y la noche, los cambios de estado, etc.) que han sido (y son) una línea de investigación de enorme importancia para la práctica docente y la formación del profesorado.

Por otra parte, el estudio de las concepciones de los alumnos de Primaria sobre contenidos científicos no son tan numerosos como en Secundaria, y el tema de la clasificación de la materia inerte no es de los más estudiados. Esto puede apreciarse, por ejemplo, en la revisión realizada por Driver et al. (1999) sobre el tema de los materiales, y como en el caso de los alumnos más pequeños los estudios se refieren a la diferenciación entre objeto y material, y a la idea de materia, mientras que las concepciones sobre las sustancias y mezclas se refieren mayoritariamente a alumnos de más de 12 años. A continuación, señalaremos los antecedentes más relevantes para este estudio.

Prieto et al. (2000) relatan una tarea de clasificación, realizada en el marco del proyecto SPACE, del mismo tipo que la que se ha incluido en este estudio. En ella se les propone a alumnos de Primaria toda una serie de materiales y seres vivos para que los observaran y manipularan. Por ejemplo, materiales como el aceite, vinagre, miel, clavos de hierro, tubo de cobre, etc. A continuación se les pedía que formasen grupos con todos los que creyesen que eran similares y explicaran las razones de tales agrupamientos. Para estos autores, los criterios de clasificación que los alumnos utilizan espontáneamente para clasificar la materia son:

- Composición, es decir, de qué material está hecho ese objeto (por ejemplo, de metal)
- Función, es decir, por su utilidad (por ejemplo, para comer)
- Localización, es decir, procedencia o lugar donde se encuentra (por ejemplo, en el colegio)
- Apariencia, es decir, sus propiedades observables (por ejemplo, blando, sólido, duro, etc.)

- Procesamiento, es decir, si es algo natural o fabricado

En este estudio se señala que más de la mitad de los alumnos de entre 5 y 9 años utilizan el criterio de la composición, no en términos de si está compuesto de una o varias sustancias (mezcla) sino del material concreto que lo forma (de plástico, de metal, etc.). Otro resultado de interés para nuestro estudio es que el criterio de la funcionalidad crece con la edad de los alumnos.

Por lo que se refiere al criterio sustancia/mezcla, hay que señalar que los alumnos tienen muchas experiencias con sustancias y mezclas, aunque no las otorguen un significado químico (Vogelezang, 1987). En la misma línea, Johnson (1996; 2000) plantea que aunque los alumnos tengan estas experiencias no tienen referencias operativas que les ayuden a conceptualizar las sustancias como materiales de propiedades características constantes (por ejemplo, punto de fusión y punto de ebullición). Como señalan Sanmartí, Izquierdo y Watson. (1995) los alumnos tienen tendencia a sustancializar las propiedades como el color y la dulzura. Ello les permite pensar que es posible que las sustancias puedan cambiar sus propiedades y mantener su identidad, lo cual es fundamental en el aprendizaje de los cambios físicos y químicos. Según Llorens (1991), los alumnos conciben las sustancias como materiales con alguna característica relacionada con su uso o como agentes portadores de alguna propiedad. La idea de sustancia que tienen los alumnos está cargada de características observables: la forma del objeto, su cantidad, la consistencia o su estado físico. También Vogelezang (1987) llama la atención sobre la importancia de la percepción, así los alumnos vieron las limaduras de hierro y los clavos de hierro como diferentes sustancias, porque tenían diferente brillo. Rubio (2010) señala las dificultades de los alumnos que han terminado la Educación Primaria para explicar lo que ocurre en mezclas heterogéneas (garbanzos y arroz) y homogéneas (agua y sal), asociando las mezclas heterogéneas a componentes sólidos visibles y las homogéneas a las que tienen un componente líquido.

Martín del Pozo (2007), en su propuesta de formación inicial de maestros, analiza ejemplos dados por alumnos de Primaria sobre las sustancias y las mezclas, después de haber manipulado, observado y realizado mezclas con diferentes sustancias. En dicho análisis se detecta que los alumnos conciben mayoritariamente las sustancias como un único material, mientras que las mezclas evocan a varios materiales o componentes. Por ejemplo: “una sustancia es la que no se ha mezclado con otra” y “una mezcla es cuando juntas dos sustancias”. Pero también se detectan casos en los que los alumnos de Primaria asocian mezcla con compuesto, es decir, con el resultado de un cambio químico: “Una sustancia es pura cuando está formada por una sola sustancia como es el oxígeno, pero si tenemos más sustancias entonces es una mezcla, como cuando se forma el agua con oxígeno e hidrógeno”.

En la misma propuesta también se analizan los criterios utilizados por los futuros maestros en una tarea de clasificación de los siguientes materiales: aire, vapor de agua, hierro, oxígeno, sal, agua con aceite y agua con azúcar. Los criterios más utilizados se refieren a la presencia/ausencia de algún componente (por ejemplo: tienen /no tienen agua, tienen/no tienen oxígeno) y a la utilización del concepto de elemento y no de sustancia para clasificar, lo cual les conduce a la asociación mezcla-compuesto. Los mismos sujetos definen mayoritariamente sustancia bien como un tipo de material o como materia formada por elementos, mientras que las mezclas se conciben como uniones o combinaciones de sustancias. En ningún caso aparece la idea de propiedad característica asociada al concepto de sustancia.

Finalmente, en el estudio de Martínez Losada et al. (2009) con alumnos de Primaria y Secundaria, se añade otra característica a la idea de sustancia y mezcla. Las autoras señalan que los alumnos poseen una concepción restringida de mezcla, muy centrada en lo perceptible, que excluye a productos que se encuentran naturalmente mezclados (como es el caso del granito),

mientras que la concepción de sustancia hace referencia a algo más natural, lo que tiene importancia en casos como la leche o el aceite. En este sentido, muchos materiales como el agua, la miel, el yogur y otros alimentos, se consideran como “puros” por los alumnos y los identifican como sustancias (Driver et al., 1999)

En definitiva, en este estudio pretendemos aportar información sobre los criterios espontáneos que utilizan los alumnos de Primaria cuando clasifican imágenes solo de materia inerte y de cómo utilizan los criterios de sustancia y mezcla para clasificar, lo que va más allá de definir e identificar sustancias y mezclas, al que se refieren los estudios referenciados.

