



**Análisis de una iniciativa estudiantil de investigación surgida en Criptogamia, una asignatura optativa de segundo ciclo de Biología.**

**Analysis of a students' research initiative originating in Cryptogamy, an elective course in the last two years of the Biology degree.**

Estébanez, Belén. Universidad Autónoma de Madrid, belen.estebanez@uam.es

García Medina, Nagore. Universidad Autónoma de Madrid, nagore.garcia@uam.es

Ávila, Julia. Universidad Autónoma de Madrid, julia.avilajimenez@gmail.com

Orgaz Álvarez, David. Universidad de Murcia, david.orgaz@um.es

Fernández-Mazuecos, Mario. Universidad Autónoma de Madrid, mariomazuecos@gmail.com

Vassal'lo Saco, Jara. Universidad Politécnica de Madrid, jvassallio@fi.upm.es

**Palabras clave:** aprendizaje activo, iniciativa estudiantil, comunicación científica.

**Resumen:**

Presentamos una experiencia exitosa de aprendizaje que partió de Criptogamia (asignatura optativa de segundo ciclo de Biología), que dio lugar a un proyecto de investigación gestionado por los propios alumnos.

La iniciativa se consolidó estableciendo una Asociación de Estudiantes centrada en investigación y divulgación. En poco tiempo, los participantes han presentado comunicaciones científicas, y organizado actividades dirigidas a diversos públicos, dentro y fuera de la comunidad universitaria. Actualmente se plantea una colaboración multidisciplinar con otros organismos de investigación y la extensión de su ámbito de estudio.

Abordamos su incidencia en el aprendizaje en varios aspectos: científico (técnicas específicas, rigor, búsqueda de información e interpretación de resultados), comunicativo (estructuración y presentación de la información obtenida, para diversos públicos), y organizativo, incluyendo el trabajo en equipo.

Aunque de carácter espontáneo, esta experiencia muestra rasgos evaluables en cuanto a sus posibilidades para otras asignaturas. Analizamos las características y planteamiento de esta optativa, el perfil de sus alumnos, y el contexto universitario que la acoge. Detectamos como factores principales los aspectos participativos de la asignatura, la cohesión del grupo, el carácter voluntario de la implicación, los beneficios percibidos por los estudiantes, y la disponibilidad de recursos humanos (supervisión) y materiales (equipamiento y subvenciones).

**Keywords:** active learning, students' initiative, scientific communication.

**Abstract:**

We present here a successful learning experience starting in Cryptogamy, an elective course in the final two years of the Biology degree. It resulted in a research project managed by the students themselves.

The initiative grew and a students' association focused on research and outreach was set up. Within a short time, the participant students have presented some scientific communications, and have also organized several outreach activities addressed to different publics, in and outside University. Currently, they are starting a multidisciplinary collaboration with other public research institutions, and extending their research scope.

We approach the incidence of this experience in diverse learning aspects: scientific competence (specific techniques, rigorous standards, information searching and interpretation of results); communication skills (structuring and presenting the information obtained), and management, including working on a team.

In spite of its spontaneity, the possibilities of this experience for other courses can be evaluated. We present an analysis of this elective subject, the profile of its students, and its University context. We identify the participative aspects of the subject, the benefits perceived by the students, and the availability of material equipment and financial support human resources, especially supervision, as the main factors contributing to the initiative.

**Objetivos:**

- Describir el origen, desarrollo, ámbito y perspectivas de la iniciativa estudiantil surgida en la asignatura de Criptogamia.
- Analizar los distintos aspectos en los que esta iniciativa revierte en el aprendizaje de los alumnos implicados, así como en su proyección académica y a la sociedad en general.
- Evaluar los principales factores que han influido en esta experiencia, tanto de la asignatura como de su contexto universitario, así como las dificultades y posibilidades de reproducirla en otras asignaturas o cursos.

### **Descripción:**

La asignatura de Criptogamia, que trata del estudio de los organismos vegetales sin flores, es una optativa cuatrimestral de segundo ciclo en la licenciatura de Biología en la Universidad Autónoma de Madrid (UAM). Consta de seis créditos: cuatro de teoría, uno de prácticas de laboratorio, y otro de prácticas de campo, y se imparte a lo largo del primer cuatrimestre (de octubre a febrero). Suelen matricularse entre 20 y 30 alumnos, que, casi sin excepción, proceden del itinerario de Biología Evolutiva y Biodiversidad, de entre los tres establecidos por la Facultad de Ciencias de la UAM.

En el curso 2005-2006, y una vez concluido el cuatrimestre, algunos de los alumnos que la habían cursado plantearon la posibilidad de llevar a cabo un proyecto de investigación de manera voluntaria. Su propuesta consistió en realizar un muestreo y estudio sistemático de las cianobacterias presentes en las comunidades bentónicas de un pequeño sistema hidrológico, el Arroyo del Pozo Azul, situado en la localidad de Covanera (Burgos), precisamente una de las áreas visitadas durante la salida de campo.



Fig. 1: Grupo de Criptogamia del curso 2005-2006, del que partió la iniciativa de investigación

La iniciativa fue bien recibida por el grupo, y en poco tiempo implicaron, además de a otros integrantes del mismo, a un número creciente de personas, incluyendo estudiantes de otros cursos, posgraduados, una de las profesoras de la asignatura (la primera firmante de esta propuesta) y una investigadora experta en comunidades de cianobacterias en arroyos calcáreos, de la Universidad Politécnica de Madrid (la última firmante de esta propuesta).

Dado que la Facultad de Ciencias de la UAM, donde se imparte la licenciatura de Biología, contempla la posibilidad de establecer asociaciones de estudiantes, los participantes decidieron constituirse como Asociación en dicha Facultad, de manera que pudieran acceder a un local y optar a subvenciones del Decanato de Ciencias y del Rectorado de la UAM. Esto exige la constitución de una Junta Directiva, con la consiguiente asunción de responsabilidades en cuanto al estado de cuentas, facturación, realización de proyectos y memorias de actividades, libros de actas, etc.

El 4 de noviembre de 2006 se constituyeron formalmente con el nombre de ACF *Nostoc*. En la actualidad, la Asociación cuenta con unos 30 miembros, de los que la mayoría son antiguos estudiantes del grupo que cursó la Criptogamia en el curso 2005-2006, con unos pocos añadidos el año siguiente, aunque se han inscrito también nuevos alumnos, llamativamente algunos aún de primer ciclo.

