



**Universidad Internacional de La Rioja**  
**Facultad de Educación**

**Trabajo fin de máster**

**Enseñanza de la estadística en  
1º de Bachillerato a partir de  
los proyectos de investigación  
de una Campaña Antártica**

**Presentado por:** David Madueño Ranchal  
**Tipo de trabajo:** Propuesta de intervención  
**Director/a:** Sílvia Jiménez Herrera

**Ciudad:** Barcelona  
**Fecha:** 26 de mayo de 2019

## Resumen

Este Trabajo de Fin de Máster presenta una propuesta de intervención para la asignatura de Matemáticas I del primer curso de bachillerato en la modalidad de Ciencias, basada en el estudio de los contenidos del bloque de probabilidad y estadística a partir de los datos científicos obtenidos durante una campaña antártica, en una estación de investigación española. El objetivo principal que se busca con esta propuesta de intervención es el acercamiento del alumnado de educación secundaria a la investigación científica, ya para dotarlo de la capacidad de poder ejercer una ciudadanía crítica y responsable, ya para orientarlo de una manera académica y profesional. Además, las características de la investigación en el continente antártico constituyen una motivación adicional para los estudiantes, de tal manera que repercuta positivamente en su proceso de aprendizaje.

La metodología seguida en la propuesta de intervención es la de aprendizaje basado en proyectos, siendo adecuada tanto desde un punto de vista de investigación científica, como para el estudio de los contenidos de probabilidad y estadística.

**Palabras clave:** Alfabetización científica, enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad, CTS, aprendizaje basado en proyectos, bachillerato, investigación, Antártida.

## *Abstract*

*This master's final project presents an intervention proposal for the Mathematics I subject in higher secondary-education's first year, in the modality of Science. It is based on the study of probability and statistics by means of the assessment of scientific data obtained during an Antarctic campaign, developed in a Spanish scientific station. The main objective of this intervention proposal is to approach high school students to scientific research, providing enough competences to them to develop their role as critical and responsible citizens, and offering an academic and professional orientation. Moreover, characteristics of scientific research in Antarctica offer additional motivation to students, improving their learning process.*

*Project based learning methodology is considered for the intervention proposal, since it suits with scientific research works and with probability and statistics academic subjects.*

**Keywords:** *Scientific alphabetization, Science-Technology-Society approach, STS, project-based learning, high school, research, Antarctica.*

## Tabla de contenido

Resumen .....	2
<i>Abstract</i> .....	3
1    Introducción .....	8
1.1    Introducción.....	8
1.2    Justificación teórica y planteamiento del problema .....	8
1.3    Objetivos .....	13
1.3.1    Objetivo general .....	13
1.3.2    Objetivos específicos.....	13
1.4    Metodología .....	13
2    Marco teórico.....	15
2.1    La ciencia en la educación.....	15
2.2    Una perspectiva CTS .....	17
2.3    Alfabetización científica en el currículo de bachillerato .....	18
2.4    Aprendizaje basado en proyecto ( <i>Project Based Learning</i> – PBL) .....	19
2.5    Dificultades para implementar enfoques CTS en la educación .....	22
3    Propuesta de intervención.....	24
3.1    Introducción a la propuesta .....	24
3.1.1    La Campaña Antártica Española .....	24
3.2    Contexto .....	25
3.3    Elementos del currículo .....	26
3.3.1    Competencias generales .....	27
3.3.2    Competencias específicas de la materia de matemáticas .....	29
3.3.3    Objetivos generales del bachillerato .....	30
3.3.4    Objetivos didácticos.....	31
3.3.5    Contenidos .....	33
3.3.6    Criterios de evaluación .....	34
3.3.7    Metodología docente.....	35
3.4    Actividades .....	36
3.4.1    Actividad 1. Toma de contacto con la investigación antártica.....	36

3.4.2	Actividad 2. Presentación de los datos disponibles.....	38
3.4.3	Actividad 3. Datos Meteorológicos I: principales características – evaluación y práctica de los conocimientos previos.....	40
3.4.4	Actividad 4. Datos Meteorológicos II: rosa de viento y temperatura mensual – Tablas de contingencia, probabilidad condicionada y marginal, aplicación de la distribución normal y producción de un aerogenerador en la BAE Juan Carlos I.....	42
3.4.5	Actividad 5. Población de pingüinos: estudio cualitativo de los resultados y presentación de la regresión lineal .....	44
3.4.6	Actividad 6. Datos Meteorológicos III: Correlación con estación meteorológica de largo plazo.....	46
3.4.7	Actividad 7. Estudio del glaciar Hurd.....	48
3.4.8	Actividad 8. Preparación de la campaña: Riesgo de enfermedad de los participantes. Teorema de Bayes.....	50
3.4.9	Actividad 9. Presentación final de los resultados .....	52
3.5	Temporalización.....	52
3.6	Atención a la diversidad.....	54
3.7	Recursos .....	54
3.8	Evaluación del alumnado.....	55
3.9	Evaluación de la propuesta .....	56
4	Conclusiones.....	59
5	Limitaciones y prospectiva .....	61
6	Agradecimientos.....	63
7	Bibliografía .....	64
	Anexos.....	69
I.	Características de la BAE Juan Carlos I.....	69
II.	Rúbricas de evaluación del proyecto.....	70
III.	Datos de entrada a los alumnos .....	73
IV.	Información proporcionada sobre población de pingüinos .....	74
V.	Información proporcionada sobre datos sanitarios y de población (Actividad 8)	

VI.	Ejemplos de resultados obtenidos en las actividades .....	82
VII.	Ejemplo de modelo de aerogenerador a considerar en la actividad 4 .....	88

## Índice de tablas

Tabla 1:	Actitudes específicas hacia las ciencias en el cuestionario del alumno del Informe PISA 2015 .....	11
Tabla 2:	Competencias generales del Bachillerato .....	27
Tabla 3:	Competencias específicas de matemáticas .....	29
Tabla 4:	Esquema de los objetivos generales del bachillerato .....	30
Tabla 5:	Objetivos de la materia de matemáticas .....	32
Tabla 6:	Contenidos del bloque de probabilidad y estadística .....	34
Tabla 7:	Criterios de evaluación para el bloque de probabilidad y estadística.....	34
Tabla 8:	Características principales de la Actividad 1 .....	36
Tabla 9:	Características principales de la Actividad 2 .....	38
Tabla 10:	Características principales de la Actividad 3 .....	40
Tabla 11:	Características principales de la Actividad 4 .....	42
Tabla 12:	Características principales de la Actividad 5 .....	44
Tabla 13:	Características principales de la Actividad 6 .....	46
Tabla 14:	Características principales de la Actividad 7.....	48
Tabla 15:	Características principales de la Actividad 8 .....	50
Tabla 16:	Características principales de la Actividad 9 .....	52
Tabla 17:	Temporalización de las actividades.....	53
Tabla 18:	Instrumentos de evaluación del alumnado.....	56
Tabla 19:	Matriz DAFO de evaluación de la propuesta .....	58
Tabla 20:	Rúbrica de evaluación del dossier del proyecto .....	70
Tabla 21:	Rúbrica de evaluación de la presentación del proyecto .....	72
Tabla 22:	Rúbrica de coevaluación .....	72
Tabla 23:	Defunciones por infarto agudo de miocardio en España (2016).....	80
Tabla 24:	Población en España 2019.....	81
Tabla 25:	Variables estadísticas absolutas para los datos disponibles de los años 2016 y 2017 .....	82

## Índice de figuras

Figura 1:	Dimensiones que intervienen en una actividad de aprendizaje auténtica. Fuente: Derry, Levin y Schauble (1995) (citado por Díaz Barriga, 2003).....	21
-----------	--	----

Figura 2: Base Antártica Española Juan Carlos I. Fuente: Unidad de Tecnología Marina (2018).....	37
Figura 3: Instalación de torre en las cercanías de la BAE Juan Carlos I. Fuente: el autor.....	40
Figura 4: Pingüinos gentoo en la península Hurd, en la isla Livingston. Fuente: el autor.....	45
Figura 5: Medidas de posición en el glaciar Johnson. Fuente: el autor .....	49
Figura 6: Imagen satélite de la BAE Juan Carlos I. Fuente: Google Earth.....	69
Figura 7: Defunciones por infarto de miocardio: Hombres .....	80
Figura 8: Defunciones por infarto de miocardio: Mujeres.....	80
Figura 9: Población en España (2019). Fuente: elaboración propia .....	81
Figura 10: Distribución de temperatura.....	82
Figura 11: Distribución de velocidad de viento.....	82
Figura 12: Temperatura media mensual.....	83
Figura 13: Distribución de viento por dirección y por intervalo de velocidad .....	83
Figura 14: Velocidad media por dirección .....	83
Figura 15: Racha máxima por dirección .....	83
Figura 16: Ajustes normales para las distribuciones mensuales y anuales de temperatura. Fuente: Elaboración propia en base a los datos proporcionados.....	83
Figura 17: Evolución anual de la temperatura media en Arturo Prat. Fuente: Elaboración propia en base a los datos proporcionados .....	84
Figura 18: Regresión lineal de temperaturas entre las estaciones de Arturo Prat y Juan Carlos I. Fuente: Elaboración propia en base a los datos proporcionados .....	84
Figura 19: Distribución de viento y potencia eléctrica para cálculo de energía. Fuente: Elaboración propia en base a los datos proporcionados .....	84
Figura 20: Situación de la sección NE-SW del glaciar Hurd. Fuente: Google Earth	85
Figura 21: Ejemplos de cálculo de la tendencia de la evolución del glaciar mediante regresión lineal en diferentes puntos. Fuente: Elaboración propia en base a los datos proporcionados.....	85
Figura 22: Altitud de una sección del Glaciar Hurd para diferentes años y tendencia de la variación del espesor en la sección NE-SW. Fuente: Elaboración propia en base a los datos proporcionados.....	86
Figura 23: Altitud de la superficie del glaciar Hurd en 1957. Fuente: Elaboración propia en base a los datos proporcionados.....	86
Figura 24: Tendencia global del espesor del glaciar Hurd y en función de la altitud. Fuente: Elaboración propia en base a los datos proporcionados.....	87

## 1 Introducción

### 1.1 Introducción

El presente Trabajo de Fin de Máster describe una propuesta de intervención para el bloque de probabilidad y estadística de la asignatura de Matemáticas I de 1º de bachillerato de la modalidad de ciencias, a partir del estudio de algunos de los proyectos desarrollados en la Campaña Antártica Española.

En este sentido, el desarrollo de dicha unidad didáctica en la clase de matemáticas constituye una oportunidad para promover la alfabetización científica en la educación secundaria, además de fomentar la reflexión sobre problemáticas medioambientales, tales como el cambio climático, dentro de un contexto de fuerte motivación personal y vocacional como son las campañas de investigación antárticas. Así, el aprendizaje de matemáticas se transforma en una herramienta que abarca desde aspectos técnicos a contenidos sociales, ayudando a los estudiantes a encontrar utilidad a su aprendizaje de las matemáticas y a contextualizar su uso.

La estructura de este trabajo se divide en:

1. Una introducción, en la que se justifica ante la comunidad pedagógica la elección del tema y se fijan unos objetivos a desarrollar
2. Un marco teórico en el que se analiza el aprendizaje por competencias en una experiencia de práctica significativa a partir del modelo de aprendizaje basado en proyectos
3. La presentación de la propuesta de intervención en sí, con el análisis del contexto, la programación de la unidad didáctica, la metodología a seguir y el sistema de evaluación elegido
4. Por último, se abre la discusión de las conclusiones, las limitaciones y las perspectivas de la propuesta de intervención

### 1.2 Justificación teórica y planteamiento del problema

En las diferentes revisiones de la legislación educativa que se han sucedido en las últimas décadas, la tendencia ha sido la de orientar el aprendizaje hacia el desarrollo de unas competencias básicas. El Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el



que se establece el currículo básico de la educación secundaria obligatoria y del bachillerato, se basa en este principio y apuesta por potenciar el aprendizaje por competencias, entendiendo éstas como un “saber”, un “saber hacer” y un “saber ser” que serán aplicados a los distintos ámbitos académicos, y que favorecen los procesos de aprendizaje que se llevan a cabo y la motivación de los estudiantes.

Concretando en el aprendizaje de las competencias científicas, este mismo decreto establece entre los objetivos definidos para bachillerato:

“Acceder a los conocimientos científicos y tecnológicos fundamentales y dominar las habilidades básicas propias de la modalidad elegida” (pág. 188).

Y, además:

“Comprender los elementos y procedimientos fundamentales de la investigación y de los métodos científicos. Conocer y valorar de forma crítica la contribución de la ciencia y la tecnología en el cambio de las condiciones de vida, así como afianzar la sensibilidad y el respeto al medio ambiente” (pág. 188).

Del mismo modo, la ordenación de la enseñanza de bachillerato para Cataluña, redactada mediante el *Decret 142/2008* de ordenación de las enseñanzas de bachillerato, da indicaciones sobre la metodología para introducir la ciencia y la tecnología en las aulas. En su traducción al castellano dice:

“Del mismo modo, el enfoque competencial subraya que el principal mecanismo de fijación del que se aprende es la vivencia de su utilidad. Se aprende lo que funciona en la práctica, lo que es útil y válido para la construcción de la propia vida. El alumnado debería experimentar la utilidad de lo que aprende, resolviendo cuestiones significativas y dándose cuenta de que lo que ha aprendido es la condición que le permite continuar aprendiendo.” (pág. 59055)

Y también:

“[...] conviene idear tareas educativas en que el alumnado pueda aplicar lo que sabe, en contextos diferentes y en relación con cuestiones diversas, significativas y funcionales [...] En definitiva, enseñar y aprender por competencias implica, entonces, acentuar la dimensión práctica y al mismo tiempo global del aprendizaje.” (pág. 59056)

En este punto es importante preguntarse cuál es el papel de la ciencia en la sociedad, y cómo percibe ésta las actividades de la comunidad científica. De esta manera será posible complementar y completar aquello que regula el currículo con intervenciones efectivas que estén orientadas tanto al aprendizaje profundo de los contenidos de la asignatura de matemáticas, como a potenciar el interés del alumnado en la investigación y desarrollo.

Nadie considerará discutible que, en el desarrollo de la humanidad, la ciencia y la tecnología han tenido, y tienen, un papel básico. Sería de esperar, por lo tanto, una interrelación profunda entre el desarrollo científico y tecnológico y todos los niveles de la sociedad. Sin embargo, existe un diferenciado reparto de roles en el que la ciudadanía ejerce como receptora de los resultados de las actividades que la comunidad científica se encarga de definir (Blanco, 1993/94).

Concretando en la relación de los estudiantes con la ciencia, Acevedo (1993) mostraba en su artículo, de hace más de un cuarto de siglo, «¿Qué piensan los estudiantes de la ciencia? Un enfoque CTS», las diversas conclusiones a la que se llega tras realizar una encuesta sobre dicha cuestión a un grupo de estudiantes de secundaria en Huelva. Si bien existía una valoración positiva de los jóvenes de la actividad científica, se destacaba la existencia un alto grado de incompreensión por parte de la ciudadanía acerca de dicha actividad en sí.

Con el objetivo de revertir esta tendencia se han ido implementando los cambios curriculares indicados previamente orientados a dotar a todos los estudiantes de una formación básica que permita la alfabetización científica y tecnológica de la ciudadanía en general (Furió, Vilches, Guisasola y Romo, 2001). Sin embargo, a pesar de la progresiva implementación de estos cambios curriculares la percepción de la ciencia por parte de los estudiantes sigue siendo como la de algo difícil, sin atractivo, poco relevante y completamente alejado de sus intereses, por lo que su aprendizaje acaba causando desilusión y desencanto (Vázquez y Manassero, 2007b).

El Informe PISA de 2015 contiene un capítulo que analiza las actitudes específicas hacia la ciencia basado en un cuestionario realizado al alumnado dividiendo los resultados en tres grandes bloques: interés por las ciencias, motivación hacia las ciencias y percepciones respecto a las ciencias. En la Tabla 1 se indican las definiciones correspondientes a cada actitud analizada. Si bien la puntuación en motivación externa está por encima de la media de la OCDE y de la UE, lo que significa que existe una conciencia de la importancia de adquirir competencias científico-técnicas, los resultados en motivación implícita y de participación en actividades científicas son

bajos respecto a la media. La peor nota se obtiene en el análisis de la autoeficacia en ciencias, lo que significa que los estudiantes no se ven capaces de aplicar las competencias científicas en su día a día. De esta manera, si la ciencia no se ve como algo útil aparece entonces un el desinterés y la desafección al respecto.

Tabla 1: Actitudes específicas hacia las ciencias en el cuestionario del alumno del Informe PISA 2015

Interés por las ciencias	Motivación hacia las ciencias	Percepciones respecto a las ciencias
<b>Expectativas de carrera profesional:</b> variable categórica basada en las respuestas a la pregunta: ¿Qué clase de trabajo esperas ejercer cuando tengas 30 años?	<b>Motivación intrínseca: gusto por las ciencias,</b> índice construido a partir de las respuestas a preguntas sobre el gusto de hacer y aprender ciencia	<b>Autoeficacia:</b> índice basado en las respuestas a preguntas sobre la percepción de su capacidad para aplicar el conocimiento de las ciencias a situaciones reales de la vida, como interpretar noticias sobre ciencia o participar en discusiones sobre temas científicos
<b>Actividades escolares relativas a las ciencias:</b> índice construido a partir de las respuestas a preguntas sobre participación en distintas actividades	<b>Motivación intrínseca: interés sobre temas científicos,</b> como la biosfera, el universo, la prevención de enfermedades, etc.	
	<b>Motivación extrínseca o instrumental:</b> índice construido a partir de las respuestas a preguntas sobre la utilidad de la ciencia escolar para sus carreras futuras	

Fuente: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte - Gobierno de España (2016)

Es necesario, entonces, no solo una correcta orientación del currículo hacia la alfabetización científica, sino que el docente sea capaz de crear vínculos afectivos entre el conocimiento científico y el alumnado.

Parece claro, por lo tanto, que la simple inclusión en el currículo de contenidos y metodologías que tienen como objetivo el logro de las competencias científicas no es suficiente para conseguir despertar en el alumnado un interés real acerca de la actividad científica que se desarrolla en un país, y asegurar así la participación plena como ciudadanos en la toma de decisiones y la orientación de la política relativa a la ciencia.

Muchos de los proyectos desarrollados en los institutos están orientados al uso del método científico en problemas y situaciones que afectan al día a día de la institución escolar. Este método es, sin duda, muy válido desde el punto de vista de la cognición situada, ya que constituyen prácticas de aprendizaje auténticas (Díaz Barriga, 2003). Sin embargo, la propuesta de intervención planteada aquí busca un añadido: para conseguir un vínculo completo con lo que denominamos Ciencia, no nos basta con

saber cómo piensan los científicos; debemos conocer además cómo desarrollan su actividad.

La propuesta de intervención que se presenta en este trabajo desarrolla los contenidos de la asignatura de Matemáticas I relativos al bloque de probabilidad y estadística para 1º de Bachillerato en la modalidad de Ciencias y Tecnología, a partir del estudio de los proyectos científicos llevados a cabo en una campaña antártica española. Las características de una campaña antártica hacen de ésta una candidata ideal para llevarla a las aulas: por un lado, cuando nos referimos a la Antártida evocamos una idea de naturaleza salvaje e inhóspita y de aventura que nos ayudará a la conexión emocional con el alumnado; por otro lado, la diversidad de los proyectos y áreas científicas que forman una sola campaña antártica anual es suficientemente amplia para atraer el interés de toda la diversidad del aula y permitir las adaptaciones que sean necesarias implementar.

Es necesario añadir, además, que la investigación que se lleva a cabo durante la Campaña Antártica Española está mayoritariamente dirigida al estudio del cambio climático en un territorio especialmente sensible y vulnerable a este efecto. Por lo tanto, la propuesta no consiste únicamente en el análisis de ciertos datos relativos a una investigación que ha sido llevada a cabo, sino que favorecen el debate y la reflexión sobre problemas sociales y medioambientales, orientando esta educación científica hacia un modelo más humanista que sea capaz de relacionar las denominadas culturas de *ciencias* y de *letras*, tratadas tradicionalmente como antagónicas, en lo que se denomina movimiento CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad) (Mainegra C.D., Miranda y Mainegra O.L., 2013).

La propuesta de intervención está basada en el aprendizaje basado en proyectos, PBL, del inglés *Project Based Learning* (para distinguirlo del acrónimo APB de aprendizaje basado en problemas). Una de las características principales del PBL es la elaboración de un producto final (Blumenfeld et al., 2006), por lo que se buscará replicar en el aula el resultado final obtenido al final de la investigación científica desarrollada.

## 1.3 Objetivos

### 1.3.1 *Objetivo general*

El objetivo general es diseñar una propuesta de intervención para la unidad didáctica de estadística y probabilidad de la asignatura de Matemáticas I de 1º de Bachillerato en la modalidad de Ciencias y Tecnología, para la adquisición de la competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología a partir de la investigación científica desarrollado en una campaña antártica mediante un enfoque CTS.

### 1.3.2 *Objetivos específicos*

1. Aplicar un aprendizaje basado en proyectos para el aprendizaje de la estadística y la probabilidad y evaluar y justificar los posibles beneficios de su aplicación.
2. Fomentar el trabajo en grupo de forma cooperativa.
3. Promover la reflexión y el espíritu crítico en el análisis de los resultados de una investigación científica.
4. Evaluar la percepción del alumnado en relación a la ciencia y la tecnología antes y después realizar la unidad didáctica.
5. Desarrollar la capacidad del alumnado de crear un informe con la descripción del proyecto a modo de conclusión de la actividad científica realizada.

## 1.4 Metodología

En primer lugar, se han estudiado los fundamentos de la alfabetización científica, del movimiento CTS y del aprendizaje basado en proyectos como metodología para implementar el aprendizaje de ciencias en el aula. Para ello se ha consultado bibliografía relacionada con los temas. Esta bibliografía se ha obtenido a partir de las plataformas cuyo acceso ha sido proporcionado por la UNIR, como la Biblioteca o la plataforma Dialnet. Además, se han usado otras plataformas públicas como Researchgate o Google Académico. Finalmente se han usado buscadores de uso común como Google.

En segundo lugar, se ha contactado con el personal de la Unidad de Tecnología Marina del CSIC, que da soporte a la política nacional de I+D+I en ciencia y tecnología marinas y polares. A través de ellos, se ha contactado con los responsables de algunos programas científicos con el objetivo de analizar los datos disponibles de cara a realizar proyectos de investigación en un aula de 1º de Bachillerato.

Finalmente se ha diseñado una propuesta de intervención para el bloque probabilidad y estadística de 1º de bachillerato en la modalidad científica, para la asignatura de Matemáticas I, a partir de un aprendizaje basado en proyectos. Si bien esta unidad didáctica está especialmente diseñada para este curso, también podrá ser impartida en otros cursos, simplemente adaptando alguno de los contenidos a trabajar.

## 2 Marco teórico

### 2.1 La ciencia en la educación

Cualquier análisis de los distintos modelos educativos realizados desde el siglo pasado ha incluido una reflexión sobre el papel del conocimiento científico y tecnológico dentro de los procesos de enseñanza y aprendizaje. Esta reflexión lleva implícita no tan solo qué conocimientos deben ser enseñados, sino también cómo deben de ser enseñados y porqué deben ser enseñados.

Describía John Dewey en 1916, en su libro *Democracy and Education*, la manera como se enseñaba ciencia en su época, presentando al alumno el conocimiento científico en su forma final, acabada y perfecta, ahorrándole la incomodidad de cometer errores innecesarios. En definitiva, enseñar era proporcionar el conjunto de leyes asociadas al saber científico que se pretendía enseñar, con el objetivo de ahorrar al alumno tiempo y energía en desarrollos de difícil deducción, incluso para expertos (Dewey 1916). Sin embargo, a modo de crítica, puntualizaba Dewey que más que enseñar auténtica ciencia y métodos científicos asociados, se enseñaba “una ciencia” específica.

Estas críticas a la orientación conceptual de los modelos de enseñanza en ciencias, sumadas a las teorías surgidas a mediados del siglo XX en psicología cognitiva, determinaron la aparición de nuevos modelos constructivistas que fomentaban el aprendizaje de las ciencias, más que a través de la presentación de un cuerpo de conocimientos, a partir de la experimentación y el descubrimiento (Banet, 2010). Así, la adquisición del razonamiento científico pasa por una *alfabetización científica* que deberá formar parte de la cultura básica de cualquier ciudadano, y que debe abarcar temas tanto de interés personal como social. Estos temas deben poder ser aplicados a la vida cotidiana de los alumnos, independientemente de la orientación que den a su futura formación académica (Banet, 2010; Cajas, 2001). A través de este tipo de alfabetización científica, se consigue dar solución al hecho de que la gran mayoría de estudiantes no ha tenido la oportunidad de experimentar la naturaleza auténtica de la ciencia y la tecnología, en la que aparecen implícitos resultados impredecibles, limitaciones y errores y fallos en los experimentos científicos y diseños tecnológicos (Cajas, 2001).

Otra característica importante que debe tener la alfabetización científica, según Gil-Pérez y Vílchez (2005), es que debe preparar a los estudiantes en la toma de decisiones sobre las cuestiones científicas y tecnológicas a las que se enfrenten como ciudadanos, tanto a nivel político como social. A través de la formación se debe preparar al alumno no solo a desarrollar una conciencia crítica sobre las cuestiones científicas en sí, sino también a la actitud en el trabajo en equipo y a la manera de colaborar con los demás (Banet, 2010).

En este contexto, el papel del profesorado cambia, ya que debe implicarse y desarrollar actividades de investigación y desarrollo en el aula, lo que va a constituir un paso más allá en la preparación y desarrollo de las clases, además de tener consecuencias directas en el tipo de formación que deben recibir los docentes para afrontar este reto (Furió, Vilches, Guisasola y Romo, 2002).

Toda esta filosofía de cómo enseñar ciencias ha sido trasladada, en mayor o menor medida, a los diferentes programas educativos de los diferentes países, con una tendencia clara a adaptar este enfoque constructivista y de descubrimiento a nivel global. En el informe de 2015 del programa de evaluación PISA (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte - Gobierno de España, 2016), la competencia principal evaluada es la científica, y ésta está definida como “la capacidad de interesarse e implicarse en temas científicos e ideas sobre la ciencia como ciudadano consciente y reflexivo”. De esta manera, se destaca este carácter de competencia clave que va ligado al concepto de alfabetización científica. Además, se plantean tres subcompetencias relacionadas, que consisten en el ser capaces de explicar fenómenos de una manera científica, en el poder diseñar y evaluar una investigación científica y, finalmente, en poder interpretar datos y pruebas científicamente. En cada una de las subcompetencias se destaca el carácter crítico que debe tener el estudiante de cara a abordar cualquier estudio científico o diseño tecnológico.

Sin embargo, cabe destacar que no son pocas las dificultades, que serán descritas en un capítulo específico, que se presentan en el momento de adaptar este tipo de metodología en las aulas, lo que causa que la enseñanza de las ciencias continúe teniendo, en muchos casos, un enfoque propedéutico (Vázquez y Manassero, 2007). Este hecho es una de las causas de desmotivación del alumnado, incluso en cursos de bachillerato con una orientación científica, en los casos en los que la materia cursada no es del interés específico de parte del alumnado.



## 2.2 Una perspectiva CTS

Si en esta reflexión sobre los fines y la metodología a aplicar en el aprendizaje de las ciencias se ha considerado que uno de los objetivos básicos es el papel crítico del alumno como miembro activo de la sociedad, será igualmente importante analizar qué contenidos se van a elegir de cara a realizar una programación de carácter científico dentro del aula. De la perspectiva de conseguir una alfabetización científica que permita a todos los miembros de la sociedad una plena participación en la toma de decisiones, nace en Estados Unidos en la década de los años setenta el movimiento CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad) (Membiela, 2002), formulando el principio de que aquellos contenidos que partan de esta idea de alfabetización científica serán los más relevantes y útiles para los alumnos (Acevedo, Vázquez y Manassero, 2003). Estos temas incluyen la manera en cómo influye la humanidad en el medio ambiente y sobre el resto de seres vivos, el consumo o la alimentación (Banet, 2010).

Furió y otros (2002) inciden en el carácter motivacional de este tipo de contenidos, ya que mantienen despierto el interés del alumnado a partir de objetivos actitudinales que desarrollan un interés crítico y reflexivo necesario para su papel en el futuro.

Membiela (2002) considera cinco dimensiones a partir de los textos de Ziman (1985) y Solomon (1988):

- La *aproximación cultural*, responsable de una educación para toda la ciudadanía en oposición a una educación elitista en ciencias
- La educación *política para la acción*, centrando el objetivo de la educación científica en la educación en sociedad
- La educación *interdisciplinar*, abriendo el abanico de la investigación científica hacia áreas tradicionalmente sociales
- El aprendizaje de *cuestiones problemáticas*, tratando problemas en un entorno del alumno de carácter local
- El aprendizaje en el que la ciencia y la tecnología constituyen un *producto de la industria*, estando éste orientado al trabajo.

De esta manera, según el enfoque CTS, el estudiante se siente motivado e implicado en todas y cada una de las decisiones que debe tomar ante un desarrollo científico o tecnológico. Tomando el ejemplo de Cajas (2001) relativo a la construcción de un puente, es necesario que el alumno deba enfrentarse a múltiples decisiones técnicas, como seleccionar los materiales o diseñar la estructura, pero, además, deberá plantearse qué problema social debe resolver con la construcción de dicho puente.

En este tipo de enfoque humanista del desarrollo científico, es necesario también una reflexión sobre los aspectos negativos asociados con los desarrollos científicos o tecnológicos. Así, una auténtica perspectiva CTS es necesario que contemple qué efectos puede tener un cierto desarrollo tecnológico, por ejemplo, sobre el medio ambiente, mediante la generación de contaminantes provocados por los combustibles fósiles o la radiación de los residuos nucleares (Furió et al. 2002). En la toma de decisiones de carácter científico sobre la que se desea formar al alumno, se debe incluir la reflexión sobre los problemas que pueden afectar al resto de la sociedad, siendo responsabilidad de los docentes fomentar el análisis sobre estos puntos (Furió et al. 2002).

Por lo tanto, podemos resumir esta alfabetización científica basada en un enfoque CTS, como aquella que se basa en una metodología de aprendizaje constructivista, que lo sitúa en un contexto específico, que reflexiona de manera ética, política, social y filosófica, y que está orientada a capacitar al alumno en la toma de decisiones (Osorio, 2000).

### 2.3 Alfabetización científica en el currículo de bachillerato

Toda esta reflexión sobre el aprendizaje de las ciencias tiene un reflejo claro en cómo han ido evolucionando las distintas leyes sobre educación en España. Así, en la Ley Orgánica 1/1990, de 3 de octubre, de Ordenación General del Sistema Educativo (LOGSE), se propone un cambio hacia una metodología de enseñanza activa. Posteriormente, a partir de la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (LOE), se implementa el aprendizaje por competencias, modificadas posteriormente en la Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la Mejora de la Calidad Educativa, a las actuales siete competencias clave vigentes en la actualidad. Estos cambios producidos en la legislación educativa, tanto en objetivos como en metodología, posibilitan una alfabetización científica acorde con lo expuesto en los puntos anteriores, más allá de los objetivos y contenidos relacionados con las materias específicas de carácter científico y tecnológico.

En la Competencia Matemática y Competencias Básicas en Ciencia y Tecnología, dentro de los objetivos actitudinales, destacan el de “apoyar la investigación científica y valorar el conocimiento científico” como directamente relacionado con la alfabetización científica, y el de “asumir los criterios éticos asociados a la ciencia y la tecnología” como un reflejo de los valores del movimiento CTS. Específicamente en

Cataluña, relacionado con las mismas ideas de alfabetización científica y el enfoque CTS, en el *Decret 142/2008* de ordenación de las enseñanzas de bachillerato, se indican una serie de competencias generales, que incluyen la “Competencia en el conocimiento e interacción con el mundo”. En esta competencia se especifica que:

“moviliza diferentes saberes escolares, referidos, por un lado, al mundo físico a la interacción entre las personas y la naturaleza, y, de otra, a la sociedad y a los valores de la ciudadanía que tienen por objeto la comprensión y la interacción con la sociedad y el mundo donde se vive y se crece, para dirigir reflexivamente acciones para la mejora.” (pág. 59061)

Además, dentro de esta dimensión relacionada con la interacción con el mundo físico, el alumno debe de ser competente en el uso de los recursos de manera responsable desde el punto de vista de sostenibilidad, y debe de tomar conciencia en la relación de la humanidad con el medio ambiente, incidiendo también en la búsqueda de soluciones en los aspectos de la vida cotidiana.

En la legislación catalana, de manera específica para la materia común de ciencias para el mundo contemporáneo, en el *Decret 142/2008* se especifican unas competencias a adquirir por los alumnos según las cuales deben “comprender la relevancia social de la ciencia y la tecnología”.

Desde el punto de vista de la metodología didáctica, este mismo decreto autonómico define ciertos aspectos que deben seguirse en la implementación del currículo en el aula. En la materia común de ciencias para el mundo contemporáneo, se realizan unas consideraciones en la manera en cómo deben desarrollarse en el currículo. De esta manera, se destaca la comprensión del papel de la ciencia en la sociedad, a partir de “seleccionar los temas más relevantes y desarrollarlos mediante actividades conectadas con los objetivos de la materia”, así como diseñar actividades con el objetivo de poder analizar el papel de la ciencia en los aspectos de la vida cotidiana de cada persona.

## 2.4 Aprendizaje basado en proyecto (*Project Based Learning* – PBL)

La metodología que se utilizará para llevar esta unidad didáctica al aula está basada en los modelos de aprendizaje basado en proyectos (PBL del inglés *Project Based Learning*). Según Blumenfeld et al. (1991) el aprendizaje basado en proyectos es una

forma de enseñanza capaz de estimular la investigación en los estudiantes, que buscan una solución a un problema o situación no trivial a partir de actividades diversas como los experimentos, recogida y análisis de datos, debates, etc. Los mismos autores consideran dos aspectos importantes del aprendizaje basado en proyectos: el primero es que debe de estar basado en un problema sobre el que se articularán una serie de ejercicios destinados a encontrar la solución; el segundo aspecto, es que comporta la creación de un producto final que concluya el proyecto. Tanto en el caso del planteamiento del problema como en la definición de las actividades a realizar, puede ser tanto el alumno como el profesor quien tenga el protagonismo. (Blumenfeld et al., 1991).

Helle, Tynjälä, y Olkinuora (2006) describen ciertas características que hacen que el aprendizaje por proyectos sea relevante para la psicología cognitiva. Por una parte, y de manera destacada, en el aprendizaje orientado a proyectos las actividades están guiadas por un problema concreto, por lo que decimos que está orientado a la resolución de problemas. De esta manera los estudiantes desarrollan sus habilidades metacognitivas cada vez que se plantean nuevos problemas derivados de los anteriores (Helle et al., 2006). La segunda característica tiene que ver con la construcción de un producto, o *artefacto*, al final del proyecto (informe, instrumento, máquina, vídeo, etc.) (Helle et al., 2006). Estos proyectos reflejan el conocimiento del estudiante, ya que es su manera de representar la solución al problema (Blumenfeld et al., 1990). Además, estos productos pueden ser compartidos y son el vehículo mediante el cual el profesorado puede proporcionar *feedback* a sus alumnos (Blumenfeld et al., 1990).

La tercera característica que justifica el aprendizaje por proyectos desde un punto de vista de la psicología cognitiva, según las mismas autoras, es que el alumno toma el control de su aprendizaje, ya que toma decisiones respecto al ritmo y la secuenciación del aprendizaje, y que están altamente condicionadas sobre los conocimientos previos del estudiante (Helle et al., 2006). La cuarta característica es la contextualización del propio proyecto que hace posible que el aprendizaje sea *auténtico* (Helle et al. 2006), lo que constituye uno de los pilares del paradigma de la cognición situada (Díaz Barriga, 2003). La quinta característica destaca la posibilidad de usar distintas formas de representación de la solución al caso o problema planteado.

Retomando la contextualización del aprendizaje y relacionándolo con paradigma de la cognición situada, Derry, Levin y Schauble (1995) (citado por Díaz Barriga, 2003) proponen la evaluación las dimensiones de la relevancia cultural y de la actividad social, con el objetivo de poder mejorar el aprendizaje en el sentido de hacerlo más

significativo (Fig. 1). En la dimensión de la relevancia cultural, se buscarán problemas contextualizados y reales que sean significativos para los estudiantes; en la dimensión correspondiente a la actividad social, se buscará la participación entre iguales según la idea del aprendizaje mediante la interacción social de las teorías vigotskianas (Díaz Barriga, 2003).



Figura 1: Dimensiones que intervienen en una actividad de aprendizaje auténtica. Fuente: Derry, Levin y Schauble (1995) (citado por Díaz Barriga, 2003)

Hay dos formas de categorizar los proyectos planteados en los aprendizajes que son de utilidad en el momento de hacer un diseño de proyecto propio en el aula. Por una parte, se puede analizar el modelo de proyecto que se va a implementar y, de otro lado, qué motivación o qué objetivos de aprendizaje van a guiar el proyecto.

Morgan (1983) describe diferentes modelos de proyectos usados en el proceso de enseñanza-aprendizaje. El primer modelo, denominado “ejercicio de proyecto” (del inglés *project exercise*), los alumnos ponen en práctica en el desarrollo de un proyecto concreto los conocimientos adquiridos en la asignatura. En el segundo modelo, “componente de proyecto” (del inglés *project component*), el contexto del proyecto deja de estar ligado completamente a la asignatura cursada y se potencia el carácter interdisciplinar del aprendizaje, creando una gran oportunidad de poder trabajar casos presentes en la vida real. Finalmente, el tercer modelo, “orientación a proyecto” (del inglés *project orientation*), centra el aprendizaje al proyecto en sí mismo,

regulando incluso los contenidos que se tratarán en función de las necesidades de dicho proyecto. Este último tipo de proyectos prácticamente sólo se encuentra presente en algunas universidades (Morgan, 1983) ya que puede dificultar el seguimiento de un currículo con unos contenidos específicos como los de los ciclos de educación secundaria

Para la categorización de los proyectos según sus objetivos de aprendizaje, Heitman (1996) (citado en Helle et al., 2006) propone cuatro tipos de motivaciones: profesionales, democráticas o humanitarias, para desarrollar un espíritu crítico, y pedagógicas. El objetivo de un proyecto puede seguir varias de estas motivaciones. Por ejemplo, las de tipo democrático y para el desarrollo del espíritu crítico tienen un claro enfoque CTS. Además, en secundaria, los motivos pedagógicos deberán tener un alto protagonismo, ya que un objetivo prioritario del proyecto debe de ser el aprendizaje de los contenidos que aparecen en el currículo. Respecto a la motivación profesional sólo será válida para una proporción determinada de estudiantes.

Con todo lo anteriormente expuesto, se puede considerar que el aprendizaje por proyectos, siguiendo un modelo de *componente de proyecto* descrito por Morgan (1983), en el que destaca el componente interdisciplinar del aprendizaje basándose en casos reales, y siguiendo un enfoque CTS en el que las motivaciones son diversas, es un modelo de aprendizaje recomendable desde el punto de vista de psicología cognitiva, y siguiendo el paradigma de la cognición situada para poder desarrollar una unidad didáctica en bachillerato.

## 2.5 Dificultades para implementar enfoques CTS en la educación

A pesar del esfuerzo que se lleva a cabo desde las administraciones para elaborar programas de carácter constructivista que logren una eficaz alfabetización científica mediante un enfoque CTS, la realidad es que la implementación de los mismos en las aulas es lenta y difícil. Según destacan Acevedo et al. (2003), todos los avances orientados a una mejor alfabetización científica que se incluyen en las diferentes legislaciones chocan con la realidad del aula, reacia a aplicarlos. De hecho, incluso los proyectos educativos que se diseñan en los centros escolares, que fomentan medidas y metodologías innovadoras, contrastan fuertemente con la manera de enseñar que muchos docentes acaban aplicando en clase (Acevedo et al. 2003).

A las reticencias propias de la inercia del sistema educativo, se le debe sumar un gran número de críticas de investigadores y pedagogos que cuestionan el movimiento CTS. Se critica, por ejemplo, la gran diversificación de los currículos y de la manera de enseñar ciencias, debida a las grandes diferencias de orientaciones CTS. Aunque otros autores destacan que es precisamente la gran variedad de objetivos educativos los que permiten esta heterogeneidad en los contenidos (Alkenhead, 2003). También se ve como un problema que el enfoque CTS incide en mayor grado en los problemas asociados al uso de la tecnología en la sociedad que en la misma naturaleza cultural de ésta, aunque este hecho puede estar debido al propio carácter motivador de este tipo de enfoque (Acevedo et al., 2003).

La visión de los docentes también es clave de cara a entender las dificultades para implementar este tipo de modelos. Furió et al. (2002) muestran en su artículo las opiniones del profesorado sobre la educación en ciencias en secundaria. Por una parte, la mayoría de ellos ve más necesario enseñar para que los estudiantes aprendan contenidos científicos que el desarrollar un interés crítico y cultural por la ciencia, lo que muestra una preferencia mayor por currículos extensos frente a estudios más reducidos y profundos (Furió et al., 2002). De este mismo estudio se deriva que un porcentaje alto de profesores piensa que es más importante para los estudiantes conseguir una mayor preparación para los estudios futuros que su aprendizaje como futuros ciudadanos (Furió et al., 2002). Finalmente, una última reflexión derivada de este estudio consiste en destacar la falta de formación del profesorado para poder llevar a cabo un tipo de enseñanza CTS (Furió et al., 2002).

## 3 Propuesta de intervención

### 3.1 Introducción a la propuesta

El siguiente capítulo describe la programación de la unidad didáctica tal como se plantea llevarla al aula. Esta unidad didáctica estará vehiculada a través de la realización de un proyecto relacionado con el estudio del cambio climático, desde la búsqueda de evidencias, el análisis de las consecuencias y, finalmente, el estudio de las vías de solución. En cada uno de estos pasos, la probabilidad y la estadística ofrecerán las herramientas necesarias para encontrar la solución a los problemas que se originen al avanzar en el problema.

#### 3.1.1 *La Campaña Antártica Española*

Entre los meses de noviembre y marzo se desarrolla en las distintas instalaciones polares del Gobierno de España la Campaña Antártica Española, en la cual se llevan a cabo los distintos programas científicos programados en dicha campaña (Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades – Gobierno de España, 2019). Las dos bases antárticas en las que se centrarán los proyectos a realizar en el aula son la Base Antártica Española Juan Carlos I, gestionada por el CSIC, y la Base Antártica Española Gabriel de Castilla, gestionada por el Ejército de Tierra. Ambas bases se encuentran en el archipiélago de las Shetland del Sur, en una de las zonas situadas más al norte del continente antártico, separada del extremo sur de Sudamérica por el Estrecho del Drake. La situación de este archipiélago, en el área más cálida de la Antártida, es extremadamente sensible a variaciones en la temperatura, lo que condiciona rápidamente la morfología de sus glaciares, así como a variaciones en la fauna y la flora. Esto ha hecho que un gran número de proyectos científicos que se han realizado allí tienen el objetivo de estudiar los efectos del cambio climático que se producen en esta área.

De los veinticuatro proyectos que desarrollados durante esta campaña en las dos bases de investigación científica y en el buque oceanográfico Hespérides (Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades – Gobierno de España, 2018), se han elegido tres en función de las posibilidades que tenían para adaptarse al currículo de la asignatura y de la diversidad de las disciplinas científicas.



En primer lugar, se estudiará el proyecto de meteorología antártica conducido por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), encargada del mantenimiento y obtención de datos en la Base Juan Carlos I. En segundo lugar, se ha elegido un proyecto sobre ecología de los pingüinos, desarrollado por el Museo Nacional de Ciencias Naturales-CSIC y que se lleva a cabo en la Base Gabriel de Castilla, situada en isla Decepción. En esta isla se encuentra una gran comunidad de pingüinos y en ella se estudia la evolución de las poblaciones existentes. Finalmente, se analizará la variación del grosor del glaciar Hurd, en la isla Livingston, cercana a la Base Juan Carlos I. Estos datos han sido monitorizados por miembros de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación de la Universidad Politécnica de Madrid.

Además, se considerarán otras cuestiones logísticas con interés desde el punto de vista de la probabilidad y la estadística, como la alimentación eléctrica de los módulos de recogida de datos durante el periodo invernal o determinar los posibles riesgos ante una posible urgencia médica para los participantes en la campaña.

En el capítulo de Actividades se describen los diferentes apartados que deberán ser analizados dentro del proyecto. Si bien es cierto que la filosofía de la propuesta de intervención es que los estudiantes tengan libertad de decisión sobre muchos de los aspectos del proyecto, se marcarán unas guías y recomendaciones de cara a asegurar el logro de los objetivos didácticos planteados y como orientación al docente. Las referencias de consecución de estos logros serán compartidas con los alumnos mediante rúbricas de evaluación.

### 3.2 Contexto

Esta propuesta de intervención está orientada a un centro de educación secundaria que ofrezca la modalidad de Bachillerato Científico. Se ha seguido la legislación educativa autonómica catalana, por lo que es recomendable que el centro educativo esté ubicado en Cataluña de cara a poder aplicar los elementos del currículo adecuadamente.

Se recomienda que los alumnos del centro dispongan de ordenador portátil personal o de préstamo, de cara a poder acceder y tratar los datos adecuadamente, así como de poder generar el producto final en soporte digital. En caso de disponer solamente de aulas de informática comunes para todo el instituto, será necesario reservar los periodos de tiempo convenientes para poder realizar las actividades.

Finalmente, esta propuesta de intervención no está condicionada a que el centro educativo esté situado en un entorno con una situación socioeconómica específica. Será el tutor el que considerará si la propuesta es adecuada a los alumnos del centro o si, por el contrario, los ámbitos de interés del alumnado, tanto por cultura, nivel económico o grupo social, son demasiado ajenos a este tipo de temática. Respecto al nivel de rendimiento de los alumnos se considerará medio, aunque se tiene en cuenta que la metodología de aprendizaje basado en proyectos permite atender a la diversidad de la clase de manera óptima. Este punto se analizará en un capítulo específico.

Se ha indicado un contexto muy definido para desarrollar esta propuesta de intervención en la forma en la que se presenta en este documento. Se debe tener en cuenta que esta propuesta se puede adaptar para ser impartida fuera de este contexto, como en otra comunidad autónoma u otra modalidad de bachillerato. Para ello se deberán modificar los objetivos, contenidos y los criterios de evaluación, pudiendo mantener la misma filosofía bajo la que se ha diseñado esta propuesta.

### 3.3 Elementos del currículo

El análisis de los distintos elementos que componen el currículo de bachillerato relacionados con esta propuesta de intervención se ha hecho en base al *Decret* 142/2008, de 15 de julio, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas del bachillerato en Cataluña. Existen grandes diferencias en cuanto al currículo catalán y el determinado por la LOMCE a nivel de estructura, más que a nivel de contenidos para los distintos cursos y asignaturas. Por ejemplo, en el decreto de Cataluña se establecen unas competencias generales y específicas de la materia que no se corresponden con las competencias clave que se definen en la ley española. Además, en la legislación catalana no se incluyen estándares de aprendizaje evaluables. Con el objetivo de dar homogeneidad legislativa a la propuesta de intervención, solo se considerarán en este trabajo los elementos del currículo correspondientes a la normativa catalana. Sin embargo, para concretar los objetivos didácticos se ha consultado, como material de ayuda, los estándares de aprendizaje evaluables de la LOMCE, aunque no se han especificado en este documento por las razones anteriormente explicadas.

En el análisis de los elementos del currículo, se ha considerado, en primer lugar, cómo la propuesta de intervención contribuye a la adquisición tanto de competencias

generales como de competencias específicas de la asignatura de matemáticas. Estas competencias, eje del proceso de enseñanza y aprendizaje, son de tipo conceptual (disposición de conocimientos), procedimental (capacidad de actuación) y actitudinal (ejercicio de una ciudadanía responsable) (Decret 142, 2008, Anexo 1). En segundo lugar, se analizarán los objetivos planteados en la unidad didáctica, tanto aquellos determinados por la legislación como generales para la etapa de bachillerato, como aquellos objetivos didácticos específicos diseñados para esta unidad didáctica. Finalmente se describirá qué contenidos matemáticos estarán implicados en el aprendizaje y los criterios que se considerará en su evaluación.

Los conceptos que aparecen en el *Decret 142/2008* han sido traducidos del catalán por el autor.

### 3.3.1 Competencias generales

El *Decret 142/2008* establece seis competencias generales para bachillerato, como continuación de las competencias clave de la educación obligatoria.

Tabla 2: Competencias generales del bachillerato

<b>Competencias generales del bachillerato</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Competencia comunicativa (CC)</li><li>- Competencia en gestión y tratamiento de la información (CGyTI)</li><li>- Competencia digital (CD)</li><li>- Competencia en investigación (CI)</li><li>- Competencia personal e interpersonal (CPI)</li><li>- Competencia en el conocimiento e interacción con el mundo (CCIM)</li></ul>

Fuente: *Decret 142, 2008, Anexo 1*

Mediante el desarrollo del proyecto se trabajarán las competencias generales de la siguiente forma:

- **Competencia comunicativa:**
  - la comunicación, oral mediante el debate en clase, la discusión en grupos de trabajo y la exposición de los resultados del trabajo de investigación;
  - la comunicación escrita en lengua catalana, mediante la redacción del producto final elaborado como conclusión del proyecto realizado; y

- la comunicación escrita en lengua castellana e inglesa, mediante la lectura de material divulgativo científico relativo a la Antártida y las campañas científicas en general.
- **Competencia en gestión y tratamiento de la información:**
  - mediante la toma de decisiones respecto a qué datos e información científica son más relevantes para obtener los resultados buscados;
  - a través de la obtención, el tratamiento y el almacenamiento de los datos e información científica obtenidos de los distintos proyectos de investigación; y
  - creando y publicando ficheros de datos con las conclusiones obtenidas.
- **Competencia digital:**
  - conociendo y usando sistemas de comunicación a través de la red para poder comunicar con el personal científico presente en las bases de investigación antártica;
  - mediante el uso de aplicaciones informáticas para la obtención de datos, tratamiento matemático y almacenamiento de los datos; y
  - creando contenido multimedia para presentar y publicar los resultados obtenidos.
- **Competencia en investigación:**
  - utilizando el método científico para plantear el problema, conocer el estado de la cuestión, formular hipótesis, desarrollar la investigación y, finalmente, presentar las conclusiones;
  - fomentando el rigor en los procesos que se lleven a cabo en cada una de las etapas proyecto;
  - fomentando la creatividad para desarrollar todos los pasos anteriores; y
  - aplicando el espíritu crítico en todas las fases de la investigación.
- **Competencia personal e interpersonal:**
  - trabajando cooperativamente con los otros miembros del equipo y colaborativamente con los miembros de la clase; y
  - respetando el trabajo de los demás, escuchando las aportaciones de cada persona y responsabilizándose del trabajo propio.
- **Competencia en el conocimiento e interacción con el mundo:**
  - entendiendo los procesos naturales relacionados con los proyectos de investigación antártica;
  - entendiendo la manera cómo la humanidad influye en la naturaleza y viceversa; y

- comprendiendo la dimensión social del cambio climático.

### 3.3.2 Competencias específicas de la materia de matemáticas

En el currículo se definen unas competencias a alcanzar por parte del alumno que son específicas del ámbito matemático.

Tabla 3: Competencias específicas de matemáticas

<b>Competencias específicas de matemáticas</b>	
CM1	Resolver problemas matemáticos
CM2	Comunicarse matemáticamente
CM3	Razonar matemáticamente
CM4	Valorar la matemática y su construcción
CM5	Tener confianza en la propia capacidad matemática

Fuente: Decret 142, 2008, Anexo 2

- **Resolver problemas matemáticos**

Dentro del proyecto que deberán trabajar los alumnos, se deben plantear y resolver los problemas principales y secundarios que nos ayuden a buscar los resultados buscados. Tal como se indicó en el marco teórico, aquello que distingue el aprendizaje basado en proyectos es que está *orientado a un problema*, lo que significa que es este problema planteado el que hace de guía para el trabajo que se lleva a cabo (Helle et al., 2006).

- **Comunicarse matemáticamente**

Las conclusiones que se obtengan del proyecto estarán formuladas en base a magnitudes matemáticas como promedio, desviación estándar, tendencia, regresión lineal, etc. Los alumnos y alumnas tomarán conciencia de la conveniencia y necesidad de uso de este tipo de conceptos y del lenguaje matemático en general, de cara a conseguir una comunicación ágil y precisa con sus compañeros y compañeras.

- **Razonar matemáticamente**

Con el objetivo de progresar en su trabajo, los estudiantes deberán aplicar conceptos de tipo estadístico. Para lograrlo deberán entender su significado y conocer la manera de aplicarlos correctamente.

- **Valorar la matemática y su construcción**

A través de este proyecto, los estudiantes tomarán conciencia de cómo de necesarias son las matemáticas para poder conocer un tema de un calado social tan amplio como es el cambio climático. En ciencia, un gran número de veces, conocer significa medir. Y son estas medidas y la manera de obtener resultados matemáticos los que permite tener una opinión razonada y objetiva de cara a poder tomar una decisión propia.

- **Tener confianza en la propia capacidad matemática**

Ser capaz de encontrar una solución por uno mismo es la mejor manera de ganar confianza en la propia capacidad matemática. El trabajo en un proyecto aporta la motivación, la flexibilidad y la adaptabilidad para conseguir la autonomía de los alumnos en base a las características individuales de cada uno.

### 3.3.3 *Objetivos generales del bachillerato*

Tabla 4: Esquema de los objetivos generales del bachillerato

<b>Esquema de los objetivos generales del bachillerato</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>a. <i>Ejercer la ciudadanía democrática</i></li><li>b. <i>Consolidar la madurez personal y social</i></li><li>c. <i>Fomentar la igualdad de género en derechos y oportunidades</i></li><li>d. <i>Reafirmar hábitos de lectura, estudio y disciplina</i></li><li>e. <i>Dominar las lenguas castellana y catalana</i></li><li>f. <i>Comprender y expresarse en una o más lenguas extranjeras</i></li><li>g. <i>Usar solvente y eficazmente las TIC</i></li><li>h. <i>Conocer de forma crítica las realidades del mundo y su historia</i></li><li>i. <i>Acceder a los conocimientos científico-tecnológicos y dominar las habilidades básicas de la especialidad</i></li><li>j. <i>Comprender el método científico y la contribución de la ciencia</i></li><li>k. <i>Reafirmar el espíritu emprendedor</i></li><li>l. <i>Desarrollar la sensibilidad artística y literaria</i></li><li>m. <i>Usar el deporte para favorecer el desarrollo personal y social</i></li><li>n. <i>Fomentar la seguridad viaria</i></li></ul>

Fuente: Decret 142, 2008, Anexo 2

El Decret 142/2008 define catorce objetivos generales para el bachillerato. Estos objetivos, muy ligados a las competencias generales para esta etapa, se pueden agrupar en tres grandes bloques: el ejercicio como ciudadanos y ciudadanas en una

sociedad democrática, conociendo el funcionamiento de este tipo de sociedad, su evolución, sus necesidades y su problemática; el desarrollo de hábitos positivos tanto a nivel de aprendizaje, cultural como de salud; y la adquisición de los conocimientos básicos a nivel científico-tecnológico, de comunicación y aquellos asociados a la especialidad elegida. En la tabla 4 se detallan de manera esquemática los objetivos planteados según la legislación.

El desarrollo del proyecto planteado deberá tener en cuenta estos objetivos planteados para el bachillerato. Esto será posible a partir de:

- Desarrollar la conciencia social y el ejercicio de una ciudadanía democrática conociendo los problemas medioambientales causados por el cambio climático y el origen de éste, estudiando posibles soluciones mediante el uso de sistemas de generación de energía renovables, y participando en el trabajo cooperativo en condiciones de igualdad de género (objetivos *a, c y h*).
- Desarrollando hábitos positivos en la organización de su propio aprendizaje y una actitud emprendedora, crítica y creativa, orientada a la resolución de problemas, mediante el diseño autónomo de las estrategias de planteamiento del proyecto y de sus diferentes fases, desde la búsqueda de información, hasta la redacción de las conclusiones (objetivos *b, d, g, j y k*).
- Aprendiendo los contenidos básicos científicos-tecnológicos a partir del uso de herramientas y conceptos matemáticos de carácter estadístico y usando los diferentes idiomas oficiales y extranjeros como medio de búsqueda de información, de comunicación y como soporte para registrar el aprendizaje (objetivos *e, f e i*).

### 3.3.4 *Objetivos didácticos*

El *Decret 142/2008* de Cataluña define una serie de objetivos para la asignatura de matemáticas para la modalidad de ciencias y tecnología. Estos objetivos están orientados principalmente a la aplicabilidad de las matemáticas a la vida real, desde el punto de vista relativo al uso de los procedimientos y el diseño de modelos en la resolución de problemas, la aplicación de contenidos específicos de matemáticas en situaciones concretas y, finalmente, en el uso de las matemáticas como elemento de comunicación en contextos técnicos. En la unidad didáctica planteada en este proyecto, se tendrán en cuenta aquellos objetivos, indicados en la tabla 5, que de

forma más genérica hacen referencia al uso de procedimientos matemáticos en contextos reales, y aquellos específicos del uso de los contenidos de estadística.

Los objetivos que ponen el énfasis en la utilidad de las matemáticas en nuestro día a día, numerados del uno al cinco en la tabla 5, están considerados en la misma metodología de la propuesta, el aprendizaje basado en proyectos. Así, los estudiantes accederán a los contenidos planteados a partir de la necesidad de utilizar las herramientas matemáticas para poder fundamentar sus reflexiones. Respecto al objetivo número diez, referido al uso del lenguaje matemático como herramienta de comunicación básica, se desarrollará mediante el trabajo colaborativo y la creación y exposición del producto final del proyecto.

Tabla 5: Objetivos de la materia de matemáticas

<b>Objetivos de la materia de matemáticas numerados según decreto</b>
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Reconocer situaciones reales concretas donde la matemática es un instrumento necesario para organizar e interpretar información, y para tomar decisiones bien fundamentadas</li><li>2. Aplicar y relacionar los conceptos y procedimientos aprendidos, en diferentes ámbitos de las ciencias y de la tecnología, resolviendo situaciones que pongan en relieve las diferentes partes de la matemática y los diferentes roles que ésta puede tener</li><li>3. Decidir qué modelos matemáticos, entre los estudiados, se ajustan mejor a determinadas situaciones que puedan plantearse en la vida cotidiana del alumnado</li><li>4. Usar las herramientas tecnológicas, como las hojas de cálculo, programas de cálculo simbólico y de representación gráfica que permitan la exploración, la simulación y la representación para hacer emerger y entender conceptos y procedimientos matemáticos</li><li>5. Consolidar la idea que la matemática es un buen instrumento para la aplicación del método científico, explorando situaciones que comporten planificación, experimentación, formulación de conjeturas y su consolidación</li><li>8. Distinguir entre fenómenos ciertos y probables, y caracterizarlos cuantitativamente con la consiguiente capacidad de análisis y estructuración de toda la información contenida en un conjunto de datos</li><li>9. Valorar la potencia de los recursos y modelos estadísticos para analizar e interpretar datos, y conocer que hay que tener en cuenta sus limitaciones y ser críticos con su mal uso</li><li>10. Incorporar al propio vocabulario elementos propios del lenguaje matemático, con el fin de transmitir mensajes en contextos donde es especialmente necesaria la comunidad científica.</li></ol>

Fuente: Decret 142, 2008, Anexo 2

Respecto a los objetivos relacionados con los contenidos matemáticos de probabilidad y estadística, numerados en la tabla 5 como ocho y nueve, deben de ser concretados



para adaptarse a los contenidos relacionados con la asignatura. Así, serán definidos unos objetivos didácticos adicionales que serán trabajados a partir de las distintas actividades planteadas en la unidad didáctica. Estos objetivos son:

1. Elaborar tablas bidimensionales de frecuencias a partir de un estudio estadístico, considerando variables discretas y continuas
2. Calcular e interpretar los parámetros estadísticos más usuales en variables bidimensionales
3. Calcular las distribuciones marginales y diferentes distribuciones condicionadas a partir de una tabla de contingencia, así como sus parámetros (media, varianza y desviación típica)
4. Decidir si dos variables estadísticas son o no dependientes a partir de sus distribuciones combinadas y marginales
5. Usar adecuadamente medios tecnológicos para organizar y analizar datos desde el punto de vista estadístico, calcular parámetros y generar gráficos estadísticos
6. Distinguir la dependencia funcional de la dependencia estadística y estimar si dos variables son o no estadísticamente dependientes mediante la representación de la nube de puntos
7. Cuantificar el grado y sentido de la dependencia lineal entre dos variables mediante el cálculo e interpretación del coeficiente de correlación lineal
8. Calcular las rectas de regresión de dos variables y obtener predicciones a partir de ellas
9. Evaluar la fiabilidad de las predicciones obtenidas a partir de la recta de regresión mediante el coeficiente de determinación lineal
10. Calcular la probabilidad final de un suceso aplicando la fórmula de Bayes

### *3.3.5 Contenidos*

Los contenidos que deben ser desarrollados en la asignatura de Matemáticas I, en el primer curso de Bachillerato, están definidos en el *Decret 142/2008* catalán. En la tabla 6 se muestran contenidos correspondientes al bloque de probabilidad y estadística, que son los que están relacionados con esta propuesta de intervención.

Tabla 6: Contenidos del bloque de probabilidad y estadística

<b>Contenidos del bloque de probabilidad y estadística</b>
<p><b>Análisis del tipo y del grado de relación entre dos variables en contextos científicos y sociales</b></p> <p>Cont8. Distribuciones bidimensionales. Relación entre variables cualitativas: tablas cruzadas. Interpretación de fenómenos sociales y económicos en los que intervienen dos variables y estudio del grado de relación que tienen: nubes de puntos, correlación y regresión, interpolación y extrapolación mediante la recta de regresión</p> <p>Uso de las calculadoras y hojas de cálculo o programas estadísticos para el cálculo de los parámetros y las representaciones gráficas</p> <p>Cont9. Aplicación de las técnicas de recuento y del cálculo de probabilidades para resolver situaciones y problemas en ámbitos tanto científicos como sociales</p> <p>Cont10. Técnicas de recuento en casos sencillos: de las listas ordenadas y los diagramas en árbol al estudio de las combinaciones</p> <p>Cont11. Independencia de sucesos. Experiencias sucesivas y pruebas repetidas. Probabilidad condicionada</p> <p>Cont12. Ajuste de una distribución estadística a un modelo de probabilidad: la ley normal</p>

Fuente: Decret 142, 2008, Anexo 2

### 3.3.6 Criterios de evaluación

Los criterios de evaluación que serán considerados en la unidad didáctica se corresponden a los criterios de evaluación numerados como 10, 11 y 12 en el Decret 142/2008. Se debe tener en cuenta que este decreto no concreta dichos criterios, al contrario de la normativa estatal. La concreción de los criterios de evaluación se indicará en las rúbricas correspondientes a las actividades.

Tabla 7: Criterios de evaluación para el bloque de probabilidad y estadística

<b>Criterios de evaluación numerados según decreto</b>
<p>11. Aplicar técnicas sencillas de recuento a situaciones de la vida real. Resolver problemas en los cuales intervengan los conceptos de probabilidad y dependencia o independencia de sucesos, en casos ligados a conceptos elementales de combinatoria</p> <p>12. Interpretar la posible relación entre variables usando el coeficiente de correlación y la recta de regresión, y aplicar los conceptos básicos de la estadística descriptiva y bivalente a situaciones sencillas</p> <p>13. Utilizar con soltura la calculadora y el ordenador para facilitar los cálculos, hacer representaciones gráficas, y explorar y simular situaciones. Usar inteligentemente las TIC e interpretar los resultados de una operación automática en el contexto del problema que se está resolviendo</p>

Fuente: Decret 142, 2008, Anexo 2

### *3.3.7 Metodología docente*

Dentro del marco general de aprendizaje basado en proyectos, es necesario concretar la metodología específica que se seguirá durante la impartición de la unidad didáctica. Esto significa, en qué manera se enseñarán los aspectos teóricos, de qué manera trabajaran los estudiantes, qué tipo de apoyo se les prestará, etc.

La particularidad de esta propuesta de intervención, que en muchos casos supone la aplicación de nociones de estadística ya conocidas a casos de más de una variable, y no el aprendizaje de conceptos completamente nuevos para el alumnado, permite fomentar la autonomía del estudiante ante su aprendizaje durante una parte importante del tiempo lectivo. Para ello, los alumnos y alumnas trabajarán conjuntamente en grupos de cuatro en las distintas etapas de resolución del problema, desde el planteamiento inicial, el desarrollo de hipótesis, el establecimiento de la metodología a seguir, hasta la resolución final del caso y la posterior presentación. Sin embargo, para introducir conceptos nuevos, como las tablas de contingencia, las distribuciones condicionadas y marginales, la función de distribución normal y las rectas de regresión, se apostará por explicaciones realizadas con todo el grupo de clase y así fomentar la resolución en conjunto de las dudas iniciales.

El análisis de los datos se realizará principalmente con la aplicación informática Microsoft Excel. Este software está ampliamente extendido en el mundo laboral y es positivo proporcionar a los estudiantes un nivel suficiente en el uso de sus funcionalidades destinadas para trabajar con un gran número de datos. Para facilitar el trabajo con esta aplicación, se proporcionará al alumnado un fichero con ejemplos de la mayor parte de funciones necesarias en el desarrollo del proyecto. En caso de no disponer de licencias suficientes para poder usar Microsoft Excel, se utilizará una aplicación de uso libre, como las hojas de cálculo Calc, de Apache OpenOffice.

Durante el desarrollo de la unidad didáctica, el profesor ofrecerá apoyo individualizado a los diferentes grupos de trabajo, ya desde el punto de vista teórico, relativo a los contenidos de estadística, como de apoyo en el uso del software, como, finalmente, de orientación para confeccionar el producto final del proyecto, que podrá ser en formato de informe, de presentación o alternativas elegidas por los estudiantes y que permitan una correcta consecución de los objetivos y evaluación por parte del docente.

Se debe tener en cuenta que uno de los objetivos principales de la metodología de aprendizaje basado en proyectos es fomentar la autonomía del alumnado. Es por esto

por lo que el docente debe de estar abierto a las diferentes propuestas del alumnado en todas las fases del proyecto, desde los planteamientos e hipótesis iniciales, al modo en que se presentarán al final. En este contexto, es importante que se establezcan claramente, a través de rúbrica, los objetivos a lograr y los contenidos y competencias mínimas a desarrollar, estableciendo así un modelo claro de progreso para el estudiante.

### 3.4 Actividades

Al estar planteada esta unidad didáctica mediante el desarrollo de un proyecto, se han definido cada una de las actividades como las fases de éste. Así, en la descripción de estas actividades se indicará de qué tipo de datos de partida se dispone, qué objetivos queremos lograr mediante su análisis y, finalmente, qué competencias y contenidos deberemos desarrollar en cada una de dichas actividades. Además, se especificará qué tipo de agrupación de estudiantes será más conveniente y cómo se impartirán los conocimientos nuevos.

#### 3.4.1 Actividad 1. Toma de contacto con la investigación antártica

Tabla 8: Características principales de la Actividad 1

Características de la Actividad 1		
<b>Tipo de actividad</b>	Presentación del proyecto	
<b>Agrupación</b>	Grupo clase para toda la actividad	
<b>Recursos</b>	- Conexión vía Skype, ordenador portátil para el docente, proyector, altavoces y micrófono	
<b>Tiempo estimado</b>	1 hora	
<b>Elementos del currículo</b>	<i>Generales para Bachillerato</i>	<i>Específicos de matemáticas</i>
Competencias	CC, CPI	-
Objetivos	a, b, c, e, h, j, k	OM1, OM5
Objetivos didácticos específicos para la UD	-	
Contenidos	-	
Criterios de evaluación	-	

Fuente: Elaboración propia

### **Descripción de la actividad:**

La primera actividad servirá como presentación del proyecto, a través de la toma de contacto con la actividad que se desarrolla en una base de investigación antártica, concretamente la Base Antártica Española Juan Carlos I (en adelante BAE Juan Carlos I). En gran grupo se pondrán en común las ideas previas de los estudiantes respecto a la investigación que se lleva a cabo en este tipo de instalaciones, y se plantearán las dudas más importantes que surjan del debate. Estas podrán estar orientadas a conocer el número de personas que desarrollan la actividad en la base antártica, los ámbitos en los que se lleva a cabo la investigación, sus objetivos, el funcionamiento del equipamiento, etc. Finalmente, se contactará telefónicamente con el jefe de base para trasladarle las preguntas surgidas. Eventualmente se podrá contactar también con los responsables de la estación meteorológica y los glaciólogos que se encuentren en la base, ya que es sobre los datos de estos dos ámbitos sobre los que principalmente se desarrollará el proyecto.



*Figura 2: Base Antártica Española Juan Carlos I. Fuente: Unidad de Tecnología Marina (2018)*

Se debe tener en cuenta que el periodo de desarrollo de la campaña, principalmente en los meses de verano austral, pueden no coincidir con la programación de la unidad didáctica de probabilidad y estadística, tradicionalmente impartida a final de curso. Es por ello por lo que esta primera actividad puede ser realizada de manera previa e independiente al resto de actividades. En este caso, se podrá realizar un nuevo contacto con personal de la Unidad de Tecnología Marina, gestora de la BAE Juan Carlos I, al inicio de las actividades para conocer las conclusiones del desarrollo de la campaña.

Cabe destacar la importancia de esta primera actividad, ya que marcará la motivación y la implicación de los estudiantes en el proyecto y, por lo tanto, será básica para que el aprendizaje sea más o menos significativo.

### Propuestas de preguntas de reflexión a la clase:

- ¿Cuánto tiempo lleva preparar una campaña?
- ¿Cuántos ámbitos de investigación conviven de manera simultánea en la base?
- ¿Qué objetivos tiene la investigación científica antártica?
- ¿Qué necesidades técnicas tiene una base antártica?

### 3.4.2 Actividad 2. Presentación de los datos disponibles

Tabla 9: Características principales de la Actividad 2

Características de la Actividad 2		
<b>Tipo de actividad</b>	Presentación de la información	
<b>Agrupación</b>	Grupo clase para la presentación y creación de los grupos de trabajo de cuatro personas. Estos grupos se mantendrán durante todo el proyecto	
<b>Recursos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ordenador portátil para el docente, proyector en el aula, ordenador portátil para los alumnos</li> <li>- Set de datos meteorológicos</li> <li>- Set de datos de altitud de la superficie del glaciar Hurd</li> <li>- Artículo de investigación sobre población de pingüinos en la isla de Decepción</li> <li>- Archivo Excel con ejemplos de uso de funciones</li> </ul>	
<b>Tiempo estimado</b>	1 hora	
<b>Elementos del currículo</b>	<i>Generales para Bachillerato</i>	<i>Específicos de matemáticas</i>
Competencias	CC, CGyTI, CD, CI, CPI, CCIM	CM2, CM4
Objetivos	a, b, c, d, e, f, g, i, j	OM1, OM4, OM5, OM10
Objetivos didácticos específicos para la UD	-	
Contenidos	-	
Criterios de evaluación	-	

### Descripción de la actividad:

En esta actividad se dará acceso a los estudiantes de los datos disponibles de varias campañas de medidas de los ámbitos de meteorología y glaciología. También se proporcionará una publicación científica referente a la variación de la población de pingüinos barbijos en la cercana isla de Decepción, donde se encuentra la otra base antártica española, gestionada por el Ministerio de Defensa, Gabriel de Castilla

(acceso a la información en el [anexo III](#)). Una vez compartidos los ficheros, se mostrará en gran grupo qué tipo de información contiene cada uno, se distribuirán la rúbrica de evaluación del proyecto por parte del docente y la de autoevaluación y coevaluación del alumnado. Finalmente se distribuirá el alumnado en grupos de cuatro personas para desarrollar el proyecto. En la formación de estos grupos se optará por hacerlos heterogéneos, fomentando así el aprendizaje entre iguales, salvo en casos especiales, como la presencia de más de un estudiante con altas capacidades, que se puede optar por la creación de algún grupo más homogéneo que favorezca la motivación.

