

Alfabetización científica en contextos escolares: El Proyecto Zientzia Live!

Mikel Garmendia Mujika¹, Jenaro Guisasola Aranzabal²

Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea. España. ¹mikel.garmendia@ehu.es,
²jenaro.guisasola@ehu.es

[Recibido en abril de 2014, aceptado en enero de 2015]

En este estudio se presenta el programa “Zientzia Live!” de alfabetización científica, que se ha llevado a cabo en centros escolares de la ESO de la Comunidad Autónoma del País Vasco, y que trata de atender a la necesidad mostrada por la bibliografía de introducir formatos de enseñanza no formal en el contexto escolar. Se han abordado cuestiones como la orientación seguida en la metodología didáctica de los talleres, la actitud de los participantes sobre los mismos, o la alfabetización científica lograda a través de las experiencias realizadas. La aportación más original de este trabajo es su intento de analizar la alfabetización científica que permita a los asistentes dar una explicación científica a los experimentos observados. Los resultados obtenidos son esperanzadores e indican que la mayoría de los asistentes ha aprendido las ideas claves.

Palabras claves: alfabetización científica; enseñanza/aprendizaje no formal; ciencias en la ESO.

Scientific literacy in school context: The Zientzia Live! Project

In this study is presented the "Zientzia Live!" Scientific literacy program, that was conducted at ESO level in schools of the Basque Country. It tries to meet the need shown by the literature to introduce forms of non-formal education in the school context. It has been addressed issues such as the teaching methodology of the workshops, the participants' attitude about them, or scientific literacy achieved through the experiences. The most original contribution of this work is its attempt to analyze the scientific literacy that allows attendees to give a scientific explanation for the observed experiments. The results are encouraging and indicate that the majority of participants have learned the key ideas.

Keywords: scientific literacy; teaching / learning non-formal; science at ESO.

Introducción

Hoy en día, la ciencia y la tecnología se han convertido en una parte fundamental de la cultura, y tanto las estructuras formales (escuela, universidad...) como los ámbitos no formales (medios de comunicación, casas de ciencias, museos...) coinciden en su objetivo de formar el pensamiento científico de la ciudadanía respecto al potencial de la ciencia y la tecnología para el bienestar socioeconómico de la sociedad (National Research Council [NRC], 2009).

Osborne y Dillon (2007) indican que “la mayoría de los niños entre 5 y 16 años sólo pasan el 18% de su tiempo en la escuela, y sin embargo, la sociedad considera a la escuela como el único sitio para aprender, mientras que la realidad es que el aprendizaje tiene lugar principalmente en contextos sociales y culturales que se ofertan fuera de la escuela, es decir, en contextos informales”. Wellington (1990) decía algo similar hace más de dos décadas: “el aprendizaje fuera de las instituciones formales está creciendo en importancia en relación al currículum escolar y existe ya evidencia de que los factores extraescolares tienen una gran influencia en los resultados educativos del alumnado”.

Las investigaciones actuales subrayan que los términos ‘formal’ o ‘no formal’ no se refieren al aprendizaje en sí, sino al contexto en el que éste ocurre (Guisasola y Morentin, 2007). Se puede considerar que entre el aprendizaje en contexto formal y el no formal hay un “continuum” en el cual se pueden encontrar desde las estrategias más obligatorias y estructuradas como las salidas de campo escolares, hasta las de mayor libertad de elección

como la prensa y los medios electrónicos, pasando por posibilidades intermedias como las visitas casuales a museos, zoológicos, etc. Sin embargo sería un error relacionar un contexto de aprendizaje obligatorio con métodos de aprendizaje formal; queremos diferenciar también los contextos de los métodos. En la enseñanza tradicional, un contexto obligatorio escolar implicaba métodos de aprendizaje formal, y también lo contrario; pero ésa es una unión artificial y perjudicial al mismo tiempo, como ya lo vienen denunciando las nuevas orientaciones CTS y Alfabetización Científica del currículum (Membiela, 1997); es artificial porque el conocimiento de la ciencia no se puede limitar a lo que se aprende en la escuela y perjudicial, porque limita las oportunidades de aprendizaje de los estudiantes. En el caso de la enseñanza de las ciencias, los contextos escolares obligatorios podrían incluir experiencias de aprendizaje no formal desde las primeras etapas, de forma que se vaya enriqueciendo la ciencia escolar con aspectos concretos de la vida cotidiana (Banks, Au, Ball, Bell, Gordon, Gutiérrez, Heath, Lee, Mahiri, Nasir, Valdes y Zhou, 2007). Atendiendo a esta necesidad Elhuyar Fundazioa ha desarrollado el programa “Zientzia live!” en colaboración con nuestro grupo de investigación STEM-ERG (Science Technology and Mathematics Education Research Group, <https://sites.google.com/site/stemupvehu/home>) de la UPV-EHU.

El programa “Zientzia live!” oferta talleres de experiencias científicas para estudiantes de 3º y 4º de la ESO (14-16 años) con características que le sitúa fuera del currículum oficial y su evaluación. Los Talleres tienen como *objetivo principal alfabetizar científicamente sobre los temas del Taller y en consecuencia, fomentar el interés de los estudiantes hacia la ciencia y el trabajo científico*, tratando varios conceptos científicos a través de la experimentación y la interactividad. Para ello se muestran aplicaciones tecnológicas de la ciencia utilizando escenarios atractivos y motivadores.

La mayoría de investigaciones en torno al aprendizaje en entornos no formales se han centrado en la evaluación de la satisfacción de los participantes con estos programas, siendo pocos los estudios que abordan además cuestiones como la orientación seguida en la metodología didáctica de los talleres, o la alfabetización científica lograda a través de las experiencias realizadas.

En relación a la satisfacción de los participantes y el aumento del interés por la ciencia, hay que tener en cuenta que el simple hecho de presentar experiencias interesantes y espectaculares no garantiza que se dejen de producir problemas de abstracción e incomprensión de la ciencia por parte de los estudiantes, y que esa incomprensión les resulte ampliamente desmotivadora. Al contrario, puede ser que la incapacidad para interpretar las experiencias reafirme sus creencias en que la ciencia es abstracta y difícil, aunque a veces pueda ser divertida o espectacular. A la hora de realizar experiencias atractivas, con resultados espectaculares, hay que tener en cuenta que estas experiencias pueden conllevar muchos y complejos contenidos científicos necesarios para su explicación, lo que obliga a la búsqueda de un equilibrio entre el escenario y el contenido (Kortland J., 2007). Este necesario equilibrio nos ha llevado a realizar un análisis de contenidos de las experiencias que se presentan en relación con las competencias que figuran en el Diseño Curricular Base de la ESO en la Comunidad Autónoma Vasca (Currículum Vasco. Departamento de Educación, Universidades e Investigación. Gobierno Vasco, 2008). Como resultado del análisis se ha realizado una selección de contenidos que configuran un modelo científico explicativo para las experiencias observadas en un nivel educativo de la ESO. Para dar sentido a las experiencias resulta imprescindible la utilización de modelos científicos con los estudiantes. Entendemos por “modelo científico” en el contexto escolar el conjunto de ideas-clave que permite al alumnado explicar las experiencias vividas y predecir qué ocurrirá en nuevas situaciones (Spitulni, Krajcik y Soloway, 1999; Schwarz, Reiser, Davis, Kenyon, Acher, Fortus, Shwartz, Hug y Krajcik, 2009).