Diseño de la investigación

Los problemas que pretendemos abordar en este estudio pueden formularse como sigue:

¿qué criterios utilizan los alumnos de Primaria de la muestra para clasificar la materia inerte? y ¿cómo utilizan los criterios básicos (sustancia/mezcla) para clasificar la materia inerte?

La revisión de los estudios sobre concepciones de los alumnos nos ha permitido formular algunas hipótesis, no en el sentido experimental sino más bien en el de previsiones sobre estos interrogantes. En primer lugar, esperamos encontrar una diversidad de respuestas en cada uno de los ciclos, por ser esta una de las características más relevantes de las concepciones de los alumnos (Cubero, 2005), aunque también esperamos apreciar una evolución a lo largo de los tres ciclos de la Primaria. En segundo lugar, esperamos que los alumnos utilicen criterios basados en la utilidad y en las propiedades observables, como señalan Prieto et al. (2000). Y por último, que conciban los criterios básicos como dicotomía natural/artificial y uno/varios componentes, para el caso de la aplicación del criterio sustancia/mezcla (Vogelezang, 1987; Llorens, 1991; Sanmartí et al., 1995; Johnson, 1996; 2000; Martín del Pozo, 2007; Martínez Losada et al. 2009).

Así pues, los objetivos de este estudio son:

- Describir y analizar los criterios que los alumnos de Primaria utilizan para clasificar la materia inerte.
- Comparar los criterios para clasificar la materia que utilizan los alumnos en los tres ciclos de Primaria.
- Describir y analizar la utilización que hacen los alumnos de Primaria de los criterios básicos (sustancia/mezcla) de clasificación de la materia inerte.
- Comparar los criterios básicos (sustancia/mezcla) para clasificar la materia inerte que utilizan los alumnos en los tres ciclos de Primaria.

Muestra y contexto. El estudio se ha realizado con alumnos del Colegio Público Trabenco de Leganés⁴. Se trata de un centro escolar con el que habitualmente colaboramos en Proyectos de Innovación Educativa financiados por la Universidad Complutense⁵. Después de presentar a las maestras de 2º, 4º y 6º de Primaria el estudio que queríamos realizar, pudimos acceder a las aulas y pasar el cuestionario a estos alumnos. Se acordó con las maestras que el tiempo necesario para realizarlo sería de unos 45 minutos para los alumnos del segundo y tercer ciclo; y que para los de primer ciclo se dividiría en dos sesiones de 30 minutos cada una, en dos días

⁴ www.trabenco.com

⁵ PIMCD 2006/2008-445: Diseño y producción de recursos formativos a partir de prácticas profesionales innovadoras

PIMCD 2009/2010-81: Producción de recursos audiovisuales para la formación inicial de maestros sobre la enseñanza por Proyectos en la Educación Primaria.

alternos⁶. Finalmente, la muestra la conformaron un total de 55 alumnos (20 de los 22 alumnos de 2º, 18 de los 22 alumnos de 4º y 17 de los 18 alumnos de 6º de Primaria).

Obtención y análisis de los datos. Teniendo en cuenta el tipo de tareas que en los estudios revisados se utilizan para el estudio de las concepciones de los alumnos, se propusieron 12 imágenes de materia inerte para que hicieran dos grupos con el criterio que los alumnos eligieran y otras 12 imágenes distintas de materia inerte para que hicieran dos grupos: uno de sustancias y otro de mezclas, solicitando siempre la justificación de sus agrupaciones (*Anexo*). Las imágenes se seleccionaron con el criterio de que fuesen lo más conocidas por los alumnos. En cada caso se buscó un equilibrio entre los diferentes tipos de imágenes. Así, se proponen sustancias, tanto elementos como compuestos, y mezclas, tanto homogéneas como heterogéneas, tanto naturales como fabricadas, y en diferentes estados físicos. Más concretamente, se seleccionaron.

- Las mezclas heterogéneas: agua y aceite, piedras, granito y arena con carbón.
- Las mezclas homogéneas: leche con cacao, vinagre, miel, yogur, refresco de cola y aceite.
- Las sustancias: azúcar, jabón, sal, vapor de agua, agua líquida, hielo (compuestos) y plomo, oro, calcio, mercurio, diamante, cobre, hierro, plata (elementos)

Señalar también que la tarea que se les propone no está contextualizada en ningún trabajo curricular que los alumnos estuvieran haciendo o hubieran hecho durante el curso, y que no habían tratado esta temática durante el curso. Sus maestras habituales les explicaron que una de las autoras, conocida por ellos por haber realizado el Practicum en el curso anterior, estaba interesada saber “cómo clasificaban ellos las cosas” y los alumnos participaron gustosos.

Al ser una tarea de respuesta abierta, utilizamos el análisis de contenido categorial definido por Bardin (1986). En primer lugar se procedió a vaciar los datos (respuestas del cuestionario) en un sistema de tablas que facilitara el análisis posterior. Teniendo en cuenta los resultados de los estudios sobre esta temática, se procedió a buscar grupos de respuestas comunes. Dado el tamaño de la muestra solo se han utilizado estadísticos descriptivos (frecuencia y porcentaje), lo que nos permite un primer acercamiento a los diferentes criterios que utilizan los alumnos.

Resultados y discusión

Criterios de clasificación de la materia inerte

En la Tabla 3 se indica el análisis de las respuestas a la tarea de clasificar 12 imágenes de materia inerte (leche con cacao, plomo, agua y aceite, oro, azúcar, piedras, vapor de agua, calcio, vinagre, miel, mercurio y jabón) en dos grupos, sin indicarles el criterio que debían utilizar.

