



Proyecto de Innovación

Convocatoria 2020/2021

Nº de Proyecto : 151

Meteolab como herramienta educativa de Meteorología en el Aula

Responsable del Proyecto: Belén Rodríguez de Fonseca

Facultad de Ciencias Físicas

Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica

Objetivos Propuestos en la Presentación del Proyecto

El Presente proyecto es una continuación de proyectos anteriores dentro de la plataforma de divulgación Meteolab.

Meteolab es un proyecto de divulgación de Meteorología y Clima que tiene su origen en 2002, cuando se comenzaron a diseñar experimentos de bajo coste con materiales caseros para la Semana de la Ciencia de la Comunidad de Madrid (CAM). Con los años, se generó un conocimiento que se materializó en 2010 con la concesión de un Proyecto de Innovación Educativa (PIE) financiado por la Universidad Complutense de Madrid (UCM), dirigido por Belén Rodríguez de Fonseca. Gracias a este primer proyecto en el que trabajaron muchos profesores y alumnos de ciencias de la atmósfera, se gestó un portal web (meteolab.fis.ucm.es) en el que los experimentos se explicaban y se grababan para impulsar su difusión. Más adelante, en un segundo proyecto de Innovación Educativa, dirigido por la profesora Maria Luisa Montoya, los contenidos fueron traducidos al inglés.

En concreto, **los experimentos que componen Meteolab tienen como principal objetivo entender los principios y variables que determinan el comportamiento de las masas de aire en la atmósfera y de agua en el océano.** La idea consiste en visualizar con experimentos sencillos las leyes físicas que gobiernan la atmósfera y el océano: movimientos horizontales y verticales, cambios de estado, mezcla y equilibrio, así como la interacción entre componentes. Se persigue observar los procesos meteorológicos familiares, como son la formación de una nube, los tornados, la convección, la formación de borrascas o la lluvia, entendiendo los procesos físicos que los producen. Finalmente, Meteolab permite también visualizar fenómenos climáticos como el efecto invernadero, el fenómeno de El Niño, el deshielo del Ártico, la influencia de los volcanes en el clima o la subida del nivel del mar.

Con el apoyo de profesores, estudiantes y PDI del Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica y gracias a iniciativas como “Madrid por la Ciencia”, “Semana de la Ciencia”, “CiudadCiencia” (CSIC), “Ciencia en el Barrio” (CSIC), “La Complu en la Calle”, “Universidad para los Mayores”, además de colaboraciones con centros públicos de enseñanza de la Comunidad de Madrid e instituciones como La Casa Encendida o el CRIF “Las Acacias”, este laboratorio ha ido creciendo en el tiempo, contando en la actualidad con más de 30 experimentos relacionados con la Meteorología y el Clima.

Existe un catálogo de experimentos, la mayoría de los cuales pueden consultarse a través del portal meteolab.fis.ucm.es, encontrándose todos ellos físicamente localizados en el *Laboratorio Elvira Zurita* de la Facultad de Ciencias Físicas.

Tras la experiencia acumulada durante los 18 años de existencia de Meteolab, en los que se han adecuado las explicaciones de los experimentos a distintos niveles de dificultad (infantil, primaria, secundaria, bachillerato y Universidad de mayores), se ha sugerido **la idoneidad de adaptar los contenidos a los estudiantes del Grado en Física y del Máster en Meteorología y Geofísica de la UCM.**

Así, por ejemplo, cuando se explica la formación de una nube, se puede ir complicando el discurso dependiendo de los diferentes ciclos de la enseñanza. De esta manera, para un nivel de escuela primaria uno sólo tiene que explicar que el aire se enfría al ascender, y al enfriarse se forman gotas de agua que forman las nubes. Al llegar a secundaria, los estudiantes aprenden el concepto de presión atmosférica y la relación entre la temperatura, la presión y el volumen de una parcela de aire. Más adelante, en el Grado en Física, se estudia la tensión de vapor, la expansión adiabática y la existencia de núcleos de condensación. Finalmente, en el Máster en Meteorología se aprenden los distintos procesos de nucleación y tipos de nubes. Todos estos conceptos van

complicando la explicación, por lo que un mismo experimento puede explicarse tanto en una escuela infantil como en una Universidad.

Es por ello, que, aprovechando la plataforma de divulgación Meteolab, hemos decidido dar un paso adelante y adaptar y ampliar los contenidos de Meteolab, para así poder integrarlos en los currícula del Grado en Física y del Máster en Meteorología y Geofísica de la UCM.

Con todo ello, los objetivos del presente proyecto han sido:

-Implementar los experimentos de Meteolab en el Aula, tanto en las asignaturas de Grado como en las de Máster.