En relación a las orientaciones y estrategias didácticas a utilizar en el Taller, son varias las posibles orientaciones que se pueden abordar en la presentación del taller. Por un lado, la acción educativa puede estar orientada fundamentalmente a presentar conocimiento científico ya elaborado para que sea comunicado a los estudiantes, siguiendo así básicamente una enseñanza transmisora. Sin embargo, el paradigma con mayor consenso en la acción educativa actual es el paradigma de aprendizaje constructivista. Este paradigma se orienta en el sentido de guiar a los estudiantes de forma activa en la indagación científica, proponiéndoles situaciones problemáticas de interés que hay que explicar (Leach y Scott, 2003, Scott y Ametller, 2007).

En el presente trabajo queremos mostrar que las experiencias atractivas y motivadoras no sólo pueden aumentar el interés por la actividad científica, sino que también contribuyen a una alfabetización científica. Así mismo, se analizará la metodología didáctica con la que se realiza el Taller. En concreto, se plantean las siguientes preguntas de investigación, relacionadas con la orientación de los talleres, la actitud de los estudiantes, y la alfabetización científica lograda:

1. ¿Qué tipo de acción educativa se realiza en el Taller de experiencias desde el punto de vista de la metodología didáctica?
2. ¿Cuál es la actitud de los estudiantes hacia las experiencias del Taller?
3. ¿Ha mejorado la alfabetización científica de los asistentes? En concreto, ¿los asistentes han comprendido las ideas claves que posibilitan la comprensión de las experiencias del Taller?

¿Qué se entiende por alfabetización científica en este trabajo?

Suelen ser poco frecuentes los estudios sobre la alfabetización científica lograda por los asistentes a un Taller o visitantes de un museo de ciencias, en comparación con los estudios de la mejora de la actitud hacia la ciencia (Rennie, 2008). Uno de los problemas principales a la hora de conceptualizar la “alfabetización científica” es qué se entiende por este término. Aunque el término “alfabetización científica” ha sido entusiásticamente acogido por los educadores en ciencias como un slogan útil o un reclamo llamativo (Roberts, 2007), poco se realizó en la definición del término hasta que Pella et al. (1996) indicaron que el término “Alfabetización científica” incluye una comprensión de conceptos básicos de ciencias, la Naturaleza de la Ciencia, la ética que utilizan los científicos en su trabajo, las relaciones ciencia y sociedad, las relaciones entre la Ciencia y las Humanidades y las diferencias entre Ciencia y Tecnología. Casi un cuarto de siglo después, los autores de *Science for All Americans* (AAAS, 1967) construyeron unas categorías muy similares para definir el término “one who is aware that science, mathematics, and technology are interdependent human enterprises with strengths and limitations; understands key concepts and principles of science; is familiar with the natural world and recognizes both its diversity and unity; and uses scientific knowledge and scientific ways of thinking for individual and social purposes” (p. 4). Hay que resaltar que a partir de la década de los 90 del siglo pasado estas perspectivas forman parte de los currículum de ciencias en países europeos y americanos.

Actualmente existe un consenso básico en entender por “Alfabetización científica” la promoción de la cultura científica y técnica de los visitantes, dando a conocer sus consecuencias sociales, culturales, económicas y ambientales. Estos amplios objetivos han conseguido concretar la “Alfabetización científica” como el aprendizaje de un sistema de adquirir conocimiento que es ampliado y perfeccionado por la comunidad de científicos (Bybee, 1997; Hodson, 2008; Vázquez, Acevedo y Manassero, 2005). En esta interpretación la ciencia y la práctica científica se entrelazan y no tienen sentido sin la comprensión de los conceptos y modelos científicos en el contexto en que se trabaja (Osborne y Dillon, 2008;

Acevedo et al., 2005). Hoy se acepta la “alfabetización científica” como la comprensión de ideas clave que permiten interpretar los fenómenos naturales o las aplicaciones tecnológicas mediante modelos científicos. Este consenso es la interpretación de “alfabetización científica” que se utiliza en este trabajo para analizar la tercera de las preguntas de la investigación.

Escenario de la investigación

Se han diseñado talleres de divulgación para centros escolares de la ESO de la Comunidad Autónoma del País Vasco que imparten sus enseñanza en euskara (Ikastolas). Las ikastolas están situadas en su gran mayoría en la zona de Guipuzcoa en un entorno industrial con tradición industrial y de innovación tecnológica. Los talleres se realizaron a lo largo del curso escolar, durante los meses de octubre a mayo en las propias ikastolas, en la hora lectiva de la clase de Ciencias Naturales de 3º y 4º de la ESO. El Taller acogía a un número de 25-30 estudiantes. Los estudiantes asistían al Taller de forma obligatoria en sustitución de la clase de ciencias de ese día. Así pues, el Taller tenía la duración aproximada de la clase de ciencias.

Los experimentos eran llevados a cabo por monitores formados por la Fundación Elhuyar con antelación al inicio de las visitas a los centros. Los monitores recibieron una formación de un día en el que observaban y replicaban los diversos experimentos, disponiendo además de un dossier complementario con el guión de los mismos, explicaciones sobre cada uno de ellos y los conceptos científicos tratados, además de consejos de introducción a los experimentos. En general la secuencia recomendada consistía en una introducción en la que se presentan los monitores, e introducían a los alumnos en el tema a tratar, hablando del concepto científico en cuestión, y tratando de crear algo de expectación mediante su aplicación en la vida cotidiana o su aplicación tecnológica. Tras la introducción se realizaba el experimento, y posteriormente se pasaba a la explicación del mismo. La explicación no debía ser muy extensa, sino clara, concisa y amena, tratando de adaptar el discurso a un lenguaje fácilmente entendible por los alumnos y adaptado a las competencias del curriculum de la ESO 14-16 años. En cada taller participaban dos monitores al mismo tiempo. El objetivo de los monitores era transmitir a los alumnos modelos científicos integrados en aplicaciones de la vida cotidiana o la tecnología, a través de la experimentación y la interacción con los estudiantes en base a preguntas.