El proyecto científico tiene como objetivo principal la descripción de las comunidades de algas, en especial cianobacterias, adheridas al fondo del cauce del arroyo seleccionado, y la caracterización de su variabilidad espacial y estacional en función de parámetros limnológicos (calidad del agua, velocidad de corriente, profundidad, temperatura, pH, etc.).

Esto comprende:

- Un encuadre del área en cuanto a su situación geográfica, climatología, vegetación, fauna, asentamientos humanos, actividades económicas y valores naturales de cara a su conservación.
- Un análisis del arroyo para su división en tramos, en función del grado en que sus aguas se ven afectadas por los vertidos y efluentes de la población de la zona.
- En campañas de muestreo trimestrales, y para cada tramo del arroyo, la observación y caracterización visual de las comunidades presentes en las rocas del cauce. En función de estas observaciones, toma de muestras tanto de los tapetes algales presentes en cada tramo como del agua que los baña.

- La identificación de las cianobacterias (y otros vegetales bentónicos) presentes en las muestras, con el fin de realizar un catálogo y una caracterización detallada de las comunidades.
- Un seguimiento de las condiciones hidrográficas (precipitaciones de lluvia y nieve, riadas, etc.), y fisicoquímicas (temperatura, pH, nutrientes, etc.) a través de los datos de la Confederación Hidrográfica del Ebro [1, 2].

Hasta la fecha,

- Se han realizado 6 muestreos, con periodicidad trimestral, según indica la siguiente tabla:

Tabla 1

<b>MUESTREO</b>	<b>FECHAS</b>	<b>PARTICIPANTES</b>
Verano 2006	24-25 junio 2006	14
Invierno 2006	13 enero 2007	8
Primavera 2007	13-14 abril 2007	8
Verano 2007	13-14 julio 2007	8
Otoño 2007	3-4 noviembre 2007	6
Invierno 2007	25-27 enero 2008	8
Primavera 2008	18-20 abril 2008	9



Fig. 2: Muestreos en el área del Arroyo del Pozo Azul (Covanera, Burgos)

- Se han identificado, hasta el nivel de especie, 12 taxones de cianobacterias, cuatro de diatomeas, dos de algas verdes y uno de algas rojas, y adicionalmente, hasta nivel de género, otros ocho en total.
- Se ha completado la caracterización preliminar de las comunidades bentónicas, describiendo la variabilidad espacial y temporal, e identificando los principales factores que la determinan.



Fig. 3: Participantes de un seminario de identificación de muestras de cianobacterias.

Las cianobacterias están entre los organismos vegetales de identificación más conflictiva. Esto ha exigido una formación adicional de los participantes, realizada a través de siete seminarios dirigidos por la experta mencionada, y, ocasionalmente, de los miembros más experimentados.

El proyecto se vio potenciado por la implicación formal de dos estudiantes, en años sucesivos, que decidieron aprovechar su participación en este proyecto para la realización de su proyecto de fin de carrera, que es de carácter obligatorio en la licenciatura de Biología en la UAM.

Actualmente, se ha completado la caracterización preliminar de los distintos tramos del arroyo en función de las características ambientales y de la calidad del agua. Los participantes han presentado estos resultados en tres congresos científicos de la especialidad [3, 4, 5]. Se ha enviado ya una publicación para el libro de actas del primer congreso, y está en preparación un artículo para una revista de impacto.



Fig. 4: Uno de los estudiantes realizando una presentación en un congreso de la especialidad [3].

Por otra parte, uno de los proyectos ya se ha presentado (con calificación de sobresaliente), en tanto que el otro sigue en curso.

En los últimos meses se ha ampliado el enfoque a otros grupos de vegetales, con y sin flores, para afinar la caracterización de los diferentes tramos del río. Las comunidades de plantas vasculares y musgos, más estables, se comportarían como indicadoras de las condiciones habituales en el tramo en que aparecen. Las más efímeras, de cianobacterias y otros organismos unicelulares o filamentosos, y que son el objetivo inicial y primario de esta iniciativa, presentan una alta tasa de variación que responde con mayor inmediatez a las perturbaciones del medio.

Se ha iniciado asimismo una colaboración con investigadores del Instituto de Física Aplicada (CSIC), de la Universidad Politécnica de Madrid y de la Universidad de Cantabria para poner en marcha un proyecto multidisciplinar de diseño de sondas multiparamétricas en sistemas acuáticos. El estudio que esta iniciativa realiza en el Arroyo del Pozo Azul se integraría, como caracterización biológica de un sistema hidrológico modelo, dentro de una línea de investigación ya iniciada acerca de fluorodetección de sustancias orgánicas. Entre los nuevos enfoques y ampliaciones que persigue, pretende orientarse hacia la detección de posibles emisiones de sustancias tóxicas por parte de las cianobacterias.

Este estudio se prevé de gran impacto en la monitorización de la calidad de las aguas de abastecimiento de poblaciones, y por tanto de gran importancia en salud pública. Las ideas surgidas y las propuestas realizadas en esta línea de investigación ya iniciada han sido notablemente aceptadas por las entidades competentes, como refleja la invitación para participar en el Congreso Nacional de Medio Ambiente en la que se presentaron proyectos emblemáticos de los Organismos Públicos de Investigación del Ministerio de Educación y Ciencia [6].

El desarrollo de este equipo se encuentra todavía en una fase inicial, a la espera de resoluciones administrativas de financiación de proyectos de investigación. A pesar de ello, la colaboración ya ha posibilitado afianzar conocimientos y concretar ideas, permitiendo la participación conjunta en un congreso internacional [7]. La evolución y perspectivas de este equipo multidisciplinar, aún en su primera fase de estabilización, han recibido una buena aceptación en el mundo universitario y empresarial, como manifiesta el Premio a las Mejores Ideas Empresariales otorgado en el *V Programa de Creación de Empresas de Base Tecnológica en la UPM*, con el que este equipo ha sido galardonado en abril de 2008.