En 2º de Primaria, hay que resaltar que la mitad de la muestra no realiza la tarea y de los que la realizan, la mitad no incluyen todas las imágenes. El criterio mayoritario para clasificar la materia inerte es la funcionalidad relacionada con la comida, seguido del estado físico (líquido). Solo cuatro alumnos utilizan un criterio dicotómico: se come/no se come, son líquidos/no son líquidos y son colores iguales/no son colores iguales. La combinación de diferentes criterios ha servido a tres alumnos para resolver la tarea, mientras que el resto utiliza sólo un criterio y, aunque es capaz de hacer grupos de imágenes, no especifican el otro. Por otra parte, es destacable que el vapor de agua (imagen 7) haya sido la que más veces no se ha agrupado, y que los dos alumnos que utilizan el criterio “metal” hayan detectado el plomo, el

⁶ Se refiere al tiempo para las 6 las tareas incluidas en el estudio global sobre la materia viva e inerte.

oro y el mercurio pero no el calcio, quizás porque este último responde menos al prototipo de sustancia metálica.

| Criterios clasificación de la materia inerte | | 2º Primaria | | 4º Primaria | | 6º Primaria | |
|--|---|-------------|------|-------------|------|-------------|------|
| | | F | % | F | % | F | % |
| Criterios Generales | Función (comida / no comida) | 7 | 23.4 | 14 | 38.9 | 6 | 17.6 |
| | Estado físico (líquido, sólido, gas) | 3 | 10.0 | 13 | 36.1 | 18 | 52.9 |
| | Propiedades observables (color...) | 2 | 6.6 | - | - | 3 | 8.8 |
| | Composición (metal) | 2 | 6.6 | 3 | 8.3 | 3 | 8.8 |
| | Frecuencia de aparición (raras, cotidianas) | - | - | 2 | 5.5 | 2 | 5.9 |
| | Otros criterios | 2 | 6.6 | 4 | 11.1 | - | - |
| Criterios Específicos | Sustancia o mezcla (uno o varios componentes) | - | - | - | - | 2 | 5.9 |
| Clasifican sin indicar criterios | | 4 | 13.3 | - | - | - | - |
| No contestan | | 10 | 33.3 | - | - | - | - |

Tabla 3. Criterios de clasificación de la materia inerte (frecuencia y porcentaje).

En 4º de Primaria, todos realizan la tarea. En este grupo la funcionalidad (comida) y el estado físico (sólido y líquido) son los dos criterios fundamentales. Además, la mayoría (14 de 18) utiliza un criterio dicotómico para clasificar. También el vapor de agua, junto con el jabón son las imágenes que más veces se han dejado sin clasificar, y el único alumno que ha utilizado el criterio “metal”, incluye también el calcio, lo cual no deja de ser sorprendente a estas edades.

En 6º de Primaria, el estado físico (incluido el gas) es el criterio mayoritario para clasificar la materia inerte, seguido del de la funcionalidad ligada a la comida. También 13 de los 17 alumnos utilizan criterios dicotómicos para clasificar. El vapor de agua, aunque en menor medida, sigue siendo la imagen que más se ha dejado sin clasificar, lo cual puede ser un indicador de las dificultades que representa el estado gaseoso para los alumnos. Es de destacar que solo dos alumnos utilizan lo que denominamos criterio específico para clasificar la materia inerte (sustancia/mezcla) concibiéndolo en términos de uno/varios componentes, aunque no lo apliquen correctamente a todas las imágenes.

En el Gráfico 1 se representan en porcentajes los resultados más relevantes de los tres grupos de Primaria.

Los resultados nos indican una clara tendencia: que el criterio basado en el estado físico va creciendo de primer a tercer ciclo, mientras que el criterio basado en la funcionalidad de la comida, aumenta de primero a segundo ciclo, pero vuelve a disminuir considerablemente en tercer ciclo. También hay una clara evolución en el número de alumnos que utilizan un criterio dicotómico para clasificar, y con la edad hay más alumnos que realizan la tarea y que dejan menos imágenes sin incluir en sus clasificaciones.

Estos resultados coinciden con dos de los criterios comentados por Prieto et al. (2000) para clasificar materiales: la función, en nuestro caso, basada en la comida y la apariencia, en

nuestro caso, focalizada en el estado físico. Sin embargo, el criterio de la composición no es utilizado por un número significativo de alumnos, como en el caso de estos autores; y tampoco hemos apreciado que el criterio basado en el uso de los objetos, creciera con la edad. Más bien, la única evolución clara que se aprecia en nuestro estudio es que con la edad se centran más en las características observables de la imagen (estado físico) y menos en la funcionalidad de la imagen (comida). Ni qué decir tiene que no utilizan espontáneamente el criterio básico sustancia/mezcla, que es el criterio escolar con el que se pretende que los alumnos clasifiquen la materia inerte.

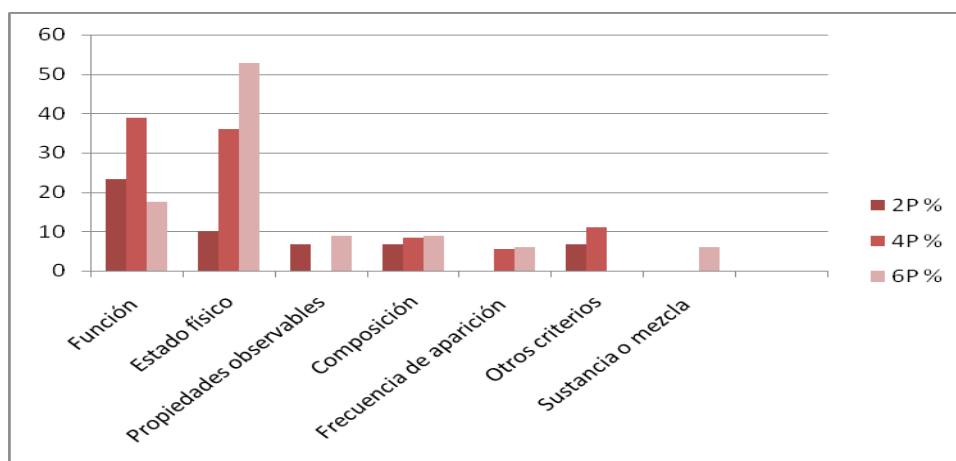


Gráfico 1. Porcentajes por curso de los principales criterios de clasificación.

Aplicación del criterio sustancia/mezcla para clasificar la materia inerte

El análisis de las respuestas a la tarea de clasificar 12 imágenes de materia inerte (yogur, sal, refresco de cola, diamante, agua, cobre, hielo, hierro, aceite, granito, plata, y arena y carbón) aplicando el criterio sustancia/mezcla, se recoge en la Tabla 4.