Los talleres se diseñaron en dos módulos de 20 minutos, siendo la duración total del Taller 40 minutos con un período de descanso de cerca de 10 minutos entre ambos talleres. En cada módulo se realizaban diversos experimentos, abordando las temáticas y conocimientos que se presentan a continuación (Tabla 1).

Tabla 1. Experimentos realizados en dos talleres y conocimientos implicados.

<p>1. Módulo “Gas y Presión”</p> <p><i>1.1. Experimentos del módulo:</i></p> <p>E1: Globo medio hinchado en un frasco de cristal al que se hace el vacío</p> <p>E2: Caramelo de gominola en un frasco de cristal al que se hace el vacío</p> <p>E3: Llamada a teléfono móvil introducido en un frasco de cristal al que se hace el vacío</p> <p>E4: Lata con agua muy caliente que implota al contactar con agua muy fría sobre un plato</p> <p>E5: Participantes hablan tras inspirar Helio y Hexafluoruro de Azufre</p> <p><i>1.2. Conocimientos implicados:</i></p> <p>C1: Aplicaciones C-T-S-A de la ley general de los gases $PV=n RT$ (todos los experimentos)</p> <p>C2: Entender que a temperatura constante el producto $PV=cte$ (E1, E2)</p> <p>C3: Interpretar que al variar la temperatura a presión constante se produce un cambio de volumen (E4)</p> <p>C4: Observar que vivimos sumergidos en un mar de aire que nos produce una presión (presión atmosférica) (E1, E2, E4)</p> <p>C5. Entender que el aire nos permite oír (transmisión del sonido) (E3). Cuando el medio no es el aire el sonido varía (E5)</p>

Tabla 1. Experimentos realizados en dos talleres y conocimientos implicados (Continuación).

2. Módulo “Materiales”
<i>2.1. Experimentos del módulo:</i> E1: Creación de un polímero reticulado “Flubber” tipo gel E2: Creación de una “bola saltarina” a partir de silicato de sodio, etanol y fenolftaleína E3: Creación de “nieve artificial” a partir de poliacrilato de sodio y agua destilada
<i>2.2. Conocimientos implicados:</i> C1: Aplicaciones C-T-S-A de Química a los polímeros (todos los experimentos) C2: Comprender el concepto de “tamaño de la molécula” de una sustancia (E1, E2, E3) C3: Interpretar las experiencias de cambio químico con el modelo teórico de “reacción química” (E1, E2, E3)

En este estudio se han analizado los talleres realizados en 12 centros educativos, en los que participaron 312 escolares de la ESO, 119 de 3º ESO y 193 de 4º ESO (14-16 años).

Metodología de investigación

Para contestar a las preguntas de la investigación se han desarrollado diferentes herramientas de indagación. Para el análisis de la metodología educativa en el Taller (primera pregunta de investigación) se ha utilizado la observación sistemática del Taller por medio de una plantilla, actuando como observador externo la coordinadora de la actividad. Para el análisis de observación del Taller se confeccionó una plantilla basada en “the reformed teaching observation protocol” realizado por Sawada et al (2002). En nuestro caso se adaptó sólo la parte de observación de las interacciones verbales en clase. En la plantilla se anotan las interacciones verbales que se producen, entendiendo por tales los diálogos que se producen entre los presentes en relación al tema del experimento, siempre que sean aportaciones de ideas o argumentos y no simples preguntas aclaratorias o respuestas que exigen monosílabos “sí”, “no” o palabras sueltas. La plantilla se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Plantilla de observación de interacciones verbales en el Taller.

Interacción	Número de veces que ocurre
1. El monitor utiliza estrategias basadas en preguntas para interactuar verbalmente con los estudiantes	
2. Se produce una interacción verbal monitor-estudiante	
3. El estudiante realiza una pregunta al monitor	
4. Se produce una interacción verbal estudiante-monitor	
5. Se produce una interacción verbal estudiante-estudiante	

De acuerdo con Sawada et al (2002) la cuantificación de las interacciones verbales anotadas en la plantilla permite deducir estrategias generales de instrucción. En nuestro caso se han establecido dos estrategias de enseñanza: i) estrategias con una orientación transmisora de las experiencias del taller; ii) estrategias orientadas a un planteamiento más indagatorio o explicativo por parte de los estudiantes (ver resultados en la tabla 4).

En relación a la actitud de los estudiantes en el Taller y el posible fomento de actitudes favorable hacia la ciencia como una componente de la alfabetización científica, este estudio está de acuerdo con la concepción de “actitud” propuesta por Simpson et al (1994). Ellos explican que la definición de “actitud” es complicada porque es vista como una variable latente que puede manifestar tres tipos de respuesta: una cognitiva, una afectiva y otra

intencional. En este estudio empleamos el concepto de “actitud” en este sentido general que considera que las actitudes crecen y se consolidan en las personas en proporción a la intensidad de sus afanes y intereses. En un trabajo ya clásico, Gardner (1975) identificó como actitudes hacia la ciencia tres categorías: i) interés por la ciencia; ii) actitudes hacia los científicos y iii) actitudes hacia el uso de las ciencias. Esta orientación es confirmada en el estudio de Osborne et al (2010) sobre revisión de trabajos en actitudes sobre la ciencia.

Así pues, un primer cuestionario se diseñó en relación al interés de las actividades científicas del Taller y al papel jugado por los monitores (ver tabla 3).

Tabla 3. Plantilla de satisfacción del Taller.

Pregunta	Razones	Puntuación			
		1	2	3	4
1. ¿Qué experimento te ha resultado más interesante?					
2. ¿Qué experimento te ha resultado menos interesante?					
3. En general, ¿te has encontrado a gusto en el Taller?					
4. ¿Estás satisfecho con los monitores del Taller?					
5. ¿Los monitores te han hecho entender los experimentos del Taller?					

En la puntuación se propone a los estudiantes una escala tipo likert clásica (1: nada satisfecho; 2: poco; 3: bastante satisfecho; 4: muy satisfecho). Se eliminó el valor central de la escala para obligar, de alguna manera, a decidir a los estudiantes. Ello contribuyó a producir problemas de normalidad en la muestra, de lo que fuimos conscientes desde el principio, pero que no influyó en el análisis cualitativo de los resultados que se realiza en este estudio. Además, se optó por obtener una muestra elevada de cuestionarios para minimizar el impacto de este factor en futuros estudios cuantitativos.