-Adaptar los contenidos existentes del portal web Meteolab (meteolab.fis.ucm.es) a las asignaturas relacionadas con Meteorología del Grado en Física y del Máster en Meteorología y Geofísica, con el fin de visualizar procesos físicos que se explican en el aula.

-Añadir a Meteolab nuevos contenidos en relación con la dinámica de la atmósfera y el cambio climático.

-Evaluar la mejora de la comprensión por parte del alumnado de los procesos que tienen lugar principalmente en la atmósfera y el océano, y su relación con el clima y su variabilidad.

Objetivos alcanzados

Se han cumplido los cuatro objetivos propuestos en un principio, como se detalla a continuación.

-Implementar los experimentos de Meteolab en el Aula, tanto en las asignaturas de Grado como en las de Máster. Los experimentos del portal Meteolab se han trasladado a las aulas del Grado en Física y del Máster en Meteorología y Geofísica ampliando los conceptos explicados y que no se trataban en profundidad en las demostraciones realizadas a alumnos de primaria y secundaria. Las tareas específicas de esta fase incluían la evaluación y mejora de los experimentos disponibles en el taller de Meteolab, así como del material online sobre ellos en el portal web. Hay que tener en cuenta que el portal web de Meteolab no contiene información sobre todos los experimentos disponibles en el taller. Se ha realizado un catálogo de los experimentos que podrían llevarse a cabo en las aulas y que se detallan en la Tabla 1.

-Adaptar los contenidos existentes del portal web Meteolab a las asignaturas de Meteorología del Grado en Física y del Máster en Meteorología y Geofísica. Se han realizado los experimentos en clase en diversas asignaturas (ver Tabla 1) tratando conceptos nuevos. Se han elaborado cuestionarios con preguntas asociadas a estos conceptos. Todos los cuestionarios se han compartido en la red con los profesores que participan en el Máster en Meteorología y Geofísica, los cuales han colaborado en la redacción de los mismos. La información se ha incluido en la web de Meteolab, para poder ser empleada por profesores de Grado y Máster en asignaturas relacionadas con la Meteorología y el Clima. Se han añadido vídeos explicativos para el nivel de Máster y Grado. Link:

<http://meteolab.fis.ucm.es/aprendizaje/proyecto-innova/experimentos-de-grado>

<http://meteolab.fis.ucm.es/aprendizaje/proyecto-innova/experimentos-de-master>

-Añadir a Meteolab nuevos contenidos en relación con la dinámica de la atmósfera y el cambio climático.

1. Experimento sobre el Efecto Invernadero. Se trata de un experimento que explica el papel del CO₂ en el calentamiento global.

2. Experimento sobre Circulación de la Atmósfera y el Océano (cubeta rotatoria). Se ha diseñado un experimento (financiado con el presupuesto del máster en Meteorología y Geofísica) para explicar las ondas de Rossby en una cubeta transparente con capacidad para un mayor volumen de fluido y velocidad variable.

3. Doble Difusión. Se trata de un experimento para explicar la inestabilidad por doble difusión en el océano.

Experimento	Nivel	Asignatura	Concepto físico
Arco Iris	Grado y Máster	Meteorología Física, Física de la Atmósfera	Dispersión y reflexión de la luz
Atardecer y cielo azul	Grado	Física de la Atmósfera	Retrodispersión de la luz
Nube en una botella	Grado y Máster	Física de la Atmósfera, Meteorología Física	Expansión adiabática
Convección en el trópico	Grado y Máster	Meteorología Física Física de la Atmósfera	Convección profunda
Huevo en una botella (entrada y salida)	Grado	Física de la Atmósfera	Presión atmosférica
Vela que asciende	Grado	Física de la Atmósfera	Presión atmosférica
Recipientes que no se separan	Grado	Física de la Atmósfera	Presión atmosférica
Tornados y borrascas	Grado	Fundamentos de Meteorología	Sistemas de circulación
Efecto invernadero 1 (levadura y vinagre y subida temperatura)	Máster y Grado	Bases Físicas del Cambio Climático, Variabilidad y Cambio Climático Física de la Atmósfera	Absorción y emisión de radiación por la atmósfera
Efecto invernadero 2 Botellas con y sin cartulina negra al sol	Grado	Bases Físicas del C C, Variabilidad y Cambio Climático Física de la Atmósfera	Radiación, albedo
Volcanes en el clima	Grado/Máster	Bases Físicas del CC, Variabilidad y Cambio Climático	Scattering de luz solar por partículas en suspensión
Subida del nivel del mar I (expansión térmica)	Máster	Variabilidad y Cambio Climático	Expansión térmica
Subida del nivel del mar II (deshielo sobre tierra)	Máster	Variabilidad y Cambio climático	Papel del hielo marino y terrestre en el clima
El fenómeno de El Niño	Máster	Variabilidad y Cambio Climático, Circulación de la Atmósfera y el Océano	Interacción océano-atmósfera, termoclina, célula de Walker
Precipitación I	Grado/Máster	Física de la Atmósfera, Meteorología Física	Condensación y precipitación