| Aplicación del criterio sustancia/mezcla para clasificar la materia inerte | | | 2º P | | 4º P | | 6º P | | |
|--|----------------------------------|--|------|----|------|------|------|------|-----|
| | | | F | % | F | % | F | % | |
| SUSTANCIA | Criterios generales | Procedencia (natural) | - | - | 6 | 33.3 | 6 | 35.3 | |
| | | Funcionalidad (comida, utilidad general) | - | - | - | - | 2 | 11.7 | |
| | | Otros criterios | 3 | 15 | - | - | 1 | 5.9 | |
| | Criterios específicos | Sustancia como unidad | - | - | 5 | 27.7 | 2 | 11.7 | |
| | | Sustancia como lo contrario de mezcla | - | - | 5 | 27.7 | 6 | 35.3 | |
| | Clasifican sin indicar criterios | | | 10 | 50 | 2 | 11.1 | - | - |
| | No contestan | | | 7 | 35 | - | - | - | - |
| MEZCLA | Criterios generales | Composición (minerales, vitaminas) | - | - | 2 | 11.1 | - | - | |
| | | Procedencia (artificial) | - | - | 4 | 22.2 | 4 | 23.5 | |
| | | Otros criterios | 1 | 5 | - | - | | | |
| | Criterios específicos | Mezcla como varios componentes | 2 | 10 | 8 | 44.4 | 12 | 70.6 | |
| | Clasifican sin indicar criterios | | | 10 | 50 | 3 | 16.7 | - | - |
| | No contestan (*: ininteligible) | | | 7 | 35 | 1* | 5.5 | 1* | 5.7 |

Tabla 4. Aplicación del criterio sustancia/mezcla para clasificar la materia inerte (frecuencia y porcentaje).

En primer lugar, hay que destacar que esta tarea ha resultado en exceso compleja para los alumnos de 2º de Primaria. Solo dos alumnos, en el criterio mezcla, hacen referencia a la pluralidad de componentes: “el yogur tiene muchas mezclas” o “el yogur, el refresco de cola, el aceite y la arena con el carbón, llevan productos mezclados” (ver Tabla 5)

En 4º de Primaria utilizan la idea de sustancia como una unidad o como lo contrario de mezcla. No obstante, para ellos la sustancia también es algo de procedencia natural, que no ha estado manipulado. Con respecto a las mezclas, mayoritariamente (44.4%) utilizan la idea de que están formadas por varios “componentes” y en menor medida su procedencia manipulada o artificial. Llama la atención que el hielo sea considerado una mezcla por 8 alumnos, mientras que 14 consideran que el agua líquida sí es una sustancia. Y también que la imagen de la arena con el carbón sea para 8 alumnos una sustancia y para 13 lo sea el granito, a pesar de que en ambos casos se visualizan los componentes (ver Tabla 5).

En 6º de Primaria la sustancia es algo de procedencia natural, que no ha estado manipulado y también utilizan la idea de sustancia como una unidad o como lo contrario de mezcla. Mayoritariamente (70.6%) utilizan la idea de que las mezclas están formadas por varios “componentes” y en menor medida su procedencia manipulada o artificial. En cuanto a las imágenes a clasificar, el granito sigue considerándose una sustancia por 11 de los 17 alumnos, así como la arena con carbón (una sustancia para 5 alumnos). Sorprende que un elemento tan conocido como el hierro sea considerado una mezcla por 5 alumnos, argumentando que tiene varios componentes (ver Tabla 5).

En el Gráfico 2 se representan en porcentajes los resultados más relevantes de los tres grupos de Primaria.

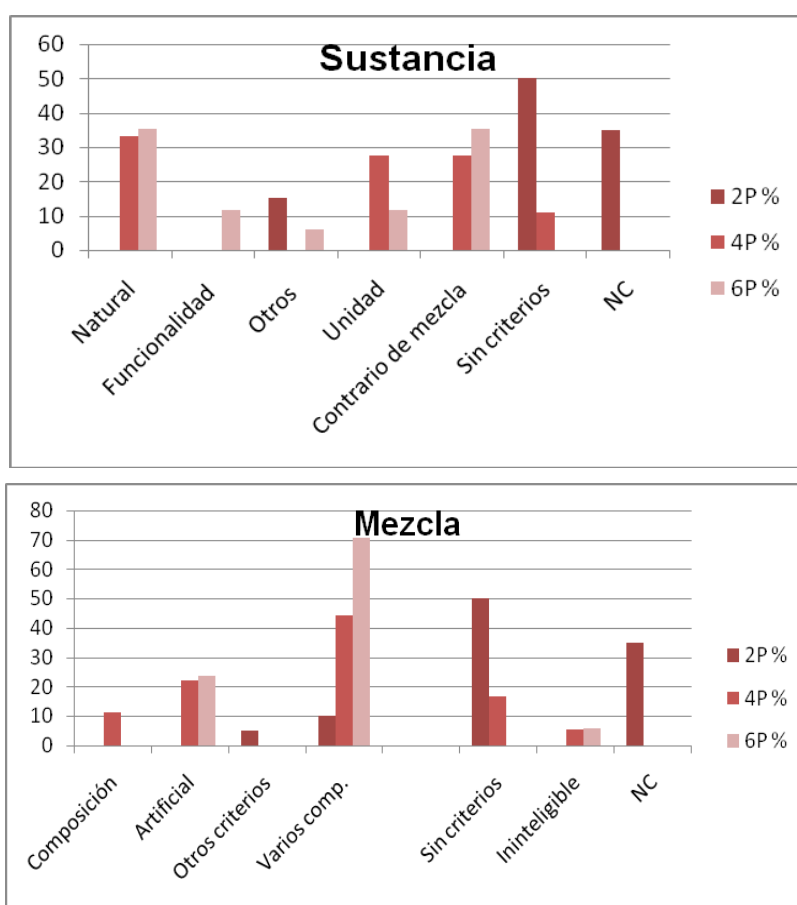


Gráfico 2. Porcentajes por cursos de los criterios aplicados para clasificar la materia inerte.

Los resultados nos indican que la idea de mezcla como la materia formada por varios componentes va tomando fuerza a lo largo de la Primaria, manteniéndose su carácter artificial o elaborado. En el caso de las sustancias no se observa una clara tendencia, y tanto en 4° como en 6° se maneja un planteamiento similar: la sustancia es algo único, que no se ha mezclado con nada y de procedencia natural.

Estos resultados coinciden con los de Llorens (1991) en lo que respecta a la idea de sustancia con la característica de “algo natural”, y en mucha menor medida con otras características de uso o estado físico, que quizá debido a la naturaleza de la tarea no se detectan, puesto que en nuestro caso no se trata solo de caracterizar las sustancias, sino de aplicar ese criterio de clasificación. En la misma línea de los resultados de Martínez Losada et al. (2009) la idea de mezcla se reserva a lo artificial y la de sustancia a lo natural. Y, finalmente, al igual que señala Martín del Pozo (2007), el criterio de la cantidad de componentes es el que se utiliza para diferenciar sustancias de mezclas.