En relación con el interés generado por las actividades del Taller en los estudiantes se han realizado dos cuestionarios. Un cuestionario indaga sobre la visión que tienen los estudiantes de las Ciencias Experimentales y se proponen preguntas estándar sobre la ciencia, la tecnología y su interés para la ciudadanía (Vazquez y Manassero, 2012). El otro cuestionario pretende indagar sobre la Influencia del Taller en su interés por la ciencia. Ambos cuestionarios proponen a los estudiantes afirmaciones para valorarlas en una escala Likert de 1 a 4. Los enunciados de los ítems de cada cuestionario aparecen en las tablas 5 y 6 respectivamente.

Hay que tener en cuenta que los contenidos conceptuales de las experiencias a veces están relacionados con los contenidos del Diseño Curricular Base de la ESO en el País Vasco. Por ejemplo, los conceptos de presión y reacción química incluidos en los modelos explicativos de varios experimentos del Taller. Otras veces los conceptos teóricos no están incluidos en el curriculum y los estudiantes interaccionan con ellos por primera vez. Por ejemplo, el concepto de polímero aparece en el modelo explicativo de varios experimentos del módulo “Materiales”. Para el análisis sobre la alfabetización científica lograda y en particular, el aprendizaje logrado se ha diseñado un cuestionario que aborda las ideas clave que permiten entender las experiencias realizadas (Anexo 1). La mayoría de las cuestiones han sido tomadas

de la bibliografía sobre concepciones de los estudiantes y aprendizaje significativo (Hierrezuelo y Montero, 1991; Furió, Dominguez y Guisasola, 2012).

Resultados y análisis

En este apartado se presentan los resultados obtenidos en los instrumentos de recogida de datos comentados anteriormente, y se comentan las conclusiones de su análisis.

¿Cómo se realiza la acción educativa en el Taller?

Los resultados globales para cada Taller se presentan en la tabla 4, en la que se refleja la media de interacciones por sesión producidas en cada categoría. Se han calculado los valores medios de los ítems 1 y 3, así como los valores medios de los ítems 2, 4 y 5 de la tabla 2 para una muestra de 19 sesiones del taller “Gas y Presión” y 22 sesiones del taller “Materiales”.

Tabla 4. Resultados de la interacción monitor-participante.

Orientación de la acción educativa	Talleres (20 min cada uno) Media de interacciones por sesión (desviación estándar)	
	Gas y presión	Materiales
1. El monitor aporta información y a posteriori plantea alguna cuestión relativa a dicha información y recibe alguna pregunta de los estudiantes	2,0 (0,7)	0,6 (0,6)
2. El monitor pregunta de forma que los alumnos tienen que explicar lo visto en el experimento y hay interacciones monitor-estudiantes durante los experimentos	0,4 (0,5)	0,2 (0,4)

Los resultados muestran que la temática del módulo desarrollado en el Taller no influye en la forma de presentación de los monitores y en el tipo de preguntas que realizan. En los dos módulos la presentación y el tipo de preguntas del monitor son similares y la interacción en los dos módulos es pequeña. Es el monitor del Taller quien presenta y explica el Taller, aportando información sobre lo que sucede. Sólo en algunas ocasiones plantea preguntas sobre la información aportada después de las experiencias. No existe una estrategia educativa que apoye a que los estudiantes se esfuercen en explicar lo más sobresaliente de las experiencias. Se puede calificar la presentación como expositiva que transmite vivencias, experimentos y explicaciones ya elaborados para una audiencia determinada. El resultado es coherente con la formación que han recibido los monitores y el guión que tienen como modelo de desarrollo del Taller. El guión es similar al que se desarrollan en la mayoría de los talleres en contextos no formales (Tal y Morag, 2007).

¿Cuál es la satisfacción de los estudiantes con el desarrollo del Taller?

Una mayoría de respuestas del cuestionario de satisfacción indica que les han gustado todos los experimentos. Esto viene avalado por la valoración global del taller que tiene una media de 3,86 puntos en una escala del 1 al 4 sobre satisfacción con los talleres (1: nada satisfecho; 2: poco; 3: bastante satisfecho; 4: muy satisfecho).

Los motivos para valorar las experiencias hacen referencia en ambos niveles educativos a aspectos relacionados con el entretenimiento, la espectacularidad y la novedad de los experimentos. Destacan el interés de los estudiantes por el experimento del Helio que distorsiona la voz, por ser divertido, y por la espectacularidad de algunos experimentos. Parece que los estudiantes prefieren experimentos en los que puedan tomar parte directamente (el Helio y la voz) o aquellos que les sorprenden. Las razones de su interés y buena actitud hacia los experimentos del Taller son muy similares tanto en 3º ESO como en 4º ESO, como indican los resultados obtenidos y que se muestran en las dos siguientes tablas:

Tabla 5. Razones de la valoración del taller.

Razones de la valoración	Porcentaje de respuestas	
	3º ESO	4º ESO
Han sido divertidos	41,1%	37,7%
Me han parecido interesantes	33,3%	23,8%
Hemos aprendido cosas nuevas	2,3%	6,2%
Han sido espectaculares	2,3%	15,4%
Porque nos han dado caramelos	10,9%	1,5%
Porque nunca lo habíamos visto	3,2%	3,8%
En blanco	6,8%	11,5%

Así mismo, la presentación realizada por los monitores y su actuación es muy bien valorada por los participantes que en una escala de 1 a 4 le dan una puntuación de 3,74 puntos. Llama la atención el poco porcentaje de participantes (entre 2% y 6%) que indica que “hemos aprendido cosas nuevas”. Sin embargo, los participantes tenían que elegir el aspecto más importante y muchos de ellos manifestaron en entrevistas informales que sí contemplan que han aprendido “cosas nuevas” pero lo incluyen en las categorías de “interesantes” o “divertidos”.

Se puede concluir que los estudiantes han valorado la participación en el Taller como muy satisfactoria, y la actitud y las explicaciones de los monitores como muy positivas.

¿Cómo entiende la Ciencia y sus objetivos los estudiantes asistentes al Taller?

Se analiza en este apartado, en primer lugar, las visiones de los estudiantes sobre la Ciencia y su actitud hacia ella. En segundo lugar, la influencia que ha podido tener el Taller en esas visiones y en comparación con la visión que les ha proporcionado la enseñanza formal.