Túnel de viento	Grado/Máster	Meteorología de la capa límite Física de la Atmósfera	Conservación de la masa Presión y viento Recurso eólico
Densidad del agua del mar I (huevo) .	Máster	Física del Clima Circulación de la atmósfera y el océano	Papel de la salinidad
Densidad del agua del mar II. El papel de la temperatura	Máster	Física del Clima Circulación de la Atmósfera y el Océano	Papel de la temperatura
Masas de agua (Cubeta pequeña)	Máster	Circulación de la Atmósfera y el Océano	Estratificación del océano. Origen de las masas de agua.
Circulación Profunda (Cubeta grande) Nueva Cubeta Rotatoria	Máster	Circulación de la Atmósfera y el Océano	Circulación Termohalina Transporte de Sverdrup
Dedos de sal	Máster	Circulación de la Atmósfera y el Océano	Doble difusión
Célula de Hadley (tanque sin rotación)*	Grado/Máster	Circulación de la Atmósfera y el Océano Dinámica Atmosférica Física de la Atmósfera	Circulación directa meridional
Huracanes (diferencia con y sin rotación, sin gradiente de temperatura)*	Grado	Fundamentos de Meteorología, Circulación de la Atmósfera y el Océano Física de la Atmósfera	Efecto de la rotación de la Tierra sobre la formación de vórtices
Efecto Coriolis en cubeta en rotación	Máster	Circulación de la Atmósfera y el Océano Dinámica Atmosférica	Formación de vientos alisios
Vórtice polar estratosférico (introducir nata líquida en tanque en rotación)*	Máster	Circulación de la Atmósfera y el Océano, Variabilidad y Cambio Climático	Mantenimiento de columnas de vórtices en rotación rápida

Tabla 1: Catálogo de experimentos de Meteolab. En rojo los experimentos que se han llevado al aula y sobre los que se ha trabajado en los cuestionarios.

-Evaluar la mejora de la comprensión por parte del alumnado de los procesos que tienen lugar principalmente en la atmósfera y el océano, y su relación con el clima y su variabilidad. Se ha aplicado una metodología de evaluación del aprendizaje por la cual los alumnos realizaban unos cuestionarios pre-test y post-test y se ha realizado una estadística con los resultados de los alumnos.

Metodología empleada en el proyecto

Se ha seguido una metodología en dos fases como se detalla a continuación.

- Fase 1:

En esta primera fase, y tal como se indicaba en la memoria, se ha realizado una actualización de los contenidos del portal web **Meteolab**, así como una incorporación de nuevos experimentos y explicaciones.

En concreto, se ha generado una pestaña del proyecto donde puede consultarse la metodología empleada, así como los cuestionarios generados y los videos explicativos. Además, se ha mostrado a modo de resumen el resultado de los cuestionarios pre-test y post-test con el fin de evaluar la eficiencia de la metodología empleada.

El objetivo final es que estos nuevos contenidos de nivel de Grado y Máster universitario complementen los conceptos físicos sobre fenómenos meteorológicos y climáticos que se explican en el aula en los últimos cursos del Grado en Física y en el Máster de Meteorología y Geofísica.

Además, el hecho de haberlos incluido en la web hace posible la difusión de nuestra metodología a otras universidades que imparten titulaciones relacionadas con la Meteorología y el Clima.

En concreto la metodología ha sido:

- Generación de catálogo de experimentos (ha sido necesario incorporar nuevos experimentos)
- Generación de material audiovisual y de explicaciones teóricas para cada uno de los experimentos, con un nivel adecuado para estudiantes de Grado y Máster. Esto ha sido posible mediante la grabación de las actividades.
- La creación de una pestaña para cada experimento en el portal web de Meteolab, donde se incorporarán los nuevos contenidos de nivel Grado y Máster.

- Fase 2:

En esta fase se han incorporado los experimentos al aula. La dinámica de la clase se ha basado en:

- Puesta en común de las explicaciones teóricas a tratar y de los experimentos a realizar por parte de los profesores asistentes para así poder reproducir los experimentos en un futuro en sus respectivas clases. Diseño de cuestionarios pre-test y post-test.
- Puesta en común en el Aula. En cada bloque temático, se ha comenzado con una explicación de los conceptos clave y después, se han planteado preguntas asociadas a los experimentos que se realizan.
- Realización de cuestionarios pre-test y post-test y grabación de la actividad.
- Ampliación de la web y creación de un canal en YouTube.

