

Facultad de Filosofía y Ciencias de la Educación

Máster en Formación del Profesorado de Educación Secundaria

Especialidad Física y Química



Trabajo Fin de Máster

Evaluación de los conocimientos de cosmología
en secundaria y de una propuesta para
su enseñanza y aprendizaje.

Inmaculada Moya Torregrosa

Tutor: Rafael Palomar Fons
Curso académico 2018/2019

Resumen

Los objetivos de este trabajo son conocer las dificultades de aprendizaje de la cosmología en el alumnado de Secundaria y realizar propuestas de intervención en clase para mejorar esta situación. Para la primera parte se ha realizado un cuestionario a 153 estudiantes distribuidos en los 6 cursos que abarca la educación Secundaria y se han analizado los resultados, mostrando que los estudiantes no entienden los conceptos más básicos de la cosmología. Para el segundo objetivo se ha diseñado un programa de actividades que se ha llevado a cabo en 2º y 4º E.S.O. y, dos semanas después, estos dos cursos han vuelto a hacer el cuestionario. El análisis de estos datos ha revelado que la propuesta ha sido eficaz, mostrando una mejora significativa en prácticamente todos los ítems entre el pre-test y el post-test.

Por tanto, los resultados arrojados han sido claros: la cosmología despierta un gran interés en el alumnado, pero en nuestras aulas esta es una materia olvidada.

Palabras clave: cosmología, aprendizaje, objetivos y dificultades, propuesta de enseñanza.

Resum

Els objectius d'aquest treball són conèixer les dificultats d'aprenentatge de la cosmologia en l'alumnat de Secundària i realitzar propostes d'intervenció en classe per tal de millorar aquesta situació. En la primera part s'ha realitzat un qüestionari a 153 estudiants distribuïts en els 6 cursos que abarca l'educació Secundària i s'han analitzat els resultats, mostrant que els estudiants no entenen els conceptes més bàsics de la cosmologia. En el segon objectiu s'ha dissenyat un programa d'activitats que s'ha dut a terme en 2º y 4º E.S.O. i, dos setmanes després, aquests dos cursos han tornat a fer el qüestionari. L'anàlisi d'aquestes dades ha revelat que la proposta ha sigut eficaç, mostrant una millora significativa en pràcticament tots els ítems entre el pre-test i el post-test.

Per tant, els resultats obtinguts han sigut clars: la cosmologia desperta un gran interès en l'alumnat, però en les nostres aules aquesta és una matèria oblidada.

Abstract

The goals of this work are to know the learning difficulties of cosmology in Secondary-education students and to make intervention proposals in class to improve the current situation. For the first part 153 students have fulfilled a questionnaire distributed in the 6 courses that covers Secondary-education and the results have been analyzed, showing a lack of understanding regarding the most basic concepts of cosmology. For the second objective a program of activities has been designed that has been carried out in 2nd and 4th E.S.O. and, two weeks later, these two courses have fulfilled the questionnaire again. The analysis of these data has revealed that the proposal has been effective, showing a significant improvement in practically all the items between the pre-test and the post-test.

Therefore, the results have been clear: cosmology arouses great interest in students, but in our classrooms this is a forgotten subject.

Índice

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1. Introducción | 4 |
| 1.1. Problema e interés de la situación | 4 |
| 1.2. Objetivos del estudio | 4 |
| 1.3. Organización de la memoria | 5 |
| 2. Marco teórico y fundamentación de hipótesis | 5 |
| 2.1. Objetivos y dificultades | 5 |
| 2.2. Contenidos referenciados en el currículo | 9 |
| 2.3. Hipótesis principales de trabajo | 11 |
| 3. Hipótesis 1: diseño experimental y metodología | 11 |
| 4. Presentación y análisis de resultados de la observación | 15 |
| 4.1. Categorización de los ítems y porcentajes obtenidos | 15 |
| 4.1.1. Ítem 1: ¿Qué estudia la cosmología? | 16 |
| 4.1.2. Ítem 2: ¿La cosmología es la misma ciencia que la astronomía? | 16 |
| 4.1.3. Ítem 3: ¿Crees que es importante el estudio de la cosmología? | 17 |
| 4.1.4. Ítem 4: Cita tecnologías que hayan contribuido al desarrollo de la cosmología. | 18 |
| 4.1.5. Ítem 5: ¿El universo se está expandiendo, contrayendo o es estático? | 19 |
| 4.1.6. Ítem 6: Explica e ilustra qué es la Teoría del Big Bang. | 21 |
| 4.1.7. Ítem 7: ¿El universo tiene centro? | 22 |
| 4.1.8. Ítem 8: ¿Desde un punto del universo veríamos más galaxias que en otro? | 23 |
| 4.1.9. Ítem 9: ¿El universo contiene algún tipo de materia o energía que desconozcamos? | 24 |
| 4.2. Significación estadística al pasar de un curso al siguiente | 25 |
| 5. Hipótesis 2: diseño experimental y propuesta de actividades | 27 |
| 5.1. Propuesta de enseñanza: objetivos trabajados en los bloques del currículo de Secundaria | 27 |
| 5.2. Intervención en clase: programa de actividades | 29 |
| 6. Presentación y análisis de resultados después de la intervención | 35 |
| 6.1. Significación estadística entre el pre-test y el post-test en 2º y 4º E.S.O. | 36 |
| 6.2. Análisis de las tablas de contingencia | 37 |
| 6.2.1. Ítem 1: ¿Qué estudia la cosmología? | 37 |
| 6.2.2. Ítem 2: ¿La cosmología es la misma ciencia que la astronomía? | 38 |
| 6.2.3. Ítem 3: ¿Crees que es importante el estudio de la cosmología? | 39 |
| 6.2.4. Ítem 4: Cita tecnologías que hayan contribuido al desarrollo de la cosmología. | 39 |
| 6.2.5. Ítem 5: ¿El universo se está expandiendo, contrayendo o es estático? | 40 |
| 6.2.6. Ítem 6: Explica e ilustra qué es la Teoría del Big Bang | 41 |
| 6.2.7. Ítem 7: ¿El universo tiene centro? | 42 |
| 6.2.8. Ítem 8: ¿Desde un punto del universo veríamos más galaxias que en otro? | 43 |
| 6.2.9. Ítem 9: ¿El universo contiene algún tipo de materia o energía que desconozcamos? | 44 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| 6.3. Representación de los porcentajes de respuestas incorrectas | 45 |
| 7. Conclusiones y perspectivas | 46 |
| Referencias | 48 |
| A. Apéndice A: Subcategorías de cada ítem y porcentajes post-test | 50 |
| B. Apéndice B: Tablas con los porcentajes del pre-test y el post-test | 55 |
| C. Apéndice C: Diapositivas de la intervención en clase | 57 |

1. Introducción

1.1. Problema e interés de la situación

El universo es el gran misterio que ha cautivado a la humanidad desde sus orígenes. Grandes preguntas escondidas en la inmensidad, tan trascendentales que aún hoy nos resultan impactantes. Las mismas que se hicieron nuestros antepasados son las que hemos planteado a 153 estudiantes de secundaria para realizar este estudio.

La cosmología no es la única rama desatendida en nuestras aulas, pero sí podríamos decir que es una de las menos estudiadas por la didáctica. En astronomía son varias las investigaciones que se han dedicado a estudiar lo que el alumnado desconoce, aunque la mayoría se centra en conceptos muy básicos como el sistema Tierra-Sol-Luna (Dove, 2002) y desatienden gran parte del temario, como pueden ser las cuestiones que van más allá o las aportaciones más recientes.

Otros estudios se centran en la formación del profesorado, desvelando que no es la adecuada en estos temas (Vega Navarro, 2001). Para entender incluso los conceptos más básicos es necesario tener amplios conocimientos de física avanzada, por lo que esta carencia de muchos docentes se traduce en obviar la cosmología y olvidarnos de que el alumnado la entienda, o en ideas alternativas que transmiten a los estudiantes (Mulholland y Ginns, 2008).

Todos estos factores se ven acompañados por el desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de las ciencias, especialmente de las más técnicas como puede ser la física (Solbes, Montserrat y Furió (2007), Lima, Lang y Ostermann (2012)). La ausencia de las relaciones CTSA en las aulas genera actitudes del alumnado más negativas y distantes respecto de la ciencia porque la imagen que les llega es descontextualizada (Solbes y Vilches, 1997). Por tanto, la introducción de actividades CTSA y de historia de las ciencias contribuirían a mejorar esta actitud y aumentaría el interés de los estudiantes.

Es evidente que hay numerosas razones que nos llevan a esta situación. Siguiendo con las conclusiones que ya presentan algunas investigaciones (Solbes (2011), García y Martínez (2014)), queremos mejorar esta dinámica y enseñar la ciencia a nuestro alumnado de forma motivadora y realista. Por todo ello nos preguntamos: ¿Qué conocimientos tiene el alumnado de secundaria sobre las cuestiones básicas de cosmología? ¿Pueden mejorarse estos conocimientos a partir de una instrucción en el aula?

1.2. Objetivos del estudio

A lo largo de este estudio se han analizado los conocimientos de cosmología que tiene el alumnado en cada uno de los cursos de secundaria con tres fines claros.

El primero es averiguar cuáles son las dificultades que presenta el alumnado y valorar cuál es el nivel del conocimiento sobre cosmología que tienen a lo largo de los diferentes niveles de secundaria.

El segundo es revisar los contenidos curriculares en el currículum de secundaria referentes a esta ciencia y, basándonos en los resultados obtenidos de los cuestionarios, integrar nuevos conocimientos de cosmología divididos por curso para que en cada etapa el alumnado pueda mejorar su aprendizaje respecto de esta.

El tercero es verificar que, con una intervención en clase, el nivel de los cuestionarios mejora considerablemente.

1.3. Organización de la memoria

La estructura del trabajo es la siguiente:

En la sección 2 desarrollamos el marco teórico en el que se basa el estudio y describimos el problema con el que nos encontramos cuando pretendemos analizar los conocimientos de cosmología del alumnado a lo largo de la enseñanza secundaria. De este modo podemos concretar nuestros objetivos y las dificultades con las que esperamos encontrarnos. A partir de esto, planteamos las dos hipótesis con las que vamos a trabajar a lo largo del trabajo.

La sección 3 incluye el diseño experimental con el que queremos contrastar nuestra hipótesis y la metodología que hemos seguido para ello. Los resultados para verificar esta primera hipótesis se discuten en la sección 4.

En la sección 5 desarrollamos nuestra segunda hipótesis describiendo la propuesta de actividades que hemos realizado para que la cosmología tenga su hueco en las aulas y los estudiantes obtengan unos conocimientos básicos, así como una posible división por cursos de los contenidos que consideramos necesarios. El correspondiente análisis de los resultados se presenta en la sección 6, donde estudiamos los resultados obtenidos después de la instrucción para el alumnado de 2º y 4º de E.S.O.

Sintetizamos las conclusiones más relevantes en la sección 7 y, finalmente, incluimos los apéndices A, B y C. En el primero se incluyen las subcategorías desglosadas para cada uno de los ítems del cuestionario que se ha diseñado, en el segundo se añaden las tablas con porcentajes que muestran las mejoras obtenidas después de la intervención y el tercero incluye las transparencias utilizadas en clase para llevar a cabo el programa de actividades.

2. Marco teórico y fundamentación de hipótesis

2.1. Objetivos y dificultades

La relación entre la didáctica y la psicología es muy estrecha. En el área de investigación que nos ocupa, ambas disciplinas tratan el mismo problema desde distintas perspectivas (Pozo, 1993). Por un lado la didáctica estudia el conocimiento disciplinar específico y a partir de ahí va construyendo eslabones más grandes, mientras que por el otro la psicología plantea los aspectos más generales de dicha cuestión. Ambos caminos se encuentran en la mente del alumnado y su entendimiento de las ciencias.

Son muchas las investigaciones que a lo largo de los años han tenido como objetivo conocer mejor los procesos psicológicos, fundamentalmente cognitivos, relacionados con el pensamiento crítico o la resolución de problemas. El aprendizaje de la ciencia es un camino complejo que se completa avanzando desde diferentes puntos, "*El alumno ha de adquirir nueva información, reorganizar el conocimiento existente e incluso abandonar ideas profundamente asumidas*", (Hewson, 1981).

El aprendizaje cognitivo es el que utilizamos para entender la ciencia, puesto que es el que nos permite realizar la adquisición conceptos y estrategias de aprendizaje (Solbes, 2009). Hay muchas posibilidades de interacción conceptual involucradas en este tipo de aprendizaje, en algunas cambian los conceptos previos y en otras la nueva información. Algunas de las más relevantes son las siguientes:

- *Asimilación*. Nuestros esquemas previos permiten incorporar la información nueva directamente a nuestro conocimiento, sin necesidad de realizar modificaciones en ella.

- *Deformación*. Los nuevos conceptos han de ser tratados y adecuados para integrarlos a nuestros conocimientos previos, de forma que todos encajen y puedan ser descritos en el

mismo esquema.

- *Reestructuración.* A veces el esquema de conocimiento que tenemos sobre algo determinado puede ser inadecuado. Por tanto, al aprender un nuevo concepto, podemos reorganizar o reestructurar la información previa para ajustarla mejor a la realidad y permitir incorporar el nuevo dato.

Para aprender cosmología, los estudiantes pasarán por estas interacciones y muchas más. El aprendizaje de esta ciencia implica trabajar contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales. De la misma forma que [Palomar y Solbes \(2015\)](#) lo plantean con la astronomía en su artículo, la cosmología también nos permite plantear actividades referentes a estos contenidos que ayudan a contextualizar la ciencia y tener una imagen más realista de la misma. De esta forma, su enseñanza se transforma en una pieza clave para la formación del alumnado como ciudadanos con pensamiento crítico y conocedores del mundo que les rodea.

Sin embargo, aunque las metas marcadas estén muy claras, son muchos los obstáculos que vamos a encontrar en este camino. Los estudiantes llegan a las clases con muchos conceptos erróneos sobre la ciencia en general y la cosmología en particular ([Kragh, 2013](#)). Es importante saber en qué se basan estas ideas deformadas y cuáles son las razones principales que llevan al alumnado a tenerlas con el fin de poder evitarlas y construir un conocimiento real y contextualizado ([Comins, 1998](#)):

- **Desinformación objetiva.** Todos recibimos continuamente información de fuentes muy diversas, como pueden serlo nuestros profesores, libros, familiares y demás. En muchas ocasiones tomamos esta información como cierta sin contrastarla adecuadamente y esto puede inducirnos a error, puesto que lo que nos llega ya está sesgado debido al procesamiento realizado por la fuente de la que lo recibimos. Especialmente los niños y adolescentes todavía no tienen un pensamiento crítico son los más propensos a asumir como ciertas este tipo de informaciones y entender que la naturaleza se explica así.

El Big Bang es un ejemplo perfecto de ello, puesto que suele aparecer en los libros de texto muy brevemente, dedicándole una línea y definiéndolo simplemente como una gran explosión. Este hecho (ver tabla [1](#), objetivo 4) puede inducir a confusión a nuestro alumnado, haciendo que no den una descripción real porque tienen un concepto erróneo de esta teoría.

- **Minimalismo mediático.** Las noticias científicas que recibimos a través de los medios de comunicación suelen ser muy sensacionalistas, dedicándose más a captar nuestra atención que a mostrar lo importante. Con esto, lo que conseguimos es incorporar la información incompleta y las conclusiones que podemos sacar acerca del suceso se hallarán lejos de la realidad.

Una de las consecuencias más relevantes que esto ocasiona es que no se informa de las implicaciones sociales de la ciencia, ni del papel que ha jugado la tecnología en los modelos actuales (ver tabla [1](#), objetivo 3).

- **Ciencia ficción.** Los dibujos y la ciencia ficción son la principal fuente de información que lleva a los más jóvenes a incorporar conceptos erróneos sobre ciencia. Hoy en día se puede simular todo tipo de situaciones y en muchas ocasiones nuestro alumnado no será capaz de diferenciar la realidad de la ficción.

- **Conceptos ciertos de facto.** Debido a la poca formación en ciencias o la falta de pensamiento crítico, los estudiantes asumen como ciertos algunos conceptos sin tener las suficientes evidencias para confirmarlo de forma racional. Lo cual les impide, en nuestro caso (ver tabla [1](#), objetivo 8), ser conscientes de la importante contribución que tiene la cosmología al pensamiento crítico y valorar que hay que avanzar continuamente para mejorar las concepciones establecidas.

- **Imprecisiones en el lenguaje.** En el lenguaje cotidiano muchas de las palabras

tienen diferentes significados y las asociamos con unos u otros en función del contexto. Sin embargo, en ciencia cada palabra se usa de forma rigurosa, sin ningún tipo de ambigüedad. Esto puede llevar a confusión porque a veces la definición científica puede estar alejada del uso cotidiano que le damos, como pasa por ejemplo con el concepto de *negro* en los agujeros negros. Por lo tanto, para aprender de forma correcta, los estudiantes deben conocer el lenguaje científico de forma correcta.

Un hecho que afecta directamente a la cosmología son los conceptos de *materia oscura* y *energía oscura*. Ambos albergan ambigüedades en nuestro lenguaje cotidiano y pueden inducir a confusión a nuestro alumnado (ver tabla 1, objetivo 6). La materia oscura no es *negra*, si no que es invisible a nosotros. La energía oscura tampoco es *negra* y ni si quiera es una *energía* como tal. Ambos conceptos y las evidencias que pueden llevar a error son tratados en (Bailey et al., 2012).

Otro hecho interesante es la Teoría del Big Bang, *la gran explosión*. La imprecisión del lenguaje en este caso también es muy notable y hace que, indudablemente, los estudiantes asocien el Big Bang con una explosión y construyan el conocimiento en base a esto utilizando su lógica (Bailey et al., 2012).

- **Descripciones particulares de algún concepto.** En consecuencia a algunas de las razones que ya hemos comentado, cuando nuestro alumnado se encuentra con una pregunta que no son capaces de responder, intentan explicarla desde la lógica de su punto de vista, llegando a una respuesta incorrecta que no se corresponde con la realidad.

Por ejemplo, el alumnado que está muy poco relacionado con este tema a menudo confunde el término *galaxia* con el Sistema Solar, o incluso asegura que hay muchas estrellas dentro de él (Bailey et al., 2012).

Siguiendo esta misma línea, al alumnado también le cuesta mucho hablar de escalas de evolución del universo a lo largo del tiempo porque es algo que se aleja mucho de su intuición, centrandó esa evolución en los cambios de los objetos celestes (impactos de meteoritos, explosiones y demás eventos de este estilo, los cuales también suelen estar muy presentes en la ciencia ficción) (Bailey et al., 2012). De igual forma, tienden a pensar que el universo es infinito, pero no son capaces de argumentar lo que eso significa. De nuevo las escalas con las que se trabajan son muy grandes y no son capaces de reflexionar correctamente (Kragh, 2013).

- **Sentido común.** El sentido común es una faceta esencial en nuestra interacción con el mundo. Aunque en nuestra vida diaria sea útil y necesario, en el ámbito científico puede inducirnos a errores por asumir conceptos inconsistentes con la realidad y el funcionamiento de la naturaleza.

Por ejemplo, el sentido común de nuestro alumnado les llevará a pensar que no existe un tipo de materia en el universo que sea invisible a nuestros ojos. Como se indica en la dificultad mostrada en sexto lugar en la tabla, son conceptos que están muy alejados de sus percepciones y les resulta muy difícil entenderlos.

Otro hecho asociado con la cosmología es que entiendan (ver tabla 1, objetivo 7) el principio cosmológico del universo. La lógica de los estudiantes de secundaria les dice que las cosas son diferentes dependiendo del lugar en el que te fijas, por tanto entender que el universo es homogéneo e isótropo a grandes escalas es algo que choca con su sentido común.

- **Desconocimiento sobre los procesos científicos.** A menudo el proceso científico que hay detrás de cualquier descubrimiento o avance es algo que incluye términos matemáticos, predicciones, códigos informáticos y demás puntos que quedan fuera del alcance del alumnado por dos razones: son cuestiones difíciles de comprender y además el proceso suele omitirse, dándole importancia solamente al resultado. Por tanto, con esto se consigue que los estudiantes tengan una visión infalible, que no cambia e incompleta de la ciencia (Fer-

nández et al., 2002). Nuestro alumnado ha de ser capaz de valorar el papel de la cosmología a la mejora del pensamiento crítico, mejorando continuamente nuestro conocimiento sobre el universo y las explicaciones que le damos.

Esto dificulta la familiarización del alumnado con la naturaleza de la ciencia, como indicamos en nuestro segundo objetivo. Sin mostrar el procedimiento seguido con sus errores y sus dificultades es muy complicado que entiendan que la ciencia va construyendo modelos que cada vez son más precisos y se ajustan mejor a la realidad. De igual forma, también impide que los estudiantes valoren las relaciones de la cosmología con la tecnología y la sociedad, manteniendo esta ciencia como algo abstracto y alejado de nuestra vida cotidiana.

Que la ciencia se enseñe de forma tan poco contextualizada también impide el alumnado pueda familiarizarse con los métodos de trabajo utilizados en la cosmología (ver tabla 1, objetivo 1).

- **Malinterpretar información.** Nuestro cerebro filtra la información que recibimos de manera inmediata, por tanto nuestra interpretación de algún evento puede ser incorrecta debida a la falta de formación en ese campo y nuestro pensamiento crítico.

Un buen ejemplo de este caso es la dificultad es lo complicado que resulta que el alumnado comprenda que el universo se está expandiendo, cuando sus sentidos les dicen que lo lógico es que sea estático (ver tabla 1, objetivo 5).

El concepto de la expansión del universo es fundamental para la comprensión de la cosmología puesto que está directamente relacionado con la Teoría del Big Bang y son los principios de esta ciencia. Si conseguimos enseñar bien esta parte, el alumnado construirá un conocimiento con buenos cimientos y evitaremos todas las concepciones erróneas que venimos comentando (Davis and Lineweaver, 2004).

Siguiendo con esta razón y la de la imprecisión del lenguaje que hemos desarrollado con anterioridad, nuestro objetivo es que el alumnado entienda que el proceso de expansión del universo es similar a hinchar un globo (Lineweaver y Davis, 2005). El universo es autocontenido, no necesita un centro para expandirse ni que haya vacío previo para llenarlo de materia.

- **Antropomorfismo.** El ser humano tiende a explicar sucesos desconocidos para él desde el punto de vista más próximo a nosotros, intentando relacionar fenómenos de la naturaleza con nuestra vida. Por ejemplo, se espera que el alumnado tenga dificultades para describir correctamente el Big Bang, puesto que es algo que deja al ser humano y la Tierra en un lugar muy secundario. De hecho, en Bailey et al. (2012) se muestra que hay un alto porcentaje de estudiantes que asocia esta teoría con la creación de nuestro sistema planetario y no con el universo.

El ser humano a lo largo de la historia se ha enfrentado a numerosas pruebas que les mostraban que ni la Tierra ni el Sol eran el centro del universo. Nuestro alumnado, al igual que las personas que se hicieron esas preguntas hace miles de años, siguen teniendo las mismas dudas a escalas más grandes (ver tabla 1, objetivo 7). Por lo que es muy complicado para ellos entender que hay miles de millones de galaxias en el universo, ninguna de las cuales (incluida la Vía Láctea) ocupan un lugar privilegiado.

A lo largo de esta sección hemos pretendido buscar la causa de las dificultades con las que se encuentran los estudiantes al aprender una ciencia como la cosmología. Son muchas las razones que hacen que este aprendizaje se vea sesgado y lo que pretendemos en este estudio es proponer propuestas que cambien esta situación. Detallamos nuestros objetivos más relevantes en la tabla 1, vinculándonos a las dificultades de aprendizaje que apuntamos en la sección 1.1 y acabamos de desarrollar.

| OBJETIVOS | DIFICULTADES |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Comenzar a familiarizarse con los métodos de trabajo más básicos de la cosmología. | El alumnado desconoce la aplicación de algunos de los conceptos físico-químicos en la cosmología. |
| 2. Familiarizar a los alumnos con la naturaleza de la ciencia, que elabora modelos para entender y explicar sucesos que desconocemos y todavía tenemos que explorar. | No comprenden que la ciencia evoluciona y cada vez va construyendo modelos capaces de explicar con más precisión los fenómenos e incluyendo otros nuevos. |
| 3. Valorar la importancia de las relaciones de la cosmología con la tecnología y la sociedad. | Desconocen tanto las implicaciones sociales como el papel que ha jugado la tecnología en el desarrollo de los modelos actuales. |
| 4. Saber cómo se originó el universo, comprender la teoría del Big Bang y las pruebas de esta. | Conocimientos muy difíciles y abstractos. La abstracción que supone considerar la creación del espacio y del tiempo junto a la de la materia. |
| 5. Comprender por qué el universo se está expandiendo. | De nuevo conocimientos muy difíciles de entender. Las escalas de las que hablamos son muy grandes y eso complica su comprensión. |
| 6. Saber de qué está compuesto el universo (materia ordinaria, materia oscura y energía oscura) | El alumnado asume que lo que ve es lo que existe. Hablar de un nuevo tipo de materia está muy alejado de sus percepciones. |
| 7. Comprender que el universo está formado por miles de millones de galaxias, ninguna de las cuales ocupa un lugar central. A gran escala es homogéneo e isótropo. | Nuevamente superan con mucho la escala humana y esto dificulta mucho la comprensión. |
| 8. Valorar la contribución de la cosmología al pensamiento crítico. | No ser conscientes de que las verdades científicas tienen que luchar contra las concepciones establecidas y que muchos enunciados supuestamente científicos no se pueden probar. |

Tabla 1: *Objetivos y dificultades que presenta el alumnado en su aprendizaje de cosmología.*

2.2. Contenidos referenciados en el currículo

A continuación se ha realizado una búsqueda de contenidos relacionados con la astronomía dentro del currículo actual ([Biología y geología](#) (2018), [Cultura científica](#) (2018), [Física](#) (2018) y [Física y Química](#) (2018)), encontrando los siguientes bloques en diferentes cursos

y asignaturas. Se han subrayado los que están directamente relacionados con la cosmología y se han añadido en cursiva, algunos que podrían ser utilizados para trabajar algún aspecto de esta.

Currículo Biología y Geología 1º E.S.O.

Bloque 2. La tierra en el universo.

- El universo. Principales modelos sobre su origen. Algunas explicaciones históricas del problema de la posición de la Tierra en el universo.
- Representación e interpretación de las diferentes escalas del universo. Métodos de observación del firmamento y utilización de técnicas de orientación.

Currículo Física y Química 2º E.S.O.

Bloque 4. El movimiento y las fuerzas.

- Fuerzas de la naturaleza: rozamiento, fuerza gravitatoria, fenómenos eléctricos y fenómenos magnéticos.

Currículo Física y Química 3º E.S.O.

Bloque 4. El movimiento y las fuerzas.

- Fuerzas de la naturaleza: gravedad, rozamiento, fuerzas eléctricas y magnéticas.

Currículo Física y Química 4º E.S.O.

Bloque 4. El movimiento y las fuerzas.

- *Variación de la velocidad: aceleración. Aceleración tangencial y centrípeta.*
- *Leyes de Newton.*
- Ley de gravitación universal. El peso. La caída de los cuerpos y el movimiento orbital. Satélites artificiales.

Currículo Cultura científica 4º E.S.O.

Bloque 2. El universo.

- El universo: origen y evolución. La organización del universo.
- Materia oscura.
- Agujeros negros.
- Las estrellas y su evolución.
- El sistema solar: formación, estructura y características.

Currículo Física y Química 1º Bachiller

Bloque 7. Dinámica.

- La fuerza como interacción.
- Gravitación: Leyes de Kepler.
- Fuerzas centrales y momento angular. Conservación.
- Ley de gravitación universal.

Currículo Física 2º Bachiller

Bloque 2. Interacción gravitatoria.

- Campo gravitatorio. Fuerza gravitatoria. Intensidad del campo. Líneas de campo. Carácter conservativo del campo gravitatorio. Energía potencial gravitatoria.
- Potencial gravitatorio. Superficies equipotenciales.

- Velocidad de escape. Velocidad orbital. Relación entre energía y movimiento orbital.
Materia oscura.

Bloque 4. Ondas.

- *Concepto de onda.*
- *Efecto Doppler.*
- *Ondas electromagnéticas: naturaleza, representación esquemática, espectro electromagnético y polarización.*
- *La luz.*

Bloque 5. Óptica.

- Instrumentos ópticos: lupa, microscopio, *telescopio* y cámara fotográfica.

Bloque 6. Física del siglo XX.

- Historia y composición del universo.

Como queda patente en este apartado, la cosmología estudiada ocupa un segundo plano. Los contenidos de cosmología se trabajan solo en la asignatura de Biología de 1º E.S.O. (el primer nivel de la etapa secundaria), en Cultura Científica en 4º E.S.O (una optativa que no cursa todo el alumnado) y en el último contenido de la Física en 2º de Bachillerato (al que difícilmente se llega con tiempo para trabajar dadas las características de este curso). Dejando por tanto a la asignatura de Física y Química sin apenas contenidos referentes a astronomía, salvo la gravedad que se estudia en todos los cursos con distinto nivel de profundidad, y mucho menos de cosmología, consiguiendo, en consecuencia, que el alumnado termine la etapa sin los conocimientos necesarios en este campo.

2.3. Hipótesis principales de trabajo

La primera hipótesis que nos planteamos en este estudio es que el alumnado no comprende los enunciados más básicos de la cosmología, por lo que simplemente conoce detalles de esta ciencia pero no es capaz de comprender algunos de sus postulados más importantes.

Además, se espera que el conocimiento mejore muy poco a medida que se pasa de nivel, pues el currículo no trabaja adecuadamente estos temas. La excepción la encontramos en la asignatura optativa Cultura científica de 4º E.S.O., en la que hay un bloque dedicado al universo y sí pensamos que habrá una mejora respecto al resto del alumnado.

La segunda hipótesis a partir de la que vamos a trabajar es que es posible mejorar la situación que hemos desarrollado en la primera con una intervención en clase.

Se puede mejorar el conocimiento del alumnado en este campo trabajando algunos contenidos de forma transversal en la asignatura de Física y Química de los distintos cursos. Un programa de actividades que encaje en el temario de dicha asignatura favorecerá el aprendizaje de cosmología en el alumnado.

3. Hipótesis 1: diseño experimental y metodología

Con el fin de poner a prueba la primera hipótesis que hemos planteado, hemos diseñado un cuestionario que realizarán todo el alumnado de Secundaria, desde 1º E.S.O. hasta 2º Bachiller. A partir de los resultados se podrán extraer conclusiones que nos ayudarán a comprobar dicha hipótesis.

En nuestro caso, la muestra es de 153 estudiantes: 27 de 1º E.S.O., 30 de 2º E.S.O., 28 de 3º E.S.O., 28 de 4º E.S.O., 14 de 1º Bachiller y 16 de 2º Bachiller. Cabe remarcar de cara al análisis de los resultados que de esta muestra todos los estudiantes de 4º E.S.O., 1º y 2º Bachiller han cursado la asignatura Cultura científica. Por ley esta asignatura es optativa, sin embargo en este centro todo el alumnado del bloque científico la tiene que cursar.

Siguiendo las pautas de Solbes y Palomar (2013), en la preparación del cuestionario se han tenido en cuenta las técnicas usuales de investigación educativa. En un primer borrador se han incluido las aportaciones previas sobre las dificultades que pueden obstaculizar el aprendizaje, como hemos comentado en la sección 2. Por otro lado, como vamos a ver a continuación, la mayoría de los ítems ya han sido utilizados en otros cuestionarios, lo cual contribuye a su validación. Concretamente, hemos utilizado como referencia el estudio realizado en una serie de artículos publicados en 2011 que investigaron los conocimientos de cosmología del alumnado (Wallace et al. (2011), Wallace et al. (2011), Wallace et al. (2011) y Wallace et al. (2011)).

| CUESTIONARIO |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. ¿Qué estudia la cosmología? |
| 2. ¿Es la misma ciencia que la astronomía? Justifica tu respuesta. |
| 3. ¿Crees que es importante el estudio de la cosmología? ¿Por qué? |
| 4. Cita tecnologías que hayan contribuido al desarrollo de la cosmología. |
| 5. El universo: a) Se está expandiendo b) Se está contrayendo c) Es estático, ni se expande ni se contrae Explica con tus palabras las pruebas que hay de la opción que consideres correcta. |
| 6. Explica con tus palabras qué es la Teoría del Big Bang. Haz un dibujo para ilustrar tu respuesta. |
| 7. ¿El universo tiene centro? |
| 8. Si pudieses viajar a cualquier punto del universo y mirar lo que tienes a tu derecha y a tu izquierda, ¿crees que en un sitio verías más galaxias que en otro? |
| 9. Sabemos que el universo está compuesto por planetas, estrellas, galaxias y otros cuerpos celestes. ¿Esto es todo lo que contiene? ¿Hay algún tipo de materia o energía que desconozcamos? Justifica tu respuesta. |

Tabla 2: Cuestionario diseñado para valorar el conocimiento del alumnado sobre cosmología.

Los tres primeros ítems son para construir la base de esta investigación y valorar si el alumnado sabe qué estudia la cosmología en rasgos generales. El primero y el segundo buscan averiguar si los estudiantes saben qué es la cosmología y comprenden la diferencia que hay entre esta y la astronomía. En los tres ítems se espera que las respuestas no varíen mucho en función del curso.

En el ítem 1 se han considerado correctas las respuestas correctas las que incluyen en la definición términos como evolución, forma o composición; parcialmente correctas las que definen bien esta ciencia, pero lo hacen de forma muy incompleta e incorrectas cuando no responden bien la pregunta.

En el ítem 2 hay dos categorías: respuesta incorrecta y correcta. En la primera se incluyen las respuestas en blanco, definición incorrecta de una de las dos ciencias o la idea de que ambas ciencias son la misma. Por su parte, consideramos respuesta correcta cuando saben distinguir entre ambas y añadir alguna diferencia, aunque sea básica.

El ítem 3 lo hemos diseñado porque la cosmología es una ciencia muy alejada de la vida diaria de nuestros estudiantes y nos gustaría saber si comprenden la importancia que tiene su estudio o, por el contrario, piensan que no es relevante. En este caso distinguiremos 3 categorías: los estudiantes que piensan que sí es importante su estudio, los que no y los que no responden a la pregunta.

Basándonos en el cuestionario utilizado por [Palomar y Solbes \(2015\)](#), hemos diseñado el ítem 4. La pregunta del artículo mencionado hace referencia a la astronomía, pero hemos considerado conveniente adaptarla a la cosmología con el fin de saber cuántas tecnologías conoce el alumnado de secundaria que hayan contribuido al desarrollo de la cosmología. En este ítem hemos definido como categoría incorrecta aquella que no han respondido, parcialmente correcta cuando nombran una tecnología y correcta cuando nombran 2 o más. En esta ocasión se cree que las respuestas variarán más en función del curso.

El ítem 5 es uno de los más respaldados por la bibliografía, pregunta recurrente desde cualquier rama de la ciencia que estudie el universo. En nuestro caso, lo hemos visto estudiado en [Palomar y Solbes \(2015\)](#) y [Wallace et al. \(2011\)](#). Es complicado que, sin apenas formación en este campo, los estudiantes sean capaces de entender que el universo está en expansión, puesto que va contra su lógica más natural. Por ello, nos parece tan interesante el estudio de esta cuestión. Se han considerado respuestas incorrectas las que no marcan la opción a o la escogen pero la argumentan de forma errónea; parcialmente correctas las que han escogido bien la opción pero no han argumentado nada o lo han hecho muy vagamente y respuestas correctas las que defienden con buenos argumentos que el universo está en expansión.

La Teoría del Big Bang es uno de los conceptos más conocidos sobre el universo, la mayoría del alumnado habrá escuchado hablar sobre ello y nuestro interés reside en averiguar si realmente saben lo que es. Esta pregunta la hemos escogido de nuevo del cuestionario realizado por [Palomar y Solbes \(2015\)](#). En el ítem 6 también tenemos tres categorías de respuesta: en incorrectas se incluirán las definiciones erróneas de Big Bang y las respuestas en blanco, en parcialmente correctas las que respondan correctamente, pero sean incompletas o imprecisas y las correctas las que justifiquen su respuesta de forma adecuada.

El ítem 7 también está referenciado en el artículo de [Wallace et al. \(2011\)](#). Hemos considerado necesario incluirlo en nuestro cuestionario porque es un concepto muy complicado para el alumnado dado que a su alrededor todo tiene un centro y es difícil entender que el universo no lo tiene. Esta vez contamos con dos categorías: en la incorrecta se incluyen tanto las respuestas que aseguran que el universo tiene centro como las preguntas en blanco y las que dicen que no lo tiene, pero lo argumentan de forma errónea. Por su parte, la categoría de correctas incluye las respuestas que dicen que el universo no tiene centro, independientemente de que lo argumenten de forma más o menos precisa.

Siguiendo el mismo hilo que el ítem anterior, el 8 se refiere al principio cosmológico del universo. Hemos seleccionado esta pregunta basada en la que se plantea en [Wallace et al.](#)

(2011) porque de nuevo nos encontramos con un concepto abstracto y desconocido para el alumnado. A nuestra escala las distribuciones no son homogéneas y por eso pensarán que el universo a gran escala tampoco lo es. Por eso es interesante que sepan que es isótropo y homogéneo. Como en el ítem anterior, hay dos categorías de pregunta: correcta e incorrecta. En la incorrecta se incluyen las respuestas en blanco y los razonamientos erróneos, mientras que en la correcta se agrupan todas las respuestas correctas y justificaciones con sentido, sean completas o no.

Para terminar el diseño de nuestro cuestionario, tenemos el ítem 9. Este no lo hemos contrastado con ninguna pregunta de otro cuestionario, puesto que no hemos encontrado ningún estudio similar. Sin embargo, la incluimos en el nuestro porque considerable indispensable en un estudio de cosmología averiguar si el alumnado conoce la composición del universo o piensa que todo lo que contiene es materia ordinaria. En este ítem tenemos tres categorías de respuesta: incorrecta, parcialmente correcta y correcta. En la correcta se agrupan las respuestas que han nombrado la materia oscura y la energía oscura, en las parcialmente correcta las que solo nombran materia oscura o agujeros negros y en la incorrecta todos los argumentos erróneos.

Cabe señalar que se han realizado subcategorías para el estudio de cada uno de los ítems, con la intención de obtener la mayor información posible. En el anexo **A** se muestran las tablas con todas las subcategorías para los 9 ítems con los que trabajamos.

El cuestionario inicial lo realizaron los 6 cursos de Secundaria y los resultados obtenidos son los que se analizan a continuación.

Una vez desarrollados los ítems con los que cuenta nuestro cuestionario, podemos relacionarlos con la tabla **I** que presentamos en la sección anterior, puesto que el diseño del mismo se ha realizado con el fin de poder cumplir los objetivos que nos planteamos y solventar las dificultades que se encuentra el alumnado. Con ella, vemos la utilidad de trabajar cada ítem.

| OBJETIVOS | DIFICULTADES | PREGUNTAS TEST |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 1. Comenzar a familiarizarse con los métodos de trabajo más básicos de la cosmología. | El alumnado desconoce la aplicación de algunos de los conceptos físico-químicos en la cosmología. | 3 4 |
| 2. Familiarizar a los alumnos con la naturaleza de la ciencia, que elabora modelos para entender y explicar sucesos que desconocemos y todavía tenemos que explorar. | No comprenden que la ciencia evoluciona y cada vez va construyendo modelos capaces de explicar con más precisión los fenómenos e incluyendo otros nuevos. | 1 2 4 |
| 3. Valorar la importancia de las relaciones de la cosmología con la tecnología y la sociedad. | Desconocen tanto las implicaciones sociales como el papel que ha jugado la tecnología en el desarrollo de los modelos actuales. | 3 4 |
| 4. Saber cómo se originó el universo, comprender la teoría del Big Bang y las pruebas de esta. | Conocimientos muy difíciles y abstractos. La abstracción que supone considerar la creación del espacio y del tiempo junto a la de la materia. | 6 |
| 5. Comprender por qué el universo se está expandiendo. | De nuevo conocimientos muy difíciles de entender. Las escalas de las que hablamos son muy grandes y eso complica su comprensión. | 5 |
| 6. Saber de qué está compuesto el universo (materia ordinaria, materia oscura y energía oscura) | El alumnado asume que lo que ve es lo que existe. Hablar de un nuevo tipo de materia está muy alejado de sus percepciones. | 9 |
| 7. Comprender que el universo está formado por miles de millones de galaxias, ninguna de las cuales ocupa un lugar central. A gran escala es homogéneo e isótropo. | Nuevamente superan con mucho la escala humana y esto dificulta mucho la comprensión. | 7 8 |
| 8. Valorar la contribución de la cosmología al pensamiento crítico. | No ser conscientes de que las verdades científicas tienen que luchar contra las concepciones establecidas y que muchos enunciados supuestamente científicos no se pueden probar. | 3 4 5 |

Tabla 3: *Objetivos y dificultades relacionados con los ítems del cuestionario pasado al alumnado.*

4. Presentación y análisis de resultados de la observación

4.1. Categorización de los ítems y porcentajes obtenidos

En esta sección analizamos los resultados obtenidos del cuestionario de observación. Para ello, en primer lugar presentamos las tablas [4](#)-[13](#), que corresponden a cada uno de los nueve

ítems que hemos trabajado en dicho cuestionario. En ellas aparecen las categorías de cada respuesta, junto con el valor y porcentaje obtenido para cada una según el curso.

Hemos realizado también un análisis en el que presentamos las respuestas más desglosadas, creando subcategorías (mostramos las tablas pertinentes en el apéndice **A**) con las que podemos explicar mejor las respuestas dadas por el alumnado.

4.1.1. Ítem 1: ¿Qué estudia la cosmología?

Este es un ítem sencillo que simplemente nos arroja cuál es el conocimiento más básico que tiene el alumnado sobre la cosmología. La dinámica que vemos en todos los cursos es similar: la gran mayoría de estudiantes da una respuesta parcialmente correcta, dando argumentos incompletos del estilo "la cosmología es la ciencia que estudia el universo".

| Categoría | 1º E.S.O. n (%) | 2º E.S.O. n (%) | 3º E.S.O. n (%) | 4º E.S.O. n (%) | 1º Bach. n (%) | 2º Bach. n (%) | TOTAL n (%) |
|-------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|----------------|
| Correcta | 1 (3,70) | 0 (0,00) | 0 (0,00) | 1 (3,57) | 1 (7,14) | 2 (7,69) | 5 (3,07) |
| P. correcta | 20 (74,07) | 23 (76,67) | 13 (46,43) | 20 (71,43) | 13 (92,86) | 19 (73,08) | 108 (70,79) |
| Incorrecta | 6 (22,22) | 7 (23,33) | 15 (53,57) | 7 (25,00) | 0 (0,00) | 5 (19,23) | 40 (26,14) |
| Alumnos | 27 | 30 | 28 | 28 | 14 | 26 | 153 |

Tabla 4: *Respuestas al ítem 1: ¿Qué estudia la cosmología?*

Como se observa en la tabla, tan solo 5 estudiantes dan una respuesta considerada correcta que incluya los términos evolución, forma y/o composición del universo.

Este análisis no se ajusta a las respuestas del alumnado de 3º de E.S.O., puesto que más de la mitad de los estudiantes (53,57%) de esta clase han dado una respuesta incorrecta a la pregunta. De las subcategorías (tabla **31**) observamos que el 32,1% ha respondido erróneamente asegurando que la cosmología estudia las estrellas, las galaxias e incluso las células o los átomos; mientras que el 21,4% ha dejado la pregunta sin responder. Como veremos más adelante, esta es una situación que se repite en la mayoría de los ítems.

En 2º E.S.O. solo el 6,7% del alumnado ha dejado la respuesta en blanco y en el resto de cursos ningún estudiante lo ha hecho. Por tanto, la gran mayoría de porcentajes de respuesta incorrecta que vemos en la tabla son debidos a argumentos erróneos utilizados al definir la cosmología. Un punto interesante que podemos remarcar es que en 1º de Bachiller ningún alumno ha dado una respuesta incorrecta.

Por tanto, vemos que muchos estudiantes tienen una idea de qué es la cosmología, pero apenas nadie sabe realmente qué ciencia es y qué estudia. Este es un resultado esperado, pues nadie les ha instruido en este campo y lo que el alumnado sabe es básicamente lo que pueden razonar utilizando la lógica.

4.1.2. Ítem 2: ¿La cosmología es la misma ciencia que la astronomía?

Esta pregunta nos permite saber si el alumnado sabe realmente qué es la cosmología, qué es la astronomía y en qué se diferencian. Observamos que en este caso encontramos resultados bastante diferentes.

| Categoría | 1º E.S.O. n (%) | 2º E.S.O. n (%) | 3º E.S.O. n (%) | 4º E.S.O. n (%) | 1º Bach. n (%) | 2º Bach. n (%) | TOTAL n (%) |
|------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|----------------|
| Correcta | 13 (48,15) | 8 (26,67) | 3 (10,71) | 12 (42,86) | 6 (42,86) | 15 (57,69) | 57 (37,25) |
| Incorrecta | 14 (51,85) | 22 (73,33) | 25 (89,29) | 16 (57,14) | 8 (57,14) | 11 (42,31) | 96 (62,75) |

Tabla 5: *Respuestas al ítem 2: ¿La cosmología es la misma ciencia que la astronomía?*

En 1º E.S.O. casi la mitad del alumnado (48,15 %) tiene claro que ambas son ciencias distintas, pero todos dan una definición muy básica en la que describen que la cosmología estudia el cosmos y la astronomía los astros. Del 51,85 % de respuestas incorrectas, ningún estudiante piensa que ambas ciencias son la misma. Sin embargo el 29,6 % del total argumenta su respuesta de forma errónea y el 14,8 % no contesta la pregunta.

Los porcentajes de respuestas correctas e incorrectas en 4º E.S.O., 1º y 2º de Bachiller son muy similares a los descritos en 1º E.S.O. Pero analizando las subcategorías (tabla 32), comprobamos que las razones que les han llevado a error no son las mismas. En estos tres cursos prácticamente todos los estudiantes responden la pregunta, por lo que el mayor número de las respuestas incorrectas es debido a que han definido mal al menos una de las dos ciencias (asocian mucho la astronomía con el estudio de los planetas únicamente). Además en 4º E.S.O. el 14,3 % de los alumnos aseguran que no son la misma ciencia, pero no justifican nada.

Por su parte, las clases de 2º y 3º E.S.O. han respondido bastante peor esta pregunta, respectivamente el 73,33 % y el 89,29 % de las respuestas han sido erróneas. Observando la tabla de las subcategorías vemos que los errores cometidos son de diferente tipo. Los de 2º E.S.O. intentan razonar la respuesta pero, posiblemente debido a no tener los conocimientos necesarios, los argumentos que utiliza el 56,7 % de la clase no son correctos (dicen que la astronomía solo estudia las estrellas, los astronautas e incluso un par de alumnos han considerado que estudia las células). En 3º E.S.O. las razones que explican la mala puntuación en este ítem son más variadas: un 39,3 % de la clase define mal el concepto de astronomía, un 25,0 % no responde la pregunta y un 14,3 % no contesta. Como vemos, 3º E.S.O. sigue mostrando que son los que más desmotivación presentan por el tema.

En resumen, la sensación que transmite el análisis de este ítem es que el alumnado en general no tiene muy claro ni lo que estudian la astronomía y la cosmología, ni sus diferencias entre ellas. Se limitan a describir la palabra etimológicamente y eso lleva a respuestas incorrectas. No hay evolución a lo largo de la secundaria, ni tampoco cambia el tipo de respuesta.

Los únicos cursos que han respondido mejor esta pregunta son 1º E.S.O. y 2º Bachiller. El primero puede ser debido a que en la asignatura de Biología dan algo de astronomía, el segundo a que al principio del temario de Física se trabaja el concepto de materia oscura y el profesor puede haber comentado que es campo de estudio de la cosmología.

4.1.3. Ítem 3: ¿Crees que es importante el estudio de la cosmología?

Esta pregunta se ha diseñado a modo de valoración para conocer la opinión que tienen los estudiantes.

| Categoría | 1º E.S.O. n (%) | 2º E.S.O. n (%) | 3º E.S.O. n (%) | 4º E.S.O. n (%) | 1º Bach. n (%) | 2º Bach. n (%) | TOTAL n (%) |
|-----------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|----------------|
| No lo sé | 3 (11,11) | 4 (13,33) | 14 (50,00) | 0 (0,00) | 0 (0,00) | 2 (7,69) | 23 (15,03) |
| NO | 1 (3,70) | 1 (3,33) | 2 (7,14) | 0 (0,00) | 0 (0,00) | 2 (7,69) | 6 (3,92) |
| SÍ | 23 (85,19) | 25 (83,33) | 12 (42,86) | 28 (100,00) | 14 (100,00) | 22 (84,62) | 124 (81,05) |

Tabla 6: *Respuestas al ítem 3: ¿Crees que es importante el estudio de la cosmología?*

Excepto 3º E.S.O., la opinión global de todos los cursos es que el estudio de la cosmología sí es importante, siendo el argumento más recurrido que es importante aprender, entender mejor el universo y cómo funciona (en la tabla de subcategorías [33](#) podemos ver que dan esta respuesta el 71,2 % de los estudiantes a los que se les ha pasado el cuestionario). Otros argumentos que han sido utilizados por 16 alumnos (10,5 %) han sido que es importante estudiarla para saber si hay vida más allá de nuestro planeta y por seguridad, para evitar posibles caídas de meteoritos, los cuales no son correctos desde el punto de vista de la cosmología.

Tan solo el 3,9 % del total consideran que no es importante el estudio de la cosmología, alegando que hay cosas más necesarias y que son cosas demasiado complicadas como para poder entenderlas.

Mención aparte merece de nuevo 3º E.S.O. puesto que, de nuevo, el 50 % de la clase ha dejado sin responder la pregunta y tan solo el 42,86 % de estos estudiantes piensa que sí es importante estudiar la cosmología.

Tenemos una nueva muestra en la que vemos que las nociones de la cosmología y su utilidad en nuestro alumnado son muy básicas. Una enseñanza que no presta atención a las relaciones CTS tiene estas consecuencias: que no se entienda la investigación básica y el retorno del desarrollo tecnológico a la sociedad.

4.1.4. Ítem 4: Cita tecnologías que hayan contribuido al desarrollo de la cosmología.

Haciendo referencia a lo indicado en la sección [3](#), en este ítem hemos distribuido las categorías en función del número de tecnologías que el alumnado ha citado en sus respuestas. Ayudándonos de la tabla [34](#) comprobamos que en esta ocasión las repuestas varían más en función del curso.

| Categoría | 1º E.S.O. n (%) | 2º E.S.O. n (%) | 3º E.S.O. n (%) | 4º E.S.O. n (%) | 1º Bach. n (%) | 2º Bach. n (%) | TOTAL n (%) |
|-------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|----------------|
| Correcta | 11 (40,74) | 7 (23,33) | 4 (14,29) | 7 (25,00) | 6 (42,86) | 10 (38,46) | 45 (30,78) |
| P. correcta | 8 (29,63) | 10 (33,33) | 9 (32,14) | 11 (39,29) | 8 (57,14) | 10 (38,46) | 56 (38,33) |
| Incorrecta | 8 (29,63) | 13 (43,33) | 15 (53,57) | 10 (35,71) | 0 (0,00) | 6 (23,08) | 52 (30,89) |

Tabla 7: *Respuestas al ítem 4: Cita tecnologías que hayan contribuido al desarrollo de la cosmología.*

Todos los cursos salvo 2° y 3° E.S.O. han respondido mayoritariamente a la pregunta con una tecnología, aunque 1° E.S.O. y 1° Bachiller también tienen un alto porcentaje en dos o más tecnologías. 3° E.S.O. sigue el mismo nivel de respuesta que en los ítems anteriores, más de la mitad de la clase ha dejado en blanco la pregunta. El caso de 2° E.S.O. no es tan preocupante ya que, aunque tienen un 43,33% de respuestas incorrectas, también es la clase donde en porcentaje más estudiantes han respondido con dos o más tecnologías.

Las tecnologías a las que han hecho referencia los alumnos han sido telescopio, satélites y cohetes. Las más nombradas, con mucha diferencia y por este orden, han sido el telescopio, los satélites y los cohetes. Este patrón se ha repetido a lo largo de todos los cursos, por tanto se encuentra una mejoría en la evolución de la secundaria en referencia a las respuestas incorrectas, pero no la hay en número de tecnologías que conocen que han contribuido en esta ciencia.

4.1.5. Ítem 5: ¿El universo se está expandiendo, contrayendo o es estático?

Los primeros cuatro ítems eran para que el alumnado se familiarizase con el tema, pero los cinco siguientes son los más técnicos y los que realmente nos van a arrojar resultados más interesantes sobre los conocimientos de cosmología que tienen los estudiantes de secundaria.

Como se describe en [3], en este ítem se dan tres opciones y el alumno debe escoger la que considere correcta argumentando su respuesta.

En la tabla [8] se muestra el porcentaje de estudiantes de cada curso que han seleccionado cada una de las opciones. Con un 56,9%, más de la mitad del alumnado defiende que el universo se está expandiendo, mientras que un 32% piensa que es estático y tan solo 5,9% piensa que se está contrayendo.

Sin embargo, a pesar de que la expansión es la opción más defendida por el alumnado, en la mayoría de las ocasiones no son capaces de argumentar esa respuesta o lo hacen erróneamente. Por eso mostramos y discutimos la tabla [9], para realizar un análisis con más profundidad de las ideas que tienen los estudiantes y a qué pueden ser debidas.

| Categoría | 1° E.S.O. n (%) | 2° E.S.O. n (%) | 3° E.S.O. n (%) | 4° E.S.O. n (%) | 1° Bach. n (%) | 2° Bach. n (%) | TOTAL n (%) |
|------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|----------------|
| Universo se está expandiendo | 7 (25,9) | 13 (43,3) | 6 (21,4) | 25 (89,3) | 13 (92,9) | 23 (88,5) | 87 (56,9) |
| Universo se está contrayendo | 1 (3,7) | 5 (16,7) | 1 (3,6) | 0 (0,0) | 1 (7,1) | 1 (3,8) | 9 (5,9) |
| Universo estático | 17 (63,0) | 11 (36,7) | 16 (57,1) | 3 (10,7) | 0 (0,0) | 2 (7,7) | 49 (32,0) |

Tabla 8: Respuestas al ítem 5: ¿El universo se está expandiendo, contrayendo o es estático?

| Categoría | 1° E.S.O. n (%) | 2° E.S.O. n (%) | 3° E.S.O. n (%) | 4° E.S.O. n (%) | 1° Bach. n (%) | 2° Bach. n (%) | TOTAL n (%) |
|-------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|----------------|
| Correcta | 0 (0,00) | 1 (3,33) | 0 (0,00) | 0 (0,00) | 0 (0,00) | 0 (0,00) | 1 (0,65) |
| P. correcta | 4 (14,81) | 4 (13,33) | 5 (17,86) | 7 (25,00) | 7 (50,00) | 13 (50,00) | 40 (26,14) |
| Incorrecta | 23 (85,19) | 25 (83,33) | 23 (82,14) | 21 (75,00) | 7 (50,00) | 13 (50,00) | 112 (73,20) |

Tabla 9: Categorización del ítem 5.

El punto más importante del análisis de este ítem es que solamente un estudiante de los 153 a los que se les ha pasado este cuestionario ha respondido correctamente a la pregunta. El alumnado de la E.S.O. y bachiller no tiene claro un concepto tan básico de cosmología como que el universo se está expandiendo. Aunque los resultados sean similares, los razonamientos más utilizados por los estudiantes de cada curso son diferentes. A continuación vamos a discutir, con ayuda de la tabla de las subcategorías (35), qué tipos de respuestas han dado los estudiantes y a qué puede deberse esta situación.

El 67% de la clase de 1º E.S.O. ha respondido que el universo es estático alegando en general que algo infinito (posiblemente utilicen el concepto de infinito sin saber en qué sentido puede aplicarse al universo) no puede expandirse ni contraerse o que notaríamos si se moviese. Este último argumento fue el que ya utilizaron contra Copérnico y muestra que el alumnado posee ideas alternativas basadas en una física del sentido común. Por otro lado, 4 personas de este curso optan por la opción de que se expande pero o no justifican su respuesta o lo hacen de forma errónea y tan solo 3 aseguran que se expande con justificaciones muy pobres.

3º E.S.O. esta pregunta la responde de forma muy similar al resto, en general se han involucrado más que en las anteriores. Los porcentajes de las categorías y subcategorías son muy similares al curso anterior, sin embargo no utilizan tanto el argumento de que el universo es infinito. Simplemente alegan que es obvio que es estático porque si no lo fuese notaríamos algún efecto.

En la clase de 2º E.S.O. de nuevo los porcentajes de respuestas correctas e incorrectas siguen la misma dinámica que los cursos ya comentados, pero merece la pena estudiarlo aparte porque hay puntos que no debemos pasar por alto. En este curso solamente el 36% piensa que el universo es estático y cogen fuerza otras opciones. El 16,7% del alumnado piensa que el universo se está contrayendo y, además, asegura que es debido a la contaminación. Aumenta al 36,7% los estudiantes que optan por la opción de que el universo se expande, pero tampoco son capaces de argumentarlo de forma correcta. Por último y no menos importante, en este curso está la única persona que ha contestado bien esta pregunta del cuestionario y además ha dado argumentos lógicos que lo apoyan, como la Ley de Hubble. Sin embargo, durante la estancia de prácticas pudimos hablar con esta alumna y ella nos dijo que ha sido capaz de justificar hasta ese punto su respuesta porque la cosmología es un tema que le apasiona y lo ha aprendido de forma independiente, no en clase.

Por su parte, 1º y 2º de Bachiller siguen exactamente el mismo patrón de respuestas. La única diferencia pequeña diferencia es que en 1º ninguno de los estudiantes piensa que es estático y en 2º han elegido esa opción dos personas. Alrededor del 40% del alumnado de cada clase ha seleccionado la opción correcta, pero lo han sido capaces de argumentarlo correctamente. Además, en estos dos cursos es muy recurrente la idea de que ahora mismo se expande, pero volverá a contraerse y así sucesivamente. También merece la pena remarcar que mejora la cantidad de alumnos que razonan bien la respuesta, aunque de forma muy vaga e imprecisa. Esto posiblemente sea debido a que el conocimiento que tienen al respecto es muy nominal y no se apoya en pruebas.

Realizamos el análisis 4º E.S.O. individualmente porque los resultados son curiosos. La gran mayoría de las respuestas siguen siendo incorrectas, sin embargo un 64,3% de la clase sabe que el universo se expande, superando con creces al resto de cursos. Lo que no tienen claro es el por qué. El argumento utilizado por excelencia es que en el universo todavía queda energía oscura y por eso se sigue expandiendo, pero cuando esta se agote, empezará a contraerse. Esta mejora en la elección de la respuesta probablemente se deba a que este curso está cursando la asignatura Cultura científica y han dado un poco de contenido de cosmología que todavía tienen reciente. Sin embargo es evidente que estos estudiantes tienen

un fallo de concepto seguramente debido a una enseñanza tradicional que olvida la historia y por tanto no muestra cómo hemos llegado al modelo actual de universo y las pruebas que lo sustentan.

Cerramos la discusión de este ítem como la empezábamos. El alumnado de nuestras aulas no es capaz de responder correctamente a esta pregunta y, como hemos visto, las razones que les llevan a hacerlo son muy dispares. Esto puede deberse a que cuando hay una falta de conocimiento porque no se les ha enseñado y además siendo un tema tan alejado de nuestra vida diaria, los estudiantes tienden a buscar argumentos con los que poder explicar todo lo que no entienden utilizando ideas que para ellos son lógicas.

4.1.6. Ítem 6: Explica e ilustra qué es la Teoría del Big Bang.

Con esta pregunta se pretendía saber si el alumnado asocia la Teoría del Big Bang con el origen del universo y si son capaces de explicar en qué consiste esta teoría.

| Categoría | 1º E.S.O. n (%) | 2º E.S.O. n (%) | 3º E.S.O. n (%) | 4º E.S.O. n (%) | 1º Bach. n (%) | 2º Bach. n (%) | TOTAL n (%) |
|-------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|----------------|
| Correcta | 0 (0,00) | 1 (3,33) | 1 (3,57) | 4 (14,29) | 1 (7,14) | 8 (30,77) | 15 (9,80) |
| P. correcta | 4 (14,81) | 4 (13,33) | 2 (7,14) | 12 (42,86) | 8 (57,14) | 8 (30,77) | 38 (24,84) |
| Incorrecta | 23 (85,19) | 25 (83,33) | 25 (89,29) | 12 (42,86) | 5 (35,71) | 10 (38,46) | 100 (65,36) |

Tabla 10: *Respuestas al ítem 6: Explica e ilustra qué es la Teoría del Big Bang.*

Analizando la tabla que tenemos arriba, vemos rápidamente que en 4º E.S.O. hay un punto de inflexión en relación al porcentaje de respuestas incorrectas, siendo en los últimos tres cursos de la secundaria la mitad que en los tres primeros. Esto puede ser debido de nuevo a que en 4º E.S.O. cursan la asignatura Cultura científica y esta tiene como contenido describir el Big Bang. Analizamos detenidamente los dos bloques que acabamos de definir para desglosar las respuestas con ayuda de las tablas de subcategorías [36](#) y conocer los argumentos utilizados por los estudiantes.

Como hemos apuntado, en 1º, 2º y 3º los porcentajes de respuestas incorrectas son muy similares, sin embargo los argumentos que han utilizado no son los mismos.

Por un lado, tenemos los dos primeros cursos de la E.S.O. en los que más del 43 % de estudiantes de cada clase ha descrito el Big Bang como la colisión de dos rocas que al chocar crearon la Tierra. El 11,1 % en 1º y el 13,3 % en 2º E.S.O. lo asocian de nuevo con una colisión, pero esta vez de una roca contra la Tierra, generando de esta forma la vida. Tan solo alrededor del 14 % de alumnado en cada clase responde correctamente a la pregunta, siendo sus respuestas muy imprecisas.

Por otro lado están las respuestas dadas por el alumnado de 3º E.S.O., que de nuevo ha mostrado interés en responder esta pregunta. Tienen un alto porcentaje de respuestas incorrectas, pero el argumento que utilizan los dos cursos anteriores es mucho menos recurrente. Esta vez el 57 % utiliza otro argumento erróneo, dispares entre sí y algunos bastante disparatados, entre los que no destaca ninguno en particular (alienígenas, apariciones, choques de galaxias...).

A partir de 4º E.S.O. las preguntas están mucho mejor respondidas porque estos alumnos ya tienen alguna noción de lo que es el Big Bang. En este curso el 42,9 % del alumnado da una respuesta correcta aunque pocos nombran explícitamente que así se originó el universo,

simplemente hablan de una explosión que con el tiempo acabó creando los planetas, lo cual también podría considerarse una forma de geocentrismo. En general, todas siguen siendo respuestas muy vagas, excepto cuatro personas que contestan correctamente y además de forma razonada y bastante completa, apuntando que era un punto muy pequeño con mucha densidad que se expandió.

1º y 2º de Bachiller siguen mejorando la línea marcada por 4º de E.S.O. con dinámicas similares. 1º de Bachiller tiene el porcentaje más alto de respuestas parcialmente correctas, la mayoría de la clase (57,14 %) responde bien la pregunta aunque con argumentos muy vagos a pesar de estar en bachiller y haber cursado la asignatura Cultura científica. Además, el inconveniente que tenemos para valorar bien este curso es que casi nadie hace dibujo y no podemos saber si están confundiendo los conceptos de explosión y colisión, como pasa en cursos más bajos. Por su parte, 2º de Bachiller es el curso que más respuestas correctas da a esta pregunta y vuelven a remarcar que llegado un punto, el universo dejará de expandirse y volverá al punto inicial.

Después de haber realizado la valoración de todas las repuestas que hemos obtenido para este ítem tras pasar este cuestionario de observación, podemos concluir diciendo que en los tres primeros cursos de secundaria el alumnado tiende a confundir universo con Tierra y explosión con colisión. Podemos explicar esta situación con la desinformación que tienen acerca de este tema, como hemos hecho en ítems anteriores. El Big Bang es algo conocido por muchos y cuando no entendemos algo, intentamos darle la explicación más lógica que nuestra mente sea capaz de interpretar. Esto se confirma en esta pregunta porque vemos que al tratarse la Teoría del Big Bang en 4º E.S.O., los porcentajes de respuesta incorrecta disminuyen.

4.1.7. Ítem 7: ¿El universo tiene centro?

Con un vistazo a la tabla de este ítem, comprobamos que el 99,35 % de las respuestas del alumnado son incorrectas, tan solo un estudiante ha respondido correctamente la pregunta. Este es un concepto más abstracto y complicado de abordar, por lo que no sorprende tanto que los estudiantes piensen que sí tiene centro o tengan una opinión errónea al respecto. Vamos a valorar las respuestas basándonos en los resultados obtenidos en la tabla de las subcategorías 37.

| Categoría | 1º E.S.O. n (%) | 2º E.S.O. n (%) | 3º E.S.O. n (%) | 4º E.S.O. n (%) | 1º Bach. n (%) | 2º Bach. n (%) | TOTAL n (%) |
|------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|----------------|
| Correcta | 0 (0,00) | 0 (0,00) | 1 (3,57) | 0 (0,00) | 0 (0,00) | 0 (0,00) | 1 (0,65) |
| Incorrecta | 27 (100,00) | 30 (100,00) | 27 (96,43) | 28 (100,00) | 14 (100,00) | 26 (100,00) | 152 (99,35) |

Tabla 11: Respuestas al ítem 7: ¿El universo tiene centro?

El argumento más utilizado por el alumnado de 1º E.S.O. ha sido que el universo no tiene centro porque es infinito y algo infinito no tiene centro ni bordes. El 14,8 % de la clase aseguran que sí tiene centro y el 25,9 % cree que no, pero no justifica su respuesta. 3º E.S.O. y 2º de Bachiller siguen una línea parecida aunque la respuesta más defendida en estos dos cursos es que "el universo no tiene centro", pero no han argumentado nada. También siguen siendo recurrentes los razonamientos de que sí tiene centro o que no lo tiene porque es infinito, sin embargo ganan peso otros argumentos erróneos.

2º E.S.O. y 1º de Bachiller, por su parte, siguen una dinámica similar. Casi la mitad del alumnado de estas dos clases defiende que el universo sí tiene centro (argumentando en

general que el centro está en el lugar en el que se originó el Big Bang) y solo alrededor de un 25 % responde que no lo tiene (sin argumentar nada).

De nuevo en 4º E.S.O. son los que mejor responden la pregunta, dado que el 53,6 % se decanta por la opción correcta aunque no sean capaces de justificar su respuesta. Paradójicamente también un porcentaje alto (39,3 %) piensa que sí lo tiene. La razón de este contraste suponemos que será debido a que en Cultura científica trabajan un bloque relacionado con el universo, pero no estudian esta idea. Por ello entendemos que algunos de los estudiantes, al estar más en contacto con el tema, puedan razonar mejor la respuesta, pero no sean capaces de argumentarla.

Tras reflexionar sobre estos resultados y la información que nos pueden arrojar es evidente que en este ítem no se ve ningún tipo de evolución a lo largo de la secundaria. Es un concepto complejo, abstracto y muy complicado de reflexionar, tanto para los alumnos que llenan las aulas como para cualquier persona. No puede haber mejora con la edad ni con los cursos si en ningún momento se trabaja este campo con ellos.

4.1.8. Ítem 8: ¿Desde un punto del universo veríamos más galaxias que en otro?

Este es uno de los ítems más complicados de entender para alguien que desconozca la cosmología. Por tanto, como era de esperar, la gran mayoría del alumnado ha respondido incorrectamente.

| Categoría | 1º E.S.O. n (%) | 2º E.S.O. n (%) | 3º E.S.O. n (%) | 4º E.S.O. n (%) | 1º Bach. n (%) | 2º Bach. n (%) | TOTAL n (%) |
|------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|----------------|
| Correcta | 0 (0,00) | 1 (3,33) | 1 (3,57) | 1 (3,57) | 1 (7,14) | 1 (3,85) | 5 (3,27) |
| Incorrecta | 27 (100,00) | 29 (96,67) | 27 (96,43) | 27 (96,43) | 13 (92,86) | 25 (96,15) | 148 (96,73) |

Tabla 12: Respuestas al ítem 8: ¿Desde un punto del universo veríamos más galaxias que en otro?

El análisis se puede realizar de forma global ya que todos los cursos, en general, han dado las mismas respuestas. En 1º y 2º E.S.O. la respuesta más recurrida ha sido la más esperable cuando desconoces el tema: sí se podrían ver más galaxias en un lado que en otro puesto que no hay dos lados iguales. Son los estudiantes más jóvenes a los que se les ha pasado el cuestionario y se espera que, ante su desconocimiento, utilicen la imaginación y la lógica para dar respuesta a las incógnitas. También hay un alto porcentaje de respuestas erróneas debidas a argumentos diversos.

En los cuatro cursos siguientes las subcategorías (analizamos la tabla 38) con más peso son las mismas que en 1º y 2º E.S.O., pero ahora el argumento de que sí verían más porque son lados diferentes es menos utilizando y ganan peso otros argumentos erróneos como que el universo es oscuro y no se vería nada o que no podríamos ver más galaxias porque galaxia solo hay una.

Muy pocos estudiantes han contestado que no verían más en un sitio que en otro (el 11,8 % del total) y ninguno ha argumentado su respuesta de forma precisa describiendo que el universo es isótropo y homogéneo (principio cosmológico).

Como cabía esperar, los estudiantes no son capaces de enfrentarse a esta pregunta porque ni si quiera entienden el concepto por el que se les está preguntando. El desconocimiento les hace responder sin ningún tipo de fundamento y generarse visiones deformadas de lo que sucede en realidad. No saben qué es el universo, ni cuál es el tamaño del universo, ni su forma. Por esta razón no son capaces de analizar este ítem y responderlo correctamente.

4.1.9. Ítem 9: ¿El universo contiene algún tipo de materia o energía que desconozcamos?

El último ítem del cuestionario está relacionado con la composición del universo y, puesto que es menos abstracto y además ha aparecido alguna vez en los medios de comunicación tradicionales, se espera que el alumnado responda mejor. Utilizamos también la tabla de subcategorías [39](#) asociada con este ítem para realizar la discusión.

| Categoría | 1º E.S.O. n (%) | 2º E.S.O. n (%) | 3º E.S.O. n (%) | 4º E.S.O. n (%) | 1º Bach. n (%) | 2º Bach. n (%) | TOTAL n (%) |
|-------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|----------------|
| Correcta | 0 (0,00) | 0 (0,00) | 0 (0,00) | 12 (42,86) | 2 (14,29) | 0 (0,00) | 14 (9,15) |
| P. correcta | 4 (14,81) | 4 (13,33) | 1 (3,57) | 7 (25,00) | 5 (35,71) | 14 (53,85) | 35 (22,88) |
| Incorrecta | 23 (85,19) | 26 (86,67) | 27 (96,43) | 9 (32,14) | 7 (50,00) | 12 (46,15) | 104 (67,97) |

Tabla 13: *Respuestas al ítem 9: ¿El universo contiene algún tipo de materia o energía que desconozcamos?*

En 1º E.S.O. mucho más porcentaje (un 29,6%) de los estudiantes que en las preguntas anteriores deja la pregunta sin responder y la mayoría (37%) alega que no se conoce todo en el universo porque es muy grande y, por tanto, todavía no se ha podido estudiar al completo. Solamente el 14,8% de la clase da una respuesta parcialmente correcta nombrando los agujeros negros.

La clase de 2º E.S.O. tiene más diversidad de opiniones, el 26,7% justifica su respuesta erróneamente diciendo que hay planetas y galaxias que todavía desconocemos. A pesar de esto, sigue estando muy recurrido (con un 26,7%) el mismo argumento que utilizan en 1º E.S.O. y también hay un alto porcentaje de respuestas en blanco, el 23,3%. En contraposición, hay un 13,3% del alumnado que nombra la materia oscura, aunque nadie explica nada referente a ella ni justifica su respuesta.

3º E.S.O. es el curso con mayor porcentaje de respuestas incorrectas, casi el 100%. El 35,7% deja la pregunta sin responder y hay variedad en las opciones de subcategoría que han escogido. El 25% dan razones erróneas muy variopintas, como puede ser que haya vida extraterrestre y no la conocemos, experiencias sobrenaturales o universos paralelos.

4º E.S.O. son los que mejor han respondido a esta pregunta: un 25% asegura que queda mucho por descubrir porque el universo es muy grande, otro 25% menciona los agujeros negros y lo más relevante es que un 42,9% nombran tanto la materia oscura como la energía oscura. No explican nada más acerca de ninguna de las dos, pero saben de su existencia con un nivel mucho más alto que el resto. Hemos analizado la programación de Cultura científica y cuando se pasó el cuestionario en el instituto hacía poco que acababan de dar esa parte del temario, por lo que tiene sentido que sean los que mejor responden el ítem.

Parece que este conocimiento se olvida con facilidad al terminar el curso porque después de ver los resultados de 4º E.S.O., esperaríamos que en bachiller se mantuviesen, pero no es así. En 1º y 2º de Bachiller el porcentaje de estudiantes que nombran la energía oscura desciende a 14,3% y 0,0% respectivamente. En consecuencia el porcentaje de alumnado que nombra solo los agujeros negros y/o la materia oscura aumenta (consultar las tablas de subcategorías incluidas en el [A](#)). Las razones por las que esto ha sucedido pueden ser debidas a que los alumnos no han integrado adecuadamente los contenidos dados en Cultura científica y los han ido olvidando con el tiempo. Además, en Física de 2º de Bachillerato tanto la materia oscura como la energía oscura forman parte del temario, sin embargo esta

última aparece al final del temario y prácticamente ningún profesor la incluye en sus clases. Por esta razón los alumnos de 2º nombran mucho más la materia que la energía oscura.

Los tres primeros cursos de la secundaria es probable que nunca hayan escuchado hablar de materia ni energía oscura, por eso sus respuestas están mucho más alejadas del resultado esperado.

4.2. Significación estadística al pasar de un curso al siguiente

En esta sección realizamos un análisis estadístico con el fin de comprobar si hay diferencias estadísticamente significativas entre un curso y el siguiente. Para ello hemos utilizado el test estadístico Kruskal-Wallis en SPSS, tomando como variable de agrupación el curso, variable de prueba el ítem y cambiando la definición del rango según fuesen los cursos que queríamos comparar.

Los resultados obtenidos tras este estudio se muestran en la siguiente tabla:

| ítem | Valor p 1º - 2º | Valor p 2º - 3º | Valor p 3º - 4º | Valor p 4º - 1º Bach | Valor p 1º Bach - 2º Bach |
|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------------|------------------------------|
| 1. ¿Qué estudia la cosmología? | 0,732 | 0,019* | 0,024* | 0,050* | 0,200 |
| 2. ¿La cosmología es la misma ciencia que la astronomía? | 0,096 | 0,125 | 0,007* | 1,000 | 0,376 |
| 3. ¿Crees que es importante el estudio de la cosmología? | 0,840 | 0,001* | 0,000* | 1,000 | 0,127 |
| 4. Cita tecnologías que hayan contribuido al desarrollo de la cosmología | 0,111 | 0,356 | 0,160 | 0,031* | 0,323 |
| 5. ¿El universo se está expandiendo, contrayendo o es estático? | 0,810 | 0,953 | 0,519 | 0,109 | 1,000 |
| 6. Explica e ilustra qué es la Teoría del Big Bang. | 0,810 | 0,533 | 0,000* | 0,906 | 0,485 |
| 7. ¿El universo tiene centro? | 1,000 | 0,301 | 0,317 | 1,000 | 1,000 |
| 8. ¿Desde un punto del universo veríamos más galaxias que en otro? | 0,343 | 0,961 | 1,000 | 0,613 | 0,652 |
| 9. ¿El universo contiene algún tipo de materia o energía que desconozcamos? | 0,873 | 0,189 | 0,000* | 0,1000 | 0,823 |

Tabla 14: Significación estadística obtenida mediante el test Kruskal-Wallis al comparar el cuestionario de observación de dos cursos consecutivos. El asterisco indica aquellos casos en los que el valor es menor de 0.05 y, por tanto, las diferencias sí son significativas.

La gran mayoría de los ítems obtienen una significación mayor de 0,05, lo que indica que en general no hay mejoras significativas al pasar de un curso a otro para casi ningún ítem.

Al pasar de 1º a 2º, tanto de E.S.O. como de Bachiller, no hay mejora en ninguno de los ítems, lo cual nos indica que no hay evolución entre estos dos cursos. Esto puede deberse a que los dos cursos del primer ciclo de la E.S.O. apenas tienen conocimientos sobre física y mucho menos de cosmología, mientras que los dos de Bachiller (que ya han cursado Cultura

científica) ya han tenido contacto con esta ciencia, pero ha sido en 4º E.S.O. y en 1º Bachiller no aprenden nada nuevo referente a ello.

Comparando 2º y 3º E.S.O. vemos que solo hay diferencias significativas en el primer y tercer ítem, preguntas muy básicas. En este caso, los resultados mejores han sido obtenidos en 2º E.S.O. debido a que en las primeras preguntas del cuestionario el alumnado de 3º E.S.O. mostraba desmotivación y había un alto porcentaje de respuestas en blanco.

Donde sí encontramos diferencias significativas en la mayoría de los ítems es al pasar de 3º a 4º E.S.O, teniendo mejores resultados el segundo curso. La significación es menor de 0,05 en los ítems 1, 2, 3, 6 y 9. La razón en este caso es evidente, en 4º E.S.O. han cursado la asignatura Cultura científica que, como hemos dicho en alguna ocasión, dedica un bloque a trabajar el universo. Por tanto encontramos un punto de inflexión, incrementando los conocimientos que tienen en cosmología los estudiantes que ya han cursado la asignatura.

Por último, encontramos diferencias significativas en dos de los ítems (el primero y el cuarto) al pasar de 4º E.S.O. a 1º Bachiller. Las preguntas que más información arrojan sobre lo que sabe o no el alumnado sobre cosmología son las cinco últimas, por tanto encontrar diferencias significativas en la primera y la cuarta no es muy relevante. Podemos entender que se debe a que los estudiantes de 1º de Bachiller han sido capaces de desarrollar y argumentar mejor su respuesta.

En la gráfica 1 encontramos la representación del porcentaje de respuestas incorrectas de cada curso para cada ítem y quedan reflejados muy bien los resultados que hemos comentado hasta ahora.

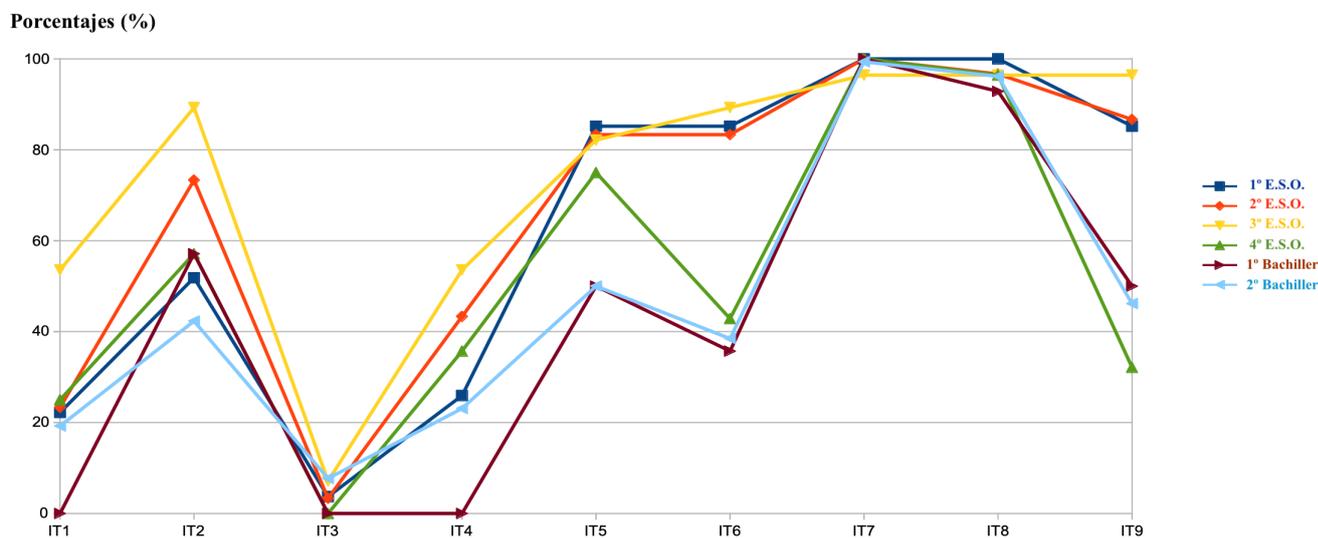


Figura 1: Representación del porcentaje de respuestas incorrectas para cada ítem de todos los cursos.

5. Hipótesis 2: diseño experimental y propuesta de actividades

Después de pasar el cuestionario inicial en todos los cursos, se llevó a cabo una intervención en las clases de 2º y 4º E.S.O. con el fin de mejorar sus conocimientos sobre cosmología. Dos semanas más tarde, se les volvió a pasar el cuestionario a estos dos cursos. En este caso tenemos un tratamiento de datos pre-test y post-test, cuyo desarrollo y análisis de resultados encontramos en la sección [6](#).

En esta sección planteamos una propuesta de enseñanza en la que se incluyan estos contenidos durante la secundaria y el desarrollo del programa de actividades que se llevó a cabo durante la intervención en clase.

5.1. Propuesta de enseñanza: objetivos trabajados en los bloques del currículo de Secundaria

Como hemos comprobado anteriormente, no hay apenas margen en el currículo de Física y Química para introducir la cosmología. Si próximas reformas tratan de solventar esta carencia, es algo que se nos escapa. Así que, pese a la dificultad de encontrar este tipo de contenidos en el currículo de Física y Química, hemos creído relevante señalar la posibilidad de encajar los objetivos de nuestra propuesta en algunos bloques del currículo. Con ella pretendemos alcanzar los objetivos que comentamos en la sección [2](#), trabajando contenidos de cosmología distribuidos por cursos en función de los bloques del currículo.

Mostramos el resultado a continuación, explicando dónde y cómo desarrollar cada objetivo.

Objetivo 1. Comenzar a familiarizarse con los métodos de trabajo más básicos de la cosmología.

- FyQ 2º, 3º y 4º E.S.O. Bloque 1: Interpretación de la información científica de carácter divulgativo que aparece en publicaciones y medios de comunicación.

- FyQ 2º, 3º y 4º E.S.O. Bloque 1: 1.5. Leer textos científicos de formatos diversos utilizando las estrategias de comprensión lectora para obtener información y aplicarla en la reflexión sobre el contenido.

- FyQ 2º, 3º y 4º E.S.O. Bloque 1: 1.7. Buscar y seleccionar información científica contrastada de diferentes fuentes.

Objetivo 2. Familiarizar a los alumnos con la naturaleza de la ciencia, la cual elabora modelos para entender y explicar sucesos que desconocemos y todavía tenemos que explorar.

- FyQ 2º, 3º y 4º E.S.O. Bloque 1: 1.1, 1.4. El método científico: explicar la naturaleza de la ciencia y la construcción de modelos.

Objetivo 3. Valorar la importancia de las relaciones de la cosmología con la tecnología y la sociedad.

Haciendo referencia a este objetivo, nos gustaría remarcar que en las primeras líneas del currículo de Física y Química aparece lo siguiente: “La Física y la Química han tenido un papel clave en el desarrollo de la humanidad (...) avanzando hacia un mejor conocimiento del universo observable.

Esta afirmación es muy interesante y debería ser desarrollada a lo largo del currículo pero, como ya hemos visto, no son consecuentes con ella y dejan a un lado todos los avances

realizados y sus impactos en la sociedad. Lo cual, aparte de dejar en un plano secundario a la cosmología, hace que el alumnado aprenda una imagen de la ciencia descontextualizada e irreal.

- FyQ 2º E.S.O. Bloque 1: Reconocer los estudios y profesiones vinculadas a los conocimientos de todos los campos de la física y la química. Ser capaces de identificar dichos conocimientos, habilidades y competencias para relacionarlas con otras ciencias. Conocer los principales centros de observación e investigación españoles.

- FyQ 3º y 4º E.S.O. Bloque 1: Buscar y seleccionar información sobre los entornos laborales, profesiones y estudios vinculados a los conocimientos del nivel educativo. Analizar esos conocimientos, habilidades y competencias para potenciar su desarrollo.

- Física 2º Bachiller. Bloque 5: Instrumentos ópticos (aplicaciones del telescopio).

Objetivo 4. Saber cómo se originó el universo, comprender la teoría del Big Bang y las pruebas de esta.

- FyQ 1º Bachiller. Bloque 2: Espectroscopía (útil para introducir el corrimiento al rojo).

- Física 2º Bachiller. Bloque 4: Efecto Doppler (útil para introducir el corrimiento al rojo).

- FyQ 2º E.S.O. Bloque 2: La clasificación periódica de los elementos (útil para prueba de la abundancia relativa de los elementos primordiales).

- FyQ 3º y 4º E.S.O. Bloque 2: Sistema periódico (prueba de la abundancia relativa de los elementos primordiales).

Objetivo 5. Comprender por qué el universo se está expandiendo.

Se utilizarían los mismos bloques que para el objetivo anterior porque el corrimiento al rojo nos muestra que las galaxias se van alejando entre ellas.

- FyQ 1º Bachiller. Bloque 2: Espectroscopía (útil para introducir el corrimiento al rojo).

- Física 2º Bachiller. Bloque 4: Efecto Doppler (útil para introducir el corrimiento al rojo).

- Física 2º Bachiller. Bloque 4: Ondas (ondas electromagnéticas, la luz). 4.9: Analizar la luz como una onda electromagnética y relacionarlo con el color que vemos (partes relevantes del espectro electromagnético para la investigación astronómica).

Objetivo 6. Saber de qué está compuesto el universo (materia ordinaria, materia oscura y energía oscura)

- FyQ 2º, 3º, 4º E.S.O. Bloque 2: La materia (no todo en el universo es materia ordinaria formada por bariones).

- FyQ 3º y 4º E.S.O. Bloque 4: Fuerza de la gravedad. Explicación de las órbitas de los distintos niveles de agrupación en el universo (como pueden serlo las galaxias).

- Física 1º Bachiller. Bloque 6: Cinemática. Representaciones gráficas de magnitudes vectoriales (útil para introducir y describir la curva que realizó Vera Rubin).

- Física 2º Bachiller. Bloque 2: Materia oscura. Identificar la hipótesis de la existencia de materia oscura a partir de los datos de rotación de galaxias.

Objetivo 7. Comprender que el universo está formado por miles de millones de galaxias, ninguna de las cuales ocupa un lugar central. A gran escala es homogéneo e isótropo.

- FyQ 2º, 3º y 4º E.S.O. Bloque 1: 1.15. Utilizar los procedimientos científicos para medir las magnitudes utilizando el sistema internacional de unidades y la notación científica para expresar los resultados (pueden hacerse ejemplos de escalas implicadas en el universo y a

partir de ahí hablarles de su distribución.

Objetivo 8. Valorar la contribución de la cosmología al pensamiento crítico.

Este objetivo debería trabajarse cada vez que tratásemos alguno de los anteriores porque en muchos momentos la cosmología ha contribuido al pensamiento crítico y a tener capacidad de razonamiento. Además, el desarrollo del sentido crítico es uno de los elementos transversales del currículo y, aunque no aparece explícitamente en los bloques de contenidos, debido a ello es conveniente prestarle atención desde las actividades propuestas en el aula. Como por ejemplo:

- Demostró que el universo se estaba expandiendo en lugar de ser estático como sería más lógico pensar.

- Demostró que ni la Tierra ni nuestra galaxia están en un lugar privilegiado del universo. Todo es homogéneo e isótropo.

- Aporta un modelo para el nacimiento del universo, todavía no resuelto del todo y que supone un apasionante campo de investigación.

5.2. Intervención en clase: programa de actividades

Tras realizar el cuestionario que nos servía como diagnóstico de los conocimientos que tiene el alumnado sobre cosmología, en el centro de prácticas también pudimos realizar una intervención en las clases de 2º y 4º E.S.O. con el fin de enseñar los conceptos más básicos de esta ciencia a los estudiantes. Por limitaciones evidentes en este trabajo no se ha podido probar cada uno de los objetivos propuestos en los diferentes cursos. Pero sí hemos creído conveniente realizar una intervención en dos cursos de secundaria para evidenciar si es posible una mejora mediante una intervención en el aula.

Para ello, utilizamos unas diapositivas de base y diseñamos una propuesta de actividades para trabajar los contenidos que consideramos más relevantes:

Actividad 1. ¿Qué es la cosmología?

Comentarios A.1. En esta actividad se pretende favorecer un pequeño debate en el que el alumnado dará su opinión sobre lo que cree que son la cosmología, la astronomía y las diferencias entre ellas. La profesora actuará de moderadora. La idea es conseguir que entre ellos vayan construyendo la definición correcta de ambas ciencias, contrarrestando argumentos y justificando su opinión. La astronomía es la encargada de estudiar los cuerpos celestes (origen, composición, evolución) así como los fenómenos que ocurren en relación a ellos. Una de sus ramas es la cosmología, que se dedica a estudiar el universo en su conjunto y sus propiedades físicas: origen, forma, composición, evolución y tamaño.

Actividad 2. Vera Rubin midió las velocidades de muchas estrellas y observó velocidades mayores que las que se esperarían en el caso. Sabiendo que la gravedad es la que hace girar a los cuerpos en el espacio, ¿qué explicación podría darse al fenómeno observado por Rubin y Ford (y años antes por Zwicky)?

Comentarios A.2.

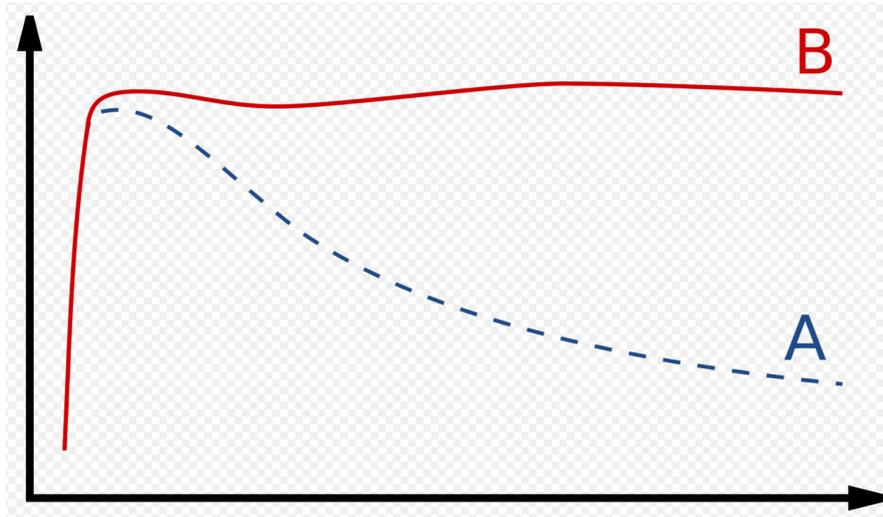


Tabla 15: *Curva de velocidades medida por Vera Rubin (A esperada teóricamente, B observada).*

Con esta actividad se pretende que el alumnado sea capaz de llegar a la deducción de que hay más materia de la que se ve (la ordinaria), a la cual se ha llamado materia oscura. Para ello tienen, basándose en la imagen [15](#), han de llegar a la conclusión de que la velocidad a las afueras de la galaxia debería disminuir porque hay menos cantidad de materia ordinaria (curva A), sin embargo lo que encontramos observacionalmente es que se mantiene más o menos constante (curva B). Por tanto, hay una gran cantidad de materia que afecta a esa velocidad de rotación y que no vemos.

A partir de aquí, discutir cuál es la composición total del universo: qué es la materia ordinaria, qué es la materia oscura y, especialmente, qué es la energía oscura. En ese punto donde los estudiantes de 4º E.S.O. tienen una idea deformada de la realidad.

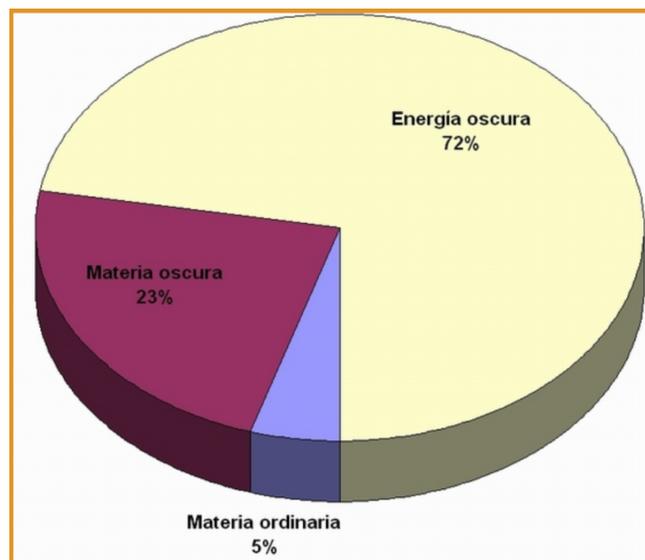


Tabla 16: *Porcentaje de cada componente del universo.*

Utilizando esta imagen [16](#) se pretende hacerles reflexionar acerca de ello y que se den cuenta de que el 72 % de la composición de esta pizza que es nuestro universo es la energía oscura, pero esta no se está gastando (ellos piensan que ese 72 % es lo que queda del total

de energía oscura).

Como se desarrolla en Moya (2019), el camino de las mujeres en la ciencia a lo largo de la historia ha estado lleno de obstáculos a través de los que se han infravalorado, invisibilizado y desprestigiado sus trabajos. La mujer estaba obligada a cuidar de su casa y cualquier otro papel en la sociedad era juzgado. Por tanto, todos los avances que las mujeres han hecho en la ciencia son muy poco conocidos. Entre ellos, nos encontramos a Vera Rubin, astrónoma que midió por primera vez la velocidad de rotación de las estrellas alrededor de una galaxia, obteniendo una curva similar a la que mostramos. Con esto, se obtuvo la primera prueba de la existencia de la materia oscura.

Desde pequeña le apasionaba el estudio de las estrellas y en el colegio demostraba su pasión por la física y las matemáticas (Bolívar, 2018). Sin embargo, sus profesores la desalentaban diciéndole que ese era un trabajo de hombres y que ella no sería capaz de realizarlo. Finalmente se graduó en Astronomía (la única mujer de toda su promoción) e intentó acceder a la universidad de Princeton, pero no pudo porque no aceptaban mujeres. Más tarde fue admitida en la universidad de Cornell, donde hizo la tesis mientras cuidaba a sus hijos.

Tras un episodio nefasto en el que tuvo que expresar sus resultados en público y todos los hombres que allí estaban desprestigiaran su trabajo, Vera dejó la ciencia y se dedicó a cuidar de su casa y sus hijos. Sin embargo, volvió a dedicarse a su pasión y a lo largo de su trayectoria profesional realizó muchos avances en la ciencia que sus colegas de profesión siguieron infravalorando. Finalmente Vera encontró la clave de su trabajo, legado que nos dejó hoy en día. Pero sin embargo Vera Rubin también será recordada como la mujer a la que le dejaron a deber el Nobel por su gran descubrimiento.

Actividad 3. ¿Cómo sabemos que el universo está en expansión?

Comentarios A.3. Con esta actividad se pretende presentar la primera de las pruebas de la expansión del universo, aunque ya se habían obtenido anteriormente por parte de Alexander Friedmann soluciones de las ecuaciones de la relatividad general que mostraban un universo no estático. En 1929 Edwin Hubble con el telescopio del Monte Palomar observó cómo las líneas espectrales de algunas galaxias estaban desplazadas hacia el rojo, hecho que interpretó como una velocidad de alejamiento. Un fenómeno conocido como efecto Doppler, similar al que observamos con el cambio de frecuencia de las ondas de sonido cuando existe una velocidad relativa entre observador y receptor, pero debido esta vez a la expansión del espacio.

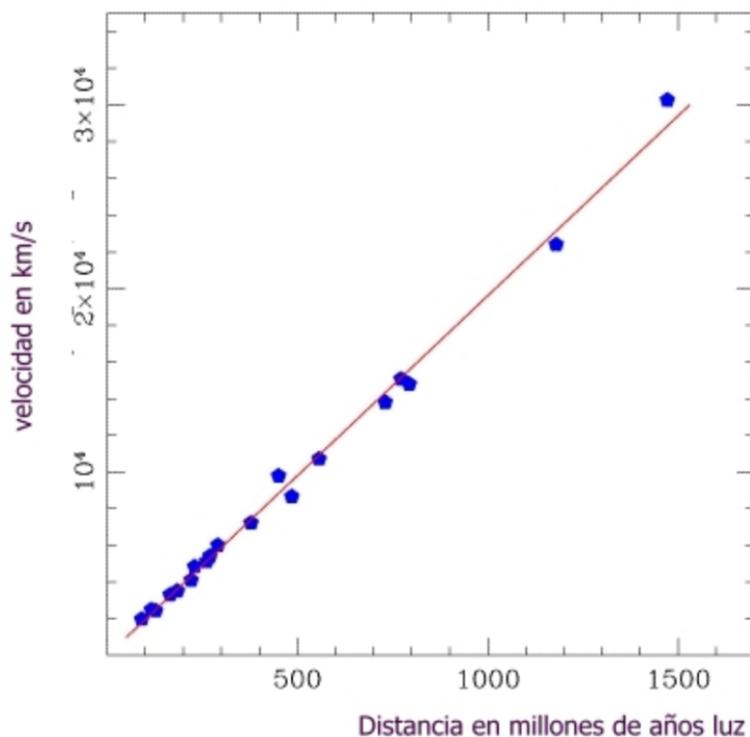


Tabla 17: Gráfica de la Ley de Hubble.

Con el fin de mostrar las pruebas que apoyan la expansión del universo, mostramos la gráfica [17](#) al alumnado e intentamos que razonen los resultados que encuentran en ella. A partir de ahí, podremos deducir que el universo se está expandiendo y tendremos argumentos que lo justifiquen.

El concepto de expansión puede modelizarse mediante un globo. Al representar las galaxias mediante unos puntos pintados con rotulador en la superficie de un globo deshinchado y proceder a su hinchado, se observa como los puntos se alejan unos de otros. Este modelo tiene un problema, los puntos aumentan de tamaño y en ocasiones surge la pregunta en el alumnado, ¿entonces la materia se está separando una de otra? Realmente la gravedad actúa ligando al espacio e impidiendo esta separación de la materia. Una mejora del modelo consiste en utilizar gomets en lugar de puntos con rotulador, estos no cambian de tamaño al inflar el globo, pero las distancias entre estos sí lo hacen.

Actividad 4. Sabiendo que el universo está en expansión, ¿cómo crees que será su final? ¿seguirá la expansión o algo podría frenarlo?

Comentarios A.4. A partir de la actividad anterior el alumnado ha conseguido entender la Ley de Hubble y familiarizarse con la expansión del universo. Sin embargo, aún quedan muchas cuestiones por resolver. El desconocimiento de los estudiantes acerca de este tema les llevará a tener ideas alternativas que no sean ciertas sobre la forma en que seguirá evolucionando y su final. Por ello planteamos un nuevo debate en clase en el que se discutan todas las opciones posibles siguiendo la misma línea que la actividad 1. La profesora actuará de moderadora. Una vez se haya conseguido que el alumnado centre sus posibilidades en una expansión continua, un enfriamiento y una contracción, la profesora comentará que son las 3 teorías que prevalecen hoy en día, pero que la que más peso tiene es la primera. A partir de ahí, se abrirá un nuevo turno de debate en el que los estudiantes deberán argumentar por qué (por ejemplo, que la cantidad de materia es la misma y por tanto cuanto más separada

esté, más difícil será la contracción gravitatoria).

Actividad 5. El universo es como la cáscara de este globo. ¿Dónde está el centro de esta cáscara?

Comentarios A.5. Hay un porcentaje considerable del alumnado que piensa que el universo tiene centro. Haciendo la analogía con la cáscara del globo se pretende que vean que el universo no tiene centro y no hay ningún lugar privilegiado.

Actividad 6. Como hemos visto, E. Hubble observó con su telescopio que muchas galaxias se estaban alejando de nosotros. ¿Qué te sugiere esta prueba sobre el origen del universo?

Comentarios A.6. El alumnado no suele asociar la expansión del universo con el Big Bang. Por tanto, con esta actividad se pretende que reflexionen acerca de esa expansión y la relación con el origen del universo.

Sabiendo que el universo se está expandiendo, podemos plantar a nuestro alumnado la pregunta de qué ha pasado antes de eso. Llevando así con ello a que relacionen la expansión con un punto en el que todo estaba concentrado y empezó a expandirse.

Fue Lemaître el primero que propuso la idea de Big Bang. Aseguró que, si retrocediésemos en el tiempo, lo que encontraríamos sería cada vez un espacio más pequeño hasta llegar al momento inicial en el que todo estaba concentrado en un punto, al cual llamó “átomo primitivo”. Esto causó mucho revuelo entre los científicos porque se tambaleaban sus creencias.

Vale la pena insistir en que este fue el origen del universo y no de la Tierra, ya que a menudo suelen confundirlo.

Actividad 7. ¿Conoces alguna prueba más de la expansión del universo? ¿Crees que la gran explosión inicial pudo dejar alguna prueba que haya llegado hasta nuestra época?

Comentarios A.7. La historia del universo y la radiación de fondo son conceptos completamente desconocidos para nuestros estudiantes. La idea de esta actividad es, de nuevo, mostrar la importancia de probar los enunciados, mostrar que la ciencia es un trabajo colectivo y discutir brevemente el papel del azar en algunos descubrimientos.

En la década de los 40-50 la controversia entre dos modelos de universo estaba servida. Gamow, Alpher y Hermann habían propuesto un modelo de universo en expansión. Fred Hoyle, que defendía un estado estacionario y, paradójicamente, fue el que le dio el nombre a la teoría haciendo un chascarrillo sobre esa “gran explosión” en un programa de radio. En la década de los 60 el grupo de Robert H. Dicke y James Peebles había predicho la existencia de un “eco” de esa gran explosión, y David Todd Wilkinson y Peter Rol estaban construyendo un radiómetro para encontrarla. Pero fueron Arno Penzias y Robert Wilson, quienes, experimentando con una antena de comunicaciones en los Laboratorios Bell, encontraron una radiación que parecía venir de todas las direcciones del espacio. Después de revisar cuidadosamente su montaje (incluso llegaron a pensar que el ruido detectado podría provenir de los excrementos de aves en el interior de la antena), reconocieron la radiación de fondo de microondas, predicha por la teoría del Big Bang. Este es un buen ejemplo para tratar en clase el papel del azar en ciencia, no como un proceso totalmente aleatorio sino como la capacidad de reconocer un hallazgo en principio no relacionado con lo que se busca (serendipia). También se mencionarán algunas cosas curiosas, como es parte de la nieve de los televisores con sintonizador analógico. . . ¡en ellos estamos viendo parte de esta radiación!

A partir de aquí, la estructura que seguiríamos en esta actividad es explicar “cronológicamente” los hechos que consideramos más relevantes en este apartado desde el Big

Bang.

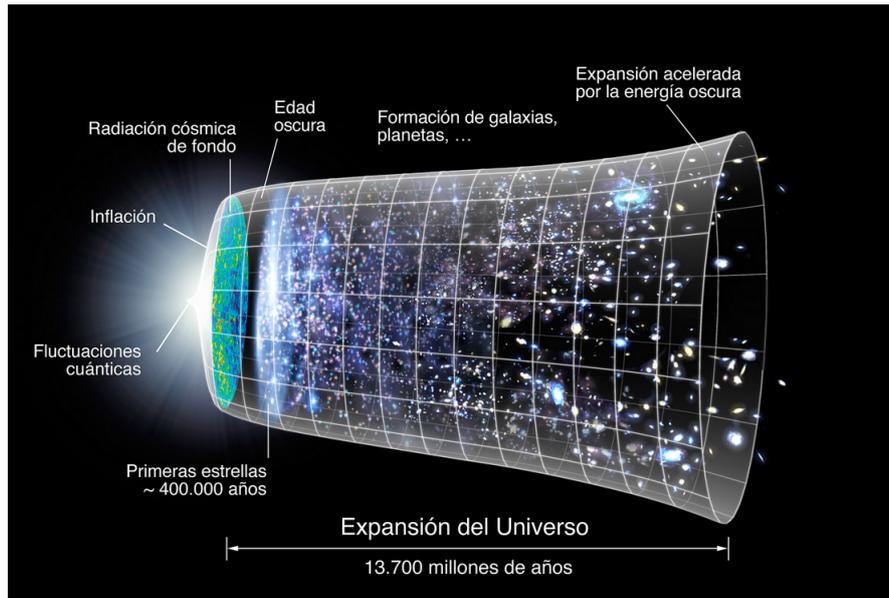


Tabla 18: *Línea del tiempo de la historia del universo.*

Como podemos observar y hemos trabajado en las anteriores actividades, nuestro punto de partida es el Big Bang. En la última parte de la imagen podemos observar cómo se plantea la expansión acelerada del universo. Aprovechando esta imagen se les explicará que, a partir de un momento, el universo se expande aceleradamente. Introduciendo de esta forma el concepto de energía oscura.

Actividad 8. Si nuestra galaxia fuese del tamaño de un grano de arroz, ¿creéis que el universo observable con todas sus galaxias cabría en la Tierra?

Comentarios A.8. Las escalas del universo están muy alejadas de las escalas humanas, por lo que el alumnado no es capaz de relacionar los tamaños. El fin de esta actividad es que reflexionen sobre ello y sean capaces de obtener una idea sobre la relación entre escalas. En el universo observable hay más o menos 2 millones de millones de galaxias (cada una de las cuales contiene 10^{11} estrellas. Es decir, solo un orden de magnitud menos de estrellas en cada galaxia, que galaxias en el universo observable). Si asumimos que cada una ocupa el volumen de un grano de arroz (alrededor de 1cm^3), el volumen total que ocuparían todas en kilómetros sería:

$$2 \cdot 10^{12} \times 0,01 \cdot 10^3 \text{cm} = 2 \cdot 10^6 \text{m}^3 = 2 \cdot 10^{-3} \text{km}^3 \quad (1)$$

Sabiendo que el volumen de la Tierra es de 10^{12}km^3 concluimos ocuparían una parte muy pequeña de la Tierra. Para poder hacernos una mejor idea de la magnitud de estos datos, podemos preguntarnos cuántas piscinas olímpicas ocuparían. Por tanto, si tomamos que el volumen de una piscina olímpica es de $2,5 \cdot 10^{-6} \text{km}^3$:

$$\text{Volumen galaxias} / \text{Volumen piscina} \rightarrow 800, \quad (2)$$

obtenemos que si todas las galaxias del universo observable tuviesen el tamaño de un grano de arroz y pudiésemos agruparlas, ocuparían 800 piscinas olímpicas.

Actividad 9. Imagina que inicias un viaje para salir del sistema solar y poder alejarte cada vez más hasta llegar a tener una “vista panorámica” del universo. ¿Cuáles crees que serían tus vistas en ese momento?

Comentarios A.9. Siguiendo el hilo de la actividad anterior, el alumnado no imagina cómo se vería el universo si fuesen capaces de alejarse cada vez más de la Tierra. Con la pregunta de la actividad se pretende que reflexionen sobre ello y lleguen a la conclusión de que las vistas serían homogéneas y distribuidas igual mirasen donde mirasen.

Partimos nuestro viaje desde la Tierra y nos vamos alejando (Location of Earth, 2019). Comparamos planetas de diferentes tamaños, por ejemplo, desde Plutón hasta Júpiter. Llegamos a tener una vista panorámica del Sistema Solar. Hablamos de sus escalas y de las dimensiones del Sol, comparándolo con el de otras estrellas mucho más grandes. A continuación, seguimos alejándonos y conseguimos salir de la Vía Láctea hasta encontrarnos con nuestras galaxias vecinas formando el Grupo Local. Junto con otros cúmulos de galaxias se agrupan formando supercúmulos, el nuestro sería el supercúmulo de Virgo. Este, junto con otros tres supercúmulos forman Laniakea, nuestro grupo de vecinos de galaxias. De todo ello vamos dando datos para comparar sus tamaños. Por último, conseguimos obtener una imagen del universo similar a la que se muestra aquí:



Tabla 19: *Principio cosmológico: homogeneidad e isotropía del universo a gran escala.*

en la que vemos que el universo se distribuye de forma homogénea e isotrópica, no habiendo ningún lado privilegiado. En las prácticas esta actividad gustó mucho a los estudiantes, puesto que les fascina las escalas tan grandes con las que se trabajan y muestran un gran interés por ello. Además, sería conveniente hacer este recorrido acompañándonos de algún vídeo que mostrase lo que vamos diciendo.

6. Presentación y análisis de resultados después de la intervención

En esta sección estudiamos los resultados obtenidos al pasar el cuestionario aproximadamente 15 días después de la intervención en clase en los cursos de 2º y 4º E.S.O. y realizamos el análisis estadístico pertinente, comparando el pre-test con el post-test.

6.1. Significación estadística entre el pre-test y el post-test en 2º y 4º E.S.O.

Puesto que se trata de muestras relacionadas, en este caso se escogen pruebas de homogeneidad marginal. Dado que no todos los ítems poseen el mismo número de categorías, no podemos utilizar la misma prueba en todos los casos. Para estudiar la significación estadística de los cambios en el caso de los ítems con dos categorías, hemos utilizado la prueba McNemar, mientras que para el caso de los ítems con tres categorías hemos utilizado la prueba Homogeneidad Marginal. El cálculo de todos los tests se ha realizado en SPSS. Las tablas 20 y 21 muestran los enunciados de los ítems y si hay diferencias significativas entre el pre y el post en 2º y 4º E.S.O. respectivamente.

| Ítem | Significación asintótica | Diferencia estadísticamente significativa ($\alpha < 0.05$) |
|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------------------------------|
| 1. ¿Qué estudia la cosmología? | 0,001 | Sí |
| 2. ¿La cosmología es la misma ciencia que la astronomía? | 0,125 | No |
| 3. ¿Crees que es importante el estudio de la cosmología? | 0,059 | No |
| 4. Cita tecnologías que hayan contribuido al desarrollo de la cosmología | 0,000 | Sí |
| 5. ¿El universo se está expandiendo, contrayendo o es estático? | 0,002 | Sí |
| 6. Explica e ilustra qué es la Teoría del Big Bang. | 0,012 | Sí |
| 7. ¿El universo tiene centro? | 0,063 | No |
| 8. ¿Desde un punto del universo veríamos más galaxias que en otro? | 0,031 | Sí |
| 9. ¿El universo contiene algún tipo de materia o energía que desconozcamos? | 0,000 | Sí |

Tabla 20: Significación estadística obtenida mediante los tests McNemar y StuartMaxwell de cada ítem para 2º E.S.O.

| Ítem | Significación asintótica | Diferencia estadísticamente significativa ($\alpha < 0.05$) |
|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------------------------------|
| 1. ¿Qué estudia la cosmología? | 0,033 | Sí |
| 2. ¿La cosmología es la misma ciencia que la astronomía? | 1,000 | No |
| 3. ¿Crees que es importante el estudio de la cosmología? | 1,000 | No |
| 4. Cita tecnologías que hayan contribuido al desarrollo de la cosmología | 0,018 | Sí |
| 5. ¿El universo se está expandiendo, contrayendo o es estático? | 0,000 | Sí |
| 6. Explica e ilustra qué es la Teoría del Big Bang. | 0,000 | Sí |
| 7. ¿El universo tiene centro? | 0,004 | Sí |
| 8. ¿Desde un punto del universo veríamos más galaxias que en otro? | 0,004 | Sí |
| 9. ¿El universo contiene algún tipo de materia o energía que desconozcamos? | 0,008 | Sí |

Tabla 21: *Significación estadística obtenida mediante los tests McNemar y StuartMaxwell de cada ítem para 4º E.S.O.*

Para ambos cursos la significación estadística obtenida en los ítems 2 y 3 es mayor de 0,05, por lo que no hay diferencias significativas entre el pre y el post-test, además en 2º E.S.O. tampoco las hay para el ítem 7. En el resto de ítems se observan diferencias significativas en ambos cursos.

6.2. Análisis de las tablas de contingencia

A continuación se muestran las tablas de contingencia correspondientes a cada ítem con ayuda de las que podremos analizar los resultados que nos han arrojado los tests estadísticos, corroborarlos y estudiar cada caso en particular. Además, para completar la discusión se muestran en el apéndice B las tablas con los porcentajes de respuestas incorrectas (40 - 48) en el pre y el post-test para 2º y 4º E.S.O.

6.2.1. Ítem 1: ¿Qué estudia la cosmología?

Observamos en la tabla de contingencia de 2º E.S.O. que 18 estudiantes mantuvieron su respuesta parcialmente correcta, mientras que 4 pasaron de incorrecta a parcialmente correcta, 3 de incorrecta a correcta y 5 de parcialmente correcta a correcta. Efectivamente encontramos diferencias significativas en las respuestas de ambos cuestionarios (ver tabla 40 en anexo B).

| | POST | | | |
|---|------|---|----|---|
| P | | 0 | 1 | 2 |
| R | 0 | 0 | 4 | 3 |
| E | 1 | 0 | 18 | 5 |
| | 2 | 0 | 0 | 0 |

| | POST | | | |
|---|------|---|----|---|
| P | | 0 | 1 | 2 |
| R | 0 | 2 | 2 | 3 |
| E | 1 | 3 | 12 | 5 |
| | 2 | 0 | 0 | 1 |

Tabla 22: Tablas de contingencia para el ítem 1: ¿Qué estudia la cosmología?

La diferencia en 2º E.S.O. es que el alumnado, tras la intervención en clase, son capaces de utilizar conceptos más clave para definir la cosmología, siendo *composición* la palabra a la que más referencia hacen.

Por su parte, en la tabla de 4º E.S.O. vemos que las diferencias son algo menores que en el curso anterior: 2 estudiantes contestan la respuesta de forma incorrecta en el pre y en el post-test, 12 parcialmente correcta y 1 correcta. Por otro lado, 2 alumnos pasan de contestar mal la pregunta a hacerlo de forma parcialmente correcta y otros 3 a contestarla correctamente, mientras que 5 alumnos son capaces de mejorar su respuesta parcialmente correcta y conseguir una correcta. Sin embargo, también hay 3 personas que pasan a contestar incorrectamente la pregunta después de la intervención en clase.

En este segundo curso vemos que hay mayor porcentaje de respuestas tanto correctas como incorrectas en el post-test. Puesto que en 4º E.S.O. están más familiarizados con el tema, se esperaba que les resultase más fácil pulir los conocimientos previos y responder de una forma más correcta al ítem, sin embargo no encontramos la mejoría esperada. Aunque sí hay que remarcar que el porcentaje de respuestas correctas de este curso son más completas, haciendo referencia a *composición*, *forma* e incluso *evolución*.

En general, la mejoría en el porcentaje de estudiantes que contestan parcial o correctamente el ítem puede ser consecuencia de la primera actividad propuesta y trabajada en ambas clases.

6.2.2. Ítem 2: ¿La cosmología es la misma ciencia que la astronomía?

Este es uno de los ítems que no presenta diferencias significativas entre el pre y el post-test. Volviendo a las tablas donde mostramos los resultados de los tests estadísticos, esperamos que en 2º E.S.O. sí haya habido una pequeña mejora mientras que en 4º los porcentajes sean prácticamente los mismos.

| | POST | | |
|---|------|----|---|
| P | | 0 | 1 |
| R | 0 | 16 | 6 |
| E | 1 | 1 | 7 |

| | POST | | |
|---|------|----|---|
| P | | 0 | 1 |
| R | 0 | 12 | 4 |
| E | 1 | 5 | 7 |

Tabla 23: Tablas de contingencia para el ítem 2: ¿La cosmología es la misma ciencia que la astronomía?

Efectivamente en la tabla de contingencia de 2º E.S.O. vemos que 16 estudiantes han mantenido su respuesta incorrecta y 7 su respuesta correcta, mientras que 6 alumnos han mejorado y 1 ha empeorado. Con lo que vemos que hay una leve mejoría.

Sin embargo, la tabla de 4º E.S.O. nos muestra que 12 estudiantes han respondido la respuesta incorrectamente en el pre y en el post-test, 7 correctamente en ambos casos, 4 han mejorado su respuesta del primero al segundo y 5 la han empeorado. Es decir, en esta clase los resultados del post-test son peores que los del pre-test (ver tabla 41 en anexo B).

Estos malos resultados pueden deberse a que durante la intervención en clase no se dio la importancia necesaria a que los estudiantes trabajasen el concepto de astronomía y reflexionasen sobre sus similitudes y diferencias con la cosmología.

6.2.3. Ítem 3: ¿Crees que es importante el estudio de la cosmología?

El segundo ítem que no presenta diferencias significativas en ninguno de los dos cursos es el que hace referencia a la importancia del estudio de la cosmología. Como se indica en la sección 4.1, esta pregunta es una valoración que nos sirve para conocer la opinión del alumnado de secundaria en relación a esta ciencia.

| <i>Ítem 3. 2º E.S.O.</i> | | | | | <i>Ítem 3. 4º E.S.O.</i> | | | | |
|--------------------------|-------|------|----|-------|--------------------------|-------|------|----|-------|
| | | POST | | | | | POST | | |
| P | | SÍ | NO | NO SÉ | P | | SÍ | NO | NO SÉ |
| R | SÍ | 24 | 0 | 0 | R | SÍ | 27 | 1 | 0 |
| E | NO | 1 | 1 | 0 | E | NO | 0 | 0 | 0 |
| | NO SÉ | 4 | 0 | 0 | | NO SÉ | 0 | 0 | 0 |

Tabla 24: Tablas de contingencia para el ítem 3: ¿Crees que es importante el estudio de la cosmología?

Analizando las tablas de contingencia vemos que el mayor porcentaje de estudiantes de ambos cursos piensan que sí antes y después de la intervención en clase.

Que no haya variación en las respuestas antes y después de la intervención en este caso es debido a que en el cuestionario previo el alumnado ya pensaba que la cosmología sí es importante y, después de la intervención han corroborado esa opinión dando argumentos más desarrollados.

6.2.4. Ítem 4: Cita tecnologías que hayan contribuido al desarrollo de la cosmología.

Citar varias tecnologías que hayan contribuido al desarrollo de la cosmología no fue tarea fácil para 2º E.S.O en el pre-test, casi la mitad de la clase dejó la pregunta sin responder. Sin embargo, como puede observarse en la tabla de contingencia, ha habido una mejoría considerable de los resultados en el post-test: 13 estudiantes han mantenido su respuesta y 17 la han mejorado.

Ítem 4. 2° E.S.O.

| | | POST | | | |
|---|---|------|---|---|---|
| P | | 0 | 1 | 2 | |
| | R | 0 | 3 | 6 | 4 |
| | E | 1 | 0 | 3 | 7 |
| | | 2 | 0 | 0 | 7 |

Ítem 4. 4° E.S.O.

| | | POST | | | |
|---|---|------|---|---|---|
| P | | 0 | 1 | 2 | |
| | R | 0 | 2 | 7 | 1 |
| | E | 1 | 0 | 7 | 4 |
| | | 2 | 0 | 3 | 4 |

Tabla 25: *Tablas de contingencia para el ítem 4: Cita tecnologías que hayan contribuido al desarrollo de la cosmología.*

En el post-test pasamos a tener solo un 10% de respuestas incorrectas y un 60% de correctas (ver tabla 43 en anexo B). Después de la intervención en clase, la mayoría del alumnado ha sido capaz de citar al menos dos tecnologías.

En la clase de 4° E.S.O. la mejora no ha sido tan grande, pero también ha sido significativa. 13 estudiantes han mantenido su respuesta, 12 la han mejorado y 3 han empeorado.

Como se explica en la discusión de resultados de la hipótesis 1, en el pre-test de 4° E.S.O. en su mayoría habían nombrado el telescopio solamente, habiendo muchas preguntas sin contestar también; mientras que en el post-test vemos que el porcentaje de estudiantes que responden con al menos una tecnología aumenta mucho e incluso lo hace el de los alumnos que nombran dos o más. En general, los estudiantes que han nombrado una tecnología ha sido el telescopio, los que han nombrado dos añaden satélites y en tercer lugar naves espaciales.

Por tanto, el debate generado en la intervención en clase referente a la cosmología (como se explica en 5.2), fue adecuado para conseguir que entendiesen mejor de qué ciencia se trataba y las tecnologías que habían favorecido su desarrollo.

6.2.5. Ítem 5: ¿El universo se está expandiendo, contrayendo o es estático?

Comenzamos con el análisis de los resultados de la intervención para las preguntas más técnicas donde podremos comprobar lo que los tests estadísticos nos han arrojado y es que el alumnado ha aprendido algunos conceptos clave de cosmología, mostrando en este ítem diferencias significativas entre el pre y el post-test.

Ítem 5. 2° E.S.O.

| | | POST | | | |
|---|---|------|----|----|---|
| P | | 0 | 1 | 2 | |
| | R | 0 | 10 | 15 | 0 |
| | E | 1 | 2 | 2 | 0 |
| | | 2 | 0 | 0 | 1 |

Ítem 5. 4° E.S.O.

| | | POST | | | |
|---|---|------|---|---|---|
| P | | 0 | 1 | 2 | |
| | R | 0 | 4 | 9 | 8 |
| | E | 1 | 1 | 4 | 2 |
| | | 2 | 0 | 0 | 0 |

Tabla 26: *Tablas de contingencia para el ítem 5: ¿El universo se está expandiendo, contrayendo o es estático?*

Observamos en la tabla de contingencia de 2° E.S.O. que 13 alumnos mantienen sus respuestas (10 de ellas incorrectas, 2 parcialmente correctas y 1 correcta), 15 pasan de

responderla incorrectamente a hacerlo de forma parcialmente correcta y tan solo 2 empeoran su respuesta dada. Por tanto, las diferencias significativas entre ambos cuestionarios son claras, el porcentaje de respuestas incorrectas disminuye de forma considerable, aumentando el de parcialmente correctas (ver tabla 44 en anexo B).

Como se ha comentado en la sección 4.1, muchos estudiantes de este curso pensaban que el universo es estático o se estaba contrayendo. Tras la intervención, el alumnado ya no tiene esas concepciones erróneas y solamente el 40 % responde incorrectamente la pregunta porque no son capaces de argumentar de forma correcta que el universo se expande, frente al 56,67 % de estudiantes que argumentan (de forma algo incompleta) que el universo se está expandiendo.

Por su parte, en la tabla de 4º E.S.O. vemos que las diferencias también son notables. Tan solo 8 personas mantienen sus respuestas (4 incorrectas y 4 parcialmente correctas) y 1 la empeora, frente a 19 personas que consiguen mejorar el resultado: 2 estudiantes mejoran su respuesta desde parcialmente correcta a correcta, mientras que 9 pasan de responderla mal a hacerlo parcialmente correcto y otras 8 a hacerlo de forma correcta. Por tanto las diferencias entre el pre y el post-test de este ítem en 4º E.S.O. son grandes y nos arrojan resultados muy buenos.

El porcentaje de respuestas erróneas en el post-test disminuye de forma radical y aumenta considerablemente el de respuestas correctas, por tanto con la intervención en clase se ha conseguido erradicar la idea deformada que tenía el alumnado de este curso sobre la expansión del universo.

En general, vemos que hay una mejoría considerable en las respuestas ofrecidas por ambos cursos. En 2º E.S.O. se consigue que sepan que el universo se está expandiendo aunque no sean capaces de justificar de forma precisa sus argumentos y en 4º E.S.O. desaparecen las ideas erróneas que tenían acerca de ello, consiguiendo que tengan un conocimiento real de la expansión del universo.

6.2.6. Ítem 6: Explica e ilustra qué es la Teoría del Big Bang

El análisis del pre y el post-test del ítem 6 también nos muestra que hay una diferencia significativa entre ambos, obteniendo mejores resultados tanto 2º como 4º E.S.O.

En la tabla de contingencia de 2º E.S.O. vemos que 16 personas responden de forma incorrecta antes y después de la intervención, 1 mantiene su respuesta parcialmente correcta y otra su respuesta correcta. En contraposición es 1 el estudiante que es capaz de responder correctamente en el post-test partiendo de una parcialmente correcta en el pre, 4 los estudiantes que pasan de responder mal a hacerlo parcialmente bien y 5 los que pasan a hacerlo correctamente. Por otro lado, 2 alumnos empeoran su respuesta después de la intervención.

| | | POST | | |
|---|---|------|---|---|
| P | | 0 | 1 | 2 |
| R | 0 | 16 | 4 | 5 |
| E | 1 | 2 | 1 | 1 |
| | 2 | 0 | 0 | 1 |

| | | POST | | |
|---|---|------|---|---|
| P | | 0 | 1 | 2 |
| R | 0 | 3 | 7 | 2 |
| E | 1 | 0 | 5 | 7 |
| | 2 | 0 | 1 | 3 |

Tabla 27: Tablas de contingencia para el ítem 6: Explica e ilustra qué es la Teoría del Big Bang.

Tenemos aproximadamente el mismo número de respuestas parcialmente correctas antes y después de la intervención (ver tabla 45 en anexo B), pero disminuye más de un 20 % las incorrectas mejorando con ello las correctas. Por tanto, en general hemos conseguido que una parte considerable del alumnado de 2º E.S.O. deje atrás la visión alternativa del Big Bang que tenían asociándolo a la colisión de dos rocas y entienda de qué se trata la Teoría, aunque siga quedando camino por delante para mejorar.

En la misma línea que el curso anterior, en 4º E.S.O. obtenemos casi todo ceros en la parte inferior de la diagonal de la tabla de contingencia, lo cual es señal de la mejoría en los resultados. 11 personas en total mantienen el nivel de su respuesta, 7 la mejoran desde una parcialmente correcta a una correcta, 7 son capaces de pasar de la errónea a la parcialmente correcta y 2 a la correcta. Frente a ello, tan solo una persona pasa de responder correctamente a hacerlo de forma parcialmente correcta en el post-test.

Haciendo uso de nuevo de la tabla de porcentajes, en 4º E.S.O. vemos que se sigue una dinámica similar a 2º E.S.O. aunque este curso consigue unas mejorías más notables. El porcentaje de respuestas parcialmente correctas es parecido en el pre y en el post-test, pero baja en un 30 % el de respuestas incorrectas y se mejora el de respuestas correctas. Esto es debido a que gran parte del alumnado de este curso ya tenía algún conocimiento sobre la Teoría del Big Bang, pero no lo habían trabajado de forma correcta y no terminaban de entender el concepto. Por tanto, después de la intervención, la mayor parte de respuestas incorrectas desaparecen, verificando que el alumnado ahora tiene más claro de qué se trata el Big Bang.

Lo que se ha conseguido en este caso, por tanto, con la intervención ha sido que un gran porcentaje del alumnado de 2º E.S.O. conozca la Teoría del Big Bang, rechazando la idea de que fue una colisión entre rocas y que los estudiantes de 4º E.S.O. mejoren sus conocimientos acerca de esta teoría, puesto que tenían una visión muy imprecisa y errónea.

6.2.7. Ítem 7: ¿El universo tiene centro?

Este es el único ítem en el que los tests estadísticos nos arrojan resultados distintos. En 2º E.S.O. no encontramos diferencias significativas antes y después de la intervención en clase, pero en 4º de E.S.O. sí.

| <i>Ítem 7. 2° E.S.O.</i> | | | | <i>Ítem 7. 4° E.S.O.</i> | | | |
|--------------------------|---|------|---|--------------------------|---|------|---|
| | | POST | | | | POST | |
| P | | 0 | 1 | P | | 0 | 1 |
| R | 0 | 25 | 5 | R | 0 | 19 | 9 |
| E | 1 | 0 | 0 | E | 1 | 0 | 0 |

Tabla 28: *Tablas de contingencia para el ítem 7: ¿El universo tiene centro?*

En general, para ninguno de los dos cursos las diferencias son muy notables. 25 estudiantes de 2° E.S.O. siguen respondiendo mal la pregunta en el post-test y tan solo 5 pasan a hacerlo correctamente. Tan solo un 16,67 % de los estudiantes ha mejorado su respuesta tras la intervención (ver tabla 46 en anexo B). Es cierto que hay una mejora en relación al porcentaje de alumnado que piensa que el universo sí tiene centro, pero siguen sin saber explicar y razonar por qué no lo tiene.

El caso de 4° E.S.O. es similar: solo 9 estudiantes han conseguido mejorar su respuesta después de la intervención, frente a 19 que han seguido contestando incorrectamente. Sin embargo, en este caso es un 32,14 % del total del alumnado los que han conseguido responder correctamente y por tanto consideramos que las diferencias entre el pre y el post-test sí son significativas.

En el cuestionario previo a la intervención 4° E.S.O. ya fue la clase que respondió con mayor porcentaje que el universo no tiene centro, sin embargo ningún estudiante lo argumentó correctamente. En el post-test vemos reflejada una mejora por parte de algunos, por lo que se ha conseguido aclarar el concepto y que entiendan el por qué. La diferencia entre 2° y 4° E.S.O. puede ser debida a que los más mayores ya tenían conocimientos previos sobre el tema, son capaces de razonarlo mejor y ha sido más sencillo hacerles reflexionar.

En definitiva, estos resultados ponen de manifiesto la dificultad de este ítem por su abstracción y lo alejado que está de la vida diaria del alumnado. Lo cual nos sugiere la necesidad de llevar a cabo propuestas como las aquí presentadas para seguir mejorando los conocimientos de cosmología en nuestro alumnado de secundaria.

6.2.8. Ítem 8: ¿Desde un punto del universo veríamos más galaxias que en otro?

Nos adentramos ahora en la valoración de otros de los ítems más complicados, como ya se apunta en 4.1. En este caso las diferencias obtenidas para ambos cursos son significativas, aunque los porcentajes de respuestas erróneas sigue siendo muy alto en el post-test (ver tabla 47 en anexo B).

| <i>Ítem 8. 2° E.S.O.</i> | | | | <i>Ítem 8. 4° E.S.O.</i> | | | |
|--------------------------|---|------|---|--------------------------|---|------|---|
| | | POST | | | | POST | |
| P | | 0 | 1 | P | | 0 | 1 |
| R | 0 | 23 | 6 | R | 0 | 18 | 9 |
| E | 1 | 0 | 1 | E | 1 | 0 | 1 |

Tabla 29: *Tablas de contingencia para el ítem 8: ¿Desde un punto del universo veríamos más galaxias que en otro?*

Las tablas de contingencia nos muestran que en 2° E.S.O. 23 estudiantes han contestado mal la pregunta antes y después de la intervención, 1 ha mantenido su respuesta correcta y 6 la han mejorado. En la tabla de los porcentajes se observa que en el pre-test prácticamente todo el alumnado contestó erróneamente la pregunta, siendo el argumento más utilizado que si verían más galaxias mirando hacia un lado que hacia el otro, como describimos en [4.1](#). En el post-test ese porcentaje ha disminuido un 20%, por lo que se ha conseguido que el 23,33% de la clase entienda el concepto de homogeneidad e isotropía de forma adecuada. Además, dentro del porcentaje de respuestas erróneas, en el post-test se han utilizado más otros argumentos.

Por su parte, en la clase de 4° E.S.O. la mejora ha sido más considerable: 18 estudiantes han mantenido su respuesta errónea en el post-test, 1 su respuesta correcta y 9 alumnos han conseguido contestarla correctamente después de la intervención. Frente un 3,57% en el pre-test, el 35,71% de la clase en el post-test ha conseguido argumentar de forma correcta por qué no vería más galaxias a un lado o a otro y este es un buen resultado ya que se trata de un concepto muy difícil.

Siguiendo con el razonamiento del ítem anterior, este es un ítem muy complicado para nuestro alumnado ya que su lógica les lleva a pensar otra cosa. Aquí vemos patente el problema de no enseñar cosmología en las aulas: si nunca has informado a los estudiantes sobre estos conceptos, no puede tener una idea real de cómo se comporta el universo y tienden a explicarlo en función a lo que saben. Sin embargo, con tan solo una intervención la mejoría es notable y la motivación de los estudiantes por el tema también.

6.2.9. Ítem 9: ¿El universo contiene algún tipo de materia o energía que desconozcamos?

Este último ítem incluye conceptos con los que es más fácil trabajar en clase y conseguir que el alumnado se familiarice con ellos. Los tests estadísticos confirman que después de la intervención se han obtenido diferencias significativas y ha habido un aprendizaje por parte de los estudiantes.

| | | <i>Ítem 9. 2° E.S.O.</i> | | | | | | <i>Ítem 9. 4° E.S.O.</i> | | | |
|---|---|--------------------------|----|----|---|----|---|--------------------------|---|---|--|
| | | POST | | | | | | POST | | | |
| P | 0 | 0 | 1 | 2 | P | 0 | 0 | 1 | 2 | | |
| | 1 | 0 | 12 | 10 | | 4 | | | | | |
| R | 0 | 1 | 0 | 3 | 1 | R | 0 | 4 | 0 | 5 | |
| | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| E | 0 | 0 | 0 | 0 | E | 0 | 1 | 6 | | | |
| | 1 | 2 | 0 | 2 | | 10 | | | | | |

Tabla 30: *Tablas de contingencia para el ítem 9: ¿El universo contiene algún tipo de materia o energía que desconozcamos?*

La tabla de contingencia de 2° E.S.O. nos muestra que 15 estudiantes han mantenido su respuesta (12 errónea y 3 parcialmente correcta) y el resto la han mejorado, consiguiendo obtener en el post-test 5 respuestas correctas y 10 parcialmente correctas más que en el pre-test.

Recordamos que la mayoría del alumnado en el cuestionario previo a la intervención había contestado erróneamente, utilizando argumentos que analizamos en [4.1](#). Esta vez comprobamos que el porcentaje de respuestas incorrectas disminuye a más de la mitad,

creciendo con ello tanto las respuestas parcialmente correctas como las correctas (ver tabla 48 en anexo B). La actividad llevada a cabo en clase en relación a la composición del universo ha funcionado y el 43,33% de 2º E.S.O. es capaz de decir que existen agujeros negros y materia oscura en el universo (ncluso alguno nombra la energía oscura), aunque ninguno argumenta demasiado su respuesta. Además el 16,67% nombra tanto la materia oscura como la energía oscura, justificando lo que piensa.

Por otro lado, en 4º E.S.O. también encontramos una mejoría muy notable. La tabla de contingencia nos muestra que, como en 2º E.S.O., 15 personas han mantenido su respuesta en el post-test, aunque cabe destacar que 10 de estas ya habían contestado correctamente a la respuesta en el pre-test. 11 personas han mejorado su respuesta, consiguiendo contestarla correctamente y tan solo 2 la han empeorado pasando a hacerla parcialmente correcta.

El nivel de esta clase en relación a esta pregunta era mayor antes de hacer la intervención debido a que en la asignatura Cultura científica dan material relacionado con esto. Aun así, se han obtenido mejores resultados en el post-test, obteniendo un 75% de respuestas correctas donde los estudiantes han nombrado la materia y energía oscuras y han desarrollo ambos conceptos.

Como se indicaba al principio de la discusión de este ítem, es un tema más fácil de comprender para el alumnado y además les resulta muy interesante y curioso. Por lo que fue sencillo motivarles para que participasen en la actividad y sintiesen motivación por aprender más.

6.3. Representación de los porcentajes de respuestas incorrectas

En las gráficas 2 y 3 se muestran los porcentajes de respuestas incorrectas de cada ítem para el pre y el post-test de los dos cursos en los que hemos realizado la intervención, donde vemos claramente lo que venimos discutiendo hasta ahora.

La clase de 2º E.S.O. ha disminuido el porcentaje de respuestas incorrectas en el post-test para todos los ítems, aunque como vemos en la gráfica, para los ítems 2, 3 y 7 las diferencias entre el pre y el post-test no han sido significativas, teniendo aproximadamente el mismo número de respuestas incorrectas.

Por su parte, 4º E.S.O. ha sido la clase que mejores resultados ha conseguido después de las actividades realizadas en clase. Esta vez para los ítems 2 y 3 se ha obtenido un porcentaje ligeramente mayor de respuestas incorrectas en el post-test, sin embargo las diferencias tampoco son significativas, como muestra la tabla 21.

También podemos apreciar, como curiosidad, que en algunos ítems 4º E.S.O. ha conseguido mejores resultados en el pre-test que 2º E.S.O. en el post-test. Esto es debido a la formación en cosmología que tiene el alumnado de 4º E.S.O., como hemos comentado en la subsección anterior.

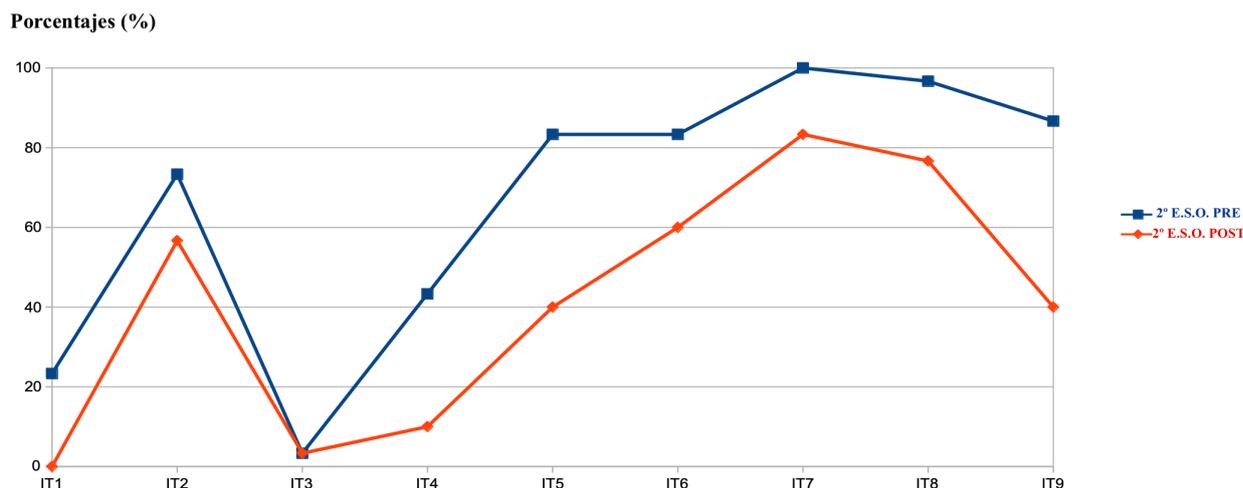


Figura 2: Representación del porcentaje de respuestas incorrectas en 2º E.S.O. antes y después de la intervención en clase.

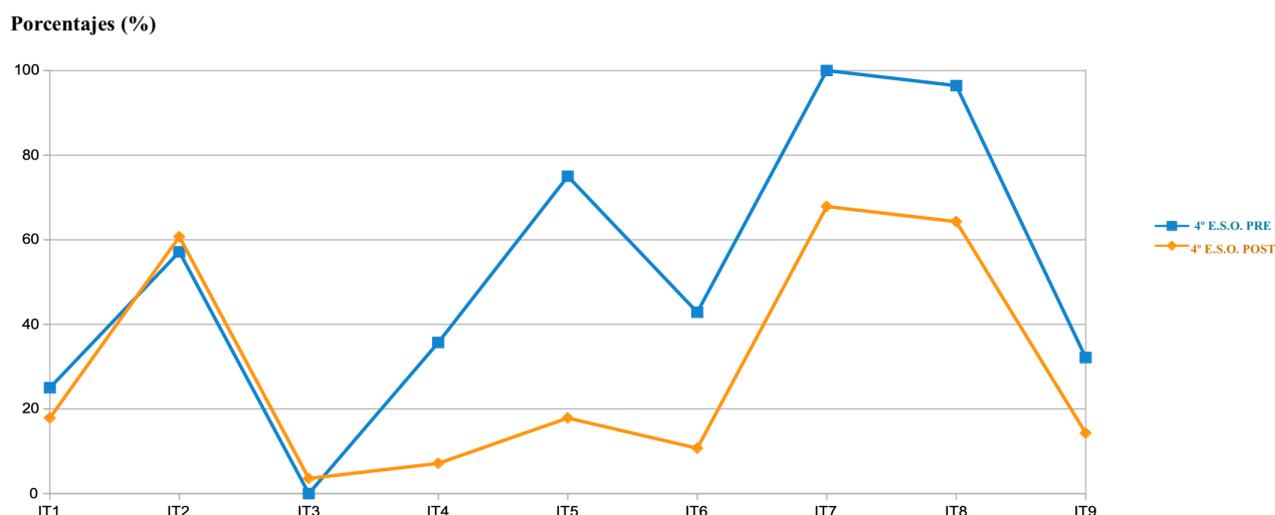


Figura 3: Representación del porcentaje de respuestas incorrectas en 4º E.S.O. antes y después de la intervención en clase.

7. Conclusiones y perspectivas

El olvido de la cosmología en las aulas de Secundaria es el problema fundamental de nuestra investigación. Esta ciencia responde preguntas que el ser humano se ha hecho desde las primeras civilizaciones, mismas dudas que los estudiantes con los que hemos trabajado siguen teniendo. El estudio de la ciencia avanza y las respuestas van llegando, sin embargo es tarea olvidada enseñar cosmología, satisfacer la curiosidad del alumnado por este tema y que mejoren sus conocimientos cosmológicos.

Este estudio nos ha permitido corroborar nuestras dos hipótesis de partida. Por un lado, hemos comprobado que el alumnado de Secundaria desconoce los aspectos más básicos y

relevantes de la cosmología. En la sección 4 se han analizado los resultados del cuestionario y en general hemos obtenido altos porcentajes de respuestas erróneas para todos los ítems independientemente del curso. Como se puede observar en dicha sección, en prácticamente todos los ítems el porcentaje de respuestas correctas es bastante menor al 10 %, habiendo una ligera mejoría a partir de 4º E.S.O. en el sexto y noveno ítem. Esto puede deberse, como se ha citado durante el análisis, al estudio de la asignatura Cultura científica. Los ítems 2, 3 y 4 tratan cuestiones más sencillas y cercanas al alumnado, por lo que las respuestas han sido algo mejores, aunque el porcentaje de repuestas incorrectas sigue siendo considerablemente mayor que el de repuestas correctas.

Después de esta investigación, queda patente la poca importancia que se le da a la cosmología dentro de las aulas y la formación tan pobre que se le da al alumnado de secundaria en este campo. Las consecuencias son tangibles: los estudiantes terminan su etapa de educación secundaria sin tener los conocimientos más básicos sobre una ciencia tan importante para el ser humano desde las primeras civilizaciones.

Por otro lado y partiendo de los resultados obtenidos en esta primera parte de la investigación, diseñamos una intervención en las clases de 2º y 4º E.S.O., cuya mejora en ambas ha sido notable. Como podemos observar en la gráfica 2, el porcentaje de respuestas incorrectas de los estudiantes de 2º E.S.O. es considerablemente menor en el post-test y en prácticamente todos los ítems encontramos diferencias significativas entre el pre-test y el post-test (ver tabla 20). En la misma línea, la clase de 4º E.S.O. ha conseguido disminuir el porcentaje de respuestas incorrectas en el post-test de forma considerable (ver gráfica 3), obteniendo de nuevo diferencias significativas en todos los ítems salvo en dos, como podemos comprobar en 21. Por tanto, queda demostrado que el alumnado tiene capacidad y motivación suficiente para aprender cosmología.

La propuesta que hemos llevado a cabo facilita además que los estudiantes se familiaricen con la actividad científica y la naturaleza de la ciencia, que se cuestionen las ideas deformadas que tenían sobre el universo y conozcan las relaciones CTS.

Se ha podido confirmar que las diferencias entre el pre-test y el post-test son significativas para casi todos los ítems en ambos cursos utilizando las pruebas de homogeneidad marginal y McNemar.

El alumnado ha sido capaz de mejorar sus conocimientos de cosmología en tan solo una intervención, lo cual nos lleva a imaginar lo fructífero que sería realizar más actividades y proyectos de este tipo, como los que proponemos en la sección 5.

Por esto, reivindicamos un papel más principal de la cosmología en las aulas. A lo largo de esta memoria se plantean opciones que podrían ayudar a ello: utilizar puntos del currículo para introducir conceptos de cosmología y una propuesta de actividades muy ilustrativa que podría llevarse a cabo en cualquier curso de secundaria.

También creemos que sería adeducado que la asignatura optativa Cultura científica que se cursa en 4º E.S.O. fuera obligatoria, como su predecesora *Ciencias para el mundo contemporáneo*, puesto que, como hemos visto, claramente tiene influencia en el conocimiento cosmológico del alumnado.

Referencias

- Bailey, J., Coble, K., Cochran, G., Larrieu, D., Sanchez, R. y Cominsky, L. (2012). A multi-institutional investigation of students preinstructional ideas about cosmology. *Astronomy Education Review*, 11.
- DOGV Generalitat Valenciana. Biología y geología. <http://www.ceice.gva.es/documents/162640733/162655319/Biolog%C3%ADa+y+Geolog%C3%ADa/df348b00-bc9c-481a-bb51-89eb8d36ddc4>
- Bolívar, J. (2018). Científicas: la apasionante historia de las mujeres detrás de los grandes descubrimientos de la ciencia. A Coruña, España: Guadalmazán.
- Comins, N. (1998). Identifying and addressing astronomy misconceptions in the classroom. *International astronomical union colloquium*, 162, 118-123.
- DOGV Generalitat Valenciana. Cultura científica. <http://www.ceice.gva.es/documents/162640733/162655315/Cultura+Cient%C3%ADfica+%28PDF%29/49a2e692-e109-4ee1-bb24-3dda82201190>
- Davis, T. y Lineweaver, C. (2004). Expanding confusion: Common misconceptions of cosmological horizons and the superluminal expansion of the universe. *Publications of the Astronomical society of Australia*, 21, 97-109.
- Dove, J. (2002). Does the man in the moon ever sleep? An analysis of students answers about simple astronomical events: a case study. *International Journal of Science Education*, 24, 823-834.
- Fernández, I., Gil, D., Carrascosa, J., Cachapuz, A., y Praia, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 477-488.
- DOGV Generalitat Valenciana. Física. <http://www.ceice.gva.es/documents/162640733/162655319/F%C3%ADsica/a7ad3f06-b98c-4fde-9616-7120995367de>
- DOGV Generalitat Valenciana. Física y Química. <http://www.ceice.gva.es/documents/162640733/162655319/F%C3%ADsica+y+Qu%C3%ADmica/00211717-678c-4021-a122-151d8ca880bb>
- García Barros, S. y Martínez Losada, C. (2014). La importancia de las habilidades cognitivo-lingüísticas asociadas al estudio de la astronomía desde la perspectiva del profesorado. *Enseñanza de las ciencias*, 32, 179-197.
- Kragh, H. (2013). Cosmology and science education: problems and promises. Versión manuscrita del capítulo del libro de Michael R. Matthews: Handbook of historical and philosophical reserach in science education. Springer handbook series.
- Lima, P. J., Lang Da Silveira, F. y Ostermann, F. (2012). *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 34, 1403.
- Lineweaver, C. y Davis, T. (2005). Misconceptions about the Big Bang. *Scientific American*, 292, 24-33.
- Wikipedia (2019): *Location of Earth*. https://en.wikipedia.org/wiki/Location_of_Earth

- Moya, I. (2019). Vida y obra de Émilie du Châtelet. *Trabajo de la asignatura Complementos para la formación disciplinar*.
- Mulholland, J. y Ginns, I. S. (2008). College Moon project Australia: Preservice teachers learning about the moon's phases. *Research in Science Education*, 38, 385-399.
- Palomar, R. y Solbes, J. (2015). Evaluación de una propuesta para la enseñanza y el aprendizaje de la astronomía en secundaria. *Enseñanza de las ciencias*, 33.2, 91-111.
- Pozo, J. I. (1992). Psicología de la comprensión y el aprendizaje de las ciencias. *Infancia y aprendizaje*, 62-63, 187-204.
- Solbes, J. (2009). Dificultades de aprendizaje y cambio conceptual, procedimental y axiológico (II): Nuevas perspectivas. *Revista Eureka. Enseñanza, divulgación y ciencia*, 6(2), 190-212.
- Solbes, J. (2011). ¿Por qué disminuye el alumnado de ciencias? *Alambique*, 67, 53-62.
- 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.
- Solbes, J. y Palomar, R. (2013). Dificultades en el aprendizaje de la astronomía en secundaria. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 35, 1, 1401.
- Solbes, J. y Vilches, A. (1997). STS interactions and the teaching of physics and chemistry. *Science Education*, 81, 377-386.
- Vega Navarro, A. (2001). Tenerife tiene seguro de Sol (y de Luna): Representaciones del profesorado de primaria acerca del día y la noche. *Enseñanza de las Ciencias*, 19, 31-44.
- Wallace, C., Prather, E. y Ducan, D. (2011). A study of general education astronomy students' understandings of cosmology. Part I. Development and validation of four conceptual cosmology surveys. *Astronomy education review*. 10.
- Wallace, C., Prather, E. y Ducan, D. (2011). A study of general education astronomy students' understandings of cosmology. Part II. Evaluating four conceptual cosmology surveys: a classical test theory approach. *Astronomy education review* 10.
- Wallace, C., Prather, E. y Ducan, D. (2011). A study of general education astronomy students' understandings of cosmology. Part III. Evaluating four conceptual cosmology surveys: an item response theory approach. *Astronomy education review* 10.
- Wallace, C., Prather, E. y Ducan, D. (2011). A study of general education astronomy students' understandings of cosmology. Part IV. Common difficulties students experience with cosmology. *Astronomy education review* 10.

A. Apéndice A: Subcategorías de cada ítem y porcentajes post-test

En este apéndice se incluyen algunas tablas referentes a la presentación y discusión de los resultados que hemos considerado no incluir en las secciones pertinentes por comodidad del lector. Las mostramos aquí con el fin de que el estudio de esta investigación pueda hacerse de forma más correcta y completa.

En primer lugar, mostramos y desarrollamos las tablas de las subcategorías para cada ítem del cuestionario que hemos desarrollado.

Las subcategorías en las que se ha desglosado el ítem 1 son:

2. Definición que incluye los términos *evolución*, *forma* y/o *composición*.

1. Definición correcta, pero incompleta.

0.2. No sabe / No contesta.

0.1. Respuesta incorrecta.

El porcentaje de resultados de cada una se muestra en la siguiente tabla.

| Subcategoría | 1° E.S.O. (%) | 2° E.S.O. (%) | 3° E.S.O. (%) | 4° E.S.O. (%) | 1° Bach. (%) | 2° Bach. (%) | Total (%) |
|--------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|---------------|
| 2 | 1 (3,7) | 0 (0,0) | 0 (0,0) | 1 (3,6) | 1 (7,1) | 2 (7,7) | 5 (3,3) |
| 1 | 20 (74,1) | 23 (76,7) | 13 (46,4) | 20 (71,4) | 13 (92,9) | 19 (73,1) | 108 (70,6) |
| 0.2 | 0 (0,00) | 2 (6,7) | 6 (21,4) | 0 (0,0) | 0 (0,0) | 0 (0,0) | 8 (5,2) |
| 0.1 | 6 (22,2) | 5 (16,7) | 9 (32,1) | 7 (25,0) | 0 (0,0) | 5 (19,2) | 32 (20,9) |

Tabla 31: *Subcategorías del ítem 1: ¿Qué estudia la cosmología?*

Las subcategorías en las que se ha desglosado el ítem 2 son:

1.2. Respuesta correcta con definición adecuada de astronomía.

1.1. Respuesta correcta con pequeña justificación, incompleta y muy básica.

0.4. Responden que sí es la misma ciencia.

0.3. Definición correcta, pero sin ninguna justificación.

0.2. No sabe / No contesta.

0.1. Respuesta incorrecta (porque define mal uno de los dos conceptos).

El porcentaje de resultados de cada una se muestra en la siguiente tabla.

| Subcategoría | 1° E.S.O. (%) | 2° E.S.O. (%) | 3° E.S.O. (%) | 4° E.S.O. (%) | 1° Bach. (%) | 2° Bach. (%) | Total (%) |
|--------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------|
| 1.2 | 0 (0,0) | 0 (0,0) | 0 (0,0) | 1 (3,6) | 2 (14,3) | 1 (3,8) | 4 (2,6) |
| 1.1 | 13 (48,1) | 8 (26,7) | 3 (10,7) | 11 (39,3) | 4 (28,6) | 14 (53,8) | 53 (34,6) |
| 0.4 | 0 (0,0) | 1 (3,3) | 3 (10,7) | 0 (0,0) | 0 (0,0) | 1 (3,8) | 5 (3,3) |
| 0.3 | 2 (7,4) | 3 (10,0) | 4 (14,3) | 4 (14,3) | 1 (7,1) | 0 (0,0) | 14 (9,2) |
| 0.2 | 4 (14,8) | 1 (3,3) | 7 (25,0) | 2 (7,1) | 0 (0,0) | 0 (0,0) | 14 (9,2) |
| 0.1 | 8 (29,6) | 17 (56,7) | 11 (39,3) | 10 (35,7) | 7 (50,0) | 10 (38,5) | 63 (41,2) |

Tabla 32: Subcategorías del ítem 2: ¿La cosmología es la misma ciencia que la astronomía?

Las subcategorías en las que se ha desglosado el ítem 3 son:

2. No sabe / No contesta.

1. No es importante.

0.3. Sí es importante por seguridad y para evitar posibles caídas de meteoritos.

0.2. Sí es importante para saber si hay vida más allá de la Tierra.

0.1. Sí es importante para aprender más del universo, saber cómo funciona y conocer mejor todo lo que nos rodea.

El porcentaje de resultados de cada una se muestra en la siguiente tabla.

| Subcategoría | 1° E.S.O. (%) | 2° E.S.O. (%) | 3° E.S.O. (%) | 4° E.S.O. (%) | 1° Bach. (%) | 2° Bach. (%) | Total (%) |
|--------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|---------------|
| 2 | 3 (11,1) | 4 (13,3) | 14 (50,0) | 0 (0,0) | 0 (0,0) | 2 (7,7) | 22 (14,4) |
| 1 | 1 (3,7) | 1 (3,3) | 2 (7,1) | 0 (0,0) | 0 (0,0) | 2 (7,7) | 6 (3,9) |
| 0.3 | 0 (0,0) | 2 (6,7) | 0 (0,0) | 3 (10,7) | 0 (0,0) | 2 (7,7) | 7 (4,6) |
| 0.2 | 3 (11,1) | 2 (6,7) | 1 (3,6) | 2 (7,1) | 0 (0,0) | 0 (0,0) | 9 (5,9) |
| 0.1 | 20 (74,1) | 21 (70,0) | 11 (39,3) | 23 (82,1) | 14 (100,0) | 20 (76,9) | 109 (71,2) |

Tabla 33: Subcategorías del ítem 3: ¿Crees que es importante el estudio de la cosmología?

Las subcategorías en las que se ha desglosado el ítem 4 son:

2.2. Nombran tres o más tecnologías.

2.1. Nombran dos tecnologías.

1. Nombran una tecnología.

0. No sabe / No contesta

El porcentaje de resultados de cada una se muestra en la siguiente tabla.

| Subcategoría | 1° E.S.O. (%) | 2° E.S.O. (%) | 3° E.S.O. (%) | 4° E.S.O. (%) | 1° Bach. (%) | 2° Bach. (%) | Total (%) |
|--------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------|
| 2.2 | 3 (11,1) | 4 (13,3) | 1 (3,6) | 1 (3,6) | 0 (0,0) | 2 (7,7) | 11 (7,2) |
| 2.1 | 8 (29,63) | 3 (10,0) | 3 (10,7) | 6 (21,4) | 6 (42,9) | 8 (30,8) | 34 (22,2) |
| 1 | 8 (29,63) | 10 (33,3) | 9 (32,1) | 11 (39,3) | 8 (57,1) | 10 (38,5) | 57 (38,7) |
| 0 | 8 (29,63) | 13 (43,3) | 15 (53,6) | 10 (35,7) | 0 (0,0) | 6 (23,1) | 51 (30,9) |

Tabla 34: Subcategorías del ítem 4: Cita tecnologías que hayan contribuido al desarrollo de la cosmología.

Las subcategorías en las que se ha desglosado el ítem 5 son:

2. El universo se está expandiendo (argumentan correctamente la respuesta, comentando la Ley de Hubble y/o que cada vez hay más espacio entre las galaxias pero no entre los astros).

1.2. El universo se está expandiendo (añaden argumentos aceptables pero incompletos)

1.1. El universo se está expandiendo (simplemente marcan esta opción, sin explicar nada).

0.4. No sabe / No contesta.

0.3. El universo se está expandiendo (pero argumentan de forma errónea).

0.2. El universo se está contrayendo.

0.1. El universo es estático.

El porcentaje de resultados de cada una se muestra en la siguiente tabla.

| Subcategoría | 1° E.S.O. (%) | 2° E.S.O. (%) | 3° E.S.O. (%) | 4° E.S.O. (%) | 1° Bach. (%) | 2° Bach. (%) | Total (%) |
|--------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------|
| 2 | 0 (0,0) | 1 (3,3) | 0 (0,0) | 0 (0,0) | 0 (0,0) | 0 (0,0) | 1 (0,7) |
| 1.2 | 3 (11,1) | 1 (3,3) | 2 (7,1) | 3 (10,7) | 3 (21,4) | 5 (19,2) | 17 (11,1) |
| 1.1 | 1 (3,7) | 3 (10,0) | 3 (10,7) | 4 (14,3) | 4 (28,6) | 8 (30,8) | 23 (15,0) |
| 0.4 | 2 (7,4) | 1 (3,3) | 5 (17,9) | 0 (0,0) | 0 (0,0) | 0 (0,0) | 8 (5,2) |
| 0.3 | 3 (11,1) | 8 (26,7) | 1 (3,6) | 18 (64,3) | 6 (42,9) | 10 (38,5) | 46 (30,1) |
| 0.2 | 1 (3,7) | 5 (16,7) | 1 (3,6) | 0 (0,0) | 1 (7,1) | 1 (3,8) | 9 (5,9) |
| 0.1 | 17 (63,0) | 11 (36,7) | 16 (57,1) | 3 (10,7) | 0 (0,0) | 2 (7,7) | 49 (32,0) |

Tabla 35: Subcategorías del ítem 5: ¿El universo se está expandiendo, contrayendo o es estático?

Las subcategorías en las que se ha desglosado el ítem 6 son:

2. Respuesta correcta y con argumentos que completan la justificación.

1. Respuesta correcta, pero incompleta e imprecisa.

0.4. No sabe / No contesta.

0.3. Estudiantes que han dado otro argumento erróneo.

0.2. Una piedra chocó contra la Tierra y así se creó la vida.

0.1. Fue una colisión entre dos rocas.

El porcentaje de resultados de cada una se muestra en la siguiente tabla.

| Subcategoría | 1° E.S.O. (%) | 2° E.S.O. (%) | 3° E.S.O. (%) | 4° E.S.O. (%) | 1° Bach. (%) | 2° Bach. (%) | Total (%) |
|--------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------|
| 2 | 0 (0,0) | 1 (3,3) | 1 (3,6) | 4 (14,3) | 1 (7,1) | 8 (30,8) | 15 (9,8) |
| 1 | 4 (14,8) | 4 (13,3) | 2 (7,1) | 12 (42,9) | 8 (57,1) | 8 (30,8) | 38 (24,8) |
| 0.4 | 2 (7,4) | 0 (0,0) | 2 (7,1) | 3 (10,7) | 0 (0,0) | 0 (0,0) | 7 (4,6) |
| 0.3 | 6 (22,2) | 8 (26,7) | 16 (57,1) | 8 (28,6) | 3 (21,4) | 7 (26,9) | 48 (31,4) |
| 0.2 | 3 (11,1) | 4 (13,3) | 5 (17,9) | 0 (0,0) | 1 (7,1) | 2 (7,7) | 15 (9,8) |
| 0.1 | 12 (44,4) | 13 (43,3) | 2 (7,1) | 1 (3,6) | 1 (7,1) | 1 (3,8) | 30 (19,6) |

Tabla 36: Subcategorías del ítem 6: Explica e ilustra qué es la Teoría del Big Bang.

Las subcategorías en las que se ha desglosado el ítem 7 son:

1.2. Respuesta correcta y argumentos que incluyan las palabras *homogéneo, esfera* o que digan que no tiene bordes.

1.1. Respuesta correcta y argumento con sentido, pero muy incompleto.

0.5. No sabe / No contesta.

0.4. Estudiantes que han dado otro argumento erróneo.

0.3. El universo sí tiene centro.

0.2. El universo no tiene centro (no argumentan su respuesta).

0.1. El universo no tiene centro porque es infinito.

El porcentaje de resultados de cada una se muestra en la siguiente tabla.

| Subcategoría | 1° E.S.O. (%) | 2° E.S.O. (%) | 3° E.S.O. (%) | 4° E.S.O. (%) | 1° Bach. (%) | 2° Bach. (%) | Total (%) |
|--------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------|
| 1.2 | 0 (0,0) | 0 (0,0) | 0 (0,0) | 0 (0,0) | 0 (0,0) | 0 (0,0) | 0 (0,0) |
| 1.1 | 0 (0,0) | 0 (0,0) | 1 (3,6) | 0 (0,0) | 0 (0,0) | 0 (0,0) | 1 (0,7) |
| 0.5 | 4 (14,8) | 1 (3,3) | 4 (14,3) | 0 (0,0) | 1 (7,1) | 1 (3,8) | 11 (7,2) |
| 0.4 | 3 (11,1) | 4 (13,3) | 5 (17,9) | 1 (3,6) | 2 (14,3) | 7 (26,9) | 22 (14,4) |
| 0.3 | 4 (14,8) | 14 (46,7) | 6 (21,4) | 11 (39,3) | 6 (42,9) | 4 (15,4) | 45 (29,4) |
| 0.2 | 7 (25,9) | 7 (23,3) | 9 (32,1) | 15 (53,6) | 4 (28,6) | 9 (34,6) | 51 (33,3) |
| 0.1 | 9 (33,3) | 4 (13,3) | 3 (10,7) | 1 (3,6) | 1 (7,1) | 5 (19,2) | 23 (15,0) |

Tabla 37: Subcategorías del ítem 7: ¿El universo tiene centro?

Las subcategorías en las que se ha desglosado el ítem 8 son:

- 1.2. Argumento que incluye los términos *homogéneo* y/o *distribuido igual*.
- 1.1. Respuesta correcta y argumento con sentido, pero incompleta e imprecisa.
- 0.4. No sabe / No contesta.
- 0.3. Estudiantes que han dado otro argumento erróneo.
- 0.2. No verían más (respuesta sin argumentar).
- 0.1. Sí verían más en un lado que en otro porque no hay dos lados iguales.

El porcentaje de resultados de cada una se muestra en la siguiente tabla.

| Subcategoría | 1° E.S.O. (%) | 2° E.S.O. (%) | 3° E.S.O. (%) | 4° E.S.O. (%) | 1° Bach. (%) | 2° Bach. (%) | Total (%) |
|--------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------|
| 1.2 | 0 (0,0) | 0 (0,0) | 0 (0,0) | 0 (0,0) | 0 (0,0) | 0 (0,0) | 0 (0,0) |
| 1.1 | 0 (0,0) | 1 (3,3) | 1 (3,6) | 1 (3,6) | 1 (7,1) | 1 (3,8) | 5 (3,3) |
| 0.4 | 5 (18,5) | 2 (6,7) | 5 (17,9) | 1 (3,6) | 1 (7,1) | 1 (3,8) | 15 (9,8) |
| 0.3 | 11 (40,7) | 10 (33,3) | 11 (39,3) | 12 (42,9) | 6 (42,9) | 12 (46,2) | 62 (40,5) |
| 0.2 | 0 (0,0) | 2 (6,7) | 2 (7,1) | 4 (14,3) | 2 (14,3) | 3 (11,5) | 13 (8,5) |
| 0.1 | 11 (40,7) | 15 (50,0) | 9 (32,1) | 10 (35,7) | 4 (28,6) | 9 (34,6) | 58 (37,9) |

Tabla 38: *Subcategorías del ítem 8: ¿Desde un punto del universo veríamos más galaxias que en otro?*

Las subcategorías en las que se ha desglosado el ítem 9 son:

2.2. Nombran energía oscura y materia oscura. Además razonan y argumentan su respuesta, incluyendo porcentajes de materia ordinaria, materia y energía oscuras. Algunos estudiantes también mencionan la investigación de Vera Rubin.

2.1. Nombran energía oscura y materia oscura, pero sin justificar ni desarrollar la respuesta.

1.2. Nombran la materia oscura (y, en general, los agujeros negros también).

1.1. Nombran los agujeros negros.

0.4. No sabe / No contesta.

0.3. Estudiantes que han dado otro argumento erróneo.

0.2. Aún queda mucho por descubrir porque el universo es muy grande.

0.1. No hay ningún tipo de materia ni energía que desconozcamos.

El porcentaje de resultados de cada una se muestra en la siguiente tabla.

| Subcategoría | 1° E.S.O. (%) | 2° E.S.O. (%) | 3° E.S.O. (%) | 4° E.S.O. (%) | 1° Bach. (%) | 2° Bach. (%) | Total (%) |
|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
| 2.2 | 0 (0,0) | 0 (0,0) | 0 (0,0) | 0 (0,0) | 0 (0,0) | 0 (0,0) | 0 (0,0) |
| 2.1 | 0 (0,0) | 0 (0,0) | 0 (0,0) | 12 (42,9) | 2 (14,3) | 0 (0,0) | 14 (9,2) |
| 1.2 | 0 (0,0) | 4 (13,3) | 1 (3,6) | 7 (25,0) | 3 (21,3) | 8 (27,0) | 23 (15,0) |
| 1.1 | 4 (14,8) | 0 (0,0) | 0 (0,0) | 0 (0,0) | 2 (14,3) | 7 (26,9) | 13 (8,5) |
| 0.4 | 8 (29,6) | 7 (23,3) | 10 (35,7) | 1 (3,6) | 0 (0,0) | 2 (7,6) | 28 (18,4) |
| 0.3 | 4 (14,8) | 8 (26,7) | 7 (25,0) | 1 (3,6) | 2 (21,5) | 4 (15,4) | 26 (17,0) |
| 0.2 | 10 (37,0) | 8 (26,7) | 5 (17,9) | 7 (25,0) | 4 (28,6) | 3 (11,5) | 37 (24,2) |
| 0.1 | 1 (3,7) | 3 (10,0) | 5 (17,9) | 0 (0,0) | 0 (0,0) | 3 (11,5) | 12 (7,8) |

Tabla 39: Subcategorías del ítem 9: ¿El universo contiene algún tipo de materia o energía que desconozcamos?

B. Apéndice B: Tablas con los porcentajes del pre-test y el post-test

En segundo lugar mostramos las tablas que comparan los porcentajes de las respuestas obtenidas al pasar el cuestionario al alumnado antes (pre-test) y después (post-test) de la intervención en clase. En el apartado pertinente (6) donde se discuten los resultados mostramos las tablas de contingencia y los tests estadísticos, pero hemos decidido añadir estas tablas en el apéndice porque son muy visuales y ayudan a comparar de forma muy sencilla ambos tests, así como a valorar las mejoras obtenidas.

| Categoría | 2° E.S.O. (pre) n (%) | 2° E.S.O. (post) n (%) | 4° E.S.O. (pre) n (%) | 4° E.S.O. (post) n (%) |
|-------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
| Correcta | 0 (0,00) | 8 (26,67) | 1 (3,57) | 9 (32,14) |
| P. correcta | 23 (76,67) | 22 (73,33) | 20 (71,43) | 14 (50,00) |
| Incorrecta | 7 (23,33) | 0 (0,00) | 7 (25,00) | 5 (17,86) |

Tabla 40: Comparación de porcentajes de las respuestas para el ítem 1 antes y después de la intervención en clase.

| Categoría | 2° E.S.O. (pre) n (%) | 2° E.S.O. (post) n (%) | 4° E.S.O. (pre) n (%) | 4° E.S.O. (post) n (%) |
|------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
| Correcta | 8 (26,67) | 13 (43,33) | 12 (42,86) | 11 (39,29) |
| Incorrecta | 22 (73,33) | 17 (56,67) | 16 (57,14) | 17 (60,71) |

Tabla 41: Comparación de porcentajes de las respuestas para el ítem 2 antes y después de la intervención en clase.

| Categoría | 2° E.S.O. (pre) n (%) | 2° E.S.O. (post) n (%) | 4° E.S.O. (pre) n (%) | 4° E.S.O. (post) n (%) |
|-----------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
| NO LO SÉ | 4 (13,33) | 0 (0,00) | 0 (0,00) | 0 (0,00) |
| NO | 1 (3,33) | 1 (3,33) | 0 (0,00) | 1 (3,57) |
| SÍ | 25 (83,33) | 29 (96,67) | 28 (100,00) | 27 (96,43) |

Tabla 42: Comparación de porcentajes de las respuestas para el ítem 3 antes y después de la intervención en clase.

| Categoría | 2° E.S.O. (pre) n (%) | 2° E.S.O. (post) n (%) | 4° E.S.O. (pre) n (%) | 4° E.S.O. (post) n (%) |
|-------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
| Correcta | 7 (23,33) | 18 (60,00) | 7 (25,00) | 9 (32,14) |
| P. correcta | 10 (33,33) | 9 (30,00) | 11 (39,29) | 17 (60,71) |
| Incorrecta | 13 (43,33) | 3 (10,00) | 10 (35,71) | 2 (7,14) |

Tabla 43: Comparación de porcentajes de las respuestas para el ítem 4 antes y después de la intervención en clase.

| Categoría | 2° E.S.O. (pre) n (%) | 2° E.S.O. (post) n (%) | 4° E.S.O. (pre) n (%) | 4° E.S.O. (post) n (%) |
|-------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
| Correcta | 1 (3,33) | 1 (3,33) | 0 (0,00) | 10 (35,71) |
| P. correcta | 4 (13,33) | 17 (56,67) | 7 (25,00) | 13 (46,43) |
| Incorrecta | 25 (83,33) | 12 (40,00) | 21 (75,00) | 5 (17,86) |

Tabla 44: Comparación de porcentajes de las respuestas para el ítem 5 antes y después de la intervención en clase.

| Categoría | 2° E.S.O. (pre) n (%) | 2° E.S.O. (post) n (%) | 4° E.S.O. (pre) n (%) | 4° E.S.O. (post) n (%) |
|-------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
| Correcta | 1 (3,33) | 7 (23,33) | 4 (14,29) | 12 (42,86) |
| P. correcta | 4 (13,33) | 5 (16,67) | 12 (42,86) | 13 (46,43) |
| Incorrecta | 25 (83,33) | 18 (60,00) | 12 (42,86) | 3 (10,71) |

Tabla 45: Comparación de porcentajes de las respuestas para el ítem 6 antes y después de la intervención en clase.

| Categoría | 2° E.S.O. (pre) n (%) | 2° E.S.O. (post) n (%) | 4° E.S.O. (pre) n (%) | 4° E.S.O. (post) n (%) |
|------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
| Correcta | 0 (0,00) | 5 (16,67) | 0 (0,00) | 9 (32,14) |
| Incorrecta | 30 (100,00) | 25 (83,33) | 28 (100,00) | 19 (67,86) |

Tabla 46: Comparación de porcentajes de las respuestas para el ítem 7 antes y después de la intervención en clase.

| Categoría | 2° E.S.O. (pre) n (%) | 2° E.S.O. (post) n (%) | 4° E.S.O. (pre) n (%) | 4° E.S.O. (post) n (%) |
|------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
| Correcta | 1 (3,33) | 7 (23,33) | 1 (3,57) | 10 (35,71) |
| Incorrecta | 29 (96,67) | 23 (76,67) | 27 (96,43) | 18 (64,29) |

Tabla 47: Comparación de porcentajes de las respuestas para el ítem 8 antes y después de la intervención en clase.

| Categoría | 2° E.S.O. (pre) n (%) | 2° E.S.O. (post) n (%) | 4° E.S.O. (pre) n (%) | 4° E.S.O. (post) n (%) |
|-------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
| Correcta | 0 (0,00) | 5 (16,67) | 12 (42,86) | 21 (75,00) |
| P. correcta | 4 (13,33) | 13 (43,33) | 7 (25,00) | 3 (10,71) |
| Incorrecta | 26 (86,67) | 12 (40,00) | 9 (32,14) | 4 (14,29) |

Tabla 48: Comparación de porcentajes de las respuestas para el ítem 9 antes y después de la intervención en clase.

C. Apéndice C: Diapositivas de la intervención en clase

Al continuación se muestran las diapositivas que utilizamos como base en la propuesta de actividades para la intervención en clase en los cursos de 2° y 4° E.S.O.

Cosmología

¿Qué es la cosmología?