Los resultados de la tabla 6 muestran que los estudiantes conciben la Ciencia como un elemento de la cultura contemporánea (ítem 2) que mejora nuestra comprensión sobre el mundo (ítem 1) y que se centra fundamentalmente en nuestro entorno material (ítem 5) y en su transformación (ítem 4). Si consideramos que en una escala de 1-4, la puntuación 2,5 indica una posición equidistante y no definida respecto a la afirmación propuesta, los resultados indican que los estudiantes tienden a tener una visión positiva de la Ciencia y relacionada con el entorno material. Cuando son preguntados sobre aspectos concretos que suelen ser presentados como causados por la Ciencia (no por su intencionada utilización) con sentido negativo, los estudiantes presentan una actitud no definida (ítems 3 y 6). Si se tienen en cuenta los datos de todos los ítems, aunque los ítems 3 y 6 expresan una situación neutra, se puede observar una visión positiva de los estudiantes sobre la ciencia. Los resultados obtenidos muestran diferencias con otros estudios realizados sobre el interés de los estudiantes hacia la ciencia realizados en un contexto formal. En otros estudios el interés de los estudiantes por la ciencia y su estudio suele ser bajo (Solbes, Montserrat y Furió, 2007). Los resultados obtenidos en este trabajo podrían deberse al contexto de Taller Experimental donde se realiza la encuesta. Estudios recientes indican que diferentes contextos pueden influenciar las decisiones y opiniones de los estudiantes. Cuando los estudiantes se enfrentan a problemas relacionados con la ciencia y la sociedad, aparecen interacciones entre el contexto y las opiniones personales (Sadler y Zeidler, 2004). Además, el estudio se ha realizado en una muestra de Ikastolas situadas en zonas industriales con una tradición de trabajo tecnológico en las empresas que muestra la utilidad de la ciencia y la tecnología en la economía de las familias.

Tabla 6. Grado de acuerdo (1 a 4 puntos) de los estudiantes con las afirmaciones propuestas.

Afirmaciones	Puntuación media (desviación estándar)	
	3º ESO (N= 164)	4º ESO (N= 125)
1.- La Ciencia ayuda a comprender mejor el mundo en que vivimos	3,2 (0,2)	3,4 (0,2)
2.- La Ciencia y la Tecnología forman parte de la cultura de nuestro tiempo, como la Literatura y la Historia	3,2 (0,2)	3,3 (0,6)
3.- La Ciencia y la Tecnología es la causante de la contaminación	2,5 (0,3)	2,5 (0,6)
4.- La Ciencia se ocupa de las transformaciones de la materia	3,3 (0,2)	3,3 (0,4)
5.- La Ciencia y la Tecnología proporcionan soluciones a los problemas de nuestro entorno	3,1 (0,2)	3,1 (0,3)
6.- La Ciencia y la Tecnología transforman el cultivo de los alimentos y esto no es bueno para la salud	2,5 (0,4)	2,8 (0,6)

La segunda parte del cuestionario quiere indagar sobre la incidencia del Taller en la opinión de los estudiantes sobre la Ciencia y en su interés hacia su estudio. Los resultados obtenidos se indican en la tabla 7. Por un lado, los datos muestran que las actividades del Taller han tenido una influencia positiva respecto a la imagen de la Ciencia (ítem 1; 3,11 y 3,22) y hacia su interés por ella (ítem 2; 3,34 y 3,32) aunque esta influencia no llega a que se planteen un cambio en sus opciones de estudio de la ciencia (ítem 4; 2,62 y 2,85). Este resultado era de esperar ya que es poco probable que una sola acción lleve a cambiar decisiones largo tiempo meditadas. Sin embargo, en los estudiantes de 4º de la ESO que son los que tienen que tomar la decisión para sus estudios de bachillerato la puntuación de 2,85 marca una tendencia a que el Taller les ha hecho pensar sobre el tema.

Tabla 7. Grado de acuerdo (1 a 4 puntos) de los estudiantes con las afirmaciones propuestas.

Afirmaciones	Puntuación (desviación estándar)	
	3º ESO (N= 164)	4º ESO (N= 125)
1.- El taller ha contribuido a aumentar mi interés por la Ciencia y la Tecnología	3,1 (0,4)	3,2 (0,3)
2.- El Taller ha contribuido a tener una imagen de la Ciencia más positiva	3,3 (0,2)	3,3 (0,5)
3.- Me resulta difícil relacionar la imagen de la Física y de la Química que se da en el Taller y la que he percibido en clase	2,5 (0,5)	2,6 (0,5)
4.- Me ha hecho plantearme la posibilidad de elegir la asignatura de Física y Química en mis estudios	2,6 (0,3)	2,9 (0,5)
5.- En la Física y la Química de clase es más importante memorizar fórmulas que comprender y ver las aplicaciones	3,0 (0,3)	3,0 (0,5)

Respecto a la comparación entre la imagen de la Ciencia en la enseñanza formal y en el Taller, los resultados indican que los estudiantes no ven contradicciones entre ambos contextos (ítem 3; 2,5 y 2,6). Sin embargo, los datos indican que los estudiantes entienden que los objetivos principales del aprendizaje de las ciencias en el contexto de enseñanza formal y en el Taller son algo diferentes (ítem 5; 3,0 y 3,0). En el contexto formal se tiende más a aprender fórmulas que a comprender fenómenos.

¿Han aprendido los estudiantes las ideas clave que posibilitan la comprensión de las experiencias del Taller?

El aprendizaje de los estudiantes se refiere a la comprensión de ideas clave de los experimentos propuestos en el taller. Así mismo, se pretende que los estudiantes relacionen los contenidos científicos del Taller con aplicaciones científico-técnicas de utilidad para mejorar las condiciones de vida. Se muestran los resultados del Taller por nivel de enseñanza (Tabla 8).

Tabla 8. Respuestas dadas al cuestionario en porcentaje. Se indican con asterisco las respuestas correctas para cada cuestión.

Respuesta	Cuestiones (Anexo 1) y porcentaje de respuestas (%)											
	G1 (Nadador bucea)		G2 (Agua de un pozo)		M1 (Def. polímero)		M2 (Dibujo moléculas polímero)		M3 (Dibujo combinación química)		M4 (Def. Reacción química)	
	3º	4º	3º	4º	3º	4º	3º	4º	3º	4º	3º	4º
A	16,9	13,5	11,8	16,9	18,8	8,5	15,6	13,3	37,8*	30,4*	0,0	9,0
B	3,4	4,2	35,3*	38,6*	68,8*	38,3*	53,3*	46,7*	42,7*	40,2*	43,8*	27,0*
C	6,8	10,4	7,8	9,6	0,0	8,5	6,7	5,6	9,8	8,9	6,3	16,0
D	71,2*	61,5*	31,4	20,5	0,0	10,6	22,2	25,6	1,2	2,7	50,0*	28,0*
E	0,0	2,1	0,0	1,2	12,5	23,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0
NC	1,7	8,3	13,7	13,3	0,0	10,6	2,2	8,9	8,5	17,9	0,0	8,0

Las tendencias de respuesta para cada cuestión observada en las explicaciones se comentan a continuación. No obstante hay que manejar con prudencia los datos obtenidos ya que, debido a las condiciones lúdicas en que se realizó el taller, en algunas cuestiones alrededor del 30%-40% de los estudiantes no explican la elección que han realizado o lo hacen de forma inconsistente.