Por otra parte, este proyecto ha despertado la curiosidad de otros colectivos con intereses relacionados con el área de estudio. El Pozo Azul es una surgencia del Karst de Burgos que proviene del sifón subacuático más largo de Europa, con 4,5 km explorados. Se trata de un lugar muy visitado por espeleobuceadores, que, por su parte, estudian a fondo la geología y realizan cartografías de las galerías a medida que van siendo exploradas. También manifiestan interés por actividades relacionadas con la fauna y flora de sus enclaves. Además de ayudarnos en la obtención de las muestras de aquellos fondos inaccesibles sin equipamiento especial, han incluido esta iniciativa entre las que citan como de interés para la zona [8].

El proyecto también ha tenido una buena acogida en la población de Covanera, perteneciente al municipio de Tubilla del Agua, donde se encuentra localizado el Arroyo del Pozo Azul. La toma de contacto con parte de la administración del citado municipio ha permitido realizar los trámites para el uso de infraestructuras durante los muestreos periódicos en la zona.

Sin abandonar el proyecto de investigación, la Asociación de Estudiantes ACF *Nostoc* ha promovido una línea adicional: la divulgación científica. Como una de sus principales actividades, los participantes han emprendido la organización de talleres de introducción a varios de los grupos de organismos objeto de la Criptogamia: algas, briófitos y líquenes. Además, los miembros han organizado 3 excursiones preferentemente dirigidas a estudiantes de la UAM, y con temática multidisciplinar, aunque con presencia esencial de la Botánica. Entre ellas destaca, por su envergadura y ambiciosos objetivos, la organización de las Jornadas Interuniversitarias de Introducción al Litoral Mediterráneo.

Se ha puesto un énfasis especial en la divulgación en ámbitos no universitarios. En especial, destaca la puesta en práctica con mucho éxito del taller de algas marinas, que, aunque se desarrolló inicialmente como una actividad dirigida a los alumnos de la propia Facultad de Ciencias, se ha llevado asimismo a ámbitos fuera del mundo universitario, tanto colegios como instituciones orientadas al público general.



En la siguiente tabla se presentan las actividades de divulgación organizadas hasta la fecha:

Tabla 2

ACTIVIDAD	FECHAS	ORGANIZADORES
Taller de algas (UAM):	20 abril 2007	10
Excursión al Valle del Paular	5 de mayo 2007	8
Taller de algas (EcoEscuela La Navata en CosmoCaixa)	23 de junio 2007	10
Taller de algas (CosmoCaixa)	27 y 28 de octubre de 2007	10
Excursión al Castañar del Tiemblo	24 de noviembre 2007	6
I Jornadas Interuniversitarias de Introducción al Litoral Mediterráneo (UAM-U. Murcia)	21 al 24 de abril 2008 (módulo teórico) 1 al 4 de mayo 2008 (excursión al litoral)	8
Taller de algas (UAM)	24 de abril de 2008	5



Fig. 5: Taller de algas dirigido a público infantil



Fig. 6: Excursión de las Jornadas Interuniversitarias de Introducción al Litoral Mediterráneo

Entre los proyectos previstos para antes de fin de año están los siguientes:

- La implementación del taller de algas, ya montado y rodado con éxito, en distintos centros educativos de enseñanza infantil, primaria y secundaria, y la puesta a punto de otros talleres referentes a líquenes y a briófitos.
- La realización de unas Jornadas que giren en torno a la surgencia El Pozo Azul, objeto del proyecto de investigación en torno al que gira esta experiencia. Estas Jornadas tendrán lugar en noviembre, y serán organizadas conjuntamente con los grupos de espeleobuceadores ya contactados. Se proyecta contar con ponentes de diversas organizaciones públicas de investigación, y se conciben como un curso respaldado por la concesión de créditos a los participantes por parte de la UAM. En su módulo teórico se tratarán diversos aspectos: geología del Karst de Burgos,

parámetros limnológicos de la surgencia, flora y vegetación de la región, avances en su cartografía, y técnicas e historia de las exploraciones espeleológicas en la zona. El módulo práctico consistirá en una excursión al área y de algunas sesiones de laboratorio para la observación de muestras microscópicas.

- El desarrollo de una guía de criptógamas de las surgencias del Karst de Burgos, en el que se enclava nuestra zona, que se publicaría en colaboración con entidades financieras de Burgos, y que permitiría, por un lado, dar a conocer de una forma visual y atractiva los grupos de vegetales sin flores, y, por otro, unificar los esfuerzos de los participantes en una iniciativa intermedia entre la divulgación y la comunicación científica.

Por otro lado, el carácter novedoso de esta iniciativa en cuanto a su relevancia y posibilidades educativas, aun surgiendo y desarrollándose en un contexto académico tradicional, es un motivo de reflexión constante entre los participantes y colaboradores de este proyecto. Se han presentado ya al respecto comunicaciones a congresos con sus publicaciones asociadas, el primer año centrándose en las perspectivas iniciales de esta experiencia desde el punto de vista científico [9, 10] y el segundo, en los factores que inciden en su apertura al campo de la divulgación [11, 12].

Estas actividades suponen la ampliación del enfoque original, que pasa de ser una línea de investigación específica a extenderse a la comunicación científica en diversos contextos y para diferentes públicos. Asimismo, el área científica de actuación se amplía en tres niveles: en la Botánica, en el conjunto de las áreas de la Facultad de Ciencias, y en la reflexión educativa.



Fig. 7: Actividades puestas en marcha por la Asociación. Actividades científicas: arriba izquierda, actividades divulgativas: abajo derecha.

## **Resultados:**

### 1. Valoración de la experiencia:

Aprendizaje significativo: Consideramos que, desde este punto de vista, esta iniciativa ha sido un éxito, y un factor motivador en sí mismo que retroalimenta la implicación en el proyecto.

El aprendizaje activo de las ciencias, basado en investigaciones reales o simuladas, se presenta, en foros como el recogido en 2004 en la revista *Science* [13], como el sistema más efectivo. El sistema tradicional de enseñanza en la Universidad tiende a basarse en la clase magistral. En este caso, las condiciones para un aprendizaje activo, concebido como la búsqueda y estructuración significativa de la información para una transmisión efectiva, caen fundamentalmente del lado del profesor [14]. Sin embargo, el proceso de Bolonia tiene subyacente un modelo educativo centrado en el estudiante [15], y esto está recogido expresamente en las propuestas de la Comisión para la Renovación de las Metodologías Educativas en la Universidad [16].