Estudio del universo y de sus propiedades físicas

Origen

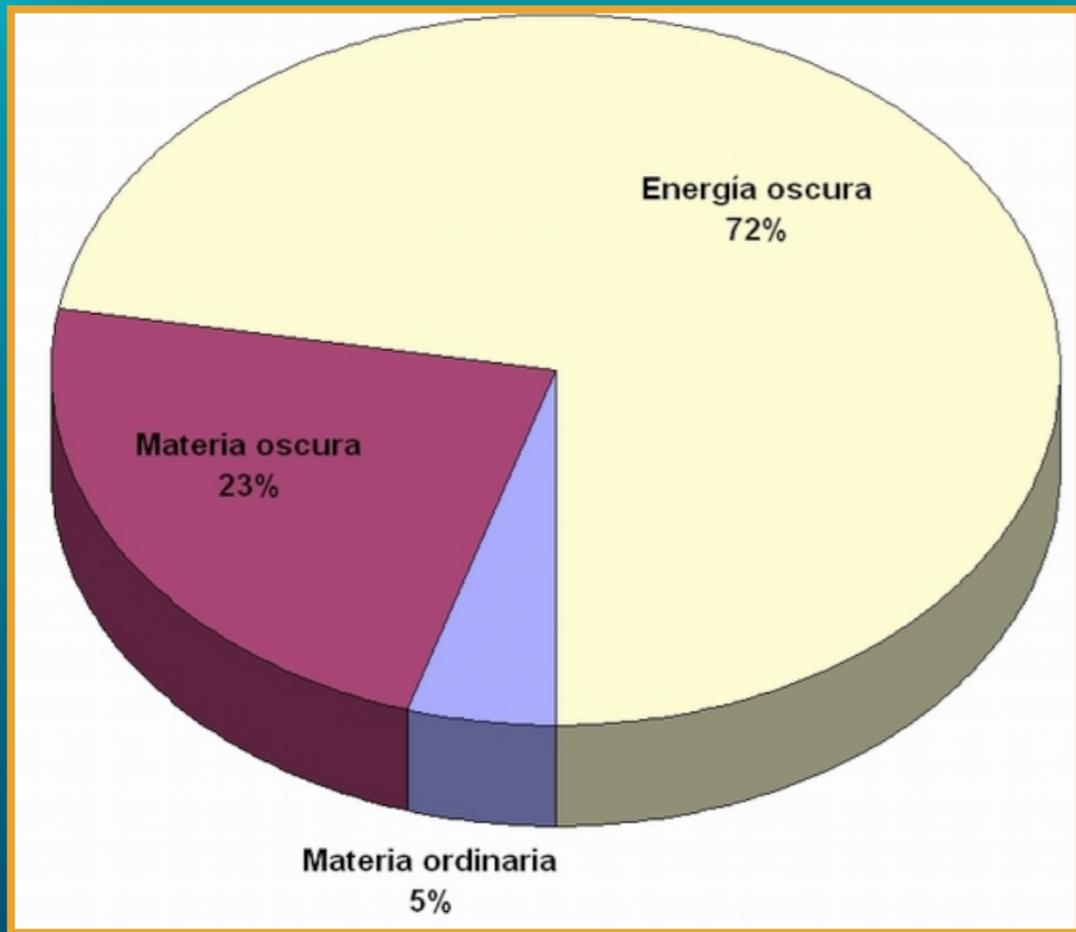
Forma

Tamaño

Composición

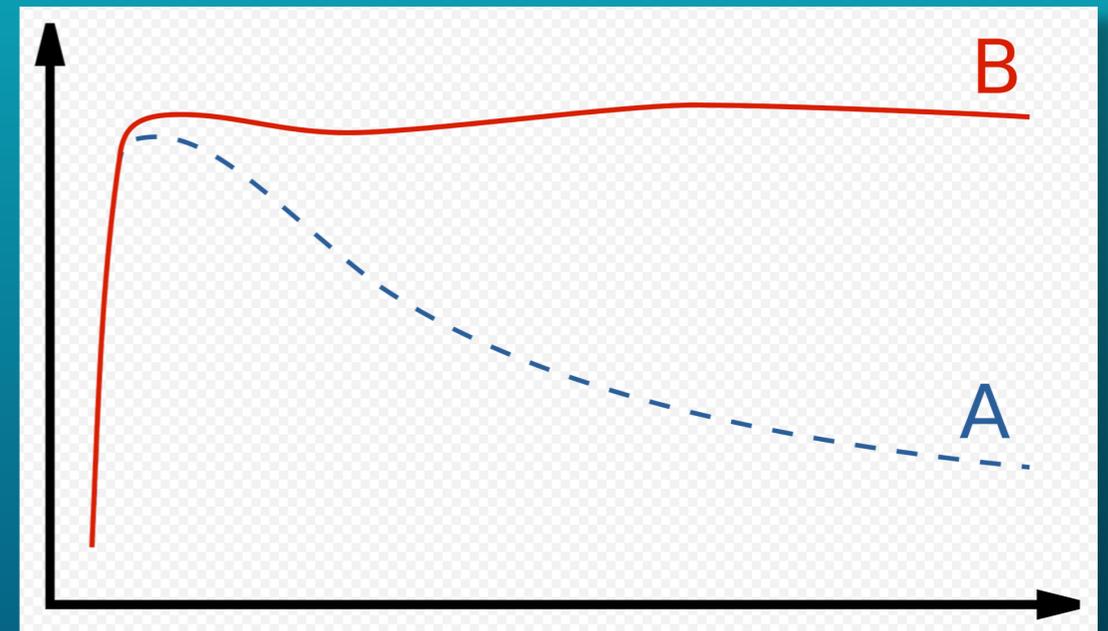


¿Qué explicación podría darse al fenómeno observado por Rubin y Ford?



Materia oscura

Velocidad



Distancia

Materia ordinaria



Galaxias, estrellas, planetas, ...

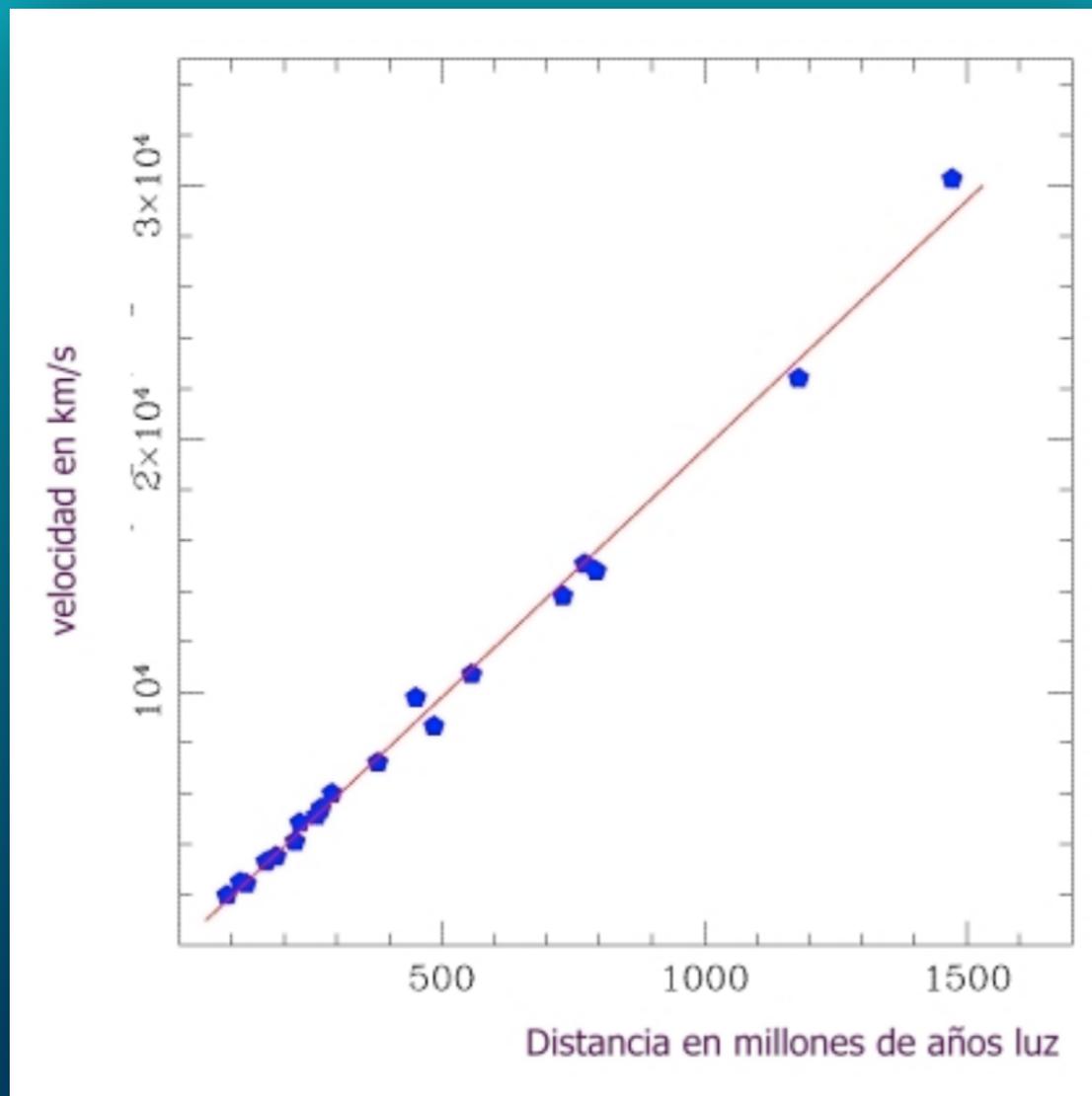
Energía oscura



Causante de la expansión acelerada del universo

¿Cómo sabemos que el universo está en expansión?

Ley de Hubble

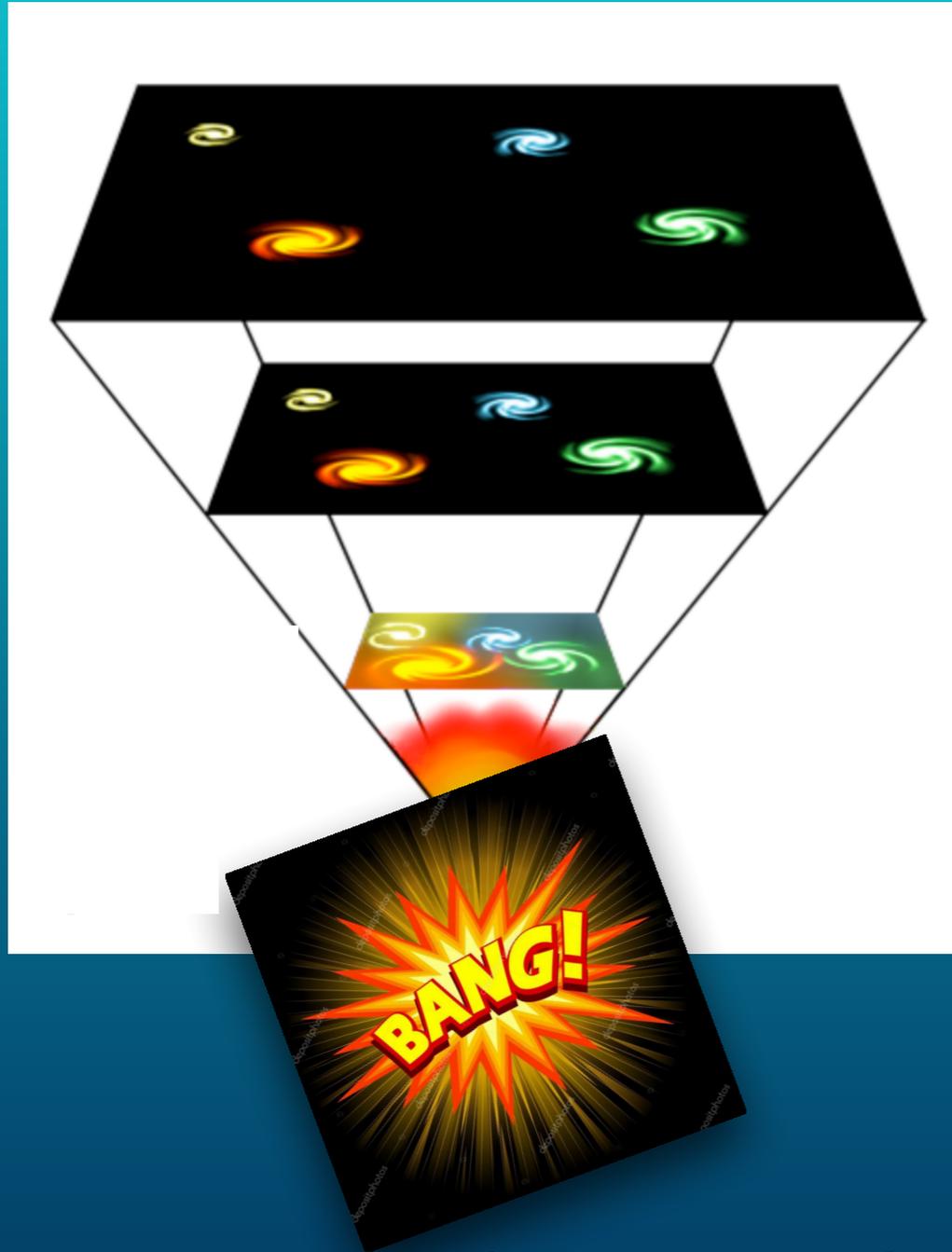


Energía oscura

El universo se expande cada vez a una velocidad mayor

Sabiendo que el universo está en expansión...
¿cómo creéis que será su final?

¿Qué te sugiere la prueba de la expansión sobre el origen del universo?



Big Bang

Origen del universo

Hace 13.800 millones de años

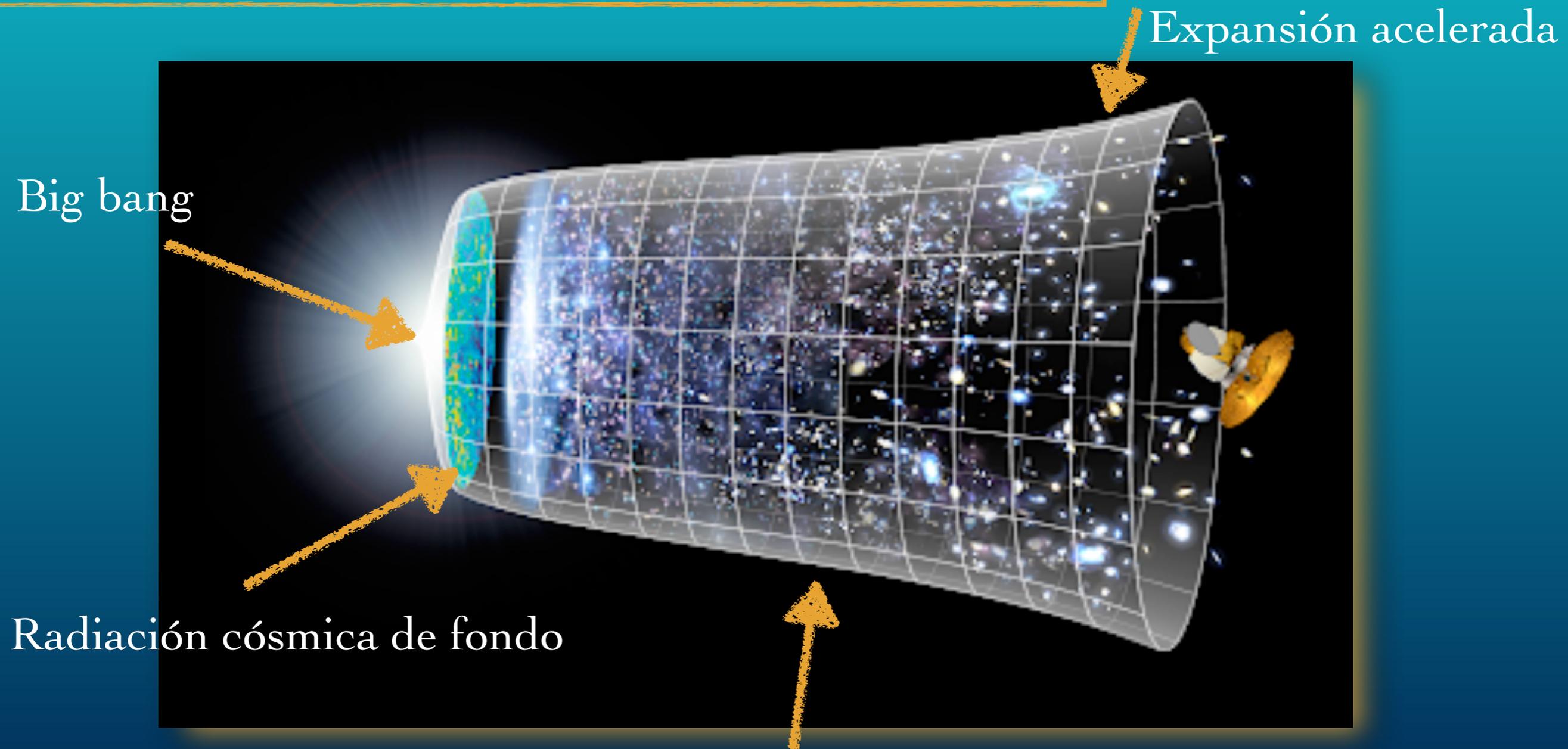
Se formaron el espacio y el tiempo

El universo es como la cáscara de un globo...

¿Dónde está el centro de esta cáscara?

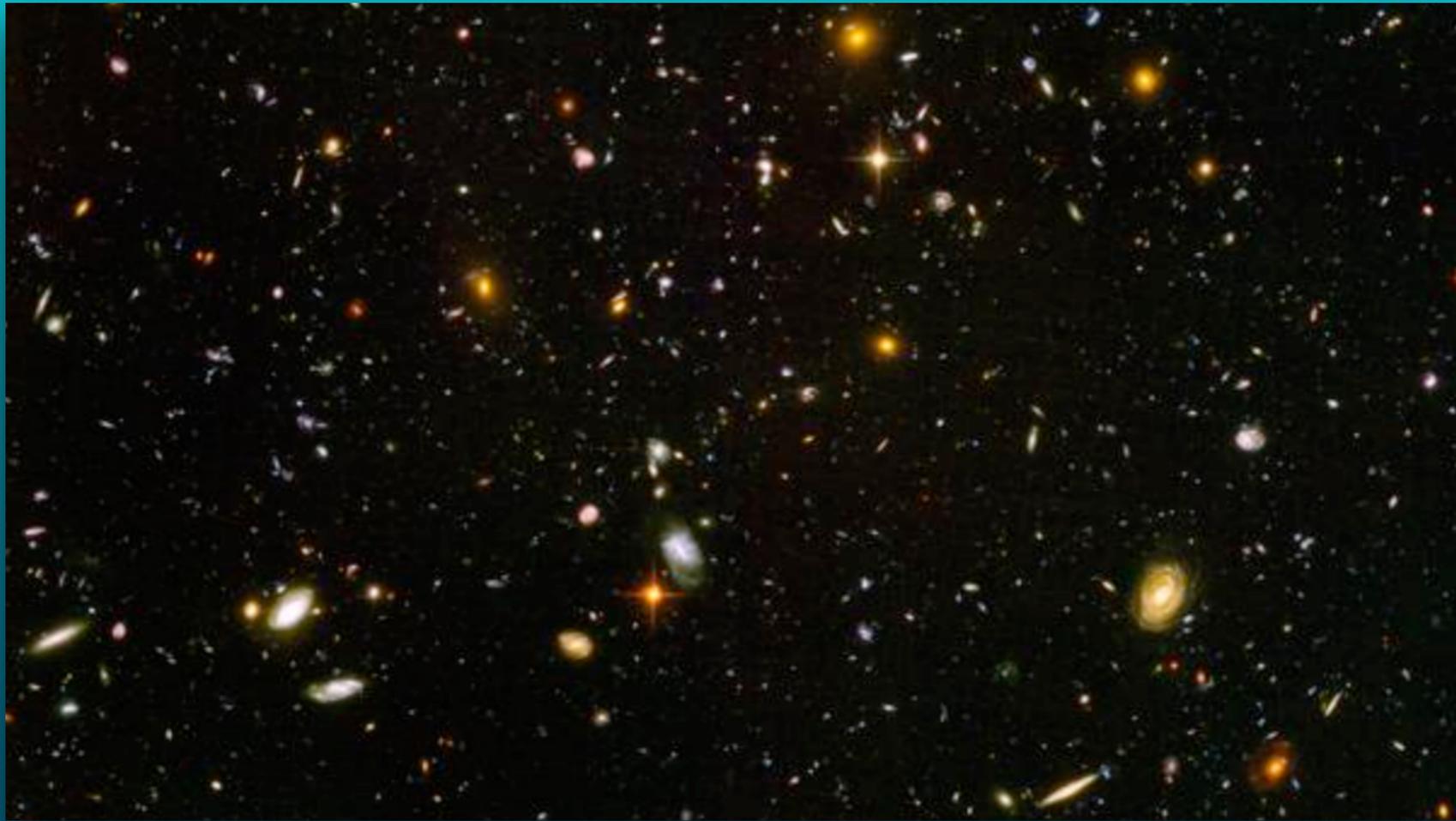
Historia del universo

¿La gran explosión inicial pudo dejar alguna prueba que haya llegado hasta nuestra época?



Formación de galaxias, planetas, estrellas...

¿Cómo es el universo?



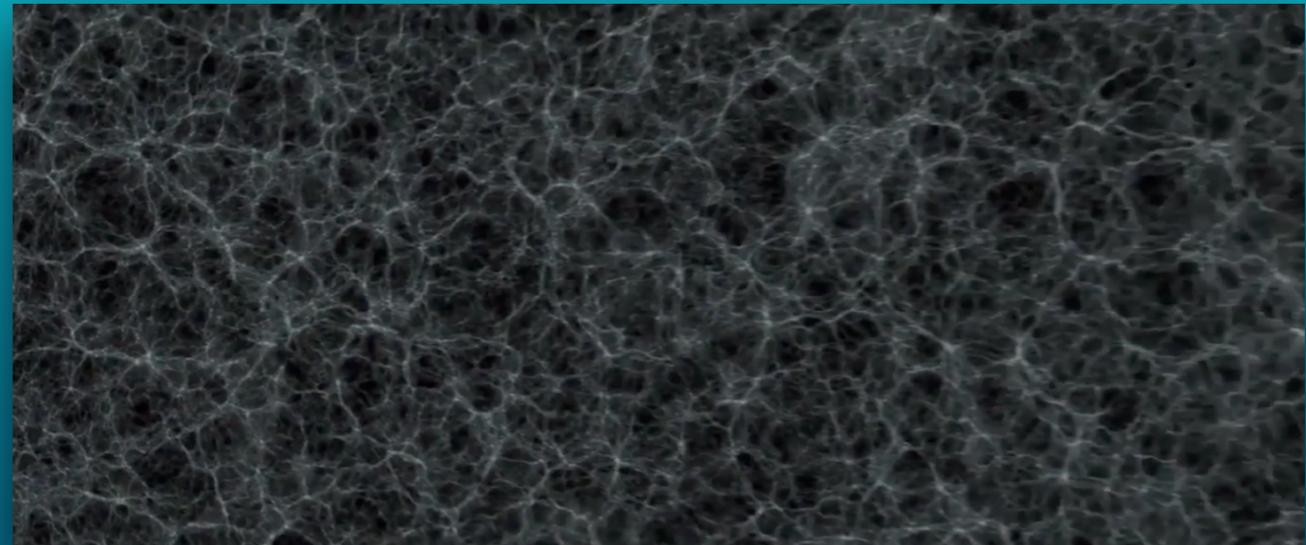
<https://www.youtube.com/watch?v=DOyx4rcTchc>

Si nuestra galaxia fuese del tamaño de un grano de arroz...

¿Crees que el universo observable con todas sus galaxias cabría en la Tierra?

Imagina que inicias un viaje para salir del sistema solar y poder alejarte cada vez más, hasta llegar a tener una “vista panorámica” del universo.

¿Cuáles crees que serían tus vistas en ese momento?

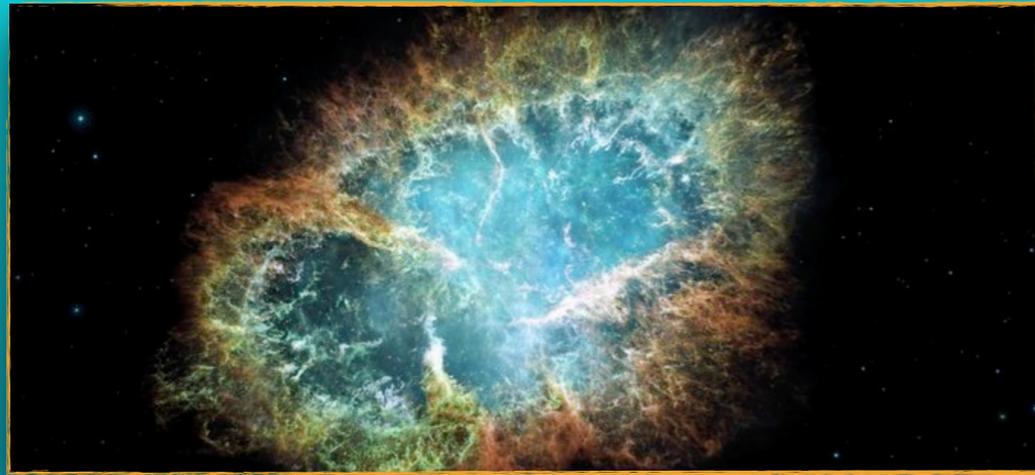


Homogéneo



Misma distribución de
galaxias por todo el espacio

¿Dónde tiene su centro el globo?



¿Os animáis a seguir descubriendo el universo?