La información presentada será:

- Datos meteorológicos diez-minutales de temperatura, velocidad de viento, dirección de viento y sector correspondiente, presión atmosférica, pluviosidad, radiación solar global, insolación y temperatura del suelo para los años 2016 y 2017 (Agencia Estatal de Meteorología, 2018)
- Datos meteorológicos cada tres horas de la estación meteorológica chilena de la Base naval Capitán Arturo Prat, localizada en la isla Greenwich del mismo archipiélago de las Shetland del Sur, con información de temperatura (National Centers for Environmental Information, 2019)
- Datos de altitud de la superficie del glaciar Hurd para los años 1957, 2000 y 2013 (Rodríguez y Navarro, 2017). Los datos se proporcionarán en dos formatos diferentes:
  - o Altitud de cien puntos situados regularmente a lo largo de una sección de glaciar (NE – SW) en los que se indica el valor correspondiente a los años mencionados
  - o Altitud de la superficie del glaciar para puntos dispuestos en una retícula de cien metros de resolución
- Publicación científica sobre la población de pingüinos barbijos en la isla Decepción (Barbosa, Benzal, De León y Moreno, 2012)



### 3.4.3 Actividad 3. Datos Meteorológicos I: principales características – evaluación y práctica de los conocimientos previos

Tabla 10: Características principales de la Actividad 3

Características de la Actividad 3		
<b>Tipo de actividad</b>	Trabajo en grupo colaborativo	
<b>Agrupación</b>	Grupos de cuatro estudiantes definidos en la Actividad 2	
<b>Recursos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ordenador portátil para el docente, ocasionalmente proyector en el aula, ordenador portátil para los alumnos, pizarra móvil</li> <li>- Set de datos meteorológicos</li> <li>- Archivo Excel con ejemplos de uso de funciones</li> </ul>	
<b>Tiempo estimado</b>	horas	
<b>Elementos del currículo</b>	<i>Generales para Bachillerato</i>	<i>Específicos de matemáticas</i>
Competencias	CC, CGyTI, CD, CI, CPI, CCIM	CM1, CM2, CM3, CM4, CM5
Objetivos	a, b, c, d, e, g, h, i, j, k	OM1, OM2, OM3, OM4, OM5, OM8, OM9, OM10
Objetivos didácticos específicos para la UD	OD5	
Contenidos	Cont9, Cont10	
Criterios de evaluación	CritEval11, CritEval13	

Fuente: Elaboración propia



Figura 3: Instalación de torre en las cercanías de la BAE Juan Carlos I. Fuente: el autor



### **Descripción de la actividad:**

En esta primera parte del proyecto, se pedirá a los estudiantes que extraigan conclusiones de carácter general del fichero de datos de la estación meteorológica de la BAE Juan Carlos I. El objetivo principal de esta actividad es poner en práctica los conocimientos previos de la clase y evaluar su nivel de conocimientos de la estadística. Además, se introducirá el uso de las funciones estadísticas fundamentales de la aplicación MS Excel para aquellos estudiantes que no estén familiarizados.

Orientativamente se proporcionará una lista de parámetros generales para caracterizar el clima, como los valores promedio, máximo, mínimo y desviación estándar de temperatura, presión atmosférica, pluviosidad, temperatura de suelo, viento, radiación solar e insolación. Otros parámetros pueden ser el número de horas al año con una temperatura o un viento dentro de un intervalo concreto. Mediante esta actividad el alumnado deberá:

- Calcular los valores promedio, máximo, mínimo y desviación estándar de las variables meteorológicas disponibles, mediante las fórmulas básicas y mediante las funciones de MS Excel
- Agrupar variables continuas en intervalos identificados con valores continuos mediante la función de Excel *Redondear* u otras funciones. Crear histogramas unidimensionales mediante la agrupación y recuento de dichas variables y representarlos de manera tabular y gráfica
- Extraer conclusiones de los resultados

El docente realizará las explicaciones necesarias a los grupos después de que estos hayan concretado la estrategia a seguir y definido aquellos conocimientos necesarios que no dispongan para realizar la tarea y que requieran la colaboración del docente. En el [anexo VI](#) se muestran algunos ejemplos de resultados que se pueden obtener en esta actividad

### **Propuestas de preguntas de reflexión a la clase:**

- ¿Cómo afecta el clima presente en la estación de cara a la preparación logística de la campaña?
- ¿Qué diferencias se esperarían entre las variables estadísticas estudiadas respecto a las mismas en la población del instituto?

### 3.4.4 Actividad 4. Datos Meteorológicos II: rosa de viento y temperatura mensual – Tablas de contingencia, probabilidad condicionada y marginal, aplicación de la distribución normal y producción de un aerogenerador en la BAE Juan Carlos I

Tabla 11: Características principales de la Actividad 4

<b>Características de la Actividad 4</b>		
<b>Tipo de actividad</b>	Trabajo en grupo colaborativo y presentación de contenido por parte del docente	
<b>Agrupación</b>	Grupos de cuatro estudiantes definidos en la Actividad 2, con la excepción de la introducción a ciertas funciones de Excel, como las tablas dinámicas o la presentación de la distribución normal, que se realizará en conjunto para el grupo clase	
<b>Recursos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ordenador portátil para el docente, proyector en el aula, ordenador portátil para los alumnos, pizarra móvil</li> <li>- Set de datos meteorológicos</li> <li>- Archivo de Excel con ejemplos de uso de funciones</li> </ul>	
<b>Tiempo estimado</b>	horas	
<b>Elementos del currículo</b>	<i>Generales para Bachillerato</i>	<i>Específicos de matemáticas</i>
Competencias	CC, CGyTI, CD, CI, CPI, CCIM	CM1, CM2, CM3, CM4, CM5
Objetivos	a, b, c, d, e, g, h, i, j, k	OM1, OM2, OM3, OM4, OM5, OM8, OM9, OM10
Objetivos didácticos específicos para la UD	OD1, OD2, OD3, OD4, OD5	
Contenidos	Cont8, Cont9, Cont10, Cont11, Cont12	
Criterios de evaluación	CritEval11, CritEval13	

Fuente: Elaboración propia

#### **Descripción de la actividad:**

En esta actividad se extraerán conclusiones más detalladas, referentes al clima de la zona, a partir del análisis de distribuciones bidimensionales de viento y temperatura. Teniendo en cuenta que el viento es una variable vectorial, es igualmente importante describir conjuntamente la velocidad y dirección de viento para un correcto análisis. Así, el uso de rosas de viento de frecuencia, de velocidades medias y máximas, es la manera en la que se expresan las características del viento en las publicaciones correspondientes a las estaciones meteorológicas. Respecto a la temperatura, la descripción mensual es más acertada ya que aporta una información mucho más

completa de su variación estacional, especialmente cuando nos referimos a una base antártica que sólo abre durante algunos meses del año, y cuyas actividades deben ser definidas acorde a las condiciones presentes. En este contexto, se presentará la distribución normal y el uso que se le puede dar para describir las distribuciones de temperatura mensuales, comparando también la calidad del ajuste dependiendo de cada mes y respecto a la distribución global anual.

Finalmente se usará la distribución de viento para el cálculo de energía en la instalación de un aerogenerador de pequeño tamaño. Este punto de la actividad debe servir como reflexión crítica sobre el uso de energías alternativas, tanto en entornos medioambientalmente protegidos, como de manera general.

Los objetivos principales de esta actividad son:

- Agrupar valores de velocidad en intervalos discretos mediante la función de Excel *redondear*. Agrupar valores de dirección en diferentes sectores mediante una fórmula definida específicamente. Usar la función de Excel *tabla dinámica* para crear una tabla de contingencia respecto a ambos parámetros y extraer de ella distribuciones marginales y distribuciones condicionales. Comparar la distribución marginal independiente de la dirección de viento con la distribución de viento obtenida en la *Actividad 1*. Extraer de la tabla de contingencia los valores promedio y máximo de velocidad de viento. Extraer conclusiones basadas en las rosas de viento obtenidas
- Agrupar valores de temperatura en intervalos discretos mediante la función de Excel *redondear*. Usar la función de Excel *tabla dinámica* para crear una tabla de contingencia que relacione la temperatura con el mes del año. Obtener los valores de temperatura media, máxima, mínima y desviación estándar mensual. Extraer conclusiones de los resultados obtenidos
- Conocer la distribución normal y aplicarla a los parámetros de temperatura media y desviación estándar mensuales obtenidos en el punto anterior, comparando las distribuciones normales obtenidas con las distribuciones originales. Extraer conclusiones relativas a los resultados obtenidos
- Plantear la instalación de un aerogenerador de pequeño tamaño en la BAE Juan Carlos I. Elegir un modelo en el mercado, adaptado a las posibilidades de instalación disponibles, extraer de la ficha técnica la curva de potencia (potencia en función de la velocidad de viento) y combinarla con la distribución de viento para el cálculo de energía. Extraer conclusiones relativas a los resultados obtenidos.

En el [anexo VI](#) se muestran posibles soluciones a obtener en esta actividad. En el [anexo VII](#) se muestra un ejemplo de características de aerogenerador.

**Propuestas de preguntas de reflexión a la clase:**

- ¿Qué episodios de temperatura y viento extremos se dan durante los meses en que la base está habitada?
- ¿Qué se debería tener en cuenta de cara a adaptar la base para poder hacerla permanente, es decir, que esté abierta todo el año?
- ¿Es la energía eólica una buena alternativa como fuente de generación energética?
- ¿Es comparable la generación de energía de un aerogenerador a las necesidades del ámbito familiar?

**3.4.5 Actividad 5. Población de pingüinos: estudio cualitativo de los resultados y presentación de la regresión lineal**

Tabla 12: Características principales de la Actividad 5

<b>Características de la Actividad 5</b>		
<b>Tipo de actividad</b>	Análisis de artículo científico en diferentes agrupaciones de alumnos y explicación de contenido por parte del docente	
<b>Agrupación</b>	Lectura del artículo de manera individual, primer análisis en grupos de cuatro estudiantes y conclusiones finales en grupo clase. La explicación de ajuste lineal en clase magistral.	
<b>Recursos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ordenador portátil para el docente, proyector en el aula, ordenador portátil para los alumnos</li> <li>- Artículo de investigación sobre población de pingüinos en la isla de Decepción</li> </ul>	
<b>Tiempo estimado</b>	1 hora	
<b>Elementos del currículo</b>	<i>Generales para Bachillerato</i>	<i>Específicos de matemáticas</i>
Competencias	CC, CGyTI, CI, CPI, CCIM	CM1, CM2, CM3, CM4, CM5
Objetivos	a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k	OM1, OM3, OM5, OM9, OM10
Objetivos didácticos específicos para la UD	OD1, OD2, OD3, OD4, OD5	
Contenidos	Cont8, Cont9, Cont11	
Criterios de evaluación	CritEval12	

Fuente: Elaboración propia

### **Descripción de la actividad:**

En esta actividad se presentan los resultados de la publicación de Barbosa et al. (2012) con la evolución de la población pingüinos en la isla de Decepción, donde se encuentra la Base Antártica Española Gabriel de Castilla. En dicho artículo, que se muestra en el [anexo IV](#), se realiza un ajuste lineal de las mediciones realizadas y se presentan los parámetros obtenidos. A partir de la lectura del artículo se hará una valoración cualitativa de la bondad de los ajustes lineales que se muestran y se aprovechará para explicar la teoría de la correlación lineal. El artículo está escrito en inglés, por lo que se desarrollarán el objetivo general del bachillerato referente a la comprensión de una lengua extranjera.



*Figura 4: Pingüinos gentoo en la península Hurd, en la isla Livingston. Fuente: el autor*

### **Propuestas de preguntas de reflexión a la clase:**

- ¿Existe una tendencia clara en la variación de la población de pingüinos?
- ¿A qué puede ser debida esta variación?

### 3.4.6 Actividad 6. Datos Meteorológicos III: Correlación con estación meteorológica de largo plazo

Tabla 13: Características principales de la Actividad 6

Características de la Actividad 6		
<b>Tipo de actividad</b>	Trabajo cooperativo en grupos de cuatro estudiantes	
<b>Agrupación</b>	Grupos de cuatro estudiantes	
<b>Recursos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ordenador portátil para el docente, opcionalmente proyector en el aula, ordenador portátil para los alumnos, pizarra móvil</li> <li>- Set de datos meteorológicos</li> <li>- Archivo de Excel con ejemplos de uso de funciones</li> </ul>	
<b>Tiempo estimado</b>	hora	
<b>Elementos del currículo</b>	<i>Generales para Bachillerato</i>	<i>Específicos de matemáticas</i>
Competencias	CC, CGyTI, CD, CI, CPI, CCIM	CM1, CM2, CM3, CM4, CM5
Objetivos	a, b, c, d, e, g, h, i, j, k	OM1, OM2, OM3, OM4, OM5, OM9, OM10
Objetivos didácticos específicos para la UD	OD1, OD2, OD5, OD6, OD7, OD8, OD9	
Contenidos	Cont8, Cont9, Cont10, Cont11	
Criterios de evaluación	CritEval11, CritEval12, CritEval13	

Fuente: Elaboración propia

#### Descripción de la actividad:

Algunas estaciones meteorológicas disponen de un número limitado de datos, bien por haber sido instaladas recientemente, bien por fallos en los sistemas en un determinado periodo de tiempo. En caso de necesitar conocer las características climáticas de la zona durante esos periodos con ausencia de datos, es conveniente recurrir a estaciones meteorológicas cercanas que dispongan de series de datos completas, y mediante correlación lineal generar los datos correspondientes a los periodos necesarios.

En esta actividad se compararán los datos de temperatura de la BAE Juan Carlos I con los datos de temperatura de la Base naval Capitán Arturo Prat. Los estudiantes deberán:

- Calcular los promedios anuales de los datos medidos en la Base naval Capitán Arturo Prat y calcular la tendencia la temperatura respecto al tiempo a partir del ajuste lineal realizado mediante la formulación teórica y comprobar los

valores mediante la representación y cálculo gráfico en MS Excel. Extraer conclusiones de los resultados

- Extraer las medias diarias de temperatura de la BAE Juan Carlos I mediante la función de MS Excel *promedio.si* para los datos correspondientes a 2016. Comparar los promedios de temperatura de ambas estaciones mediante nube de puntos. Calcular gráficamente con Excel la recta de regresión correspondiente. Usar dichos parámetros para calcular los promedios anuales de los años sin datos disponibles en la BAE Juan Carlos I. Comprobar la calidad de la predicción a partir de la comparación de los promedios mensuales estimados en 2017 y los efectivamente medidos. Extraer conclusiones de los resultados

Es importante que en este punto el docente o la docente destaque la ayuda del uso de la regresión lineal para facilitar la función del investigador. Esto se puede hacer, por ejemplo, en el análisis de la tendencia de la temperatura media en la base Arturo Prat. Al representar la evolución anual de la temperatura media (se puede observar el gráfico en el [anexo VI](#)), la alta variabilidad interanual dificulta el poder observar la tendencia general. Así, se puede retar al alumnado a crear de manera manual e intuitiva las rectas que ellos aprecien como tendencia general, y compararla con la obtenida mediante regresión lineal. Se podrán incluir en el informe las diferencias obtenidas y reflexionar sobre ello.

Ejemplos de resultados a obtener en esta actividad están asimismo incluidos en el [anexo VI](#).

#### **Propuestas de preguntas de reflexión a la clase:**

- ¿Se pueden extraer conclusiones sobre el cambio climático en base a los datos de una sola estación meteorológica?
- ¿Qué evolución se podría esperar en una estación meteorológica en la población del instituto?

### 3.4.7 Actividad 7. Estudio del glaciar Hurd

Tabla 14: Características principales de la Actividad 7

Características de la Actividad 7		
<b>Tipo de actividad</b>	Trabajo cooperativo en grupos de cuatro estudiantes	
<b>Agrupación</b>	Grupos de cuatro estudiantes excepto algunas explicaciones a gran grupo de funciones del Excel no conocidas previamente	
<b>Recursos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ordenador portátil para el docente, opcionalmente proyector en el aula, ordenador portátil para los alumnos, pizarra móvil</li> <li>- Set de datos de altitud de la superficie del glaciar Hurd</li> <li>- Archivo de Excel con ejemplos de uso de funciones</li> </ul>	
<b>Tiempo estimado</b>	hora	
<b>Elementos del currículo</b>	<i>Generales para Bachillerato</i>	<i>Específicos de matemáticas</i>
Competencias	CC, CGyTI, CD, CI, CPI, CCIM	CM1, CM2, CM3, CM4, CM5
Objetivos	a, b, c, d, e, g, h, i, j, k	OM1, OM2, OM3, OM4, OM5, OM8, OM9, OM10
Objetivos didácticos específicos para la UD	OD1, OD2, OD3, OD4, OD5, OD6, OD7, OD8, OD9	
Contenidos	Cont8, Cont9, Cont10, Cont11	
Criterios de evaluación	CritEval11, CritEval12, CritEval13	

Fuente: Elaboración propia

#### Descripción de la actividad:

Si en la anterior actividad se debían realizar regresiones lineales para un gran número de puntos, el objeto de esta actividad es realizar un número elevado de estimaciones lineales basadas, cada una de ellas, en un número reducido de tríos de valores, y realizar el estudio gráfico y estadístico de los coeficientes obtenidos. En este caso concreto, se deberá estimar para diferentes puntos de un mapa la tendencia en la pérdida o incremento de espesor del glaciar a partir de los datos de altitud de la superficie para tres años diferentes.

Los objetivos buscados en este caso serán el conocer cómo varía la tendencia en las diferentes zonas del glaciar, y ver que el retroceso del hielo es mayor en capas más bajas existiendo incluso un aumento del espesor en las capas más elevadas producido por el incremento de las precipitaciones. Además, se deberá comprobar el aumento de la incertidumbre al usar sólo tres puntos para generar una recta de regresión. Finalmente, el estudiante deberá estimar el rango de valores de tendencia



considerados realistas y asociar los valores fuera de dicho rango como errores en la información de entrada.



*Figura 5: Medidas de posición en el glaciar Johnson. Fuente: el autor*

Los pasos a seguir en esta actividad son:

- Representar gráficamente los valores de altitud de superficie a lo largo del perfil longitudinal proporcionado para cada uno de los años analizados. Calcular la tendencia en los cien puntos proporcionados mediante la función de MS Excel *Estimación.lineal*. Representar en la misma gráfica anterior la tendencia obtenida y extraer conclusiones
- Realizar un mapa de superficie del glaciar Hurd a partir de los datos de elevación de un solo año, mediante el uso las funciones de MS Excel de tablas dinámicas y gráficos de superficie.
- Calcular la tendencia en cada uno de los puntos de la malla y realizar una tabla de contingencia en función de la tendencia y la altitud para el año 2013. Extraer conclusiones de los resultados.

Ejemplos de resultados que pueden ser obtenidos en esta actividad se muestran en el [anexo VI](#)

### **Propuestas de preguntas de reflexión a la clase:**

- ¿A qué pueden ser debidas las diferencias en la tendencia de aumento o disminución en las diferentes áreas del glaciar Hurd?
- ¿Estos resultados pueden ser extrapolables a toda la región antártica?
- ¿Es similar la tendencia en los glaciares europeos?

### 3.4.8 Actividad 8. Preparación de la campaña: Riesgo de enfermedad de los participantes. Teorema de Bayes

Tabla 15: Características principales de la Actividad 8

Características de la Actividad 8		
<b>Tipo de actividad</b>	Explicación de contenido tipo lección magistral y trabajo colaborativo en grupos de cuatro personas	
<b>Agrupación</b>	Gran grupo en la explicación del teorema de Bayes y grupos de cuatro estudiantes para trabajo cooperativo	
<b>Recursos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ordenador portátil para el docente, proyector en el aula, ordenador portátil para los alumnos, pizarra móvil</li> <li>- Estadística de datos de sanidad y población</li> <li>- Archivo de Excel con ejemplos de uso de funciones</li> </ul>	
<b>Tiempo estimado</b>	hora	
<b>Elementos del currículo</b>	<i>Generales para Bachillerato</i>	<i>Específicos de matemáticas</i>
Competencias	CC, CGyTI, CD, CI, CPI, CCIM	CM1, CM2, CM3, CM4, CM5
Objetivos	a, b, c, d, e, g, h, i, j, k	OM1, OM2, OM3, OM4, OM5, OM8, OM9, OM10
Objetivos didácticos específicos para la UD	OD1, OD2, OD3, OD4, OD5, OD10	
Contenidos	Cont8, Cont9, Cont10, Cont11	
Criterios de evaluación	CritEval11, CritEval13	

Fuente: Elaboración propia

#### Descripción de la actividad:

Un criterio muy interesante para incluir en cualquier estudio referente a una campaña antártica está relacionado con la logística. Al igual que en la *Actividad 4* se hacía referencia a la generación de electricidad mediante la instalación de un aerogenerador, las posibilidades de utilizar el resto de las variables correspondientes a la misma organización logística son igualmente atractivas. En este sentido, la organización del material a transportar a la base, o el estudio de las tormentas en el Estrecho del Drake, de cara a planificar la travesía marina para llegar a la base, abarcan un gran número de opciones para desarrollar en clase de matemáticas de manera transversal a los contenidos.

Un aspecto especialmente sensible por sus consecuencias es el sufrir algún tipo de emergencia médica que no pueda ser atendida por las características de aislamiento de la instalación de investigación. Sufrir un infarto de miocardio o una apendicitis puede tener consecuencias fatales de ocurrir durante una campaña. Es por ello por lo que controlar estadísticamente los riesgos asumidos puede ayudar a un mejor diseño del material médico a transportar o el limitar a ciertos colectivos el pasar más o menos tiempo en la base.

Los datos relativos a las distribuciones de las afectaciones sanitarias se acostumbran a dar en número de casos o en porcentaje respecto al total de afectados. Mediante el teorema de Bayes, se puede conocer el riesgo de que un participante de la campaña sufra una determinada enfermedad, mediante el conocimiento de las estadísticas globales de la población relativa a los porcentajes por edad y sexo entre los pacientes de dicha enfermedad y respecto a la población en general. De esta manera se podrá considerar la conveniencia de limitar la estancia de un cierto colectivo, o el transportar equipo médico específico.

En la actividad se estudiará la probabilidad de infarto de miocardio para diferentes grupos de edad y sexo de participantes en la campaña antártica a partir de los datos obtenidos de la página web del Instituto Nacional de Estadística (2019), respecto a datos de defunciones por esta enfermedad por sexo y edad, y de la distribución de la población española respecto a las mismas variables. Estos datos se muestran en el [anexo V](#).

### **Propuestas de preguntas de reflexión a la clase:**

- ¿Es una buena manera de evaluar el riesgo a sufrir una enfermedad, teniendo una edad y sexo determinado, mirando sólo los datos correspondientes al número de afectados, sin tener en cuenta la proporción de ese grupo en la población?
- ¿Cómo afectan las condiciones de aislamiento de cara a preparar los recursos ante emergencias en una instalación como ésta?

### 3.4.9 Actividad 9. Presentación final de los resultados

Tabla 16: Características principales de la Actividad 9

Características de la Actividad 9		
<b>Tipo de actividad</b>	Presentación de los resultados y conclusiones	
<b>Agrupación</b>	Presentación de los grupos de cuatro personas al grupo de clase	
<b>Recursos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ordenador portátil para el docente, proyector en el aula, ordenador portátil para los alumnos</li> </ul>	
<b>Tiempo estimado</b>	hora	
<b>Elementos del currículo</b>	<i>Generales para Bachillerato</i>	<i>Específicos de matemáticas</i>
Competencias	CC, CGyTI, CD, CI, CPI, CCIM	CM1, CM2, CM3, CM4, CM5
Objetivos	a, b, c, d, e, g, h, i, j, k	OM1, OM2, OM3, OM4, OM5, OM8, OM9, OM10
Objetivos didácticos específicos para la UD	OD1, OD2, OD3, OD4, OD5, OD6, OD7, OD8, OD9, OD10	
Contenidos	Cont8, Cont9, Cont10, Cont11	
Criterios de evaluación	CritEval11, CritEval12, CritEval13	

Fuente: Elaboración propia

#### Descripción de la actividad:

En esta última parte los estudiantes entregarán el dossier con los resultados y conclusiones del proyecto y realizarán una presentación resumida del contenido a sus compañeros y compañeras. Son los mismos estudiantes los que deberán decidir el formato preferido para realizar esta presentación. No es necesario que las exposiciones de los grupos se realicen en el mismo día, sino al contrario, se recomienda utilizar algunos intervalos de diez minutos al final de varias clases para realizar las exposiciones.

## 3.5 Temporalización

Para definir la temporalización de las actividades se ha considerado la dedicación de 4 horas semanales para la asignatura según aparece en el *Decret 142/2008*. Se ha preferido hablar de horas más que de sesiones ya que se recomienda agrupar más de una sesión de una hora de manera ocasional para facilitar el desarrollo del proyecto. Este cambio en los horarios deberá ser consultado y acordado con los profesores y profesoras de otras asignaturas. En algunas actividades, como la toma de contacto con

la asignatura o la presentación de los datos, sí que se ha especificado que la sesión será de una hora. En otras, como la presentación de los resultados, aun estimando la duración de la actividad en una hora, se han considerado varias sesiones, ya que eventualmente las presentaciones pueden ser realizadas al final de las clases de otras unidades didácticas. En la tabla 17 se muestran las duraciones estimadas de cada sesión, siendo la duración total de la propuesta de intervención de 18 horas.

Tabla 17: Temporalización de las actividades

Número Actividad	Título	Duración
1	Toma de contacto con la investigación antártica	1 hora (1 sesión)
2	Presentación de los datos disponibles	1 hora (1 sesión)
3	Datos Meteorológicos I: principales características – evaluación y práctica de los conocimientos previos	2 horas (varias sesiones)
4	Datos Meteorológicos II: rosa de viento y temperatura mensual – Tablas de contingencia, probabilidad condicionada y marginal, aplicación de la distribución normal y producción de un aerogenerador en la BAE Juan Carlos I	4 horas (varias sesiones)
5	Población de pingüinos: estudio cualitativo de los resultados y presentación de la regresión lineal	1 hora (1 sesión)
6	Datos Meteorológicos III: Correlación con estación meteorológica de largo plazo	2 horas (varias sesiones)
7	Estudio del glaciar Hurd	3 horas (varias sesiones)
8	Preparación de la campaña: Riesgo de enfermedad de los participantes. Teorema de Bayes	2 horas (varias sesiones)
9	Presentación final de los resultados	1 hora (varias sesiones)
Prueba final	Prueba final	1 hora (1 sesión)
Total		<b>18 horas</b>

Fuente: Elaboración propia

### 3.6 Atención a la diversidad

Con el objetivo de adaptar esta actividad a la diversidad del aula, se tendrán en cuenta los siguientes puntos:

- Fomentar el aprendizaje colaborativo y el aprendizaje entre iguales
- Adaptar los datos de entrada en el caso de existir una dificultad alta en este punto. Por ejemplo, proporcionar algunos cálculos previos, como la sectorización de la dirección de viento o entregar las tablas de contingencia
- Adaptar los requisitos mínimos sobre los resultados a obtener
- Adaptar las evaluaciones en todas las fases del proyecto a las necesidades de los alumnos
- Posibilitar la creatividad y la realización de análisis adicionales para el alumnado de altas capacidades, como el ajuste a otro tipo de funciones de distribución, la linealización de funciones o la programación de funciones estadísticas en otros lenguajes informáticos.

### 3.7 Recursos

Este proyecto no requiere recursos materiales fuera de lo que comúnmente podemos encontrar en un instituto de educación secundaria. Por parte de los alumnos es recomendable que dispongan de ordenador personal propio, ya que el uso de éste es intensivo durante la realización del proyecto y el hecho de tener que recurrir a un aula de informática dificultaría el proceso. Además, este tipo de aulas de informática no acostumbran a posibilitar el trabajo en grupos pequeños de tipo colaborativo.

En el espacio donde se realice el proyecto es necesario disponer de un proyector al que conectar el ordenador personal del docente, cobertura WIFI y acceso a internet, y unos altavoces y un micrófono para realizar las conexiones necesarias con el personal de la BAE Juan Carlos I. Además, será recomendable disponer de una pizarra móvil para facilitar al docente el soporte a los grupos de trabajo.

Finalmente, se puede valorar el espacio de trabajo más allá del material del que se disponga. El trabajo grupal en clase requiere de unas condiciones específicas que faciliten la concentración y comunicación entre los estudiantes de un mismo grupo. Un correcto sistema de atenuación acústica (paneles absorbentes, evitar paredes “desnudas”) facilitará un buen clima en el aula. Una distribución estable de mesas

agrupadas en islas evitará el tener que cambiar una distribución clásica de mesas en línea al inicio de cada sesión. De esta manera, en caso de que el aula del grupo que esté desarrollando el proyecto no tenga estas características, se recomendará el uso de espacios comunes que sí las tengan, como puede ser la biblioteca del centro.

### 3.8 Evaluación del alumnado

La evaluación del alumnado estará basada principalmente en el desarrollo del proyecto en clase y en la calificación del producto final. Además, se realizará una prueba final basada en el trabajo realizado en clase. Los objetivos de la evaluación serán:

1. Observar y valorar las evidencias del aprendizaje y de la adquisición de las competencias necesarias
2. Ofrecer un *feedback* adecuado al estudiante sobre su aprendizaje e indicar los pasos de mejora a seguir
3. Fomentar y certificar la implicación del estudiante en el grupo de trabajo

Los instrumentos de evaluación que se seguirán serán:

- **Evaluación del dossier del proyecto (40% de la nota)**  
Se evaluará un dossier por grupo mediante rúbrica. Para asegurar un seguimiento correcto del proyecto y que la evaluación esté orientada al aprendizaje se realizarán dos entregas parciales y una final.
- **Evaluación de la presentación de los resultados (20% de la nota)**  
La evaluación de la presentación de los resultados finales, aunque dicha presentación se realice de manera grupal, será individualizada. Esto significa que no todos los estudiantes del mismo grupo tendrán la misma calificación. De esta manera se busca la implicación de todo el grupo en la realización del proyecto
- **Heteroevaluación y autoevaluación del trabajo (10% de la nota)**  
Esta se realizará mediante una o más entrevistas cortas con los estudiantes, con el objetivo de poder ofrecer un *feedback* individualizado del trabajo en clase

- **Coevaluación (10% de la nota)**

Mediante la coevaluación los y las estudiantes pueden ofrecer una visión crítica del trabajo de sus compañeros y compañeras en los trabajos colaborativos. De esta manera se mejora la participación de todo el grupo

- **Prueba final (20% de la nota)**

La prueba final estará basada en el proyecto desarrollado en clase. Esta prueba servirá más como control de la participación de cada estudiante en el proyecto que como una evaluación de los conocimientos y competencias adquiridas, ya que esto habrá sido evaluado mediante el dossier, la presentación y la observación en el aula. La prueba final tendrá elementos de análisis cuantitativo y cualitativo.

Las rúbricas referidas en este capítulo se presentan en el [anexo II](#)

Tabla 18: Instrumentos de evaluación del alumnado

Instrumento de evaluación	Porcentaje de la nota
Dossier del proyecto	40%
Presentación del proyecto	20%
Hetero y autoevaluación	10%
Coevaluación	10%
Prueba final	20%

Fuente: Elaboración propia

### 3.9 Evaluación de la propuesta

Para evaluar la propuesta se considerará necesario analizar tres puntos de vista diferenciados. En primer lugar, se deberá considerar la evaluación por parte del docente que vaya a llevar a cabo la propuesta de intervención en sí. En segundo lugar, se deberá evaluar la experiencia vivida por los y las estudiantes durante la elaboración de dicho proyecto. Finalmente, será necesario evaluar la propuesta de intervención mediante el análisis de las características propias del proyecto. Como concreción de esta evaluación se realizará una matriz DAFO (debilidades, amenazas, fortalezas, oportunidades).



### **Evaluación por parte del docente:**

Esta evaluación se hará mediante entrevista personal con el docente que lleve esta propuesta de intervención al aula de manera previa y también con posterioridad a su aplicación. La evaluación previa servirá para conocer algunas posibles limitaciones que no se hayan tenido en cuenta, y ciertos problemas en cuestión de temporalización o de ajuste al currículo que sean considerados por dicho docente. La evaluación a posteriori nos informará de las dificultades que haya encontrado durante el proceso de intervención y de los resultados obtenidos. Además, será una herramienta útil de cara a modificar los aspectos que sean necesarios de cara a los siguientes cursos.

### **Evaluación por parte del alumnado:**

Esta se centrará en dos aspectos clave. Por un lado, el nivel de motivación e implicación durante la realización del proyecto. Por otro lado, cómo de eficiente ha sido el aprendizaje basado en proyectos para su propio proceso de formación. Ambos aspectos se incluirán en una encuesta de satisfacción que se entregará al alumnado al final del proyecto.

### **Evaluación de las características del proyecto:**

Se deben considerar las propias características de la propuesta de intervención de cara a su evaluación. Por ejemplo, se debe tener en cuenta la mayor o menor dificultad por parte del docente para acceder a la información disponible de las campañas antárticas, el tiempo necesario para preparar los distintos datos para el uso posterior del alumnado, la disponibilidad del personal de la BAE Juan Carlos I para las distintas comunicaciones. Experiencias previas de colaboraciones similares prevén una excelente respuesta tanto por parte del personal científico de la campaña como del alumnado.

### **Matriz DAFO (debilidades, amenazas, fortalezas, oportunidades)**

En la siguiente matriz DAFO se concretan los principales aspectos explicados anteriormente para la evaluación de la propuesta.

Tabla 19: Matriz DAFO de evaluación de la propuesta

<b>Debilidades</b>	<b>Fortalezas</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Falta de experiencia en llevar esta propuesta al aula</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Motivación por parte del alumnado</li><li>- Desarrollo de metodologías activas en clase</li><li>- Flexibilidad en el uso de datos y en el desarrollo en clase</li></ul>
<b>Amenazas</b>	<b>Oportunidades</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Posible falta de motivación por parte del docente sobre esta temática</li><li>- Dificultad de acceso a datos y al personal del BAE Juan Carlos I</li><li>- Falta de tiempo para el bloque de probabilidad y estadística</li><li>- Necesidad de tiempo del docente si se quieren conseguir datos diferentes o alternativos</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Fácil adaptación a otras disciplinas</li><li>- Gran variedad de ámbitos de investigación en una misma campaña antártica</li><li>- Alta transversalidad en el uso de los datos provenientes de una campaña antártica para el ámbito docente</li></ul>

Fuente: Elaboración propia

## 4 Conclusiones

Se ha realizado una propuesta de intervención para la asignatura de Matemáticas I del primer curso de bachillerato, basada en la investigación científica que se desarrolla durante una campaña en una base antártica española. La motivación principal de la misma es acercar la investigación científica a la sociedad, usándola como instrumento de aprendizaje de los alumnos y alumnas de educación secundaria, y que ésta sirva de herramienta para una valoración crítica y fundamentada que permita una correcta toma de decisiones como ciudadanos y ciudadanas.

Para diseñar la propuesta se ha analizado el papel de la ciencia en la educación, tanto en el pasado como su evolución hasta nuestros días, en lo que se conoce como alfabetización científica. Así, se ha reflexionado, a través del estudio de otros autores, sobre de qué manera se enseña ciencia en las escuelas. Se ha visto la importancia, en educación, de tratar cuestiones científicas y tecnológicas de interés social que permitan una adecuada toma de decisiones como ciudadanos en una sociedad democrática. De esta manera, se ha optado por una perspectiva CTS, en el que el estudio de ciencia y la tecnología se vincula a su papel social, ya que este enfoque incide positivamente en la motivación del alumnado.

A lo largo del trabajo se ha analizado cómo se refleja en la legislación educativa la alfabetización científica, a partir de un enfoque competencial de la enseñanza, y el fomento de metodologías activas de aprendizaje que orientan hacia la estimulación de la investigación en el aula y la capacitación del alumnado en la resolución de problemas. En este sentido se han estudiado las posibilidades del aprendizaje basado en proyectos como mejor modelo de para llevar a cabo esta alfabetización científica en el aula.

Se ha tenido en cuenta también el análisis de las dificultades existentes en la implementación de un enfoque CTS en la educación. La inercia de un sistema educativo poco flexible a los cambios, unos currículos extensos y sin demasiado margen de variación, y un equipo de docentes en muchos casos reacios a implementar este tipo de metodología, pueden resultar una de las principales dificultades de cara a llevar a cabo este tipo de intervenciones.

En la introducción se planteaban una serie de objetivos que guiaban esta propuesta de intervención. El primero de ellos es el diseño de la propuesta de intervención en sí. Esta propuesta desarrolla los elementos del currículo definidos en la legislación

educativa catalana, y cuenta con una serie de actividades que hacen de guía al desarrollo del proyecto por parte de los y las estudiantes.

Siguiendo con los otros objetivos adicionales planteados, la propuesta de intervención sigue una metodología basada en el aprendizaje basado en proyectos, al haber sido considerada como óptima tanto para el aprendizaje de la unidad didáctica de probabilidad y estadística como para conseguir el enfoque CTS buscado. Además, mediante este modelo de aprendizaje se fomenta el trabajo cooperativo entre estudiantes, lo que permite alcanzar otro de los objetivos planteados inicialmente.

La propuesta de intervención ha buscado, en todo momento, el análisis riguroso de datos objetivos como base de la reflexión crítica y el debate entre el alumnado, orientado, en este caso, hacia cuestiones medioambientales y de convivencia, con el objetivo de desarrollar en los y las estudiantes su competencia como miembros de una ciudadanía responsable y democrática. También se ha buscado un acercamiento a la ciencia y a la comunidad científica, buscando un contacto directo con una población de científicos y técnicos que desarrollan sus funciones en condiciones difíciles, pero atractivas.

En relación al último objetivo planteado, se ha pedido al grupo de alumnos y alumnas que elaboren un producto final, con el objetivo de sintetizar el aprendizaje y compartirlo de manera formal. La creación y presentación de este producto final es un elemento básico del aprendizaje basado en proyectos y desarrolla las habilidades comunicativas del estudiante.

Como conclusión final, destacar una de las máximas del aprendizaje basado en proyectos, que es que el alumno sea protagonista de su aprendizaje, visto aquí desde un punto de vista formal, debiendo decidir la orientación particular que se le da al proyecto, respondiendo a las preguntas que ellos y ellas deben diseñar. Desde este punto de vista, el docente o la docente que desarrolle esta unidad didáctica debe de estar abierto a las propuestas de cambio planteadas por el alumnado, modificando y adaptando las actividades, los formatos del producto final y la evaluación, en función tanto de las nuevas orientaciones planteadas como de las necesidades surgidas en la clase.

## 5 Limitaciones y prospectiva

En la realización de este trabajo se han presentado ciertas dificultades que han supuesto una limitación al alcance de la propuesta de intervención. En primer lugar, desde el punto de vista del análisis del marco teórico, se han encontrado limitaciones en la búsqueda de información académica respecto a alfabetización científica y enfoques CTS. En algunos casos los artículos consultados no han sido suficientemente recientes, aunque sí vigentes. En otros casos se ha echado en falta la evaluación técnica de experiencias similares que permitieran un mejor diseño de la propuesta de intervención. Estas limitaciones han venido dadas, principalmente, por la falta de experiencia del autor en el campo estudiado, además de la ausencia de un entorno académico de investigación adecuado que permita el intercambio de ideas y experiencias. Ambas dificultades podrían haber sido compensadas, en parte, con el disponer de un periodo de tiempo más extenso para la realización. Sin duda, próximas revisiones de esta propuesta de intervención contarán con la ventaja de una mayor experiencia docente por parte del autor, así como del apoyo de una red profesional que permita una mayor documentación.

Respecto a la preparación de la propuesta de intervención en sí, la principal dificultad ha sido compaginar las agendas del autor y de aquellos investigadores científicos antárticos contactados. Aunque el apoyo por su parte ha sido absoluto e incondicional, la coincidencia de la elaboración de este trabajo con el final de la campaña antártica, con las dificultades y responsabilidades que ello comporta para los investigadores, ha demorado en algunos casos el tiempo para recibir la información solicitada. Finalmente, la preparación de los datos para proporcionarles un formato de fácil lectura e interpretación al alumnado ha supuesto una extensa, aunque interesantísima, labor al autor. Se espera que este trabajo pueda ser aprovechado por los y las docentes que quieren llevar esta unidad didáctica al aula, aunque se debe destacar que las variaciones necesarias de los datos de entrada, en función de las preferencias de los y las estudiantes, deberán ser igualmente adaptadas por el equipo docente.

A nivel prospectivo se consideran las siguientes líneas de actuación de cara a mejorar esta propuesta de intervención:

- Considerar la evaluación de la intervención propuesta, una vez llevada al aula, de cara a la mejora de su diseño

- Profundizar en la investigación de experiencias que lleven a cabo alfabetización científica a aulas de educación secundaria, centrándose en la evaluación de éstas. De este modo, considerar aquellos aspectos positivos para incluirlos en futuras modificaciones, y los aspectos negativos detectados como parte fundamental del proceso de reflexión en las revisiones planteadas
- Buscar mecanismos que establezcan un vínculo estable entre los centros educativos con las bases antárticas, de cara a establecer continuidad en un proyecto de este tipo. Abrir esta colaboración a otras nacionalidades e incrementar de esta forma el desarrollo de las competencias relativas al dominio de lenguas extranjeras
- Establecer una red de trabajo que sume docentes e investigadores de cara a elaborar propuestas similares en educación, de cara a acercar la investigación a la sociedad, además de elevar la motivación del alumnado hacia este tipo de carrera profesional

## 6 Agradecimientos

Agradecimientos a todo el personal científico y técnico que ha colaborado en la elaboración de este trabajo. En especial a Miguel Ángel Ojeda, miembro técnico de la Unidad Tecnología Marina y responsable de logística antártica española, por el apoyo técnico y los contactos proporcionados. A Francisco Navarro, de la Universidad Complutense de Madrid, por el apoyo y por proporcionar los datos glaciológicos necesarios. A Jesús Riesco, de la Agencia Estatal de Meteorología, por el apoyo y por proporcionar los datos meteorológicos. Y a Andrés Barbosa, del Museo Nacional de Ciencias Naturales, por todo el apoyo y por proporcionar la información correspondiente a la investigación con pingüinos en la isla Decepción.

Y agradecimientos especiales a toda mi familia por el inestimable apoyo durante todo este tiempo.

## 7 Bibliografía

- Acevedo Díaz, J. A. (1993). ¿Qué piensan los estudiantes sobre la ciencia? un enfoque CTS. *Enseñanza De Las Ciencias: Revista De Investigación y Experiencias Didácticas*, 11(1), 11-12.
- Acevedo Díaz, J. A., Vázquez Alonso, Á., & Manassero Mas, M. A. (2003). Papel de la educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. *REEC: Revista Electrónica De Enseñanza De Las Ciencias*, 2(2), 80-111.
- Agencia Estatal de Meteorología. (2018). Campañas antárticas de AEMET. Retrieved from <https://antartida.aemet.es/index.php>
- Alkenhead, G. S. (2003). STS education: A rose by any other name. In Roger Cross (Ed.), *A vision for science education: Responding to the work of peter J. fenshan* (pp. 1-19). London - New York: Routledge Press. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/237702453\\_STS\\_Education\\_A\\_Rose\\_by\\_Any\\_Other\\_Name/download](https://www.researchgate.net/publication/237702453_STS_Education_A_Rose_by_Any_Other_Name/download)
- Banet Hernández, E. (2010). Finalidades de la educación científica en educación secundaria: Aportaciones de la investigación educativa y opinión de los profesores. *Enseñanza De Las Ciencias: Revista De Investigación y Experiencias Didácticas*, 28(2), 199-213.
- Barbosa, A., Benzal, J., De León, A., & Moreno, J. (2012). Population decline of chinstrap penguins (*pygoscelis antarctica*) on deception island, south shetlands, antarctica. *Polar Biol.*, 35, 1453-1457. doi:10.1007/s00300-012-1196-1
- Blanco, J. R. (1993/94). Las relaciones entre ciencia y sociedad: Hacia una sociología histórica del conocimiento científico. *Política y Sociedad*, 14/15, 35-45.
- Blumenfeld, P. C., Soloway, E., Marx, R. W., Krajcik, J. S., Guzdial, M., & Palincsar, A. (1991). Motivating project-based learning: Sustaining the doing, supporting the learning. *Educational Psychologist*, 26(3 & 4), 369-398. doi:10.1080/00461520.1991.9653139



- Cajas, F. (2001). Alfabetización científica y tecnológica: La transposición didáctica del conocimiento tecnológico. *Enseñanza De Las Ciencias: Revista De Investigación y Experiencias Didácticas*, 19(2), 243-254.
- Decret 142/2008, de 15 de juliol, pel qual s'estableix l'ordenació dels ensenyaments del batxillerat, DecretoU.S.C. (2008). Retrieved from [http://xtec.gencat.cat/web/.content/alfresco/d/d/workspace/SpacesStore/0059/83149087-e159-41c6-a9b3-a9693cdd8f19/decret\\_batxillerat.pdf](http://xtec.gencat.cat/web/.content/alfresco/d/d/workspace/SpacesStore/0059/83149087-e159-41c6-a9b3-a9693cdd8f19/decret_batxillerat.pdf)
- Derry, S., Levin, J., & Schauble, L. (1995). Simulating statistical thinking through situated simulations. *Teaching of Psychology*, 22(1), 51-57.  
doi:10.1207/s15328023top2201\_16
- Dewey, J. (1916). In Paul Monroe (Ed.), *Democracy and education*. New York: The Macmillan Company. Retrieved from [http://scholar.google.es/scholar\\_url?url=https://dspace.gipe.ac.in/xmlui/bitstream/handle/10973/19167/GIPE-004678.pdf%3Fsequence%3D3%26isAllowed%3Dy&hl=es&sa=X&scisig=AAGBfm2YbCn-j7x\\_R3vaR9\\_4TxP7-ygRsg&nossl=1&oi=scholar](http://scholar.google.es/scholar_url?url=https://dspace.gipe.ac.in/xmlui/bitstream/handle/10973/19167/GIPE-004678.pdf%3Fsequence%3D3%26isAllowed%3Dy&hl=es&sa=X&scisig=AAGBfm2YbCn-j7x_R3vaR9_4TxP7-ygRsg&nossl=1&oi=scholar)
- Díaz Barriga, F. (2003). Cognición situada y estrategias para el aprendizaje. *REDIE: Revista Electrónica De Investigación Educativa*, 5(2)
- Echevarría, J. (2005). La ciencia vista por la sociedad, la experiencia europea. *Ciencias (México, d.f.)*, 78, 38-44.
- Furió, C., Vilches, A., Guisasola, J., & Romo, V. (2002). Spanish teachers' views of the goals of science education in secondary education. *Research in Science and Technological Education*, 20(1), 39-52. doi:10.1080/02635140220130911
- Furió, C., Vilches, A., Guisasola, J., & Romo, V. (2001). Finalidades de la enseñanza de las ciencias en la secundaria obligatoria: ¿alfabetización científica o preparación propedéutica? *Enseñanza De Las Ciencias: Revista De Investigación y Experiencias Didácticas*, 19(3), 365-376.

- Gil-Pérez, D., & Vilches, A. (2005). Contribution of science and technological education to citizens' culture. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 5(2), 253-263.
- HEITMANN, G. (1996). Project-oriented study and project-organized curricula: A brief review of intentions and solutions. *European Journal of Engineering Education*, 21(2), 121-131. doi:10.1080/03043799608923395
- Helle, L., Tynjälä, P., & Olkinuora, E. (2006). Project-based learning in post-secondary education: Theory, practice and rubber sling shots. *Higher Education*, 51(2), 287-314. doi:10.1007/s10734-004-6386-5
- Instituto Nacional de Estadística. (2019). INEbase/Lista completa de operaciones. Retrieved from <https://www.ine.es/dynqs/INEbase/listaoperaciones.htm>
- Mainegra Fernández, D., Miranda Izquierdo, C. J., & Mainegra Fernández, O. L. (2014). La calidad de la educación desde la nueva percepción de la relación cienciatecnología-sociedad: Reflexiones. *Mendive*, 12(1), 62-69.
- Maria F. G. Wallace, & Webb, A. W. (2016). In the midst of a shift: Undergraduate STEM education and "PBL" enactment. *Journal of College Science Teaching*, 46(2), 47-55. doi:10.2505/4/jcst16\_046\_02\_47
- Membiela Iglesia, P. (2002). Una revisión del movimiento CTS en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva ciencia-tecnología-sociedad: Formación científica para la ciudadanía* (1st ed., pp. 91-103) Narcea.
- Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades - Gobierno de España. (2018). *Dossier de prensa: Campaña antártica española 2018/2019*. (). Retrieved from [http://www.ciencia.gob.es/stfls/MICINN/Ministerio/FICHEROS/181116\\_Dossier\\_Proyectos.pdf](http://www.ciencia.gob.es/stfls/MICINN/Ministerio/FICHEROS/181116_Dossier_Proyectos.pdf)
- Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades - Gobierno de España. (2019). Portal del ministerio de ciencia, innovación y universidades - gobierno de españa. Retrieved from <http://www.ciencia.gob.es/portal/site/MICINN/>

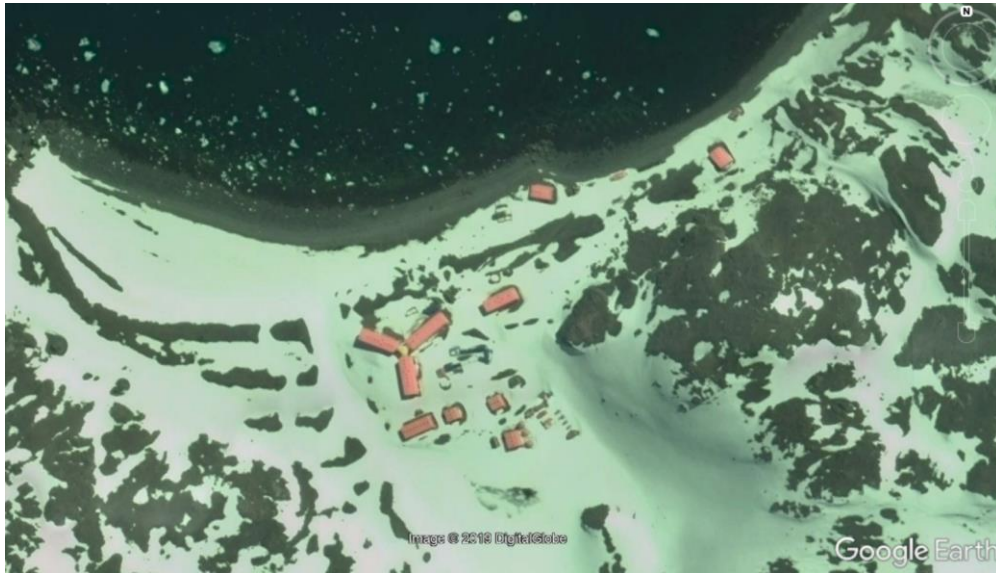
- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte - Gobierno de España (2016). *PISA 2015. programa para la evaluación internacional de los alumnos. informe español*. (). Madrid: Instituto Nacional de Evaluación Educativa. Retrieved from <http://www.educacionyfp.gob.es/inee/dam/jcr:e4224d22-f7ac-41ff-a0cf-876ee5d9114f/pisa2015preliminarok.pdf>
- Morgan, A. (1983). Theoretical aspects of project-based learning in higher education. *British Journal of Educational Technology*, 1, 66-78.
- National Centers for Environmental Information. (2019). Data access. Retrieved from <https://www.ncdc.noaa.gov/isd/data-access>
- Osorio, C. (2000). Una experiencia de formación en ciencia, tecnología y sociedad para maestros de educación básica y media. *Boletín Del Programa Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación*,
- Real decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la educación secundaria obligatoria y del bachillerato, Real Decreto U.S.C. I (2014). Retrieved from <https://www.boe.es/boe/dias/2015/01/03/pdfs/BOE-A-2015-37.pdf>
- Rodríguez Cielos, R., & Navarro Valero, F. (2017). *Digital elevation models for johnsons and hurd glaciers (1957-2013), livingston island, antarctica, links to files in multiple formats*. PANGAEA: Universidad Autónoma de Madrid.  
doi:10.1594/PANGAEA.873067
- Solomon, J. (1988). The dilemma of science, TEchnology and soociety education. In P. Fensham (Ed.), *Development and dilemmas in science education* (pp. 266-281). London: The Falmer Press.
- Unidad de Tecnología Marina. (2018). Unidad de tecnología marina. Retrieved from <http://www.utm.csic.es/index.php/es>

- Vázquez Alonso, Á., Acevedo Díaz, J. A., & Manassero Mas, M. A. (2005). Más allá de la enseñanza de las ciencias para científicos: Hacia una educación científica humanística. *REEC: Revista Electrónica De Enseñanza De Las Ciencias*, 4(2)
- Vázquez Alonso, Á., & Manassero Mas, M. A. (2007). En defensa de las actitudes y emociones en la educación científica (I): Evidencias y argumentos generales. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación De Las Ciencias*, 4(2), 247-271.
- Vázquez Alonso, Á., & Manassero Mas, M. A. (2007). En defensa de las actitudes y emociones en la educación científica (II): Evidencias empíricas derivadas de la investigación. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación De Las Ciencias*, 4(3), 417-441.
- Ziman, J. (1985). *Enseñanza y aprendizaje sobre la ciencia y la sociedad* (J. A. Pérez Carballo Trans.). México: Fondo de Cultura Económica.

## Anexos

### I. Características de la BAE Juan Carlos I

La información se ha obtenido de la página web de la Unidad de Tecnología Marina (2018). Contacto: [info@utm.csic.es](mailto:info@utm.csic.es)



*Figura 6: Imagen satélite de la BAE Juan Carlos I. Fuente: Google Earth*

#### **Localización:**

Península de Hurd, Isla Livingston, Islas Shetland del Sur.

#### **Historia e instalaciones:**

Los primeros módulos se construyeron en 1988, tras una primera expedición en 1986 para buscar una localización adecuada. La base ha sido renovada en los últimos años, finalizando las obras en la campaña 2016/2017. La base está formada por un conjunto de edificios con dos módulos principales, de vida y servicios, con una capacidad para cincuenta personas, y un módulo científico dotado con laboratorios. Existen seis módulos adicionales dedicados a servicios de taller, de generación de energía, etc.

#### **Clima:**

La base se encuentra cercana al extremo norte de la península antártica, ubicándose en la zona climática marítima antártica. La temperatura media anual es de  $-1.2^{\circ}\text{C}$  y su situación dentro del cinturón de borrascas antártico provoca la presencia de fuertes tormentas, con vientos hasta de 180 km/h.

## II. Rúbricas de evaluación del proyecto

### Rúbrica de evaluación del dossier del proyecto:

Tabla 20: Rúbrica de evaluación del dossier del proyecto

Categoría	Indicadores	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1	Nivel obtenido	Puntuación
Documentación	Formato y estilo de redacción	El formato es visualmente clarificador se muestran claramente los diferentes apartados. El lenguaje es claro, preciso y facilita la lectura. Se evitan expresiones coloquiales.	El formato es visualmente clarificador, aunque se ven puntos de mejora. El lenguaje es claro, preciso y facilita la lectura, aunque se detectan errores. Se evitan expresiones coloquiales	El formato no es lo suficientemente claro para facilitar la lectura, y no se aprecia la estructura del documento. Existen faltas de ortografía y gramaticales que no impiden la lectura correcta. Incluyen algunas expresiones coloquiales	Formato caótico, con numerosos errores de ortografía y gramaticales que dificultan la lectura. Contiene un gran número de coloquialismos	4	0.5
	Estructura	Documento bien estructurado. Dispone de portada e índice. Divide adecuadamente en capítulos cada uno de los bloques estudiados. Incluye conclusiones	Dispone de portada e índice. Divide en capítulos cada uno de los bloques, pero existe posibilidad de mejora. Incluye conclusiones	Falta algún elemento, como la portada, el índice o las conclusiones. Existe una división en capítulos errónea	Faltan varios elementos, como la portada, el índice o las conclusiones. No existe división de capítulos	4	0.5
Datos meteorológicos	Principales características meteorológicas en la BAE Juan Carlos I	Presenta los promedios, máximos, mínimos y desviaciones estándar para todas las variables meteorológicas, y representa distribuciones de varios parámetros sin errores	Presenta varias variables estadísticas, como promedio, máximo, mínimo y desviación estándar, de la mayoría de variables meteorológicas, pero faltan algunas o tienen algún error. Representa la distribución de varias variables, pero contienen algún error	Presenta solo algunas variables estadísticas de algunas variables meteorológicas o de varias, pero con errores. Presenta una sola distribución de alguna variable	Presenta pocas variables estadísticas, o tienen muchos errores. No presenta ninguna distribución correcta	4	0.3
	Rosa de viento y temperatura mensual	Realiza y presenta adecuadamente las tablas de contingencia solicitadas en la actividad mediante el uso de tablas dinámicas. Muestra resultados estadísticos basados en estas tablas y los representa gráficamente. Entiende el significado de distribución condicional y de distribución marginal	Realiza y presenta adecuadamente las tablas de contingencia solicitadas en la actividad mediante el uso de tablas dinámicas, aunque la información derivada de las mismas es pobre. Entiende el significado de distribución condicional y de distribución marginal	Realiza y presenta adecuadamente al menos una de las tablas de contingencia solicitadas en la actividad mediante el uso de tablas dinámicas o no obtienen ninguna información adicional de éstas. Entiende con dificultad el significado de distribución condicional y de distribución marginal	No consigue obtener las tablas dinámicas solicitadas ni entiende el significado de distribución condicional o distribución marginal	4	0.4

	Distribución normal	Es capaz de calcular la distribución normal de temperaturas para cada mes a partir de la velocidad media y la desviación estándar. Hace una adecuada comparación entre esta distribución estimada y la medida. Es capaz de extraer conclusiones de la comparación entre ambas. Usa las distribuciones para calcular correctamente la producción de un aerogenerador.	Es capaz de calcular la distribución normal de temperaturas para cada mes a partir de la velocidad media y la desviación estándar, la compara con las distribuciones medidas, pero no extrae conclusiones. Usa las distribuciones para calcular correctamente la producción de un aerogenerador.	Es capaz de calcular la distribución normal de temperaturas para cada mes a partir de la velocidad media y la desviación estándar, pero no la compara con la distribución original. Usa las distribuciones para calcular correctamente la producción de un aerogenerador.	No calcula la distribución normal requerida ni es capaz de usar dichas distribuciones para el cálculo de la producción de un aerogenerador	4	0.5
	Extrapolación a largo plazo	Entiende el significado de recta de regresión y demuestra la utilidad de su uso. Es capaz de obtener la recta de regresión de una serie temporal de datos. Es capaz de obtener la recta de regresión lineal comparando los datos entre dos estaciones meteorológicas. Es capaz de utilizar esta recta de regresión para hacer predicciones	Entiende el significado de recta de regresión y demuestra la utilidad de su uso. Es capaz de obtener la recta de regresión de una serie temporal de datos o de dos estaciones meteorológicas, pero con errores. Tiene dificultades en realizar predicciones usando los parámetros obtenidos.	Entiende con dificultad el significado de recta de regresión. Es capaz de obtener la recta de regresión de una serie temporal de datos o de dos estaciones meteorológicas, pero con errores. No realiza predicciones usando los parámetros obtenidos.	No entiende el concepto de recta de regresión ni es capaz de aplicarlo.	4	0.3
Estudio del glaciar Hurd	Estudio de la evolución del espesor del glaciar Hurd en un perfil longitudinal	Calcula adecuadamente la pendiente en cada punto y representa gráficamente los resultados, extrayendo conclusiones adecuadas.	Calcula la pendiente en cada punto con algún error y extrae alguna conclusión.	Calcula la pendiente en cada punto con algún error, pero no extrae conclusiones	No calcula la pendiente en ningún punto	4	0.3
	Estudio de la evolución del espesor del glaciar Hurd en una malla	Calcula adecuadamente la pendiente en cada punto y extrae conclusiones adecuadas. Representa gráficamente las soluciones. Realiza un estudio estadístico de los resultados.	Calcula adecuadamente la pendiente en cada punto, aunque con algún error y extrae algunas conclusiones. Realiza un estudio estadístico limitado de los resultados.	Calcula adecuadamente la pendiente en cada punto, aunque con algún error, pero no extrae conclusiones o no realiza un análisis estadístico de los resultados	No calcula la pendiente en ningún punto	4	0.4
Preparación de	Estudio del riesgo de enfermedad entre los participantes de una campaña antártica	Realiza un cálculo adecuado de las probabilidades condicionales indicadas mediante el teorema de Bayes y extrae conclusiones adecuadas	Realiza un cálculo adecuado de las probabilidades condicionales indicadas mediante el teorema de Bayes, aunque con errores y extrae algunas conclusiones	Realiza un cálculo adecuado de las probabilidades condicionales indicadas mediante el teorema de Bayes, aunque con errores	No realiza ningún cálculo adecuado de las probabilidades condicionales.	4	0.3
Global	Conclusiones	Realiza un análisis crítico y adecuado en todos los apartados del proyecto. En las conclusiones aporta una reflexión final adecuada	Realiza análisis críticos puntuales a lo largo del proyecto y se incluye una reflexión final en las conclusiones	Realiza sólo una reflexión crítica al final del trabajo	No se muestra ninguna reflexión basada en los resultados	4	0.5
Total:						4	

Fuente: Elaboración propia



## Rúbrica de evaluación de la presentación del proyecto:

Tabla 21: Rúbrica de evaluación de la presentación del proyecto

Categoría	Indicadores	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1	Nivel obtenido	Puntuación
Presentación	Documento presentado	El documento es completo, preciso, contiene la información básica necesaria y es visualmente rico. El tamaño de la presentación es adecuado al tiempo disponible	El documento es preciso y contiene la información básica necesaria, aunque presenta puntos de mejora. El tamaño de la presentación es adecuado al tiempo disponible	El documento no está completo, le falta algo de información y es pobre visualmente. El tamaño de la presentación es excesivamente escueto o demasiado largo	El documento es incompleto, está mal estructurado y visualmente es pobre	4	0.6
	Exposición general	La exposición a nivel grupal es rica y se demuestra confianza y conocimiento del tema	La exposición a nivel grupal es correcta y se demuestra confianza y conocimiento del tema	La exposición a nivel grupal es justa. No se demuestra un gran dominio del tema	Exposición grupal pobre y se muestra un nivel muy bajo de dominio del tema	4	0.7
	Participación individual en la presentación	El alumno o alumna participa activamente en la presentación del proyecto	El alumno o alumna participa de manera correcta en la presentación del proyecto	El alumno o alumna participa de manera mínima en la presentación del proyecto	El alumno o alumna no participa en la presentación del proyecto	4	0.7
Total:							2

Fuente: Elaboración propia

## Rúbrica de coevaluación:

Tabla 22: Rúbrica de coevaluación

Categoría	Indicadores	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1	Nivel obtenido	Puntuación
Documentación	Trabajo en grupo	Participa de manera activa en el trabajo cooperativo para encontrar las soluciones a los problemas. Escucha activamente las propuestas de los compañeros y, a la vez, hace propuestas propias. Procura que todos los compañeros sean partícipes del aprendizaje	Participa en el trabajo cooperativo haciendo propuestas y escuchando las propuestas de los demás. Aun así, no se preocupa que todos los compañeros sean partícipes de encontrar la solución al problema	Está atento a las propuestas de los compañeros, aunque no es capaz o no tiene voluntad de hacer propuestas propias. NO muestra una preocupación especial porque todo el equipo sea partícipe del resultado global	No escucha las propuestas de los otros o trata de imponer las propuestas propias al resto del grupo. Ve prioritario el resultado de la actividad por encima del aprovechamiento que puedan hacer de ella el resto de los compañeros	4	0.5
	Actitud	Mantiene una actitud de participación en todo momento. Es respetuoso con tanto con los miembros de su equipo de trabajo como con el resto de la clase.	Es respetuoso con los compañeros de su grupo y del resto de la clase, e intenta participar en el proyecto	Es respetuoso con los compañeros y con el resto de la clase, pero mantiene una participación baja en la clase	No respeta a los compañeros del grupo o de la clase, y su actitud es de no participar en el proyecto.	4	0.5
Total:							1

Fuente: Elaboración propia



### III. Datos de entrada a los alumnos

Los datos de entrada para el alumnado correspondientes a las actividades relacionadas con la meteorología se pueden descargar en:

[https://www.dropbox.com/s/14homjqx5giz3ex/Datos%20de%20altitud%20de%20superficie%20del%20glaciar%20Hurd\\_Inputs%20Alumnos.xlsx?dl=0](https://www.dropbox.com/s/14homjqx5giz3ex/Datos%20de%20altitud%20de%20superficie%20del%20glaciar%20Hurd_Inputs%20Alumnos.xlsx?dl=0)

Los datos de entrada para el alumnado correspondientes a las actividades relacionadas con la altitud de la superficie del glaciar Hurd se pueden descargar en:

[https://www.dropbox.com/s/epc5jpwxcbghhik/Datos%20Meteorologicos\\_Inputs%20Alumnos.xlsx?dl=0](https://www.dropbox.com/s/epc5jpwxcbghhik/Datos%20Meteorologicos_Inputs%20Alumnos.xlsx?dl=0)

El Excel de ejemplo de usos de funciones para alumnos y docentes se puede descargar en:

[https://www.dropbox.com/s/8lmxm5oqxglwjev/Excel\\_ejemplos\\_funciones.xlsx?dl=0](https://www.dropbox.com/s/8lmxm5oqxglwjev/Excel_ejemplos_funciones.xlsx?dl=0)

#### IV. Información proporcionada sobre población de pingüinos

## Population decline of chinstrap penguins (*Pygoscelis antarctica*) on Deception Island, South Shetlands, Antarctica

A. Barbosa · J. Benzal · A. De León · J. Moreno

Received: 11 January 2012 / Revised: 17 April 2012 / Accepted: 7 May 2012 / Published online: 22 May 2012  
 © Springer-Verlag 2012

**Abstract** Population changes of top predators can provide key indications of environmental quality. In the Antarctic ecosystem, population dynamics of top predators like penguins may yield important information about how the environment is changing. From 1991–1992 to 2008–2009 censuses of the chinstrap penguin (*Pygoscelis antarctica*), breeding population of Vapour Col in Deception Island (South Shetlands Islands) were carried out. Censuses were conducted on 19 sub-colonies, mainly in December around the time of peak hatching. Nest counts were taken from photographs that were recorded from a standard location. Some censuses were also made in mid-January in 1999, 2006, 2007 and 2008. Our results reveal that the population has declined by 36 % when comparing data from 1991 with those from 2008. The strongest decline occurred since 2000. No temporal trends were detected in reproductive success. Declines of Chinstrap penguin populations constitute a general pattern in the South Shetlands, and it has been suggested to be related to climate change through effects of reduction in sea-ice extent during winter and a consequent decline in the abundance of krill.

**Keywords** Antarctica · Breeding success · Climate change · Chinstrap penguin · Human impact · Krill reduction · *Pygoscelis antarctica* · Population decline · South Shetlands

### Introduction

Changes in the size of animal populations can indicate changes in environmental factors and facilitate predictions about environmental change (Croxall et al. 2002). Information about population trends for Antarctic predatory birds, including penguins, has increased in recent years (Woehler et al. 2001). However, even in the case of penguins, long-term data series are only available for a few sites, which preclude the establishment of global patterns to explain population changes. The chinstrap penguin (*Pygoscelis antarctica*) is one of the three pygoscelid species, together with gentoo (*P. papua*) and Adélie penguin (*P. adeliae*), that inhabit the Antarctic Peninsula, the region of the Antarctic continent where the effects of climate change are more evident (Steig et al. 2009). In general, penguin breeding populations of both chinstrap and Adélie penguins have declined in the last 30 years, while gentoo penguin populations are stable or increasing (Trivelpiece et al. 2011). Specifically a general reduction in the population of chinstrap penguins is found throughout the South Shetlands when considering the published information of breeding population sizes of this species (Table 1). The reduction in krill stocks as a consequence of climate change (Atkinson et al. 2004) has been suggested as the common cause of these trends. However, population reduction in penguins in Antarctica has also been attributed to other factors such as human activities like tourism (Trathan et al. 2008). Impact of research activity can also be considered as a factor affecting penguin populations

A. Barbosa (✉) · A. De León · J. Moreno  
 Departamento de Ecología Evolutiva, Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC C/José Gutiérrez Abascal, 2,  
 28006 Madrid, Spain  
 e-mail: barbosa@mncn.csic.es

J. Benzal  
 Departamento de Ecología Funcional y Evolutiva,  
 Estación Experimental de Zonas Áridas,  
 CSIC Carretera de Sacramento s/n,  
 04120 La Cañada de San Urbano,  
 Almería, Spain

**Table 1** Breeding population change in chinstrap penguin colonies in the South Shetlands

Location	Population change (%)	Years	Authors
Penguin Island	−66	1979–2003	Sander et al. (2007a)
Admiralty Bay, King George Island	−59	1979–2004	Sander et al. (2007b)
Admiralty Bay, King George Island	−35	1980–1988	Ciapura and Sierakowski (1999)
Stranger point, King George Island	−100	1965–2009	Barbosa (Com Pers)
Harmony point, Nelson Island	−25	1989–1995	Silva et al. (1998)
Cecilia Island, Aitcho Islands	−99	1966–2006	Lynch et al. (2008)
Hannah point, Livingston Island	−49	1987–2004	Lynch et al. (2008)
Lair point, Livingston Island	−87	1966–2009	Barbosa (Com Pers)
Entrance point, Deception Island	−55	1967–2006	Lynch et al. (2008)
Vapour Col, Deception Island	−36	1991–2008	Present study

through the likely disturbance due to continued visitation. However, this possible impact has been seldom analysed in studies dealing with penguin population trends.

In this paper, we study the changes in the size of a breeding population of chinstrap penguins, as well as their breeding success, in the Vapour Col colony of Deception Island (63°00'S 60°40'W) throughout the last 17 years. Deception Island is located in the South Shetlands archipelago and has a volcanic origin that gives it its current horseshoe shape with an inner volcanic caldera. It is currently an active volcano (Ibañez et al. 2003). There are eight breeding colonies of chinstrap penguins located along the outer coastline of the island. Due to its volcanic characteristics, Deception Island is presently one of the most visited places in Antarctica with 25,000 people landing in 2007–2008 (IAATO web site). Moreover, research activity has been carried out intensively during the last 25 years mainly by scientists working in Spanish and Argentinean summer research bases on the island. Our research team has conducted scientific research on chinstrap penguins at the Vapour Col colony since 1991 (e.g. Moreno et al. 1994; Moreno et al. 1999; Fargallo et al. 2006; Barbosa et al. 2007, 2011). This long-term activity offers the opportunity to examine breeding population trends of chinstrap penguins in the light of different hypotheses concerning impacts of factors such as climate change, tourism and research activity in order to explain population changes.

## Materials and methods

The study was conducted in the Vapour Col chinstrap penguin rookery (63°00'S 62°40'W) on Deception Island from 1991–1992 to 2008–2009. We selected 19 sub-colonies (see Barbosa et al. 1997 for definition of sub-colonies within colonies) of different sizes distributed throughout the colony to conduct the censuses, although only 12 colonies were considered in the analyses due to the lack of data in some years for some of them. The nests included in these sub-colonies amount to roughly 40 % of all nests in the colony, so counts are representative for the whole site. Nest counts were obtained in most years out from photographs taken with a 200 mm tele-lens from a nearby ridge overlooking the area of the colony. Photographs were taken on December 26, a date selected to coincide with the hatching peak in most years (Moreno et al. 1997). However, this was not possible in 1999 and 2006, when photographs were taken in mid-January, when most nests are in the guard phase (Barbosa et al. 1997). The number of active nests was determined on photographs by the presence of an adult in either an erect or laying-down position within the perimeter of active sub-colonies, nests being easily distinguished by the colour of guano surrounding the nests. Thus, individuals moving towards or between sub-colonies were not counted. Counts include failed nests that are still occupied by nest owners, which give a better estimate of the breeding population than when only including nests with eggs or chicks. To know the likely differences in the number of active nests between count periods in December and January, censuses by means of photographs were conducted at both dates in the breeding season of 2007–2008 and 2008–2009. This comparison shows a reduction of at least a 14 % in the number of active nests due to predation and/or nest abandonment.

Research has been carried out in this colony during the whole study period, which could be one of the causes of nest losses. In order to test the likely influence of research activity on penguin population size we compared the changes during the study period in two groups of sub-colonies of similar size: one consisting of 4 colonies where research activity has been carried out, and another group of 3 colonies where no or only sporadic research activity has been carried out. Research activity was quantified considering the presence or absence of researchers on the basis that research effort was similar throughout the study period. Breeding success was estimated as the number of chicks (0–2) that become independent per active nest at the beginning of the study in each season. These data were collected from different studies carried out throughout the study period (1991–1996, 1998 and 2008) on a variable number of nests (30–450 nests). Years with information of breeding success were random and depended on the type of



studies carried out and on logistic matters and it is not expected that this sampling affects the results. Nests were selected at the beginning of December and checked almost daily until hatching. After hatching, nests were visited when chicks attained the age of 20 and 44–46 days. Chicks were banded with numbered metal flipper bands before cr ching. No banded chicks older than 46 days were found dead, so chick survival until that age can be used as a measure of fledging success (Barbosa et al. 1997). Following the recommendation made by SCAR in 2008, the metal bands were removed at the age of 44–46 days in the last years of the study.

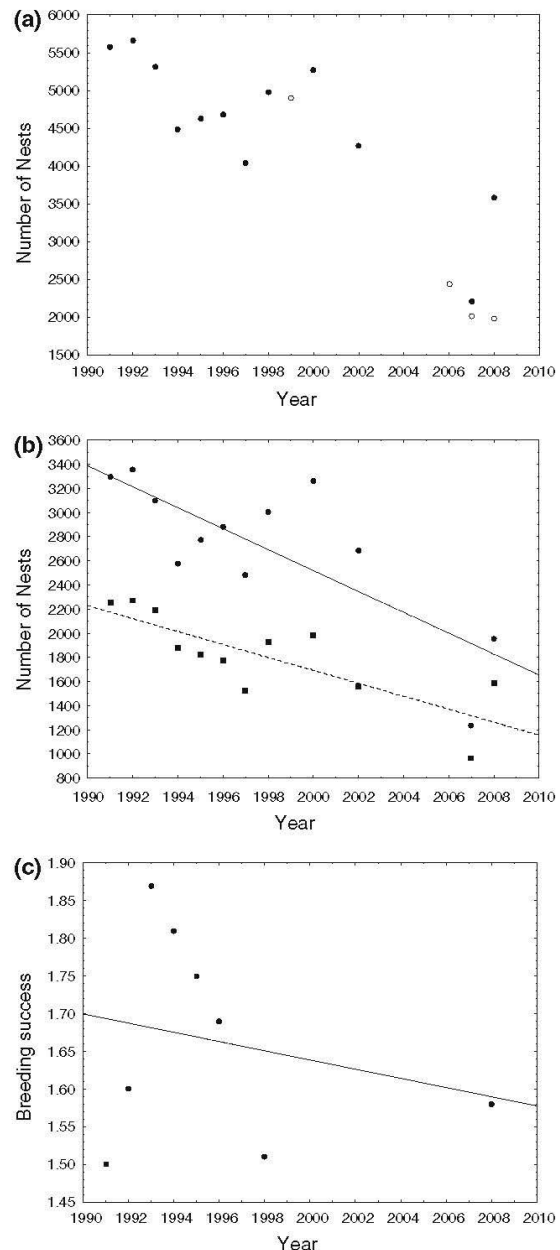
Statistical tests included backward stepwise multiple regression analysis (GRM) with number of nests in each colony as dependent variables, month when the census was carried out (December or January) as a factor and year as the independent variable. Student's *t* test was performed for slope differences.

## Results

Results of the GRM analysis showed that the number of nest counts in each colony was significantly related to the year ( $F_{1,12} = 370.78$ ,  $p = 0.002$ , Fig. 1a). Month did not show any significant effect on censuses ( $F_{1,12} = 0.22$ ,  $p = 0.94$ ). Comparing the number of nests between 1991 and 2008, we found a reduction of 36 % (Fig. 1a). Comparison of the negative trends between sub-colonies with research activity and control sub-colonies showed a non-significant difference in slopes ( $t = 0.98$ ,  $p = 0.82$ ,  $n = 12$ ; Fig. 1b). We did not find any trend in breeding success over time ( $r = 0.07$ ,  $p = 0.85$ ,  $n = 8$ ; Fig. 1c).

## Discussion

Our results show a clear decline of the chinstrap population of the Vapour Col colony on Deception Island that can be estimated as a 36 % loss of occupied nests when comparing the 1991 and 2008 counts. This decline is independent of whether the censuses were carried out in December or in January. Our results also show that research activity is not the cause of this decline, as both colonies where research has been carried out and control colonies showed the same pattern of decline. On the other hand, tourism is unlikely to be the responsible of population decline as the Vapour Col colony is only seldom visited by tourists and always in very low numbers (A. Barbosa personal communication). Moreover, the nearby colony of Baily Head, which is usually visited by 2,000–3,500 people every season (IAATO website), also shows a decline of about 50 % (Barbosa unpublished).



**Fig. 1** a Trend in the breeding population size of chinstrap penguins at the Vapour Col colony on Deception Island from 1991 to 2008. Black circles represent December counts, white circles represent January counts. b Trends in the breeding population size of colonies where research has been carried out and of control colonies. Black circles represent research colonies, black squares represent control colonies. c Breeding success (average of chicks produced per pair per year) of chinstrap penguins at the Vapour Col colony from 1991 to 2008

Although we cannot discard that some local factors such as the increase in predators or changes in local abundance of krill or fish are responsible for the recorded population decline, regional factors seems to be the most plausible cause. In fact, a general reduction in the population of chinstrap penguins is found throughout the South Shetlands (Table 1). Population declines in the area have also been reported for other penguin species in the area such as the Adélie penguin (*Pygoscelis adeliae*) (Hinke et al. 2007; Carlini et al. 2009). This supports the idea that a common driver is responsible for penguin population decreases in the Antarctic Peninsula area. Several authors have proposed that a reduction in the Antarctic krill (*Euphasia superba*) stocks close to the Antarctic Peninsula may explain the penguin population reductions in the region (Forcada et al. 2006; Hinke et al. 2007; Sander et al. 2007a, b; Carlini et al. 2009; Trivelpiece et al. 2011). Krill stocks could be adversely affected by winter sea-ice decrease due to climate change, and/or to an increase in the whale and pinniped populations in the area (Trivelpiece et al. 2011). High temperatures detected in the Antarctic Peninsula area (Steig et al. 2009) in the last 60 years (around a 6 °C increase) may be responsible for declines in krill stocks (Atkinson et al. 2004) through reduction in winter sea-ice extent (Smith and Stammerjohn 2001) and a decrease in phytoplankton abundance (Montes-Hugo et al. 2009).

Population declines through food scarcity may operate through non-breeding mortality operating mainly in winter or through impaired breeding success during the Antarctic summer. We have been unable to detect any decline in breeding success, which should imply that winter mortality has increased, thereby reducing recruitment to the breeding population. This result agrees with the time when the effects of sea-ice reduction on krill stocks operate (Smith and Stammerjohn 2001). A similar result has been found for the Adélie penguin on King George Island (Carlini et al. 2009), although this conclusion should be taken with caution until more robust results are obtained.

The breeding population decline of the chinstrap penguin in the Vapour Col colony (Deception Island, South Shetlands) is consistent with a general pattern of population declines in the South Shetlands for this species that means a plight situation, therefore is necessary the implementation of protection measures to mitigate this important conservation problem.

**Acknowledgments** We thank Juanto Fargallo, Josabel Belliure and other researchers and military personnel participating in these projects who took some of the pictures of the colony during the study period. We thank the Spanish Antarctic base “Gabriel de Castilla” and the Spanish Navy ships “Hesperides” and “Las Palmas” for their hospitality and transport. The Maritime Technology Unit (CSIC) provided logistic support. We thank F. Stephen Dobson and two anonymous referees for helpful suggestions that improve an early version of the manuscript. This study is a contribution to Pinguclim project.

**Ethical standards** Procedures used in this study comply with the current laws for working in Antarctica. Permission to work in the study area and for penguin handling was granted by the Spanish Polar Committee. This study has been supported by the projects ANT90-1079-E, ANT91-1264, ANT94-0036, ANT97-1906-E, ANT98-1443-E, CGL2004-01348 and CGL2007-60369 of Spanish Ministry responsible for Science during two decades.

**Conflict of interest** The authors declare that they have no conflict of interest.

## References

- Atkinson A, Pakhomov E, Rothery P, Siegel V (2004) Long-term decrease in krill stocks and increase in salps within the Southern Ocean. *Nature* 432:100–103
- Barbosa A, Moreno J, Potti J, Merino S (1997) Breeding group size, nest position and breeding success in the chinstrap penguin. *Polar Biol* 18:410–414
- Barbosa A, Merino S, Benzal J, Martínez J, García-Fraile S (2007) Population variability in heat shock proteins among three Antarctic penguin species. *Polar Biol* 30:1239–1244
- Barbosa A, Benzal J, Vidal V, D’Amico V, Coria N, Diaz J, Motas M, Palacios MJ, Cuervo JJ, Ortiz J, Chitimia L (2011) Seabird tick (*Ixodes uriae*) distribution along the Antarctic Peninsula. *Polar Biol* 71:453–470
- Carlini AR, Coria NR, Santos MM, Negrete J, Juarez MA, Daneri GA (2009) Responses of *Pygoscelis adeliae* and *P. papua* populations to environmental changes at Isla 25 de Mayo (King George Island). *Polar Biol* 32:1427–1433
- Čiাপuta P, Sierakowski K (1999) Long-term population changes of Adélie, chinstrap and gentoo penguins in the region of SSSI No. 8 and SSSI No. 34, King George Island, Antarctica. *Polish Polar Res* 20:355–365
- Croxall JP, Trathan PN, Murphy EJ (2002) Environmental change and Antarctic seabird populations. *Science* 297:1510–1514
- Fargallo JA, Polo V, de Neve L, Martin J, Davila JA, Soler M (2006) Hatching order and size-dependent mortality in relation to brood sex ratio composition in chinstrap penguins. *Behav Ecol* 17:772–778
- Forcada J, Trathan PN, Reid K, Murphy EJ, Croxall JP (2006) Contrasting population changes in sympatric penguin species in association with climate warming. *Glob Change Biol* 12:411–423
- Hinke JT, Salwicka K, Trivelpiece SG, Watters GM, Trivelpiece WZ (2007) Divergent responses in *Pygoscelis* penguins reveal a common environmental driver. *Oecologia* 153:845–855
- Ibáñez JM, Carmona E, Almendros J, Saccorotti G, Del Pezzo E, Abril M, Ortiz R (2003) The 1998–1999 seismic series at Deception Island Volcano, Antarctica. *J Volcanol Geoth Res* 128:65–88
- Lynch H, Naveen R, Fagan WF (2008) Censuses of penguin, blue-eye shag *Phalacrocorax atriceps* and southern giant petrel *Macronectes giganteus* populations on the Antarctic Peninsula, 2001–2007. *Mar Orn* 36:83–97
- Montes-Hugo M, Doney SC, Ducklow HW, Fraser W, Martinson D, Stammerjohn SE, Schofield O (2009) Recent changes in phytoplankton communities associated with rapid regional climate change along the western Antarctic Peninsula. *Science* 323:1470–1473
- Moreno J, Carrascal LM, Sanz JJ, Amat JA, Cuervo JJ (1994) Hatching asynchrony, sibling hierarchies and brood reduction in the chinstrap penguin (*Pygoscelis antarctica*). *Polar Biol* 14:21–30

- Moreno J, Barbosa A, Potti J, Merino S (1997) The effects of hatching date and parental quality on chick growth and creching age in the chinstrap penguin (*Pygoscelis antarctica*): a field experiment. *Auk* 114:47–54
- Moreno J, Barbosa A, De Leon A, Fargallo JA (1999) Phenotypic selection on morphology at independence in the Chinstrap penguin *Pygoscelis antarctica*. *J Evol Biol* 12:507–513
- Sander M, Balbao TC, Polito MJ, Costa ES, Carneiro APB (2007a) Recent decrease in chinstrap penguin (*Pygoscelis antarctica*) populations at two of Admiralty Bay's islets on King George Island, South Shetland Islands, Antarctica. *Polar Biol* 30:659–661
- Sander M, Balbao TC, Costa ES, dos Santos CR, Petra MV (2007b) Decline of the breeding population of *Pygoscelis antarctica* and *Pygoscelis adeliae* on Penguin Island, South Shetlands, Antarctica. *Polar Biol* 30:651–664
- Silva MP, Favero M, Casaux RJ, Baroni I (1998) The status of breeding birds at Harmony Point, Nelson Island, Antarctica in summer 1995/1996. *Mar Orn* 26:75–78
- Smith RC, Stammerjohn SE (2001) Variation on surface air temperature and sea ice extent in the western Antarctic Peninsula (WAP) region. *Ann Glaciol* 33:493–500
- Steig EJ, Schneider DP, Rutherford SD, Mann ME, Comiso JC, Shindell DT (2009) Warming of the Antarctic ice-sheet surface since the 1957 international geophysical year. *Nature* 457:459–463
- Trathan PN, Forcada J, Atkinson R, Downie RH, Shears JR (2008) Population assessments of gentoo penguins (*Pygoscelis papua*) breeding at an important Antarctic tourist site, Goudier Island, Port Lockroy, Palmer Archipelago, Antarctica. *Biol Cons* 141:3019–3028
- Trivelpiece WZ, Hinke JT, Miller AK, Reiss CS, Trivelpiece SG, Watters GM (2011) Variability in krill biomass links harvesting and climate warming to penguin population changes in Antarctica. *PNAS* 108:7625–7628
- Woehler EJ, Cooper J, Croxall JP, Fraser WR, Kooyman GL, Miller GD, Nel DC, Patterson DL, Peter M-U, Ribic CA, Salwicka K, Trivelpiece, WZ, Weimerskirch H (2001) A statistical assessment of the status and trends of Antarctic and Subantarctic seabirds. SCAR, Cambridge



## V. Información proporcionada sobre datos sanitarios y de población (Actividad 8)

Datos obtenidos desde la página web del Instituto Nacional de Estadística (2019)

Tabla 23: Defunciones por infarto agudo de miocardio en España (2016)

Defunciones por infarto agudo de miocardio en España (2016)			
Edad	Ambos sexos	Hombres	Mujeres
Todas las edades	53444	30513	22931
de 0 a 9	0	0	0
de 10 a 19	2	0	2
de 20 a 29	36	31	5
de 30 a 39	376	316	60
de 40 a 49	1681	1444	237
de 50 a 59	3502	2991	511
de 60 a 69	6519	5210	1309
de 70 a 79	12883	8421	4462
de 80 a 89	20892	9831	11061
>90	7553	2269	5284

Fuente: Elaboración propia

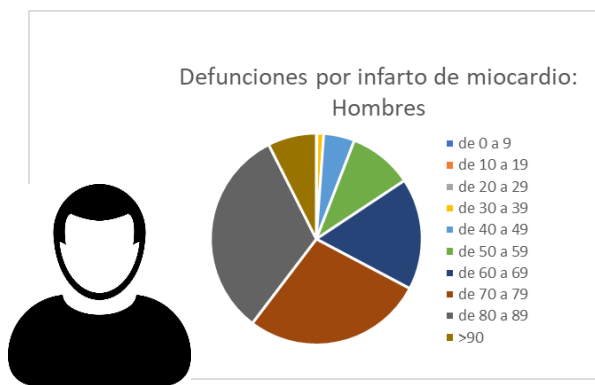


Figura 7: Defunciones por infarto de miocardio:  
Hombres

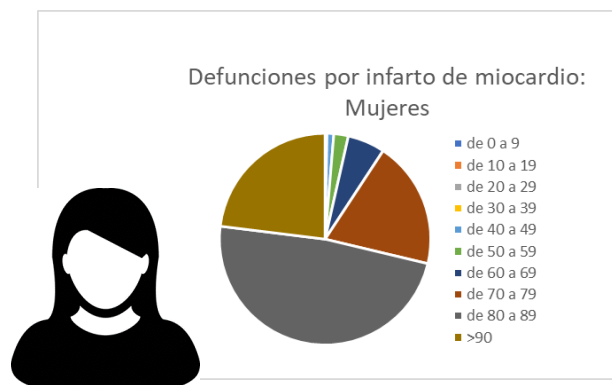


Figura 8: Defunciones por infarto de miocardio:  
Mujeres

Fuente: Elaboración propia



Tabla 24: Población en España 2019

Población en España			
Edad	Ambos sexos	Hombres	Mujeres
Todas las edades	46815911	23104301	23711614
de 0 a 9	4870038	2509289	2360751
de 10 a 19	4402331	2265770	2136563
de 20 a 29	5603055	2838555	2764501
de 30 a 39	7982840	4103534	3879307
de 40 a 49	7447222	3781713	3665506
de 50 a 59	5930667	2940224	2990445
de 60 a 69	4640592	2230396	2410193
de 70 a 79	3482260	1550708	1931550
de 80 a 89	2092910	785839	1307073
>90	363996	98273	265725

Fuente: Elaboración propia

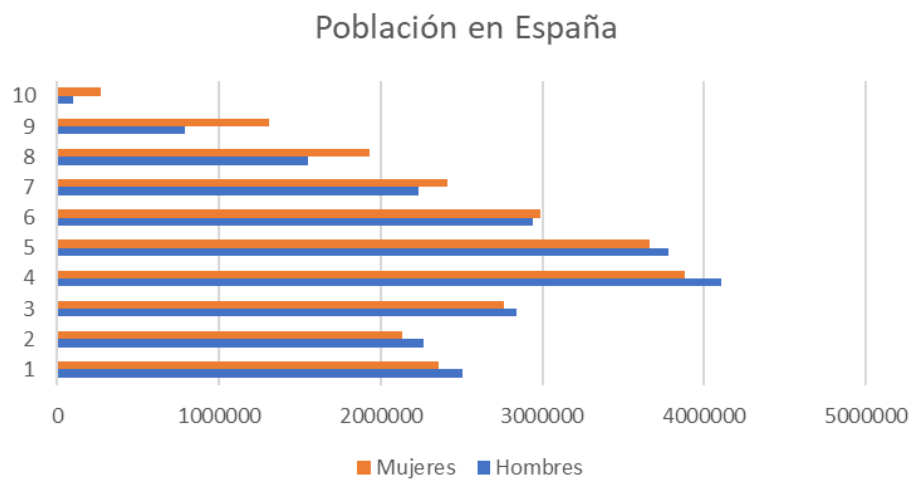


Figura 9: Población en España (2019). Fuente: elaboración propia

## VI. Ejemplos de resultados obtenidos en las actividades

### Datos meteorológicos

En los siguientes tablas y gráficos se muestran unos ejemplos de resultados que se pueden obtener basándose en los datos de entrada proporcionados y las actividades propuestas. Estos resultados no deben considerarse un objetivo fijo a lograr por parte de los estudiantes, sino una orientación hacia posibles soluciones

#### *Resultados absolutos obtenidos basándose en las series de entrada*

Tabla 25: Variables estadísticas absolutas para los datos disponibles de los años 2016 y 2017

Variable	Unidades	Promedio	Máximo absoluto	Mínimo absoluto
Temperatura	[°C]	-0.8	10.5	-19.0
Velocidad de viento (10 min)	[m/s]	4.3	17.4	0.0
Racha de viento (3s)	[m/s]	14.0	38.9	0.0
Presión atmosférica	[hPA]	990.3	1026.7	949.4
Precipitación acumulada diaria	[mm]	1.3	40.7	0.0
Radiación diaria	[Wh/m2]	2089.9	8660.6	0.0
Insolación diaria	[h]	1.6	14.1	0.0
Temperatura de sonda de suelo	[°C]	-0.4	13.3	-16.4

Fuente: Elaboración propia en base a los datos proporcionados

#### *Distribuciones de temperatura y viento*

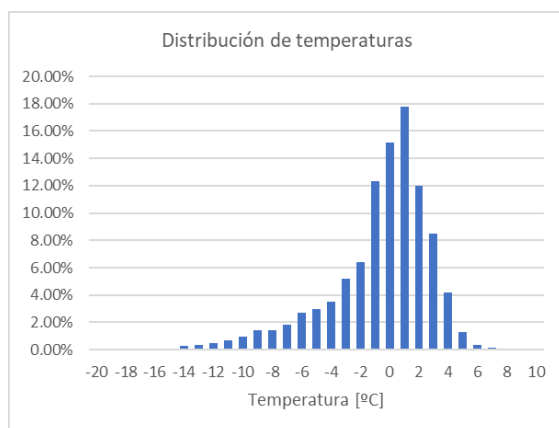


Figura 10: Distribución de temperatura

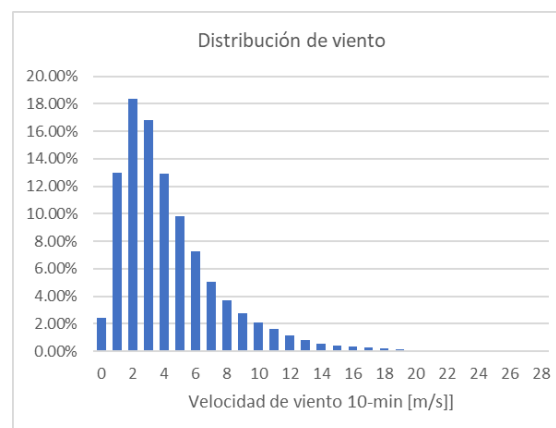


Figura 11: Distribución de velocidad de viento

Fuente: Elaboración propia en base a los datos proporcionados

### Distribuciones condicionales: temperatura y viento

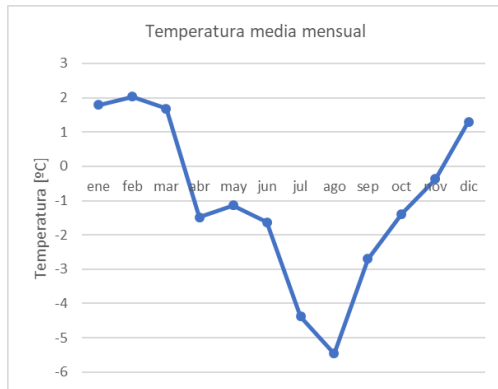


Figura 12: Temperatura media mensual

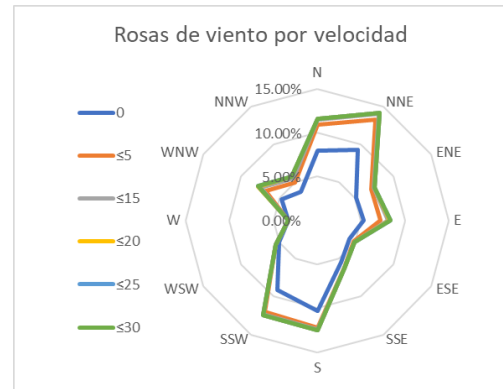


Figura 13: Distribución de viento por dirección y por intervalo de velocidad

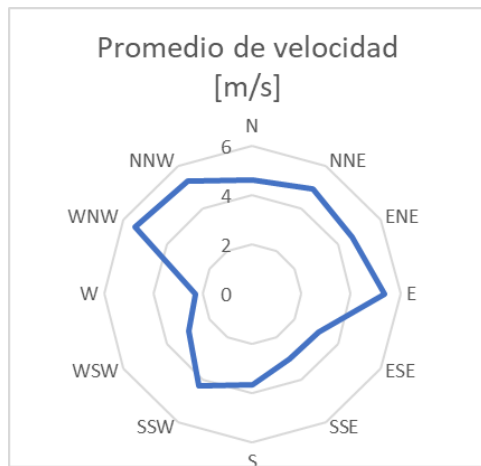


Figura 14: Velocidad media por dirección

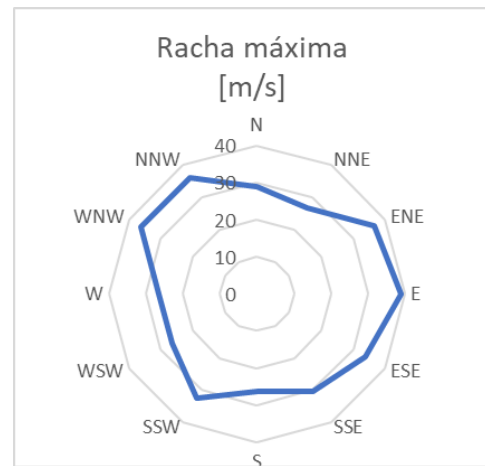


Figura 15: Racha máxima por dirección

Fuente: Elaboración propia en base a los datos proporcionados

### Ajuste normal de las distribuciones mensuales de temperatura

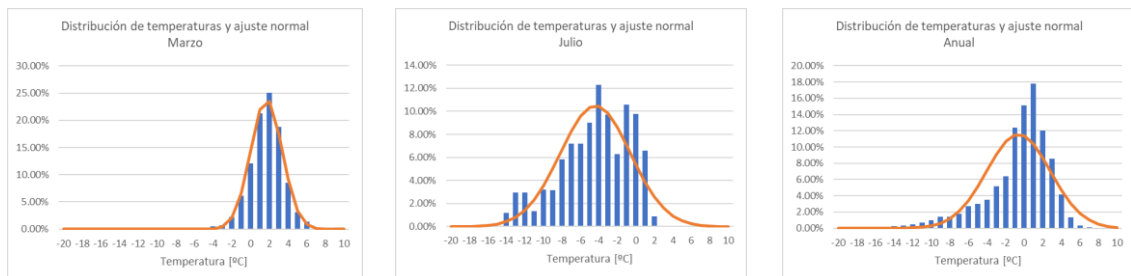


Figura 16: Ajustes normales para las distribuciones mensuales y anuales de temperatura. Fuente: Elaboración propia en base a los datos proporcionados

### Correlación lineal de temperaturas

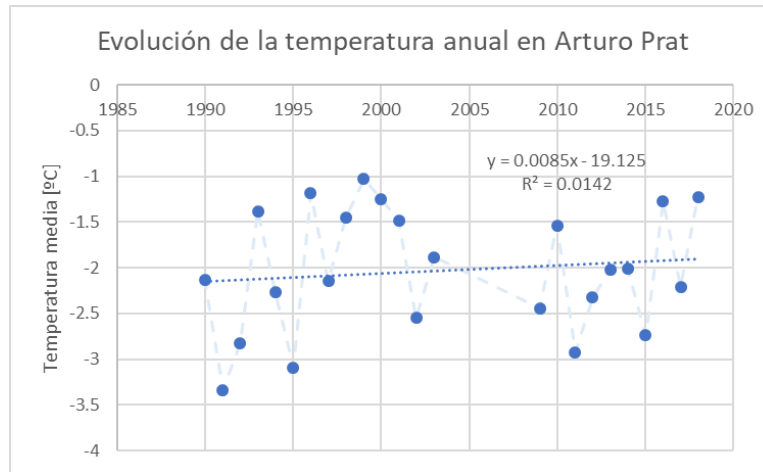


Figura 17: Evolución anual de la temperatura media en Arturo Prat. Fuente: Elaboración propia en base a los datos proporcionados

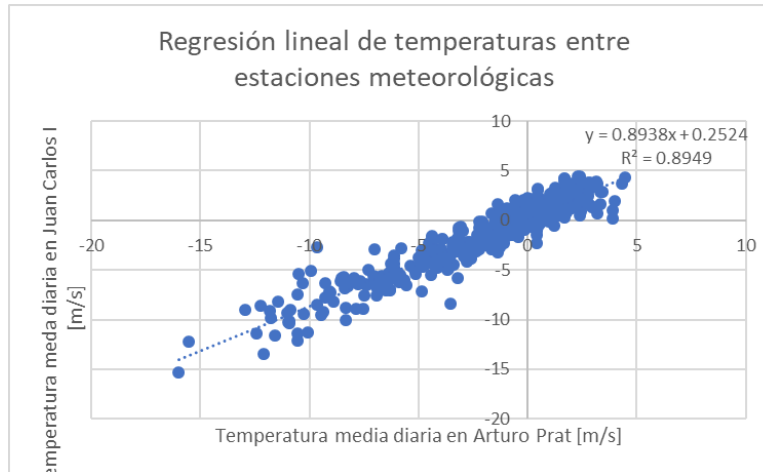


Figura 18: Regresión lineal de temperaturas entre las estaciones de Arturo Prat y Juan Carlos I. Fuente: Elaboración propia en base a los datos proporcionados

### Distribución de viento y curva de potencia de un aerogenerador: cálculo de energía eléctrica

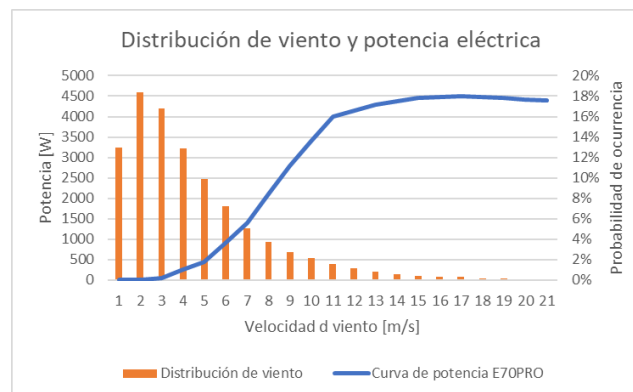


Figura 19: Distribución de viento y potencia eléctrica para cálculo de energía. Fuente: Elaboración propia en base a los datos proporcionados

## Datos de altitud de superficie del glaciar Hurd

En los siguientes gráficos y tablas se muestran unos ejemplos de resultados que se pueden obtener basándose en los datos de entrada proporcionados y las actividades propuestas. Estos resultados no deben considerarse un objetivo fijo a lograr por parte de los estudiantes, sino una orientación hacia posibles soluciones

*Estudio de la variación del espesor del glaciar en una sección NE-SW.*  
*Localización*



Figura 20: Situación de la sección NE-SW del glaciar Hurd. Fuente: Google Earth

*Estudio de la variación del espesor del glaciar en una sección NE-SW. Estudio de las pendientes mediante regresión lineal en diferentes puntos de la sección*

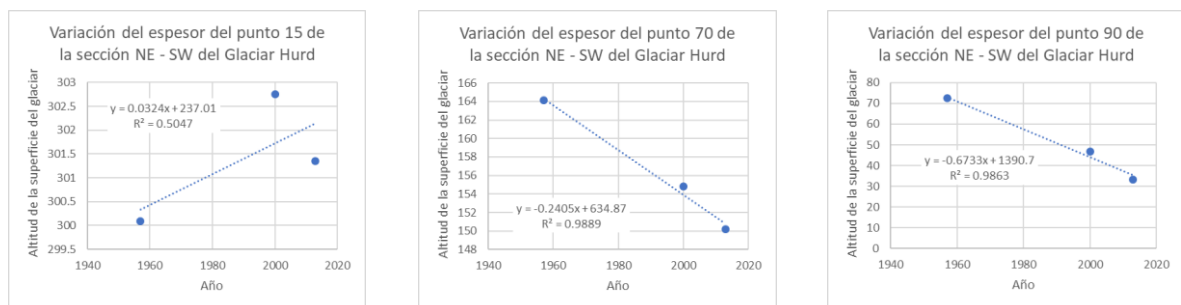


Figura 21: Ejemplos de cálculo de la tendencia de la evolución del glaciar mediante regresión lineal en diferentes puntos. Fuente: Elaboración propia en base a los datos proporcionados

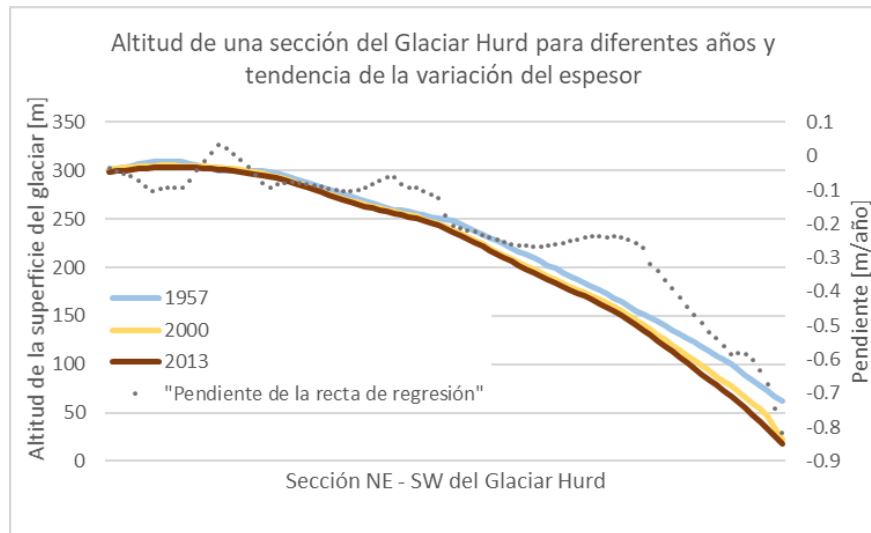


Figura 22: Altitud de una sección del Glaciar Hurd para diferentes años y tendencia de la variación del espesor en la sección NE-SW. Fuente: Elaboración propia en base a los datos proporcionados

#### Estudio de la variación del espesor del glaciar en una malla de puntos. Situación

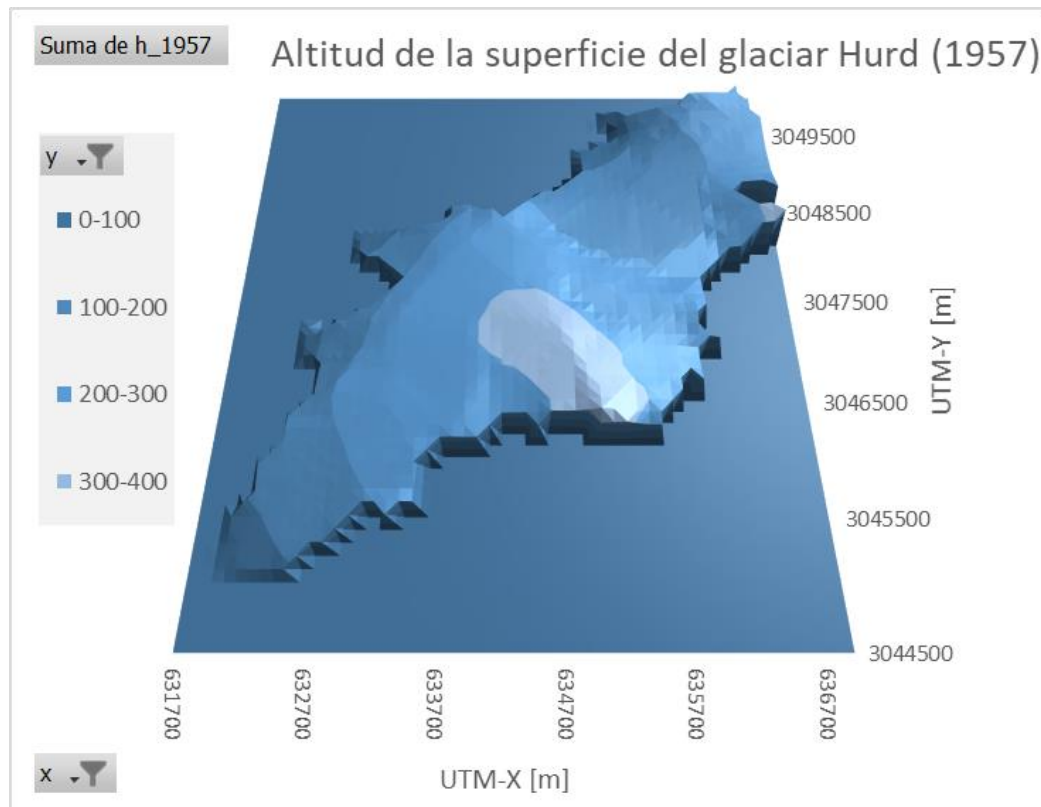
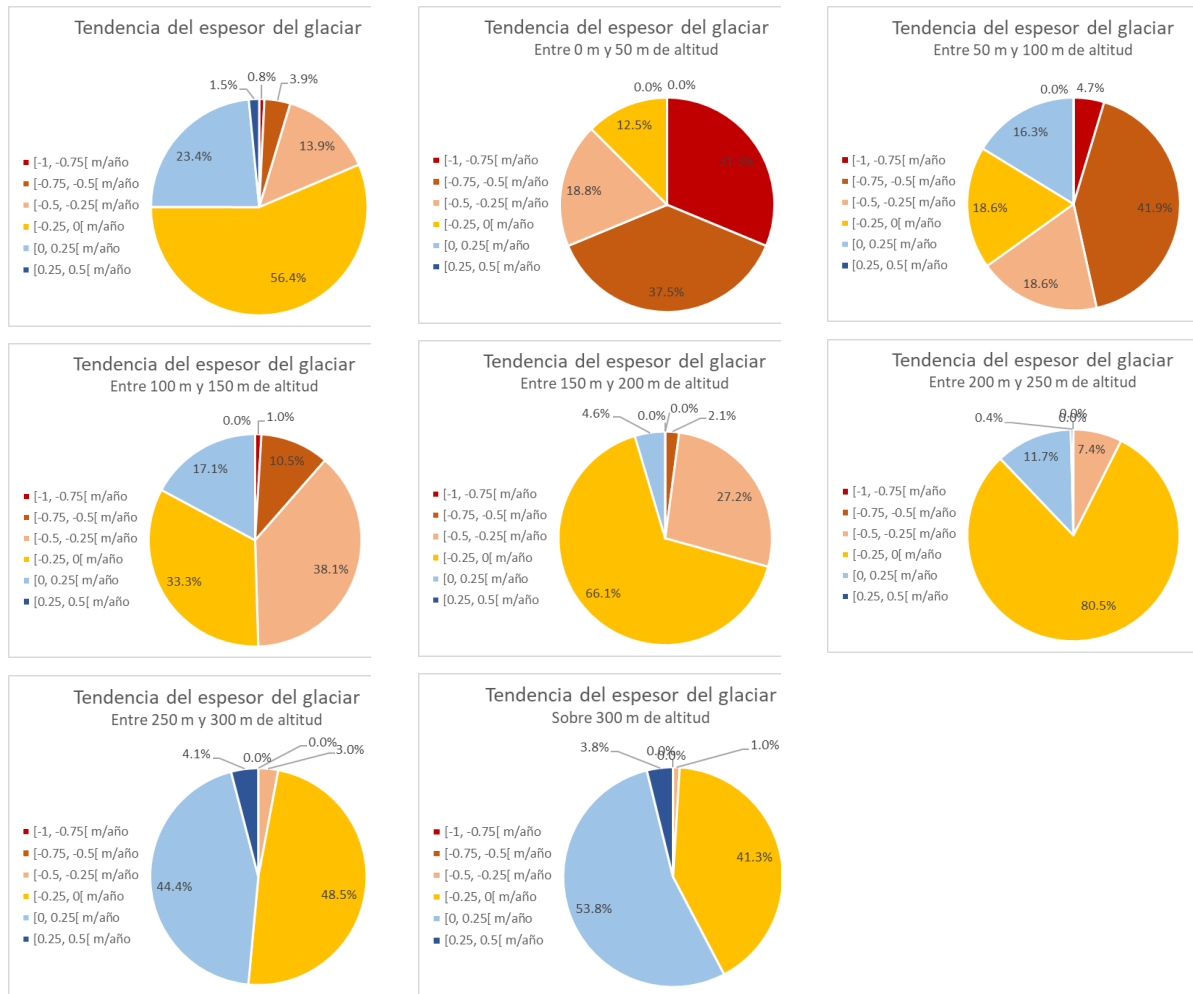


Figura 23: Altitud de la superficie del glaciar Hurd en 1957. Fuente: Elaboración propia en base a los datos proporcionados

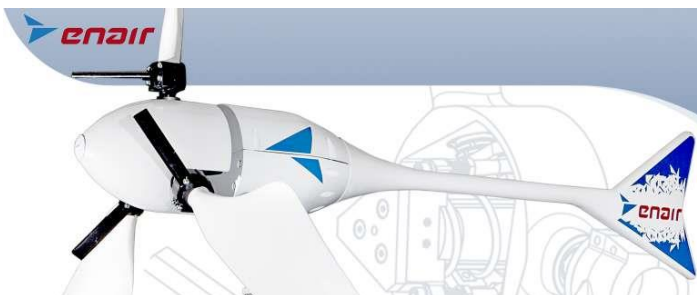
*Estudio de la variación del espesor del glaciar en una malla de puntos.  
Tendencia global y en función de la altitud*



**Figura 24:** *Tendencia global del espesor del glaciar Hurd y en función de la altitud. Fuente: Elaboración propia en base a los datos proporcionados*



## VII. Ejemplo de modelo de aerogenerador a considerar en la actividad 4



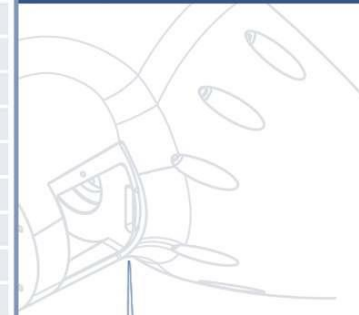
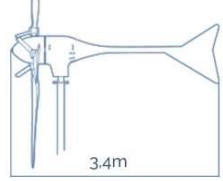


# E70PRO


## FICHA TÉCNICA

Con una velocidad de viento medio situado en la nominal de 11m/s el modelo Enair 70PRO es capaz de generar más de 70kWh/día

### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS, ELÉCTRICAS Y DE FUNCIONAMIENTO

Numero de palas	3
Material de palas	Fibra de vidrio con resinas y núcleo de poliuretano
Generador	250rpm nominales   imanes de neodimio
Potencia	5500W
Potencia Nominal	4000W (según IEC 61400-2)
Tensión	24/48/220V
Clase de viento	CLASS I-IEC 61400-2/NVNI-A
Diámetro	4.30m
Sentido de Giro	Horario
Área de barrido	14,5m²
Peso	165kg
Aplicaciones	Carga de baterías 24 o 48V y conexión a red
Viento de arranque	2m/s
Velocidad nominal	11m/s
Vel. regulación paso variable	12m/s
Velocidad de supervivencia	60m/s
Rango de generación eficiente	De 2 a 60m/s
Tipo	Rotor de eje horizontal a barlovento
Orientación	Sistema pasivo con timón de orientación
Control de potencia	Sistema de paso variable pasivo centrífugo con dos vel.
Transmisión	Directa
Freno	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Electromagnético por cortocircuito</li> <li>- Mecánico (opcional)</li> <li>- Aerodinámico mediante paso variable</li> <li>- Manual o automático por viento o por tensión de baterías</li> </ul>
Controlador	Carga de baterías y conexión a red
Inversor eólico	Eficiencia 97%, algoritmo MPPT
Ruido	48dB   Reducción al mínimo gracias al diseño de las palas y a las bajas revoluciones. 1% más que el ruido ambiente del viento
Protección anti-corrosión	Hermético, pintura epoxi de secado al horno de alta temperatura, generando un recubrimiento plástico
Torre	Celosía, presilla y tubular, abatibles o fijas, altura variable



Avenida de Ibi, 44 - P.O. 182 C.P. 03420 | Castalla (Alicante), España  
+34 96 556 00 18    info@enair.es

www.enair.es





## E30PRO Wind Turbine FICHA TÉCNICA

### PASO VARIABLE PASIVO



Tecnología patentada para maximizar la producción de energía. Es un sistema mecánico que gracias a la fuerza centrífuga, modifica el ángulo de las palas y nunca se sobrepasan sus rpm de diseño.

Obteniendo:

- Menos ruido
- Más capacidad de absorber rachas de viento
- Más constancia en la generación
- Más energía con menos viento

### CONTROL ELECTRÓNICO



Sistema de gestión de la energía inteligente

Conexión de baterías:

7 tipos de baterías programables (litio, plomo, gel, etc.)  
Cargador con pulsos de derivación a resistencias en caso de sobrecarga. Solo deriva el exceso que no puede cargar para proteger las baterías

Conexión a red:

Los inversores MPPT programados con la curva de potencia eólica maximizan la producción en todo momento. Compatibles con redes trifásicas y monofásicas en sistemas europeos y americanos



MAYOR ENERGÍA



MAYOR EFICIENCIA

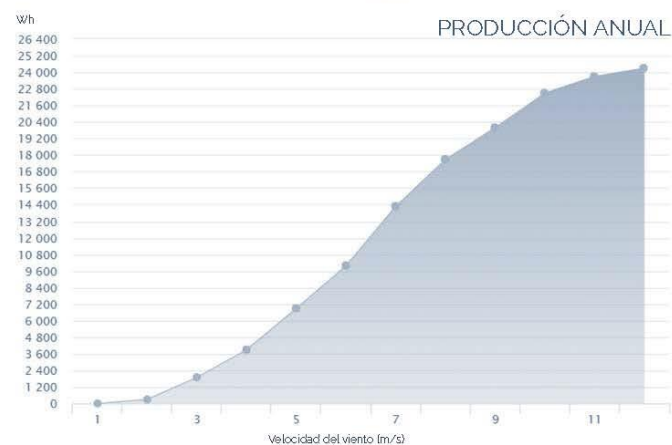


MAYOR ROBUSTEZ



MAYOR SEGURIDAD

### CLASS I WIND TURBINE IEC 61400-2/NVI-A



#### Mínimo ruido

El ruido está en torno a un 1% por encima del ruido ambiente siendo prácticamente inapreciable para nuestro oído.

#### Safety-Brake

Nuevo sistema de seguridad mecánica acoplada al eje que garantiza el frenado bajo las condiciones más adversas, para vientos incluso mayores de 70m/s

#### Anticorrosivo

El uso de pintura epoxy lo convierte en un conjunto anticorrosivo y antisalino ideal para islas y costas

#### Anti-Icing and Hermetic

Uretano acrílico de resina estructural con una composición química antiadherente al hielo y de máxima resistencia para temperaturas de hasta -50°C. Sellado hermético

#### Storm-detection

Algoritmo inteligente de detección de tormentas y bloqueo de seguridad del aerogenerador totalmente automático combinado con el Safety-Brake

#### Remote-Control

Control combinado con el Venus de Victron que permite la marcha/paro del aerogenerador de forma remota

#### BBS (Battery Brake System)

Sistema inteligente que mide el nivel de carga de la batería y permite detener el aerogenerador cuando la batería llega a la tensión de consigna retomando la marcha cuando baja su carga



Avenida de Ibi, 44 - P.O. 182 C.P. 03420 | Castalla (Alicante), España  
+34 96 556 00 18 info@enair.es

www.enair.es