En este sentido, la experiencia que se presenta es una oportunidad de investigación real, aunque fuera del plan de estudios formal de la licenciatura de Biología. Un rasgo propio y destacable de esta iniciativa es que el protagonismo estudiantil está asegurado al partir de los propios alumnos, además de que su participación y su grado de implicación, en todo momento, son decididos por ellos mismos de manera completamente voluntaria.

Esto facilita el ajuste de las actividades propuestas a sus intereses. Aunque se intenta que todos ellos conozcan las diversas líneas de actuación, cada cual se integra en aquéllas que les resultan más afines a su formación, aptitudes o gustos. Así, los hay que prefieren la determinación de ejemplares (y de nuevo pueden elegir diversos grupos vegetales, cada cual con sus técnicas asociadas); otros, la toma de muestras; en tanto que otros se decantan por la divulgación y las posibilidades educativas abiertas por este proyecto.

Aun reconociendo las ventajas de la voluntariedad de la participación, destacamos el compromiso formal de los estudiantes que realizan su proyecto de fin de carrera como fuerza motriz, casi indispensable, que da continuidad, coordinación y estabilidad a los esfuerzos del resto, que necesariamente han de relegar su implicación en función de otros objetivos, sea de su licenciatura o de sus posteriores compromisos laborales.

Otro aspecto remarcable de esta iniciativa es su carácter multidisciplinar, que, como recomienda la Declaración de Berlín [17], permite la interrelación de varias asignaturas afines. En este caso, además de la Criptogamia, este proyecto incide en otras asignaturas

del Plan de Estudios de Biología de la UAM [18, 19], como Botánica, Ecología Microbiana, Introducción a la Flora Ibérica, Limnología, Análisis de Sistemas Terrestres, Análisis de Sistemas Acuáticos, Fanerogamia o Didáctica de la Biología.

Por último, destaca la apertura de esta iniciativa a contextos extrauniversitarios. Es uno de los objetivos prioritarios de la UNESCO el mejorar la accesibilidad de la ciencia a la sociedad. [20]. Una encuesta reciente [21] pone de manifiesto que los ciudadanos de la Unión Europea se sienten poco informados en materias científicas, y de hecho consideran disciplinas de la ciencia la astrología y los horóscopos. Según esta exploración, los españoles aún se sienten menos informados que la media europea.

Tanto la Declaración de Glasgow [22] como el Comunicado de la Comisión de las Comunidades Europeas [23] resaltan el papel que han de jugar las universidades a este respecto, dentro de un compromiso con la sociedad y, con especial énfasis, con niveles no universitarios de educación. En este contexto, una experiencia gestionada por estudiantes, en una situación intermedia entre la formación y la transmisión de conocimiento, y con perspectivas aún frescas de la educación preuniversitaria, adquiere una especial relevancia en cuanto a su efectividad en el acercamiento a estos públicos.

En cuanto al aprendizaje activo que supone para los participantes, podemos desglosar los aspectos más significativos como sigue:

- Aspecto científico: Los estudiantes se inician en la investigación a través su participación en un proyecto desde su planteamiento inicial hasta la presentación de los resultados relevantes en foros científicos. Adquieren, por tanto, las siguientes competencias:
  - . Planteamiento de un problema científico, de interés biológico: estudio sistemático de las comunidades de cianobacterias de un arroyo como indicadoras de calidad del agua.
  - . Formulación de hipótesis contrastables: las comunidades de cianobacterias dependen de variables limnológicas medibles.
  - . Planteamiento de la metodología de trabajo: diseño del muestreo y del número de muestreos realizables en función de las necesidades del proyecto y de los recursos disponibles.
  - . Entrenamiento en técnicas específicas: toma de medidas de variables hidrológicas, muestras de agua y raspado de comunidades bentónicas, análisis de

aguas, preservación del material biológico, terminología y técnicas de identificación de diversos grupos vegetales, etc.

. Interpretación y síntesis de resultados para caracterizar la dinámica espaciotemporal de las comunidades del arroyo, identificando los principales factores determinantes.

- Aspecto comunicativo: La presentación de los resultados en foros científicos exige la estructuración coherente de la investigación realizada, de sus resultados más relevantes y de sus conclusiones, lo que se ha conseguido tanto en comunicaciones en panel, orales (en español y en inglés), como en artículos.

Igualmente, la proyección divulgativa de esta experiencia implica la producción de material informativo dirigido a diversos públicos, lo que requiere el procesamiento de conceptos relevantes a varios niveles. El grupo de participantes ha producido dossiers de alta especialización dirigidos a universitarios, pero también materiales (dossiers, posters, etc.), de alta calidad y accesibilidad, adaptados a otros públicos. Con el fin de hacer atractiva la materia que se pretende divulgar, los estudiantes han realizado un gran esfuerzo en buscar anécdotas, curiosidades, e incluso en diseñar juegos.

***Hafinecta tuna* (Ellis & Solander) Lamouroux**

**Localidad de recolección:** Alicante: Campello.

**Fecha de recolección:** 14 de noviembre de 2006.

**Recolector:** María Riánsares Solera Bermejo.

**Responsable de la identificación:** ACF Nostoc, UAM.

**Descripción:** Talo formado por una sucesión de segmentos articulados, planos, redondeos o arriñados, que dan a la planta el aspecto de una pequeña chumbera. Su tamaño oscila entre 10-20 cm de altura y 20 mm de diámetro. Muy incrustada de carbonato cálcico, el alga se fija al sustrato con unos finos rizoides y se ramifica en un solo plano, pero siempre o casi siempre de forma dicotómica. El color es verde o verde amarillento, pero también puede ser blanquecino a causa de las incrustaciones calizas.

**Distribución:** Se trata de un alga indopacífica. En el mar Mediterráneo, su límite occidental se encuentra en el Cabo de Gata, Almería.

**Habitat:** Sustratos rocosos, desde la superficie hasta 75 m. Se encuentra generalmente en el nivel infralitoral, aunque se comporta como más fotófila en las regiones más cálidas del Mediterráneo.

**Biología:** En el momento de la reproducción el alga se vuelve blanquecina y todo el individuo transforma su contenido celular en células reproductoras (esporangios) que se concentran en los bordes de cada segmento. Una vez liberadas las esporas, darán origen a plantas nuevas. La reproducción tiene lugar el mismo día para distintas poblaciones de la misma edad.

**Aplicaciones y curiosidades:** Posee un 64% de carbohidratos, el mayor porcentaje conocido para un alga verde. Su presencia indica buena calidad del agua. Ofrece un gran sustrato para el crecimiento de otras especies, como *Ceramium blysoideum*.



Fig. 8: Ficha informativa de una especie algal, producida por el grupo para los talleres de divulgación.

**EL CRIPTOJUEGO.**

Se trata de poner el nombre científico de estas especies de briófitos y líquenes, así como de algún dato más, si nos lo piden. Todas las especies son de las que vamos a encontrar a lo largo de la ruta. Estad atentos a las explicaciones de los monitores y a la información del dossier de briófitos. Todos podemos ser expertos criptógamos... al menos, ¡por un día!



**1**

PISTAS:  
- Se trata de un musgo de gran tamaño que crece sobre tierra o bases de tronco...  
- Atención a cómo se curvan sus filidios y a qué formaciones da...  
Nombre científico:.....  
Biotipo:.....



**2**

PISTAS:  
- Se trata de un musgo pequeño (1-2 cm de altura), que normalmente crece sobre rocas y fructifica mucho...  
- Atención al pelo blanco que renata sus filidios, que además siempre tienen nervio (glupa)...  
Nombre científico:.....  
Biotipo:.....



**3**



**4**

PISTAS:  
- Crece sobre suelos húmedos...  
- Atención a esas características estructuras (conceptáculos) que sirven para la reproducción asexual. Fijate en su forma, que

Fig. 9: Juego de reconocimiento de musgos y líquenes, diseñado por el grupo para la excursión a El Tiemblo.

- Aspecto organizativo: Los alumnos adquieren responsabilidades que les obligan a familiarizarse con distintos trámites administrativos y tareas organizativas, y experimentan también la necesidad de trabajar en equipo. Al constituirse como Asociación de Estudiantes de la Facultad de Ciencias de la UAM, se obligan establecer una junta directiva, a celebrar asambleas y reuniones y levantar actas de las mismas, a realizar proyectos y memorias, a evaluar las actividades realizadas, a llevar al día la contabilidad de las subvenciones recibidas y gastos realizados, y a buscar nuevos contactos y vías para darse a conocer, dentro y fuera de la UAM. Se fomenta así el papel activo de los estudiantes en su universidad, y su consideración como interlocutores de pleno derecho ante el reto de su propio aprendizaje [17].

Beneficios percibidos con respecto a la empleabilidad: Es preciso tener en cuenta la experiencia que adquieren los participantes y los contactos que realizan dentro y fuera de la Universidad. El incremento de la empleabilidad que esto supone, de nuevo, funciona como un importante factor motivador para estos estudiantes a punto de finalizar su carrera.

Parte de esa experiencia es directamente documentable, como las comunicaciones en congresos o la autoría de artículos, en la línea científica, o la organización de talleres y excursiones, en la divulgativa y educativa.

Sin embargo, también es de gran valor la capacitación adquirida. Por ejemplo, los conocimientos de análisis de aguas y microorganismos de aguas dulces son altamente apreciados por muchas empresas de abastecimiento de agua potable. Asimismo, la capacidad de estructurar la información y presentarla a personas de diversos niveles de conocimiento es una competencia de enorme utilidad en multitud de colocaciones, tanto académicas como empresariales.

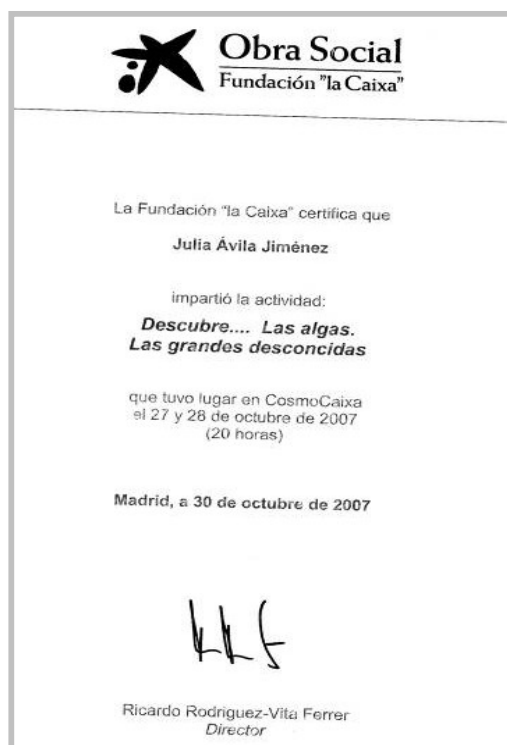


Fig. 10: Certificado de participación impartiendo un taller de algas en CosmoCaixa

Estímulo para el tejido universitario: Esta iniciativa, en primer lugar, aporta un extraordinario beneficio a la asignatura de Criptogamia, de la que parte. Para el profesor es sin duda altamente motivador el que los alumnos se impliquen *de motu proprio* en proyectos relacionados con la materia impartida. Los alumnos, por su parte, además de aprender activamente, establecen un vínculo con su docente que favorece una elevación del estándar y un mayor nivel de madurez en las actividades realizadas. Ambas partes se impregnan de la ilusión y energía que se desprende de esta clase de proyectos espontáneos.

Además, estas actividades revierten también en otras asignaturas relacionadas, dado que proporcionan materiales informativos y especímenes para su estudio biológico que son utilizables por otros profesores en diversos cursos. El número de ejemplares de algas que pueden presentarse en Botánica para alumnos de segundo se ha duplicado, y la calidad de los mismos, en especial en lo referente a algas rojas y algas del Mediterráneo, ha mejorado sustancialmente. Las fichas informativas referentes a los mismos también son una bienvenida adición.

En la Facultad, además, la presencia de una Asociación de estas características fomenta la dinámica estudiantil a través de una oferta de actividades innovadoras. De igual manera, la proyección social a través de las actividades de divulgación se ha visto respaldada por una gran acogida, reflejada incluso en medios de comunicación de masas.



Fig. 11: Reseña en *El País* de un taller organizado por ACF *Nostoc*.



Fig. 12: Un miembro de ACF *Nostoc* en un taller, entrevistado por Telemadrid.

Dificultades surgidas: A lo largo del desarrollo de esta experiencia han surgido conflictos y problemas que revierten en la implicación de los participantes.

Uno de los principales obstáculos es la falta de continuidad de los alumnos, ya en sus últimos años de carrera. Esto se une a la dificultad que encuentran para captar nuevos participantes. Una vez comenzado el proyecto, es difícil implicar a estudiantes que no han participado en sus inicios, y esto se ve acentuado además por la alta especificidad del área de estudio (vegetales sin flores).

Aunque el ambiente es en general bueno, hay tensiones y roces ocasionales que han llegado a provocar la marcha de alguno. Frecuentemente, además de por motivos personales, estas tensiones vienen dadas por la alta exigencia que supone la investigación, que frecuentemente resulta inesperada para estudiantes sin experiencia. Además, el reparto de tareas no siempre resulta eficaz. La implicación con carácter voluntario es a menudo muy irregular en el tiempo, y muy desigual entre los distintos participantes, y de nuevo es preciso incidir en el papel motor crucial que juegan aquí los alumnos que se comprometen más formalmente .

El dominio progresivo de técnicas de trabajo en equipo, la concienciación acerca de la realidad de la investigación y la supervisión de las actividades ayudan a solucionar parte de estas dificultades.



## 2. Factores que influyen en su origen y desarrollo:

La experiencia que presentamos se desarrolló de manera espontánea, directamente por parte de los estudiantes. Sin embargo, detectamos algunos aspectos que pueden haber influido:

Factores referentes a la asignatura: La Criptogamia es una asignatura optativa de segundo ciclo, con un tema de estudio muy específico: vegetales sin flores, es decir, algas, briófitos y pteridófitos [24]. Esto condiciona un perfil de alumnos poco numeroso, de alta motivación y cierto nivel de formación, que presentan una afinidad de intereses que favorece su aglutinación. Sin embargo, a menudo es la única asignatura en la que coinciden los estudiantes de la clase, así que esta cohesión no siempre es fácil.

En cuanto al planteamiento docente, reseñamos que, aun siendo una asignatura todavía “tradicional”, no conformada a los nuevos planes de estudios, sí trata de aplicar algunas metodologías innovadoras.

Entre ellas, se fomenta que los estudiantes cuestionen y critiquen la información disponible. : esto es posible porque se trata de una materia en “efervescencia científica”, con rápidos avances en el conocimiento, y criterios y clasificaciones cambiantes para los distintos grupos cuyo análisis aborda.

También se resalta la importancia de las prácticas, en especial las de campo, como actividades de alta intensidad que funcionan como un importante motor de aprendizaje, de motivación y de cohesión del grupo.

Se promueve el trabajo personal estructurando información, a través de la realización de las siguientes actividades:

- Memorias obligatorias de las prácticas de campo y laboratorio. Estos trabajos han de recoger las distintas tareas programadas, los lugares visitados, los ejemplares observados de criptógamas más relevantes, y, en su caso, interpretaciones ecológicas, usos, etc. Asimismo, se les exige que confeccionen fichas descriptivas de ejemplares algales siguiendo un guión ya estructurado previamente.
- Seminarios de carácter obligatorio que sustituyen a las clases convencionales de dos bloques del temario. Los estudiantes reciben un cuestionario que han de contestar por escrito, empleando para ello fundamentalmente información estructurada (artículos y capítulos de libros previamente comentados) puesta a su disposición, que han de complementar con otros recursos libremente. Se cuenta con una sesión de

puesta en común de la información recopilada, debate y resolución de dudas, que tiene lugar al menos tres semanas antes de la entrega del cuestionario.

- Trabajos voluntarios acerca de un aspecto libremente elegido entre los del temario del curso, del que entregan una memoria escrita y realizan una exposición pública sometida a debate.

Para todos estos trabajos se ofrece la posibilidad de contar con una corrección preliminar, sin calificación, con el fin de eliminar errores, clarificar conceptos y ayudar en la estructuración, antes de la entrega para su evaluación final.

Incluso en la tradicional clase presencial se presta gran importancia al apoyo gráfico. Los alumnos tienen acceso tanto a las presentaciones empleadas como a la documentación adicional: dossiers preparados para cada tema, artículos seleccionados, etc.

El sistema de examen es de modelo mixto, con preguntas cortas y temas de desarrollo, y trata de alejarse del modelo de opción múltiple que, a pesar de sus ventajas, especialmente en la rapidez y objetividad de la corrección, cuantificación y comparabilidad de resultados, favorece un estilo de estudio exclusivamente centrado en los apuntes tomados en una clase magistral, sin recompensar al alumno que busca y amplía información. Es cierto, sin embargo, que el reducido número de alumnos hace posible el dedicar mayor tiempo a las correcciones.

En resumen, se intenta centrar en el estudiante el plan y desarrollo de la asignatura, y lograr un contexto en que los alumnos puedan implicarse en función de su interés en la misma.

Se da importancia a la retroalimentación por parte de los estudiantes. Además de la encuesta oficial realizada por el Gabinete de Estudios de la UAM, se cuenta con un cuestionario de preguntas abiertas, elaborado por la profesora de la asignatura, en el que los alumnos pueden opinar y evaluar cada una de las actividades realizadas, y proponer alternativas. De hecho, fue precisamente una de las actividades propuestas en este cuestionario de evaluación de la asignatura la que sirvió como punto de partida para la iniciativa de realizar un proyecto sistemático en el área de El Pozo Azul.

En general, los alumnos aprueban en su práctica totalidad la Criptogamia con buenas calificaciones, y la valoración que realizan de la asignatura es buena, aunque reiteradamente se quejan de una excesiva carga de trabajo en comparación con otras asignaturas de igual número de créditos.

Es nuestra opinión que un perfil de alumnos motivado que participe en clases de estas características, si llegan a cohesionarse (y eso es posible en excursiones de varios días), pueden dar lugar a iniciativas similares.

Factores del contexto académico y externo: En primer lugar, resaltamos el acceso a recursos materiales. La Asociación de Estudiantes ACF *Nostoc* goza de buena reputación en la Facultad de Ciencias, y las autoridades académicas (Dirección del Departamento, Decanato y Rectorado) han presentado siempre buena disposición ante sus actividades. Para la realización del proyecto de investigación, los participantes cuentan con dos locales, subvenciones, y microscopios y lupas en préstamo. Los estudiantes no han tenido problemas para obtener permisos de utilización de aulas y laboratorios para las actividades que proponen, especialmente las de divulgación.

Además, la disponibilidad de investigadores que actúan como supervisores, entre ellos una experta en esta área, una profesora de la asignatura, y el apoyo ocasional de autoridades internacionales, como el Dr. Lubomir Kovacik, facilitan el desarrollo de la línea científica.

Por otra parte, es importante la interacción con otros agentes externos. La interdisciplinariedad está asegurada por la colaboración con los organismos públicos de investigación ya reseñados, y el contacto con centros de educación no universitaria y con instituciones dedicadas a la divulgación permiten el acceso a distintos públicos como destinatarios de las actividades de divulgación.

---

Para terminar, queremos llamar la atención sobre el carácter extraordinario de esta experiencia. Ni los estudiantes implicados han participado antes en una iniciativa semejante, ni a la profesora de la asignatura que colabora le ha surgido nunca una situación similar en ésta o en otras asignaturas, ni antes ni después.

A pesar de su alto valor formativo y motivador, algunos obstáculos para el desarrollo de estos proyectos a iniciativa de los estudiantes pueden ser los siguientes:

- La resistencia de parte del alumnado a la elevada carga de esfuerzo que supone su participación al margen del contexto académico formal.
- La dificultad intrínseca del trabajo de investigación, con su alta exigencia, tediosidad, incertidumbre y falta de inmediatez de los resultados.
- El problema de conseguir aglutinar alumnos con la suficiente motivación, ya por

tratarse de grupos demasiado grandes (lo habitual en asignaturas troncales), o de alumnos que apenas comparten clases en otras materias (el caso más frecuente en materias optativas). La importancia del factor de la cohesión del grupo se pone de manifiesto al considerar que la iniciativa que presentamos surgió del único grupo que, en las mismas circunstancias de la asignatura y con un perfil similar de los alumnos, realizó como práctica de campo una excursión más larga de lo habitual.

- La escasa valoración que el profesorado potencialmente interesado en colaborar recibe de su participación en estas experiencias. Se trata de una queja frecuente asimismo en profesores e investigadores interesados en divulgación y comunicación científica [].

### **Conclusiones:**

La experiencia que presentamos, de alto valor formativo y motivador, depende de los siguientes factores detectados como clave:

- . Los esfuerzos en la asignatura de partida hacia el fomento del aprendizaje activo.
- . La cohesión del grupo del que surgió la iniciativa.
- . El carácter autogestionado de las actividades y la implicación voluntaria en las mismas.
- . Los beneficios percibidos por los estudiantes como factores de motivación: aprendizaje significativo, reconocimiento, y aumento de la empleabilidad.
- . La accesibilidad de los recursos materiales y humanos necesarios para su desarrollo.

### **Bibliografía:**

- [1] Confederación Hidrográfica del Ebro, Ministerio de Medio Ambiente. Redes de control de calidad de aguas subterráneas.  
<[http://chebro.redesquimisubter.info/ficha\\_redes.php?id=5](http://chebro.redesquimisubter.info/ficha_redes.php?id=5)> [Consulta: 15 octubre 2007].
- [2] Confederación Hidrográfica del Ebro. Ministerio de Medio Ambiente. SAIH Ebro: Sistema Automático de Información Hidrológica de la Cuenca Hidrográfica del Ebro.  
<<http://195.55.247.237/saihebro/index.asp>> [Consulta: 15 octubre 2007].

- [3] Jubera, E., M. Fernández-Mazuecos, A. Espí, A. Quiroga, J. Luna, A. Olivas, B. Estébanez & J. Vassal'lo (2007). Comunidades de cianobacterias bentónicas en el enclave de El Pozo Azul (Karst de Burgos). *VIII Coloquio Internacional de Botánica Pirenaico-Cantábrica*. León, 4-6 de julio.
- [4] Jubera, E., Fernández-Mazuecos, M., Espí, A., Luna, J., Morillo, L., Quiroga, A., Rodríguez Pozo, M., Toledo, J., Orgaz, D., Estébanez, B. y Vassal'lo, J. (2007). Caracterización de comunidades bentónicas de cianobacterias en el Arroyo del Pozo Azul (Covanera, Burgos). *XVI Simposio de Botánica Criptogámica*. León, 19-22 de septiembre.
- [5] Hernández-Agramonte, I. M., E. Jubera, R. Caparrós, M. Fernández-Mazuecos, J. D. Orgaz, A. Bañón & B. Estébanez. Comunidades de macrófitos acuáticos y fitobentos en el Arroyo del Pozo Azul (Covanera, Burgos). *XIV Congreso de la Asociación Ibérica de Limnología*. Huelva. Septiembre 8-12, 2008.
- [6] Estébanez, B., J. Gutiérrez-Ríos, J. Vassal'lo-Saco, A. Tazón & J. Vassal'lo-Sanz. Nuevas técnicas para el estudio de la calidad del agua. Comunicación oral y panel. *VIII Congreso Nacional de Medio Ambiente–Cumbre del Desarrollo Sostenible (CONAMA8)*. 27 de noviembre-1 de diciembre de 2006.
- [7] Estébanez, B., J. Gutiérrez-Ríos, J. Vassal'lo-Saco, A. Tazón & J. Vassal'lo-Sanz. The use of the fluorescence to the study of the water quality. Comunicación oral (J. Vassal'lo). *19th International Conference on Applied Electromagnetics and Communications*. Dubrovnik, Croacia. Septiembre 24-26, 2007.
- [8] García, R.F. 2008. *Espeleobuceo en Burgos, Cianobacterias en el Pozo Azul: ACF Nostoc*.  
<<http://espeleosub.blogspot.com/2000/01/las-cianobacterias-antecesoras-de-los.html>>  
[última consulta: mayo 2008].
- [9] ACF *Nostoc*: Alonso, P., A. Andrino, J. Ávila, R. Caparrós, M. Contreras, L. Corvo, A. Espí, B. Estébanez, M. Fernández-Mazuecos, I. Herrera, E. Jubera, M. La Calle, J. Luna, L. Martí, L. Morillo, A. Navajas, R. Ochoa, D. Orgaz, T. Ortiz, D. de la Puente, A. Quiroga, A. Ramírez, M. Rodríguez, A. Ruiz, J. de Toledo y J. Vassal'lo. The *Pozo Azul* Project: a research initiative by a group of University students in Madrid. *International Technology, Education and Development Conference*. Valencia, 7-9 de marzo, 2007.