Por otra parte, también tiene interés ver con algo más de detalle el grado de acierto o error que han tenido cada uno de los grupos en la clasificación de cada una de las imágenes aplicando el criterio sustancia/mezcla (ver Tabla 5).

| 2° Primaria | Yogur | | Sal | | Refresco de cola | | Diamante | | Agua | | Cobre | | Hielo | | Hierro | | Aceite | | Piedra de granito | | Plata | | Arena y carbón | |
|----------------|-------|----|-----|----|------------------|----|----------|----|------|----|-------|----|-------|----|--------|----|--------|----|-------------------|----|-------|----|----------------|----|
| | F | % | F | % | F | % | F | % | F | % | F | % | F | % | F | % | F | % | F | % | F | % | F | % |
| Sustancia | 4 | 20 | 7 | 35 | 2 | 10 | 6 | 30 | 7 | 35 | 7 | 35 | 6 | 30 | 7 | 35 | 4 | 20 | 3 | 15 | 5 | 25 | 2 | 10 |
| Mezcla | 9 | 45 | 2 | 10 | 7 | 35 | 3 | 15 | 2 | 10 | 1 | 5 | 3 | 15 | 1 | 5 | 4 | 20 | 4 | 20 | 2 | 10 | 5 | 25 |
| NS/NC | 7 | 35 | 11 | 55 | 11 | 55 | 11 | 55 | 11 | 55 | 12 | 60 | 11 | 55 | 12 | 60 | 12 | 60 | 13 | 65 | 13 | 65 | 13 | 65 |

| 4° Primaria | Yogur | | Sal | | Refresco de cola | | Diamante | | Agua | | Cobre | | Hielo | | Hierro | | Aceite | | Piedra de granito | | Plata | | Arena y carbón | |
|----------------|-------|-----|-----|-----|------------------|----|----------|----|------|-----|-------|----|-------|------|--------|-----|--------|-----|-------------------|----|-------|----|----------------|------|
| | F | % | F | % | F | % | F | % | F | % | F | % | F | % | F | % | F | % | F | % | F | % | F | % |
| Sustancia | 0 | 0 | 11 | 61 | 3 | 17 | 13 | 72 | 14 | 78 | 14 | 78 | 10 | 55.5 | 14 | 78 | 9 | 50 | 13 | 72 | 15 | 83 | 10 | 55.5 |
| Mezcla | 18 | 100 | 4 | 22 | 15 | 83 | 5 | 28 | 3 | 17 | 4 | 22 | 8 | 44 | 3 | 17 | 8 | 44 | 5 | 28 | 3 | 17 | 8 | 44 |
| NS/NC | 0 | 0 | 1 | 5.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 5.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 5.5 | 1 | 5.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 6° Primaria | Yogur | | Sal | | Refresco de cola | | Diamante | | Agua | | Cobre | | Hielo | | Hierro | | Aceite | | Piedra de granito | | Plata | | Arena y carbón | |
|----------------|-------|-----|-----|----|------------------|-----|----------|------|------|----|-------|----|-------|----|--------|------|--------|----|-------------------|----|-------|----|----------------|----|
| | F | % | F | % | F | % | F | % | F | % | F | % | F | % | F | % | F | % | F | % | F | % | F | % |
| Sustancia | 0 | 0 | 14 | 82 | 0 | 0 | 11 | 64 | 15 | 88 | 13 | 76 | 14 | 82 | 12 | 70.5 | 6 | 35 | 11 | 64 | 13 | 76 | 5 | 29 |
| Mezcla | 17 | 100 | 3 | 18 | 17 | 100 | 4 | 23.5 | 2 | 12 | 2 | 12 | 3 | 18 | 5 | 29 | 8 | 47 | 3 | 18 | 3 | 18 | 10 | 59 |
| NS/NC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 12 | 0 | 0 | 2 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 18 | 3 | 18 | 1 | 5 | 2 | 12 |

Tabla 5. Resultados de la aplicación del criterio sustancia/mezcla en las 12 imágenes propuestas a los tres cursos de Primaria (frecuencia y porcentaje).

En primer lugar, como ya se había indicado, la inmensa mayoría de los alumnos de 2º de Primaria no realiza esta tarea, y de los que la realizan, en todos los casos, excepto en el del aceite, la mayoría señala correctamente si se trata de una sustancia o de una mezcla.

Por su parte, las muestras de 4º y 6º de Primaria son muy similares en el grado de acierto:

- Del 100 al 75% de acierto: 2 mezclas (yogur y refresco de cola) tanto en 4º como en 6º de Primaria, y 4 sustancias (agua, cobre, hierro y plata) en 4º y además en 6º, hielo y sal.
- Del 75 al 50% de acierto: además de las anteriores, las restantes sustancias (sal, hielo y diamante) en 4º y el diamante en 6º.
- Los errores más relevantes en la clasificación se aprecian en las mezclas. Para la mayoría de 4º (72%) y de 6º (64%) el granito es una sustancia, a pesar de que visualmente se aprecian sus componentes (cuarzo, feldespato y mica). Esto coincide con lo señalado por Martínez Losada et al. (2009) cuando se refieren a que los alumnos tienen una concepción restringida de lo que es una mezcla que, por ejemplo, excluye a productos que se encuentran naturalmente mezclados, como es el caso del granito. En el caso del aceite, de mayor dificultad por no visualizarse los componentes, es una mezcla solo para el 44% de 4º y el 47% de 6º de Primaria.
- Finalmente, señalar que en 4º la mayoría (78%) clasifica el agua líquida como sustancia pero sólo el 55.5% considera que el hielo también lo es. Este dato tiene interés por la dificultad que tienen muchos alumnos de Primaria para comprender que la identidad de la sustancia es independiente del estado físico.

Conclusiones

Después de describir, analizar, comparar y discutir los resultados de las dos tareas de clasificación, estamos en situación de tratar de responder a los dos interrogantes de este estudio: ¿qué criterios utilizan los alumnos de Primaria de la muestra para clasificar la materia inerte? y ¿cómo utilizan los criterios básicos (sustancia/mezcla) para clasificar la materia inerte?

Las hipótesis inicialmente formuladas al respecto se han ido enriqueciendo con estos resultados, en el siguiente sentido:

- Se esperaba encontrar una diversidad de respuestas en cada uno de los ciclos. Efectivamente hemos detectado una diversidad de criterios pero además sorprende que disminuya considerablemente el número de criterios en el segundo ciclo para aumentar en el tercer ciclo.
- Se esperaba detectar una evolución en los criterios utilizados a lo largo de los tres ciclos de la Primaria. Sin embargo, la complejidad de los criterios utilizados no evoluciona progresivamente. Es patente en el paso del primer a segundo ciclo y parece ralentizarse del segundo al tercer ciclo.
- Se esperaba que los criterios espontáneos basados en la utilidad y en las propiedades observables fueran mayoritarios en la muestra. Podemos señalar que los criterios espontáneos basados en la utilidad se concretan en la “comida” y también se detectan los basados en características observables (por ejemplo, el estado físico). Solo dos alumnos del último ciclo, utilizan criterios específicos para clasificar la materia inerte, en función del número de componentes.
- Se esperaba que en la aplicación del criterio sustancia/mezcla apareciesen dos dicotomías: natural/artificial y uno/varios componentes. Efectivamente se han detectado estas dicotomías, pero básicamente en segundo y tercer ciclos.

Así pues las conclusiones de este estudio se resumen como sigue:

- Para clasificar la materia los alumnos utilizan mayoritariamente criterios de carácter general, especialmente la funcionalidad relacionada con la comida, junto con criterios subjetivos, solo relevantes en el caso de los alumnos de menor edad. Los criterios específicos (sustancia/mezcla) apenas se utilizan espontáneamente.
- El criterio sustancia se aplica como algo que es único, que no se ha mezclado con nada o de procedencia natural. Este criterio se aplica básicamente por igual en segundo y tercer ciclo. El criterio mezcla se aplica como la materia formada por varios componentes o que tiene carácter artificial o elaborado. Para este criterio la idea de varios componentes aumenta hasta tercer ciclo, mientras que la característica de artificial se mantiene por igual en segundo y tercer ciclo.
- En general, la diversidad de criterios de clasificación de la materia disminuye al pasar de primer a segundo ciclo, pero vuelve a aumentar en tercer ciclo, mientras que los criterios de mayor complejidad aumentan al pasar de primer a segundo ciclo y se mantienen, o incluso disminuyen, al pasar a tercer ciclo. Esta cuestión debería confirmarse con otros estudios y buscar posibles explicaciones.

Implicaciones didácticas: niveles de competencia

Uno de los mayores cambios que, junto con la necesidad de integrar conocimientos, habilidades, aptitudes, valores y emociones (Pérez Gómez, 2008; Rebollo, 2010), implica el currículo escolar organizado por competencias es el establecimiento de niveles de dominio de las mismas para su evaluación. En este sentido, los más importantes programas internacionales de evaluación (PISA o TIMSS)⁷ o el ya mencionado sistema estatal de indicadores de la educación, proponen sus niveles de competencia describiendo aquello que los alumnos pueden hacer normalmente en cada nivel de la escala a partir, entre otros, de los resultados de las pruebas de evaluación.

Por ejemplo, en PISA, el Nivel 1 de la competencia científica se describe como: los estudiantes tienen un conocimiento científico tan limitado que sólo se puede aplicar a pocas situaciones que conocen. Dan explicaciones científicas obvias y parten de evidencia explícita. En el caso de la evaluación que se realiza en 4º de Primaria, los niveles de competencia (denominados niveles de rendimiento) describen lo que saben y lo que son capaces de hacer los alumnos. Por ejemplo, en el Nivel 1, los alumnos son capaces de:

- relacionar la energía con sus usos habituales en la vida cotidiana y poner ejemplos de usos prácticos de la energía en el entorno próximo;
- identificar y clasificar animales relevantes de su entorno con criterios elementales;
- identificar hábitos de alimentación y poner ejemplos asociados a la higiene y a la alimentación equilibrada;
- identificar los principales factores del medio físico, e identificar, a partir de ejemplos de la vida diaria, algunos de los principales usos que las personas hacen de los recursos naturales;
- identificar la diversidad de máquinas en el entorno próximo, e identificar palabras clave para buscar información elemental relacionada con el mundo físico o su interacción con él.

⁷ Programme for International Student Assessment (PISA)
Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS)

En el nivel 5 los alumnos, el más alto, además de los conocimientos y destrezas de niveles anteriores, son capaces de:

- identificar y reconocer las peculiaridades de los grupos más importantes de seres vivos e identificar sus principales funciones;
- reconocer la importancia de la sostenibilidad del equilibrio ecológico y la necesidad de adoptar actitudes respetuosas con el medio;
- analizar las partes principales de objetos y máquinas y las funciones de cada una de ellas, y elaborar y comunicar conclusiones a partir de datos en situaciones vitales complejas para justificar decisiones.

Como puede apreciarse con estos ejemplos el planteamiento de PISA es mucho más genérico que el que se propone en la evaluación de Primaria. Pero, en todo caso, lo cierto es que los maestros necesitan poder contar con esa “herramienta didáctica”, que son los niveles de competencia, para los diferentes asuntos de ciencias que se trabajan en el aula. De hecho, nos consta que muchos maestros innovadores, y también profesores de Secundaria (Gil Pérez y Vilches, 2006), se han planteado el tema de las competencias como una oportunidad para revisar y mejorar su propia práctica, elaborando propuestas de niveles de competencia para los grandes temas de ciencias que se tratan en Primaria. Propuestas que, como la nuestra, han de contrastarse con más datos empíricos.

¿Qué relación puede darse entre los estudios de concepciones de los alumnos y las propuestas de niveles de competencia? Las concepciones alternativas de los alumnos son una información clave para proponer niveles de competencia. Más concretamente, debemos conocer lo que Astolfi (2002) denomina niveles de formulación que, a modo de hipótesis, categorizan las concepciones en un gradiente de progresiva complejidad y abstracción. Y además es fundamental conocer lo que el mismo autor describe como el núcleo duro o resistente de las concepciones de los alumnos. Es decir, los obstáculos que han de superar en el proceso de construcción conceptual (Astolfi, 1999).

Pero para poder proponer niveles de competencia también hay que tener una referencia de lo que consideramos deseable que los alumnos lleguen a saber y saber hacer. Por ello, la ciencia escolar también debe establecer contenidos escolares cada vez de mayor complejidad y actividades que faciliten a los alumnos la superar de los obstáculos (Figura 1).