Recursos humanos

Se ha contado con un total de 21 participantes, todos ellos PDI de la UCM y, dentro de los cuales se encuentran catedráticos de universidad (2), profesores titulares de universidad (6), profesores contratados doctores (6), profesores ayudantes doctor (2), profesor asociado (1), investigador postdoctoral (1), investigador Ramón y Cajal (1) y estudiantes de doctorado (2).

A continuación se detallan las tareas realizadas por cada uno de ellos (Tabla 2):

Nombre	Cargo	Asignaturas	Labor en el Proyecto
MARÍA BELÉN RODRÍGUEZ DE FONSECA	Profesora Titular de Universidad	Todas las asignaturas	Coordinación, diseño de experimento de cubeta rotatoria, grabación de videos y organización de contenidos, así como ayuda con los cuestionarios
MARTA ÁBALOS ÁLVAREZ	Profesora Contratada Doctor Interina	Variabilidad y Cambio Climático	Diseño de experimento de Efecto Invernadero. Realización de experimentos en el aula
JORGE ÁLVAREZ SOLAS	Profesor Contratado Doctor	Variabilidad y Cambio Climático	Diseño de experimento
BLANCA AYARZAGÜENA PORRAS	Profesora Ayudante Doctor	Variabilidad y Cambio Climático	Realización de experimentos en el aula
SAMUEL BENITO BARCA	Pre-Doc	Física de la atmósfera	Generación de cuestionarios / realización experimentos en el aula
NATALIA CALVO FERNANDEZ	Profesora Titular de Universidad		Contenidos en la web
ÁLVARO DE LA CÁMARA ILLESCAS	Profesor contratado doctor	variabilidad climática	Realización de experimentos en el aula
LUIS DURÁN MONTEJANO	Profesor Asociado	Física de la atmósfera	Generación de cuestionarios /experimentos en el aula/diseño de experimento cubeta rotatoria
RICARDO FRANCISCO GARCIA HERRERA	Catedrático de Universidad	Física de la atmósfera	Explicación de experimentos en el aula

JOSE MANUEL GARRIDO PÉREZ	Pre-Doc	Física de la atmósfera	Generación de cuestionarios /realización experimentos en el aula
IÑIGO GÓMARA CARDALLIAGUET	Contratado Post-Doctoral		Generación de Formularios con cuestionarios y coordinación de cuestionarios
TERESA LOSADA DOVAL	Profesora Contratada Doctor	Dinámica Atmosférica	Generación de cuestionarios/realización de experimentos en el aula/diseño de experimento cubeta rotatoria
ELSA MOHINO HARRIS	Profesora Titular de Universidad		Diseño de la web
MARIA LUISA MONTOYA REDONDO	Profesora Titular de Universidad	Física del Clima	Generación de cuestionarios/realización de experimentos en el aula/diseño de experimento
CARLOS ORDÓÑEZ GARCÍA	Profesor Contratado Doctor		Contenidos en la web
IRENE POLO SÁNCHEZ	Profesora Contratado Doctor Interina	Circulación del océano y la atmósfera	Generación de cuestionarios/realización de experimentos en el aula/experimento nuevo
ALEXANDER JAMES ROBINSON	Investigador Ramón y Cajal	Física del Clima	Diseño de experimento
MARIANO SASTRE MARUGÁN	Profesor Ayudante Doctor	Física de la Atmósfera	Realización de experimentos en el aula
ENCARNACIÓN SERRANO MENDOZA	Profesora Titular de Universidad	Bases Físicas del CC Meteorología Física	Realización de experimentos en el aula /audiovisual
CARLOS YAGÜE ANGUÍS	Catedrático de Universidad	Física de la Atmósfera Meteorología de la Capa Límite	Generación de cuestionarios /experimentos el aula
PABLO ZURITA GOTOR	Profesor Titular de Universidad	Circulación del océano y la atmósfera	Generación de cuestionarios /experimentos el aula

Tabla 2: Recursos humanos empleados en el proyecto con su implicación en el mismo

Anexos

Puede consultarse toda la documentación generada en el siguiente proyecto, en la web meteolab.fis.ucm.es

En particular, se han compilado en dicho portal material docente para las asignaturas del Grado en Física y el Máster en Meteorología y Geofísica. Se ha organizado dicho material por pestañas, cada una para las diferentes asignaturas que se imparten en el Grado en Física y en el Máster en Meteorología y Geofísica.

<http://meteolab.fis.ucm.es/aprendizaje/proyecto-innova>

Asimismo, pueden consultarse los vídeos en el canal de **YouTube** [Meteolab. Experimentos de Meteorología y Clima](#)

Para solicitar acceso a los cuestionarios, pónganse en contacto con meteolab@ucm.es