- [10] ACF *Nostoc*: Alonso, P., Andrino, A., Ávila, J., Caparrós, R., Caravantes, J., Contreras, M., Corvo, L., Espí, A., Estébanez, B., Fernández-Mazuecos, M., Herrera, I., Jubera, E., La Calle, M., Luna, J., Martí, L., Morillo, L., Navajas, A., Ochoa, R., Orgaz, D., Ortiz, T., de la Puente, D., Quiroga, A., Ramírez, A., Rodríguez, M., Ruiz, A., de Toledo, J. y Vassal'lo, J. (2007). The *Pozo Azul* Project: a research initiative by a group of University students in Madrid. Código del artículo: 231430, 12 páginas. En: *INTED2007 Proceedings CD (INTED 2007: International Technology, Education and Development Conference 7th-9th March, 2007 Valencia. Proceedings.)* ISBN: 978-84-611-4517-1. IATED.
- [11] Ávila Jiménez, J., B. Estébanez Pérez, M. Fdez.-Mazuecos, D. Orgaz Álvarez, A. Ruiz Herranz & J. Vassal'lo Saco. The role of students' associations in scientific formation, research and outreach: the case of ACF *Nostoc* (UAM, Madrid). Comunicación oral (J. Ávila). *INTED 2008 (International Technology, Education and Development Conference 2008)*. Valencia, España. Marzo 3-5, 2008.
- [12] Ávila Jiménez, J., Estébanez Pérez, B., Fernández-Mazuecos Santa Teresa, M., Orgaz Álvarez, D., Ruiz Herranz, A. y Vassal'lo, J. (2008). The role of students' associations in scientific formation, research and outreach: the case of ACF *Nostoc* (UAM, Madrid). Código del artículo: 430, 10 páginas. En: Gómez Chova, L. D. Martí Belenguer, I. Candel Torres (eds.) *INTED 2008 Proceedings*, ISBN: 978-84-612-0190-7. IATED (International Association of Technology, Education and Development), Valencia.
- [13] Handelsman, J., D. Ebert-May, R. Beichner, P. Bruns, A. Chang, R. DeHaan, J. Gentile, S. Lauffer, J. Stewart, S.M. Tilghman & W.B. Wood (2004). Scientific teaching. *Science* 304: 521-522 (+ suppl.).
- [14] Huba, M.E. & J. E. Freed, J.E. 2000. *Learner-centered assessment on college campuses: shifting the focus from teaching to learning*. Allyn and Bacon. Boston, EE.UU.
- [15] European Ministers (2005). *The European Higher Education Area. Achieving the goals*. Communiqué of the Conference of European Ministers Responsible for Higher Education, Bergen, 19-20 May 2005.  
<[http://www.bologna-bergen2005.no/Docs/00-Main\\_doc/050520\\_Bergen\\_Communique.pdf](http://www.bologna-bergen2005.no/Docs/00-Main_doc/050520_Bergen_Communique.pdf)>

- [16] Comisión para la Renovación de las Metodologías Educativas en la Universidad. 2006. *Propuestas para la renovación de las metodologías educativas en la Universidad*. Ministerio de Educación y Ciencia, Secretaría de Estado de Universidades e Investigación.
- [17] Commission of the European Communities. 2003. Communication from the Commission, 5<sup>th</sup> February in Berlin. *The role of the universities in the Europe of knowledge*. <[http://www.bologna-berlin2003.de/pdf/rols\\_unis.pdf](http://www.bologna-berlin2003.de/pdf/rols_unis.pdf)>
- [18] Resolución de 1 de junio de 1999, de la Universidad Autónoma de Madrid, por la que se aprueba la publicación del plan de estudios de Licenciado en Biología, homologado por la Comisión Académica del Consejo de Universidades de fecha de 18 de mayo de 1999. *Boletín Oficial del Estado*, 18 de junio de 1999, núm. 145, págs. 23508-23517.  
[Disponible en <<http://www.boe.es/boe/dias/1999/06/18/pdfs/A23508-23517.pdf>> ]
- [19] Resolución de 29 de septiembre de 1999, de la Universidad Autónoma de Madrid, de corrección de errores de la de 1 de junio de 1999, por la que se publica el plan de estudios de Licenciado en Biología. *Boletín Oficial del Estado*, 18 de octubre de 1999, núm. 249, págs 36635- 36643.  
[Disponible en <<http://www.boe.es/boe/dias/1999/10/18/pdfs/A36635-36643.pdf>>]
- [20] UNESCO. 1999. Declaración sobre la Ciencia y el uso del saber científico en la Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el siglo XXI: Un nuevo compromiso. Budapest. <[http://www.unesco.org/science/wcs/esp/declaracion\\_s.htm](http://www.unesco.org/science/wcs/esp/declaracion_s.htm)>
- [21] European Commission. 2005. *Double Eurobarometer survey: Citizens, Science and Technology. RTD info. Special Issue*. November 2005.  
<[http://ec.europa.eu/research/rtdinfo/pdf/rtdspecial\\_euro\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/rtdinfo/pdf/rtdspecial_euro_en.pdf)>
- [22] European University Association. 2005. *Glasgow Declaration, 15<sup>th</sup> April, Strong universities of a strong Europe*.  
<[http://www.eua.be/eua/jsp/en/upload/Glasgow\\_Declaration.1114612714258.pdf](http://www.eua.be/eua/jsp/en/upload/Glasgow_Declaration.1114612714258.pdf)>
- [23] Commission of the European Communities. 2003. *Communication from the Commission, 5<sup>th</sup> February. The role of the universities in the Europe of knowledge*. <[http://www.bologna-berlin2003.de/pdf/rols\\_unis.pdf](http://www.bologna-berlin2003.de/pdf/rols_unis.pdf)>
- [24] Acón, M., B. Estébanez y R. Gamarra. 2008. ***Guía docente de Criptogamia (Algas y Arquegoniadas)***.  
<[http://www.adi.uam.es/centros/ciencias/innodoc/biologia/biologia\\_optativas2.htm](http://www.adi.uam.es/centros/ciencias/innodoc/biologia/biologia_optativas2.htm)>