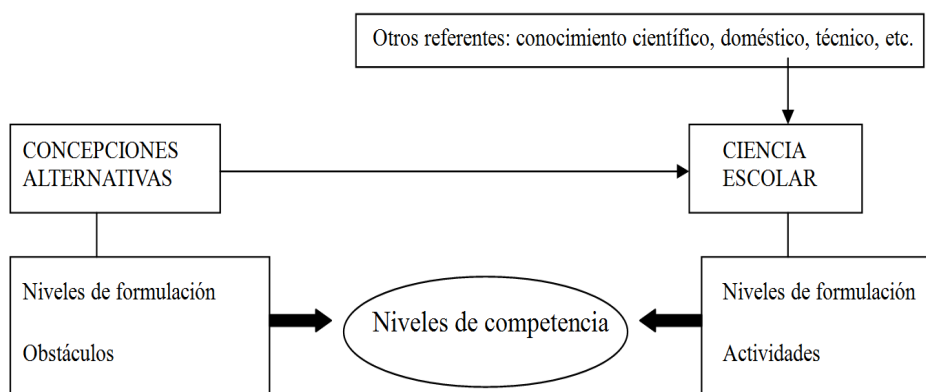


Figura 1. Relación entre concepciones de los alumnos y niveles de competencia para los contenidos escolares

Así pues, en nuestro caso, se proponen los siguientes niveles de competencia en la clasificación de la materia, de menor a mayor complejidad:

- Nivel 0: La materia se clasifica con criterios basados en la relación subjetiva de los objetos con el contexto y/o el sujeto. Los alumnos solo son capaces de clasificar aquello que es más próximo a su entorno. Por ejemplo, en este nivel estarían alumnos que justifican sus clasificaciones diciendo que: “son las cosas que yo al menos no veo”, “son cosas de ricos”
- Nivel 1: La materia se clasifica con criterios generales, tales como la funcionalidad, localización, la frecuencia de aparición y la procedencia. Los alumnos son capaces de clasificar todo aquello que es más próximo a su entorno. Por ejemplo: “son cosas que se comen”.
- Nivel 2: La materia se clasifica con criterios basados en las características observables de los objetos. Los alumnos son capaces de clasificar no solo aquello que es más próximo a su entorno. Por ejemplo: “tienen gris, blanco plateado o son transparentes”, “son materiales sólidos”.
- Nivel 3: La materia se clasifica con criterios básicos basados en el concepto sustancia-mezcla. En este nivel, se aplica el criterio de la composición, asociado al concepto de sustancia y no al de un material concreto. Los alumnos son capaces de clasificar objetos de los que tengan información a través de diversos medios, con las limitaciones de las mezclas homogéneas no evidentes en las que no se aprecian sus componentes a simple vista. Por ejemplo, “la sal no tiene nada más”, “son mezclas porque tienen más cosas”
- Nivel 4: La materia se clasifica con criterios científicamente aceptables, para categorizar contrastan la presencia de varios criterios y no se centran en uno solo. Los criterios manejados tienden a ser globalizadores y excluyentes, de forma que su presencia o no tenga relevancia. Para clasificar la materia inerte, además de la composición, han de tener en cuenta si la sustancia puede descomponerse en otras (compuesto) o no (elemento) y la separación de los componentes de la mezcla. Los alumnos son capaces de clasificar objetos y materiales de los que tengan información a través de diversos medios. Se trata de un nivel próximo a la Educación Secundaria, es decir, el “techo conceptual” de la Primaria.

Los obstáculos más relevantes que dificultan el tránsito a un nivel de mayor complejidad son:

- Del Nivel 0 al Nivel 1, el principio de que solo se considera aquello con lo que se tiene una relación personal, de experiencias o incluso de afectos. Por ejemplo: “Son malos”
- Del Nivel 1 al Nivel 2, el principio de que solo se considera aquello ligado a un contexto. Ejemplos de ello son: “Son cosas del mar”; “Son comestibles”; “Son objetos cotidianos”
- Del Nivel 2 al Nivel 3, el principio de que solo se considera aquello que se percibe (realismo ingenuo). Ejemplos de ello son: “Son líquidos y gaseosos”; “La textura es la misma (dura)”
- Del Nivel 3 al Nivel 4, el principio de considerar solo un criterio o varios no excluyentes y globalizadores. “Se compone con solo una cosa”

Coincidimos con Martínez Losada et al. (2009) al considerar que, desde el ámbito escolar, se promueva una visión unitaria de los distintos tipos de materia, abordando su estudio de forma que favorezca su caracterización y diferenciación, tanto desde un modelo macroscópico (en Primaria) como microscópico (en Secundaria). Las actividades escolares que pueden facilitar el tránsito a un nivel de mayor complejidad deberían ir orientadas a (Vogelezang, 1987; Johnson, 2005):

- Del Nivel 0 al Nivel 1: la manipulación de objetos y materiales en diferentes contextos que enriquezcan sus experiencias.
- Del Nivel 1 al Nivel 2: la observación sistemática de las características de los objetos y materiales.
- Del Nivel 2 al Nivel 3: la medida de las propiedades características de las sustancias, especialmente punto de fusión y ebullición, y las técnicas de separación de los componentes de una mezcla.
- Del Nivel 3 al Nivel 4: la planificación y elaboración de protocolos para la clasificación de la materia que sean científicamente aceptables.

En la Figura 3 se esquematiza la propuesta de niveles de competencia⁸, que también son aplicables para el caso de la materia viva. En este sentido, los alumnos de la muestra se concentran mayoritariamente en el Nivel 1 y en el Nivel 2. El Nivel 0 está ocupado por los alumnos de 2º de Primaria, mientras que solo dos alumnos de 6º ocupan el Nivel 3. Ningún alumno en el Nivel 4.

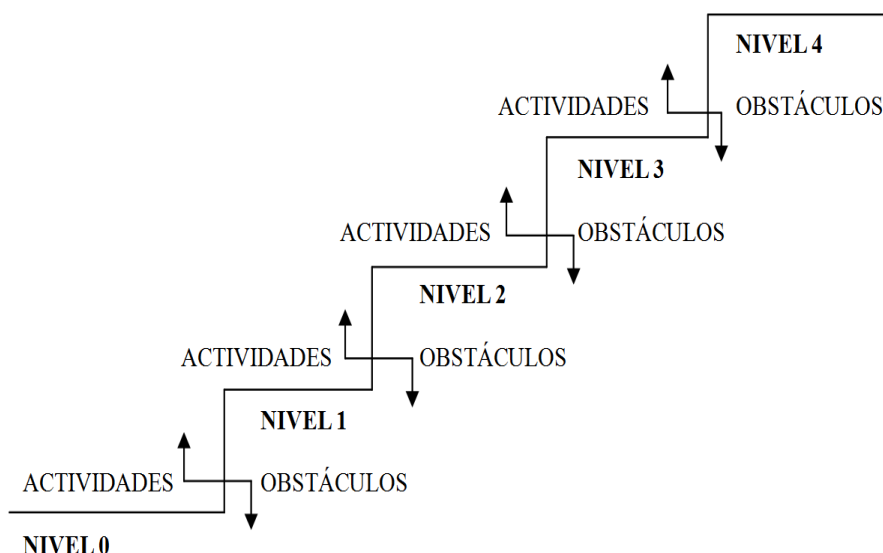


Figura 3. Niveles de competencia en la clasificación de la materia en Primaria.

Finalmente, aclarar que estos niveles son elaboraciones teórico-empíricas de carácter hipotético y no son recorridos de obligado cumplimiento para los alumnos, ni éstos “encajan al cien por cien” en un determinado nivel. Son “productos didácticos” que pueden servir de referencia a los maestros para diseñar el trabajo en el aula sobre esta temática y, especialmente, para orientar la evaluación del aprendizaje.

Referencias

- Astolfi, J.P. (1999). *El “error” un medio para enseñar*. Sevilla: Díada.
- Astolfi, J.P. (2002). *Conceptos clave en didáctica de las disciplinas*. Sevilla: Díada.
- Bardin, L. (1986). *Análisis de contenido*. Madrid: Akal.

⁸ Esta manera de visualizar los niveles de competencia está tomada de los estudios sobre concepciones de los futuros maestros realizados por el equipo de investigación del que forma parte la profesora Rosa Martín del Pozo (puede consultarse en *Journal of Science Teacher Education*: DOI 10.1007/s10972-011-9233-4, o en *Research in Science Education*: DOI 10.1007/s11165-010-9188-z)

- Cubero, R. (2005). *Perspectivas constructivistas. La intersección entre el significado, la interacción y el discurso*. Barcelona: Graó.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. y Wood-Robinson, V. (1999). *Dando sentido a la ciencia en Secundaria. Investigaciones sobre las ideas de los niños*. Madrid: Visor-Aprendizaje.
- García, M.B., Mateos, M. y Vilanova, S.L. (2011). Contenido y naturaleza de las concepciones de profesores universitarios de biología sobre el conocimiento científico. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 10 (1), 23-39.
- Gil Pérez, D. y Vilches, A. (2006). ¿Cómo puede contribuir el proyecto PISA a la mejora de la enseñanza de las ciencias (y de otras áreas de conocimiento)? *Revista de Educación*, Número Extraordinario, 295-331.
- Johnson, P. (1996). What is a substance? *Education in chemistry*, 33, 41-42.
- Johnson, P. (2000). Children's understanding of substances, part 1: recognizing chemical change. *International Journal of Science Education*, 22 (7), 719- 737.
- Johnson, P. (2005). The development of children's concept of a substance: A longitudinal study of interaction between curriculum and learning. *Research in Science Education*, 35 (1), 41-61.
- Llorens, J.A. (1991). *Comenzando a aprender Química. Ideas para el diseño curricular*. Madrid: Visor.
- Martín del Pozo, R. (2007). *Aprender para enseñar ciencias en Primaria*. Sevilla: Díada.
- Martínez Losada, C., García Barros, S. y Rivadulla López, J.L. (2009). Qué saben los/as alumnos/as de Primaria y Secundaria sobre los sistemas materiales. Cómo lo tratan los textos escolares. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 8 (1), 137-155.
- Prieto, T., Blanco, A. y González, F. (2000). *La materia y los materiales*. Madrid: Síntesis.
- Pérez Gómez, Á.I. (2008). ¿Competencias o pensamiento práctico? La construcción de los significados de representación y acción. En Gimeno, J. (comp.), *Educación por competencias, ¿qué hay de nuevo?* Madrid: Morata.
- Rebollo, M. (2010). Análisis del concepto de competencia científica. *I Congreso de Inspección de Andalucía: Competencias básicas y modelos de intervención en el aula*. Consejería de Educación. Junta de Andalucía. En línea: <http://redes-cepalcala.org/inspector/DOCUMENTOS%20Y%20LIBROS/OMPETENCIAS/I%20CONGRESO%20INSPECCION%20ANDALUCIA/downloads/rebollo.pdf>
- Rubio, J. (2010). Qué sabe el alumnado que acaba la educación primaria sobre las mezclas de sustancias. *XXIV Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*, Universidad de Jaén.
- Sanmartí, N., Izquierdo, M. y Watson, R. (1995) The substantialisation of properties in pupils' thinking and in the history of science. *Science & Education*, 4, 349-369.
- Vogelezang, M. J. (1897). Development of the concept 'chemical substance'- some thoughts and arguments. *International Journal of Science Education*, 9 (5), 519-528.
- Vosniadou, S. (1994): Capturing and modelling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4 (1), 45-69.

Anexo. Imágenes seleccionadas para la tarea de clasificación de la materia inerte.

Haz dos grupos con lo que ves en estas imágenes:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
|  |  |  |  |  |  |
| 1. LECHE con CACAO | 2. PLOMO | 3. AGUA y ACEITE | 4. ORO | 5. AZÚCAR | 6. PIEDRAS |
|  |  |  |  |  |  |
| 7. VAPOR de AGUA | 8. CALCIO | 9. VINAGRE | 10. MIEL | 11. MERCURIO | 12. JABÓN |

| | |
|--|--|
| <p>En este grupo están los números:</p> <p>Porque...</p> | <p>En este grupo están los números:</p> <p>Porque...</p> |
|--|--|

Haz dos grupos, uno con lo que sean sustancias puras y otro con lo que sean mezclas:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
|  |  |  |  |  |  |
| 1. YOGUR | 2. SAL | 3. REFRESCO de COLA | 4. DIAMANTE | 5. AGUA | 6. COBRE |
|  |  |  |  |  |  |
| 7. HIELO | 8. HIERRO | 9. ACEITE | 10. PIEDRA de GRANITO | 11. PLATA | 12. ARENA y CARBÓN |

| | |
|--|---|
| <p>Las <u>sustancias puras</u> son los números:</p> <p>Porque...</p> | <p>Las <u>mezclas</u> son los números:</p> <p>Porque...</p> |
|--|---|