En la cuestión G1 (“Nadador”) se observa una buena comprensión del fenómeno. Más del 60% de las respuestas en ambos niveles explican que *“hay mayor presión debido al mayor peso del agua”*. Otras respuestas evidencian experiencias cotidianas sin argumentación científica, por ejemplo, *“al sumergirse en el agua aumenta la presión en los oídos”*. Así mismo, alrededor del 30% no indican ninguna explicación al seleccionar la respuesta. Algunos estudiantes eligen opciones, como la A, que justifican con argumentos de “sentido común” como *“Por la presión siento dolor en los oídos”*.

En la cuestión G2 (“Agua de un pozo”) se observa que algo más de un tercio de las respuestas indican correctamente que *“si baja la presión en un extremo del tubo, para igualar la diferencia de presión el agua sube”*. Sin embargo, el 40% de los que marcan la respuesta correcta no la explican. Así pues, aunque la opción correcta B es la más elegida (35,3%), no se puede afirmar que sea la explicación correcta, la mayoritaria. La opción D es elegida por un 21% de los estudiantes de 4º ESO que incluye una explicación con términos científicos pero con un razonamiento erróneo. El resto contestan otras opciones. Algunos ejemplos de justificación de respuesta se indican a continuación:

“Al disminuir la presión atmosférica, el agua asciende debido a que el vacío le absorbe y por tanto sube” (opción B)

“Al disminuir la presión el agua se dirige en esa dirección” (opción B)

La cuestión M1 contiene una definición declarativa del concepto de polímero y es contestada por una mayoría de estudiantes de 3º ESO (69%) y por casi el 40% de los de 4º ESO. En el caso de los estudiantes de 4º ESO alrededor del 20% optan por una descripción fenomenológica (opción E) relacionada con los experimentos que han visto pero que no implica una definición científica en el sentido de norma general independiente del contexto.

En la cuestión M2 (dibujo molécula de polímero a nivel micro) se observan dos tipos de explicaciones. La opción correcta elegida por casi la mitad de las respuestas y que explican que el polímero se caracteriza por tener moléculas muy grandes. El otro razonamiento más frecuente (alrededor de un cuarto de las respuestas) se basa en elegir la opción D, al considerar que la molécula debe ser cerrada o con muchos “enlaces”. Algunos ejemplos se indican a continuación:

“Es la opción B ya que aparecen muchas moléculas enlazadas entre sí”

“Es la opción D porque es la molécula más grande”

“Es la opción B porque es la molécula que más se repite”

En la cuestión M3 (reacción química nivel microscópico) más de un tercio de las respuestas de los estudiantes indican que “en una reacción química, se unen dos moléculas diferentes y se crea una nueva” eligiendo las opciones A y B. Algunos eligen sólo la opción B (11%) ya que consideran que en la opción A “no sucede en toda la reacción química” porque quedan moléculas de reactivo sobrante. Por ejemplo: “la reacción química es solo la B ya que en la A es incompleta. No todas las moléculas cambian”.

En la pregunta M4 (reacción química a nivel macroscópico) las opciones correctas B y D son ampliamente elegidas. En prácticamente todas las respuestas los participantes utilizan argumentos basados en que las sustancias iniciales y finales son “diferentes”. Por ejemplo: “Al quemar un papel cambia el tipos de sustancias, de papel a cenizas. Pero en el caso del agua de mar no sucede así. Al principio tenemos agua y sal y al final las mismas sustancias pero separadas”.

En resumen, se puede decir que las opciones que muestran una comprensión de las ideas claves que explican científicamente los experimentos del Taller son elegidas por un porcentaje significativo de estudiantes. Aunque en términos absolutos sólo son mayoritariamente correctas las respuestas a los ítems G1, M1 y M2, para todos los ítems, excepto G2, las respuestas correctas son las mayoritariamente elegidas. Los resultados indican que el nivel de instrucción no influye en la comprensión de las ideas clave. Incluso en algunas cuestiones hay diferencias de porcentajes en la opción correcta a favor del nivel de instrucción más bajo (3º ESO). Esto puede deberse a que los contenidos a comprender no están incluidos en el curriculum (experimentos de Polímeros) o sólo se habían descrito las definiciones de los conceptos sin la aplicaciones concretas del Taller (experimentos de Gas y Presión).

Conclusiones y futuras perspectivas

El proyecto Zientzia live! descrito en este trabajo tiene como objetivo alfabetizar científicamente a los participantes en un contexto escolar. El formato de los talleres que se realizan es propio de un contexto no formal (no sometido a un curriculum y sin evaluación formal). El proyecto trata de atender a la necesidad mostrada por la bibliografía de introducir formatos de enseñanza no formal en el contexto escolar. En este sentido el proyecto se diferencia de otros trabajos que muestran talleres y experimentos en museos, centros y ferias de Ciencias.

La primera pregunta de la investigación tiene como objetivo analizar el tipo de estrategias didácticas que se utilizan en el Taller. Los resultados muestran que las estrategias no siguen un formato que esté incluido en los marcos teóricos más representativos de la enseñanza formal como la transmisión de conocimiento o las estrategias de tipo constructivista que buscan una interacción diseñada. Los resultados obtenidos de la observación de los monitores del Taller indican que la actuación del monitor/a consiste mayoritariamente en aportar información y a posteriori, plantea alguna cuestión relativa a dicha información, pero que sirve para transmitir las explicaciones de los fenómenos que se viven en directo. Los resultados están de acuerdo con otras investigaciones en contextos no formales que muestran la insuficiencia de las estrategias de la enseñanza formal para realizar intervenciones educativas en contextos no formales y las dificultades de metodologías excesivamente intervencionistas o con alto grado de inferencia (NRC, 2009). Esta investigación no ha tratado de analizar y cambiar la formación de los monitores. Es un aspecto del proceso de la acción educativa que ha quedado fuera de las preguntas de investigación. No obstante es un aspecto que puede ser crucial a la hora de la motivación y el aprendizaje, y pensamos que en futuros trabajos tendremos que analizar la formación de monitores y su impacto en la acción educativa.

Los recursos didácticos utilizados en el Taller obtienen buenos resultados en relación al interés de los estudiantes por la ciencia y por su estudio (segunda pregunta de investigación). Los participantes diferencian entre los objetivos de la enseñanza formal y del taller (ítem 5 de la tabla 7). Frecuentemente, los profesores utilizamos la clase de ciencias con un objetivo principalmente propedéutico y de transmisión de conceptos (Furio et al. 2001), mientras que el taller presentado en este estudio pretende que los estudiantes comprendan las aplicaciones de la ciencia y desarrollen actitudes favorables hacia la Ciencia. Sin embargo, este hecho no les produce contradicción entre la imagen de la ciencia proporcionada por la enseñanza formal y el taller (ítem 3 de la tabla 7). Parece que los estudiantes tienen asumido los diferentes objetivos de la enseñanza escolar de las ciencias y del taller. Esto es preocupante ya que parecen atribuir a la ciencia escolar un papel exclusivamente académico descontextualizado de la sociedad y de su papel humanístico. A diferencia de trabajos previos, los resultados muestran que los estudiantes tienen una buena imagen de la ciencia. Esto podría explicarse por el contexto del Taller en el que ha realizado el cuestionario y la tradición industrial del País Vasco.

La aportación más original de este trabajo es su intento de analizar la alfabetización científica entendida como la comprensión de ideas clave que permite a los asistentes dar una explicación científica a los experimentos observados, y el fomento de actitudes positivas hacia la ciencia. Los resultados obtenidos son esperanzadores. Aunque se ha utilizado una metodología estándar en las investigaciones en contextos no-escolares (post-test y cuestionarios múltiples) es necesario advertir de las limitaciones de esta metodología de investigación que muchas veces se adapta a las limitaciones que se producen en un contexto de enseñanza/aprendizaje voluntario y no estructurado. En futuros trabajos será necesario introducir metodologías cualitativas que permitan una interacción en profundidad en los contextos no formales. Pensamos que es necesario redefinir metodologías de investigación que ya están en uso e introducir otras nuevas con imaginación. Por último, nos gustaría ser capaces de tutorizar procesos a largo plazo (no un taller o una visita que duran una o dos horas) y encontrar cómo los diferentes medios y ambientes colectivamente afectan el nivel del conocimiento de la gente.

Referencias bibliográficas

American Association for the Advancement of Science (AAAS) (1967). *Science- A process approach*. Washington DC: Ginn.

- Acevedo, P.; Paixão, M. F., y Manassero, M. A. (2005). Naturaleza de la ciencia y educación científica para la participación ciudadana. Una revisión crítica. *Eureka*, 2(2), 121-140.
- Banks, J.A., Au, K.H., Ball, A.F., Bell, P., Gordon, E.W., Gutiérrez, K., Heath, S.B., Lee, C.D., Lee, Y., Mahiri, J., Nasir, N.S., Valdes, G., and Zhou, M. (2007). *Learning in and out of school in diverse environments: Lifelong, life-wide, life-deep*. Seattle: Center for Multicultural Education, University of Washington.
- Bybee, R. (1997). Toward an Understanding of Scientific Literacy. En Graeber, W. y Bolte, C. (Eds.). *Scientific Literacy*. Kiel: IPN.
- Curriculum Vasco. [Departamento de Educación, Universidades e Investigación. Gobierno Vasco](#).
- Furió, C., Vilches, A., Guisasola, J. y Romo, V., (2001) Finalidades de la enseñanza de las ciencias en la secundaria obligatoria. ¿alfabetización científica o preparación propedéutica? *Enseñanza de las Ciencias* 19(3), 365-376
- Furió, C., Dominguez, M.C. y Guisasola, J. (2012). Diseño e implementación de una secuencia de enseñanza para introducir los conceptos de sustancia y compuesto químico. *Enseñanza de las Ciencias*, 30(1), 113-128.
- Gardner, P.L. (1975) Attitudes to Science: A review. *Studies in Science Education* 2, 1-41.
- Guisasola, J. y Morentin, M. (2007) “¿Qué papel tienen las visitas escolares a los museos de ciencias en el aprendizaje de las ciencias? Una revisión de las investigaciones”. *Enseñanza de las Ciencias*, 25 (3), 439-452.
- Hierrezuelo, J. y Montero A. (1991) *La ciencia de los alumnos*. Malaga: Editorial Elzevir.
- Hodson, D. (2008). *Towards scientific literacy: A teachers' guide to the history, philosophy and sociology of science*. Rotterdam/Taipei: Sense Publishers.
- Kortland, J., *Context-based science curricula: Exploring the didactical friction between context and science content*. [Paper presented at the ESERA Conference 2007](#), Malmo. Sweden), August 2007.
- Leach, J. y Scott, P. (2003), Individual and sociocultural views of learning in science education, *Science & Education*, 12(1), 91-113.
- Membiola, P. (1997). Alfabetización científica y ciencia para todos en la educación obligatoria. *Alambique*, 13, 37-44.
- National Research Council [NRC], (2009). *Learning Science in informal Environment: People, Places and Pursuits*. Washintong, DC: National Academy Press.
- Osborne, J. y Dillon, J. (2007). Research on Learning in informal contexts: Advancing the field? *International Journal of Science Education*, 29(12), 1441-1445.
- Osborne, J. & Dillon, J. (2008). *Science education in Europe: Critical reflections*. London: The Nuffield Foundation.
- Osborne, J., Simon, S. and Collins, S. (2010) Attitudes towards science: A review of the literature and its implications, *International Journal of Science Education* 25, 1049-1079.
- Pella, M.O., O'Hearn, G.T., & Gale, C.W. (1966). Referents to scientific literacy. *Journal of Research in Science Teaching*, 4, 199-208.
- Rennie, L.J. (2008) Learning science outside of school. In S.K. Abell & N.G. Lederman (Eds.) *Handbook of Research on Science Education*, 125-167.

- Roberts D.A., (2007). Scientific literacy/science literacy. In S.K. Abell & N.G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 729-780). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Sawada, D., Piburn, M., Judson, E., Turley, J., Falconer, K., Benford, R., et al. (2002). Measuring reform practices in science and mathematics classrooms: The Reformed Teaching Observation Protocol. *School Science and Mathematics*, 102(6), 245–253
- Sadler, & Zeidler, D. L. (2004). The morality of socioscientific issues: Construal and resolution of genetic engineering dilemmas. *Science Education*, 88(1), 4-27.
- Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L. O., Acher, A., Fortus, D., Shwartz, Y., Hug, B., y Krajcik, J. (2009). Developing a learning progresión for scientific modeling: Making scientific modeling accesible and meaningful for learners, *Journal of Research of Science Teaching* 46(6), 632-654).
- Scott, P. y Ametller, J. (2007). "Teaching science in a meaningful way: striking a balance between 'opening up' and 'closing down' classroom talk.". *School Science Review*, 88(324), 77-83.
- Simpson, R.D., Koballa, Jr.,T.H., Oliver, J.S. and Crawley F.E. (1994), *Research on the affective dimension of Science Learning*. Gabel (Ed.) *Handbook of Research on Science Teaching Teaching and Learning*. New York: McMillan Publishing Company
- Solbes, J Montserrat, R. y Furió, C. (2007). El desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 21, 91-117.
- Spitulnik, M.W., Krajcik, J., y Soloway, E. (1999). Construction of models to promote scientific understanding. In W. Feurzeig & N. Roberts (Eds.), *Modeling and simulation in science and mathematics education* (pp. 70–94). New York: Springer-Verlag.
- Tal, T. y Morag, O. (2007) School visits to natural history museums: Teaching or Enriching? *Journal of Research of Science Teaching*, 44(5), 747-769.
- Vázquez, A., Acevedo, J. A. y Manassero, M. A. (2005). Más allá de una enseñanza de las ciencias para científicos: hacia una educación científica humanística. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4 (2).
- Vazquez, A. y Manassero M.A. (2012) La selección de contenidos para enseñar naturaleza de la ciencia y tecnología (parte 1): Una revisión de las aportaciones de la investigación didáctica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 9(1), 2-31.
- Wellington, J. (1990). Formal and informal learning in science: the role of the interactive science centres. *Physics Education*, 25, 247-252.

Anexo 1.- Cuestionario sobre conocimientos científicos incluidos en los modelos científicos utilizados en el Taller

Se indica en cursiva las explicaciones correctas

1. Módulo “Gas y Presión”

Cuestión G1.(Conocimientos implicados: C4 y C5)

Un nadador se sumerge en el mar para alcanzar una pequeña piedra brillante que se encuentra a 12 metros de profundidad. Conforme va bajando notará que sus oídos:

- A.- Comienzan a dolerle debido a la bajada de temperatura en el fondo del mar.
- B.- Se cierran los oídos porque no está en el vacío sino en el agua
- C.- Se cierran y le duelen debido a que ha pasado de estar rodeado de aire a estar rodeado de agua
- D.- Sus oídos se cierran debido a que cada vez tiene mayor cantidad de agua sobre su cabeza y esto hace aumentar la presión que le rodea.*
- E.- Otra posibilidad

Explica tu elección:

Cuestión G2. (Conocimientos implicados: C2)

Un agricultor quiere extraer agua de un pozo que se encuentra a 45 metros de profundidad y para ello utiliza una “bomba de vacío”. La máquina funciona de la siguiente manera:

- A.- Proporciona fuerza de absorción para hacer subir el agua
- B.- Realiza vacío en el tubo de forma que el agua sube debido a la diferencia de presión entre el tubo y la presión atmosférica*
- C.- Proporciona fuerza para quitar la presión atmosférica
- D.- Realiza vacío en el tubo que hace que el agua escape hacia zonas de mayor presión porque al variar la presión aumenta el volumen
- E.- Otra posibilidad

Explica tu elección:

2. Módulo “Materiales”

Cuestión M1.(Conocimientos implicados: C1)

Los polímeros son:

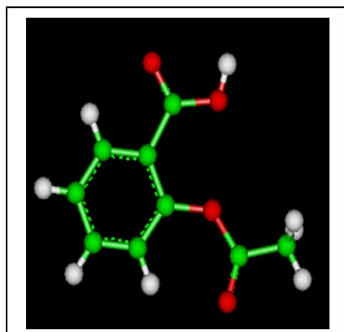
- A.- Materiales químicos fabricados por el hombre
- B.- De tamaño muy grande*
- C.- Los plásticos derivados del petróleo
- D.- Materiales que pueden cambiar de forma y color
- E.- Otra respuesta

Explica tu elección:

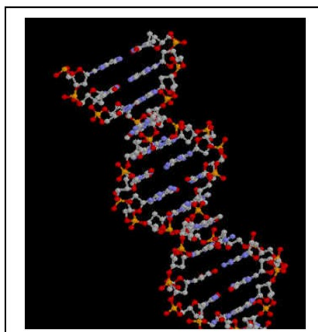
Cuestión M2. (Conocimientos implicados: C1 y C2)

Indica cuál de las figuras representa la estructura molecular de un polímero y explica tu respuesta:

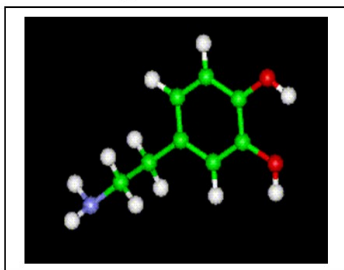
A.-



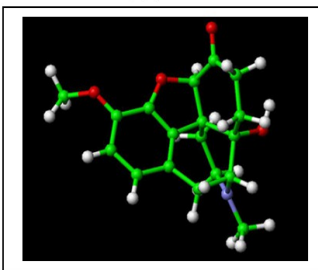
B.-



C.-



D.-

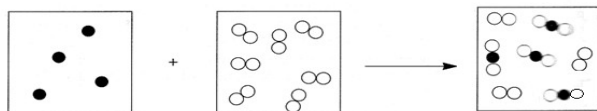


Explica tu elección:

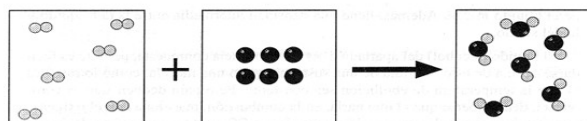
Cuestión M3 (Conocimientos implicados: reacción química a nivel microscópico)

En el Taller hemos visto como se combinaban diferentes sustancias químicas para dar otras nuevas; es lo que se denomina reacción química. En las figuras cada bolita o conjunto de figuras representa el átomo o la molécula de una sustancia química. Indica cuales de las figuras representan una reacción química y explica tu respuesta:

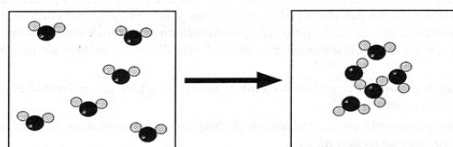
A.-



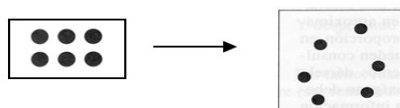
B.-



C.-



D.-



Explica tu elección:

Cuestión M4. Conocimientos implicados: reacción química a nivel macroscópico)

Indica cuales de los procesos que se mencionan a continuación son procesos químicos:

A.- Fusión del hielo

B.- *Quemar un trozo de papel*

C.- Evaporación del agua de mar para la obtención de sal.

D.- *Oxidación de una verja de hierro*

E.- La preparación del Cola-Cao con leche en el desayuno

Explica tu elección: