

Gestión integral del ciclo del agua como elemento educador y de sensibilización ambiental en el Campus del Baix Llobregat de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC)

Pujadas, M.	Universidad Politécnica de Cataluña Tif: 93 401 18 93 e-mail: marta.pujadas@upc.es
Bruno, J.	Universidad Politécnica de Cataluña
Ferrer-Balas, D.	Universidad Politécnica de Cataluña
De Mingo, M.	Universidad Politécnica de Cataluña
Sans, R.	Universidad Politécnica de Cataluña

Índice

ÍNDICE	1
ANTECEDENTES	3
1. LA CONSTRUCCIÓN DEL LAGO DE LAMINACIÓN DEL CAMPUS DE CASTELLDEFELS	3
2. HISTORIA AMBIENTAL DE LA UPC	5
LA CALIDAD AMBIENTAL DEL LAGO. COLONIZACIÓN POR LA FLORA Y FAUNA DELTAICAS [9]	7
LA REACCIÓN AL PROBLEMA	10
1. LABORATORIO REAL	11
2. PROYECTO ITINERA	12
PROYECTO DE GESTIÓN INTEGRAL DEL LAGO DE LAMINACIÓN DEL CAMPUS DEL BAIX LLOBREGAT	14
1. ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO	14
2. SISTEMA INTEGRADO DE SEGUIMIENTO DE LOS INDICADORES DE CALIDAD AMBIENTAL	15
3. TRATAMIENTO PAISAJÍSTICO DE LOS ESPACIOS LIBRES DEL CAMPUS	16
4. ACTIVIDADES DE SENSIBILIZACIÓN DE LOS USUARIOS DEL PMT	16
CONCLUSIONES	17

ANEXO 1. ASPECTOS GENERALES DEL PLAN AMBIENTAL DE CASTELLDEFELS

18

REFERENCIAS

21

Antecedentes

1. La construcción del lago de laminación del campus de Castelldefels

La Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) fue construida en 1971, transformando lo que en 1968 fue la fundación del Instituto Politécnico Superior. Actualmente consta de 15 centros docentes, 40 departamentos, 3 centros adscritos consorciados, 4 centros adscritos y 13 bibliotecas y cuenta con unas 55.500 personas, la mayor parte estudiantes de primer y segundo ciclo (33.088) y estudiantes de formación continua (15.692). En sus centros se imparten estudios de Aeronáutica, Arquitectura y edificación, Ciencias de la salud, Economía, Ingeniería agrícola, Ingeniería civil, Ingeniería industrial, Ingeniería química, Informática, telecomunicaciones y multimedia, Matemáticas y estadística y Náutica.

A principios de los años 90 la UPC se planteó la necesidad de ampliar su oferta de estudios en ingeniería y al pensar en la posible ubicación de la nueva escuela puso su punto de mira en Castelldefels. El hecho que la comarca del Baix Llobregat, aunque marcadamente industrial, no dispusiera de ningún complejo universitario hizo tomar forma a un proyecto de parque tecnológico dónde universidad y empresa hablasen un mismo idioma y obtuvieran los beneficios que la proximidad espacial pudiera darles.

Así pues, se da paso a la creación del Parc Mediterrani de la Tecnologia (en adelante PMT) que empezó a funcionar en el año 2001. En este espacio confluyen actividades universitarias y de transferencia tecnológica (formación en ingeniería, centros de investigación, laboratorios de I+D+i) con la actividad de empresas de los sectores vinculados con las escuelas universitarias en él ubicadas. De esta forma, se consigue que las empresas conozcan los términos de la docencia y tengan la oportunidad de participar en ella y aportar experiencias reales, así como de aproximar el punto de vista del mercado a los estudiantes, ofreciéndoles cursar créditos prácticos o incluso sus proyectos de final de carrera. A la vez, los investigadores tienen la oportunidad de orientar sus temas hacia necesidades empresariales reales y fortalecer su actividad de investigación mediante la transferencia de tecnología que se ve altamente favorecida.

En términos globales el PMT, impulsado por el Departamento de Universidades, Investigación y Sociedad de la Información (DURSI), el Consell Comarcal del Baix Llobregat, el Ayuntamiento de Castelldefels y la Universidad Politécnica de Cataluña, representa un punto de encuentro entre universidad y empresa para fomentar y estimular el intercambio de formación, investigación, innovación y transferencia del conocimiento en diferentes especialidades, concretamente en Tecnologías de la información y las comunicaciones; Aeronáutica; Biotecnología y ingeniería agroalimentaria; Tecnologías del medio ambiente; Tecnologías de la luz y Tecnologías asociadas al territorio. Es en este marco conceptual y espacial dónde se ubica el Campus del Baix Llobregat de la UPC [1].



Foto 1. Vista general del PMT

El área geográfica del PMT se encuentra a unos 18 Km. de Barcelona y cerca de la desembocadura del río Llobregat, dentro del término municipal de Castelldefels. Se trata pues de terrenos deltáicos, lo cual le confiere unas características ambientales y ecológicas muy particulares.

Actualmente dispone de 202.000 m² de superficie edificable y un total de 38 hectáreas. Se prevé una inversión de alrededor de 210 millones de euros, al finalizar su construcción.

Los terrenos circundantes tienen una marcada tradición agrícola que actualmente se encuentra en receso, aun siendo todavía del 50%.

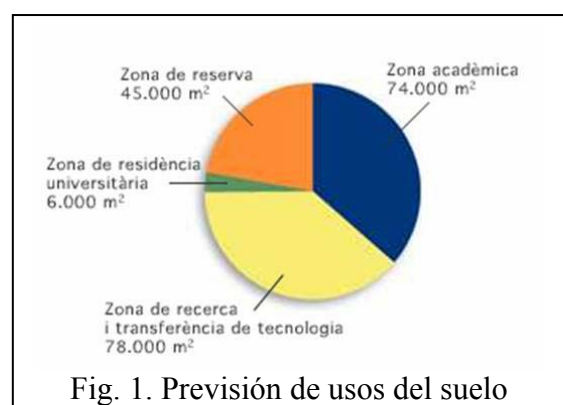
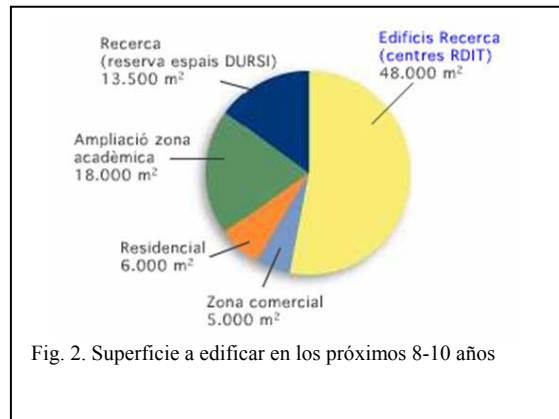


Fig. 1. Previsión de usos del suelo

El PMT está bien comunicado con Barcelona y su área metropolitana: por carretera a través de la autopista C-32 y el autovía C-31; por ferrocarril, la estación de tren de Castelldefels está situada sólo a 8 minutos a pie del campus, con una frecuencia de 4 trenes cada hora. La duración del trayecto hasta Barcelona es de 20 minutos. A sólo 7 Km. encontramos el aeropuerto internacional del Prat del Llobregat. Actualmente existen cuatro líneas de autobuses que dan servicio al campus desde las poblaciones de l'Hospitalet, El Prat de Llobregat, Viladecans, Gavà, Sant Boi, Barcelona, Esplugues, Cornellà y desde el propio municipio. Está prevista adicionalmente la llegada de una línea de ferrocarriles que mejoraría las comunicaciones con poblaciones más alejadas [2].



Hasta el momento se han instalado en el PMT dos centros universitarios (Escola Politècnica Superior de Castelldefels y Escola Superior d'Agricultura de Barcelona), cinco centros públicos de investigación (Institut de Geomàtica, IN3 Internet Interdisciplinary INstitute, Institut de Ciències Fotòniques, Centre Tecnològic de Telecomunicacions de Catalunya y Fundació i2CAT) y dos empresas privadas (Nortel Networks/Accenture y Tempos 21).

En 1997 la UPC y el municipio de Castelldefels llegaron a un acuerdo para la construcción de un lago de laminación en terrenos del PMT que sirviera de contención de las aguas de origen pluvial que, procedentes del municipio, lo inundaban periódicamente. El proyecto estaba condicionado por la conexión permanente del lago con la red de correderas de Castelldefels, de tal forma que la masa de agua del PMT se vería sometida a la influencia de las condiciones de calidad del agua que proviniera del municipio.

Con unas dimensiones de 1020 m de longitud, de 95 m a 17 m de amplitud y una profundidad de entre 1,5 m y 2 m según la época del año (en total unos 27.000 m² de superficie) fue construido simplemente excavando el subsuelo, que por ser deltaico disponía de un nivel freático muy elevado. Los márgenes fueron recubiertos con una malla geotéxtil para mantener su topografía permitiendo la invasión de las especies vegetales autóctonas. Rápidamente se produjo la colonización de especies vegetales típicas de ambientes inundados (hidrófitos y helófitos) que permitieron recuperar el ambiente que en otros tiempos hubiera habido.

Para facilitar la circulación de las aguas de lluvia en el campus, se diseñó un sistema de escorrentía superficial que dirigía el agua caída a través de los pendientes del terreno del PMT hacia el lago.

La construcción de esta laguna de laminación, que inicialmente respondía a objetivos puramente funcionales, se convertiría con el tiempo en un elemento significativo y representativo del campus (aunque de nueva creación y de origen antrópico), a la vez que supondría una contribución de alto valor natural y paisajístico, a la recuperación de los humedales típicos del litoral mediterráneo, actualmente en regresión debido a la presión ejercida por la actividad humana. Hoy en día es también un recurso educativo y de ocio para la comarca, los vecinos del municipio de Castelldefels y especialmente, para la comunidad universitaria en general. Algunas de las funciones que desempeña actualmente este espacio se detallan a continuación:



- Desde su creación la flora y la fauna típicas del delta del Llobregat han colonizado la zona convirtiéndola en área de nidificación de ciertas especies de aves de especial interés como el

- avetorillo común y el zampullín chico, y en zona de descanso de determinadas especies migratorias como el cormorán;
- Se ha convertido en una área lúdico-recreativa altamente frecuentada por determinadas tipologías de individuos del municipio: jubilados, propietarios de perros, ciclistas, corredores, etc.
- Se han desarrollado actividades formativas alrededor de este espacio, aprovechando las posibilidades ofrecidas por un escenario natural real dónde pueden aplicarse y desarrollarse multitud de aplicaciones vinculadas a los estudios impartidos por las escuelas de la UPC;
- Se ha convertido en elemento representativo del campus, así como en elemento sensibilizador de alta importancia debido al desarrollo de un proyecto de educación ambiental coordinado por el Plan de medio ambiente.

2. Historia ambiental de la UPC

En 1996 la Universidad Politécnica de Cataluña aprobó el Primer Plan de Medio Ambiente (1996-2001) con el propósito de introducir un elemento innovador en la gestión ambiental de la institución. La idea central era introducir el concepto de gestión ambiental global o integral en la universidad de tal modo que, los aspectos relacionados con el medio ambiente y la sostenibilidad no fuesen tomados en consideración ni atacados desde una perspectiva sectorial, sino como una unidad indivisible que incluyese los distintos procesos y actividades que pudieran tener lugar en una universidad (procesos administrativos, formativos, de investigación, de gestión, de mantenimiento, etc.).

Con el Primer Plan de medio ambiente la ambientalización de la universidad desde todos sus ámbitos funcionales empezó a tomar forma (anteriormente sólo se habían llevado a cabo actuaciones puntuales como las campañas de recogida selectiva, la promoción de la utilización de papel reciclado, la promoción del uso de modos de transporte sostenibles como la bicicleta o el transporte público, etc.), pero no fue hasta la aparición del 2º Plan de Medio Ambiente (2002-2005) que se consolidaron los cuatro ejes fundamentales de este proceso: formación, vida universitaria, edificación e investigación [3].



Fig. 3. Esquema funcional del Plan de Medio Ambiente

Una de las actuaciones claves del primer período fue el desarrollo de una estrategia de ambientalización en la construcción de los edificios. Este proceso provocó la publicación en 1998 del documento *Criterios ambientales en el diseño, la construcción y la utilización de los edificios* [4]. Este documento recogía un total de 210 criterios preventivos, 100 de los cuales prioritarios (priorizados en función de su viabilidad de ejecución), que abarcaban el diseño del ordenamiento urbanístico del lugar donde se construirían los edificios, el diseño de los propios edificios, la construcción de los edificios y su uso diario. En él se consideraban diferentes aspectos como el impacto ambiental, el consumo de agua, los residuos (materiales, sistemas constructivos, recogida selectiva), el consumo y la eficiencia energética y la calidad ambiental en el interior de las edificaciones, así como su mantenimiento.

El objetivo del proyecto era reducir el impacto ambiental producido en los edificios de la UPC mediante un diseño, construcción y utilización que considerase el medio ambiente de forma integrada: aumentar el confort y la productividad de las personas, reducir los residuos y la contaminación, minimizar los costes energéticos de operación y mantenimiento y aumentar la durabilidad y la seguridad de los edificios.

Envuelta en esta atmósfera de integración ambiental de los diferentes elementos constitutivos de la universidad, la Coordinación del Plan de Medio Ambiente concibió rápidamente la construcción del Campus del Baix Llobregat como una oportunidad única para demostrar que universidad y sostenibilidad podían ir cogidas de la mano, y con este objetivo planeó un proceso a corto, medio y largo plazo para convertir el campus en un modelo de Desarrollo sostenible, dónde el impacto ambiental en todas las fases de su desarrollo (planeamiento, edificación y uso posterior de las instalaciones) estuviera llevado a la mínima expresión. El objetivo era desarrollar una política ambiental preventiva y global que abarcara desde la inserción de las instalaciones en el territorio, la protección del suelo y la vegetación, el ciclo del agua, la contaminación acústica, movilidad, redes y instalaciones, eficiencia energética de los edificios, materiales de construcción y la gestión de los residuos, sin olvidar los procesos de sensibilización ambiental.

Basándose en el documento de *Criterios ambientales en el diseño, la construcción y la utilización de los edificios* y partiendo de la visión estratégica concebida en el PMT, la Coordinación del Plan de Medio Ambiente decidió diseñar el **Plan ambiental del campus de Castelldefels** [5] y marcar así, unas directrices de diseño, construcción y uso del campus que incorporasen criterios de sostenibilidad. El proyecto fue seleccionado como proyecto objetivo del programa Thermie de la Unión Europea (1999-2000), con lo que pudo llevarse a cabo con financiación europea.



Fig. 4. Plan ambiental del campus de Castelldefels

Para la elaboración de este documento se realizó una diagnosis ambiental del campus que identificó los aspectos ambientales críticos del PMT y basándose en ellos, se establecieron los ocho ámbitos de actuación prioritarios (ver detalle de aspectos en el anexo 1):

1. Suelo y vegetación
2. Agua
3. Contaminación acústica
4. Movilidad
5. Redes y instalaciones
6. Eficiencia energética
7. Materiales y residuos
8. Aspectos globales

En la elaboración y aplicación del Plan ambiental participaron la UPC (a través de la Escuela Politécnica Superior de Castelldefels, el Departamento de Construcciones

Arquitectónicas I, el Servicio de Obras y Mantenimiento, la Oficina de Seguridad, Salud Laboral y Medio Ambiente y la Coordinación del Plan de Medio Ambiente), la empresa rpq arquitectura, s.l., el Institut Català del Sòl (INCASOL), el Ayuntamiento de Castelldefels y el Institut Cerdà.

El marco normativo

La creación de una masa de agua con carácter de zona húmeda como la que tuvo lugar en el PMT, aunque de origen antrópico, no está absenta de la protección de la normativa ambiental existente. Es importante conocerla para establecer cual es el límite de actuación humana que puede albergar este nuevo recurso.

Es evidente que su construcción fue debida a unos objetivos previamente definidos, que pretendían minimizar los efectos producidos por las inundaciones del municipio, pero también es evidente que desde el momento en que este recurso se convirtió en hábitat de interés debido a las especies de flora y fauna que lo colonizaron y a su contribución para la recuperación de una de las tipologías de hábitat más fuertemente dañadas por el hombre en toda la costa mediterránea, esa finalidad para la cual fue construido ya no se puede obtener de cualquier forma y a cualquier precio. Es necesario que exista un control exhaustivo y continuado de su calidad ambiental y que sean tomadas en consideración ciertas actuaciones para poder impedir la destrucción del hábitat recuperado.

La Directiva hábitats (UE-1992) [6] representa el instrumento más importante de aplicación en todo el territorio de la Unión Europea para la conservación de los hábitats, las especies y la biodiversidad. Fomenta el desarrollo de acciones educativas e informativas a escala general para garantizar la protección de las especies de fauna y flora silvestres y conservar sus hábitats, así como los hábitats naturales. Uno de los grandes objetivos de esta directiva es crear la Red Natura 2000 para la conservación de los hábitats naturales y de los hábitats de las especies. Según esta directiva un hábitat se encuentra en un estado de conservación favorable cuando [7]:

- Su área de distribución natural y las superficies del hábitat comprendidas dentro de esta área son estables o están aumentando;
- La estructura y funciones específicas necesarias para su mantenimiento a largo término existen y pueden seguir existiendo en un futuro previsible;
- El estado de conservación de sus especies características es favorable;

Una especie se considera que se encuentra en un estado de conservación favorable cuando:

- Los datos sobre la dinámica de las poblaciones de la especie en cuestión indican que ésta sigue, y puede seguir, constituyendo a largo término un elemento vital de los hábitats a los que pertenece;
- El área de distribución natural de la especie no se está reduciendo ni está amenazada de ser reducida en un futuro previsible;
- Existe y probablemente seguirá existiendo un hábitat de extensión suficiente para mantener sus poblaciones a largo término.

Para cumplir los objetivos marcados en esta directiva se definen en ella las zonas de especial protección para las aves (ZEPA), que son denominadas por los estados miembros, pasando a formar parte automáticamente de la Red Natura 2000.

Con esta finalidad Cataluña ha desarrollado la Estrategia catalana para la conservación y el uso sostenible de la diversidad biológica que comparte los grandes objetivos de la estrategia comunitaria y incorpora la especificidad de la sensibilidad catalana con relación a los retos ambientales. Esta estrategia, que incluye la rehabilitación, la restauración y la **creación** de espacios naturales, propuso en 1994 la denominación ZEPA de la directiva europea para el delta del Llobregat, incluyéndolo así en el ámbito de protección de esta normativa comunitaria, y con él el lago de laminación del Campus del Baix Llobregat.

Por último, a escala internacional el Convenio RAMSAR para la protección de las zonas húmedas de 1971 [8] establece la necesidad de conservar y hacer buen uso de las zonas húmedas, especialmente para la protección de los hábitats de las aves acuáticas, reconociendo que las zonas de humedales son ecosistemas extremadamente importantes para la conservación de la biodiversidad en general y para el bienestar de las comunidades humanas.

La calidad ambiental del lago. Colonización por la flora y fauna deltaicas [9]

El río Llobregat desemboca en el mar Mediterráneo formando un amplio delta, el segundo en extensión de Cataluña (97 Km²). Estos terrenos han sido modelados durante miles de años por la acción erosiva del mar y por los procesos de transporte y sedimentación asociados al río, que han formado un paisaje de marismas y lagunas, de las cuales hoy día solamente quedan pequeños testimonios.

La gran capacidad de las personas para modificar el entorno natural se refleja ampliamente en el delta del Llobregat, donde desde el siglo XV se ha producido la transformación de los antiguos humedales en terrenos agrícolas, urbanos e industriales, a un ritmo vertiginoso especialmente durante el siglo XX.

Actualmente la plana deltaica está altamente humanizada y representa un extenso mosaico de cultivos, polígonos industriales, redes y infraestructuras de comunicación y zonas urbanizadas, donde aún sobreviven pequeñas extensiones de los humedales que hace pocos siglos cubrían todo el territorio.

Así pues, los terrenos dónde se ubica el PMT son terrenos deltaicos, muy jóvenes, creados entre los siglos X y XV, disponiendo de un acuífero deltaico de 110 m. de profundidad.

Durante la primera fase constructiva del lago (1998-2000) las aguas del freático afloraron con una calidad excepcional, transparentes y sin signos de eutrofización (ausencia de nitratos y fosfatos). Los análisis realizados confirmaron su calidad, a la vez que daban a conocer la gran heterogeneidad de los contenidos en sales del agua. Empezaron a colonizar el sistema especies como *Chara aspera*, *Ruppia maritima* y *Chara globularis*. La falta de nutrientes disueltos en el agua permitió una rápida colonización de la vegetación sumergida, llegando a ser el recubrimiento del lago cerca del 100%.



Foto 3. Anea

En esta época se inventariaron hasta un total de seis especies de hidrófitos.

Paralelamente se produjo la colonización espontánea por parte de la vegetación helofítica con un predominio de la anea (*Typha dominguensis*), mientras que el carrizo (*Phragmites australis*) colonizó exclusivamente los márgenes del lago en áreas localizadas.

Entre 1999 y 2000 se pudo observar en el lago la aparición de diferentes especies animales que daban habida cuenta de los procesos de maduración del hábitat que estaban teniendo lugar. Colonizaron el lugar algunas parejas de zampullín chico (*Tachybaptus ruficollis*) que indicaban que las poblaciones de macroinvertebrados acuáticos eran numerosas; la rana verde (*Rana perezi*) y la culebra viperina (*Natrix maura*); el ánade real (*Anas platyrhynchos*); la polla de agua (*Gallinula chloropus*); el abejaruco común (*Merops apiaster*); cuatro individuos de garcilla cangrejera (*Ardeola ralloides*); algunos ejemplares de garza imperial (*Ardea purpurea*) que aprovechaban el espacio para descansar y recuperar energías para su viaje transahariano; y algunos ejemplares de patos colorados (*Netta rufina*).

En el segundo periodo (2001-2004) el lago ya disponía de su aspecto actual con los márgenes compactados y se empezaba a plantar y regar el césped de los márgenes. La vegetación helofítica llegó a su máximo de recubrimiento y la colonización por la flora y fauna continuó, apareciendo una pequeña población de fochas comunes (*Fulica atra*); incrementando, espectacularmente, la población de pollas de agua y de zampullines chicos; y aparecieron nuevas especies, como el porrón común (*Aythya ferina*) o la gaviota reidora (*Larus ridibundus*), favorecida por el hábito adquirido por algunas personas, visitantes regulares del lugar, de dar alimento a los patos.

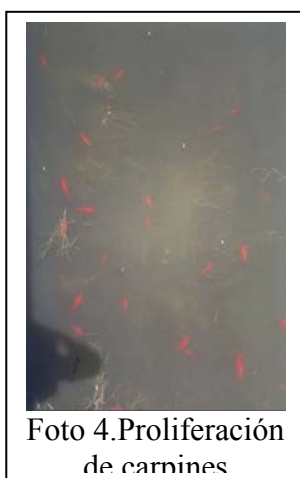


Foto 4. Proliferación de carpinos

Durante la primavera se volvió a ver abejarucos comunes en la zona y se empezó a ver carpines (*Carassius auratus*), un tipo de carpas pequeñas típicas de acuarios de agua dulce, que con toda seguridad habían sido liberados por particulares. Este hecho representó un punto de inflexión en la evolución del sistema. La población de estos peces incrementó espectacularmente hasta el punto que llegó a ser habitual ver grupos formados por centenares de individuos sumergidos en la superficie cuando alguien lanzaba trozos de pan.

A partir de ese momento, los niveles de eutrofización del lago fueron incrementando a consecuencia de la combinación de distintos factores como el hábito de lanzar alimento a los animales adquirido por algunos visitantes; la presencia continuada de aves acuáticas, los excrementos de las cuales contienen gran cantidad de nitrógeno; algunos vertidos puntuales incontrolados de carga orgánica procedentes de las actividades industriales de los alrededores y transportados hasta el lago a través de la red de

correderas; y posiblemente, la aportación de nitratos y fosfatos procedentes de los productos fitosanitarios utilizados en los cultivos y zonas verdes afectadas por el área de aporte de aguas de escorrentía. Todo esto propició la pérdida de calidad de las aguas y contribuyó a enturbiarlas, al removerse constantemente el fondo limoso del lago.

Durante el verano de 2002 el agua de la mayor parte del lago presentaba un color marrón chocolate y las ranas habían desaparecido. En muchas zonas se podía observar grupos de peces que subían a la superficie para respirar aire, lo cual ponía de manifiesto las condiciones de falta de oxígeno en que se encontraba el agua.

En primavera-verano de 2002 se realizaron las primeras observaciones de avetorillo común (*Ixobrychus minutus*), aunque hasta la actualidad sólo se ha podido comprobar la presencia de otra pareja que, a causa de su carácter tímido podrían haber pasado desapercibida durante este tiempo. Esta especie está protegida a nivel comunitario y es una de las más interesantes de este entorno.

A finales de verano se empezaron a ver garzas reales (*Ardea cinerea*) y garcetas comunes (*Egretta garzetta*) y a mediados de noviembre se observó la presencia de un pequeño grupo de cormoranes grandes (*Phalacrocorax carbo*), que se dedicaban a pescar carpines haciendo bajar significativamente la población de peces. Este grupo llegó a los 40 ejemplares.

Los procesos de bioturbación y depredación generados por la gran cantidad de peces aparecidos en este período supuso un serio problema para el mantenimiento de la calidad de las aguas. El desarrollo de los vegetales hidrófitos (organismos capaces de retirar nutrientes en suspensión del agua y el sedimento) se vio limitado provocando la rápida desaparición de cinco de las seis especies de vegetales hidrófitos existentes en la zona y dañando seriamente las poblaciones de *Potamogeton pectinatus*.

La presencia continuada de nutrientes en suspensión en el agua permitió la proliferación del fitoplancton y del zooplancton, hecho que incrementó todavía más la turbidez del agua.

La población de pollas de agua llegó al centenar de ejemplares y la de fochas comunes se mantuvo en el medio centenar. Desgraciadamente la población de zampullines chicos retrocedió y actualmente ya sólo se pueden ver tres parejas, lo cual es seguramente consecuencia de la pérdida de calidad ambiental del entorno.



Foto 5. Cormoranes secándose las alas en los márgenes del lago

La calidad de las aguas durante el verano de 2003 fue muy mala. Se imputó la causa a filtraciones de agua sucia provenientes de la corredera vecina, aunque no se pudo probar. Este hecho empezó a afectar negativamente la anea, que disminuyó significativamente respecto el año anterior. Actualmente, únicamente la parte más central del lago mantiene aún sus prados de *Potamogeton* y algunas masas de anea en mejor estado; pero la tendencia a la regresión de esta especie puede ser determinante para el futuro mantenimiento de las poblaciones de aves nidificantes.

Este seguimiento de la flora y la fauna del lago se completó mediante el análisis de parámetros físico-químicos y morfológicos del lago.

Como resultado de todos estos estudios cabe concluir que la calidad del agua del lago ha ido empeorando debido a procesos de eutrofización que actualmente ponen en peligro no sólo las condiciones necesarias para la vida de estas especies, sino también la preservación de la calidad del acuífero del cual toma las aguas el lago.

La reacción al problema

Los problemas de contaminación detectados en el lago inducían a plantear una estrategia a corto, medio y largo plazo para evitar que desencadenaran un proceso de contaminación irreversible, que acabara con la pérdida definitiva del hábitat. Pero esto no era posible sin conocer previamente el origen del problema, delimitarlo y aplicar las medidas correctoras y posteriormente, preventivas, necesarias para frenar esos efectos.

Teniendo en cuenta que los terrenos se asentaban en una zona con marcada tradición agrícola una de las primeras suposiciones que podían realizarse era la aportación de nitratos y fosfatos desde los terrenos circundantes hasta el agua del subsuelo. Pero no era la única causa que podía influir: la presencia de vertidos incontrolados de las industrias de los alrededores, que en otras ocasiones ya habían afectado las correderas pluviales procedentes del municipio y conectadas con el acuífero; la existencia de bolsas de vertidos incontrolados bajo tierra a lo largo de toda la comarca, con origen en un período industrial en qué las leyes ambientales todavía no ahuyentaban al empresario y que podían desprender lixiviados al acuífero [10]; la salinización del agua debido a la intrusión del agua de mar, etc. eran otros factores que se debían estudiar.

Con esta finalidad se iniciaron en el año 2001 una serie de analíticas de los parámetros físicos, químicos y biológicos del lago y las correderas vecinas, que pusieron de manifiesto la contaminación que afectaba el lago, pero no permitieron definir su origen [11].

Estado ecológico	Transparencia	Fitoplancton	Macrófitos		
	Disco de Secchi (m)	Clorofila (µg/L)	Comunidad	Nº especies	Abundancia
Muy bueno	>3	<10	Caracias	>10	2
Bueno	>3	11-20	Caracias	>10	2
Mediocre	2-2,9	21-30	<i>Potamogeton</i>	<10>3	3
Deficiente	1,0-1,9	31-51	Otros	<3>0	1
Malo	<0,9	>51	Absente	0	0

La preocupación por este hecho, junto con el compromiso adquirido en el Plan ambiental del campus de Castelldefels, por el cual se debía actuar sobre los ocho aspectos ambientales prioritarios del PMT, llevó a la Coordinación del Plan de Medio Ambiente a proponer una fórmula para poder estudiar más detenidamente el sistema con los limitados recursos de qué disponía la universidad. Así surgió la propuesta del programa Laboratorio REAL [12], que pretendía financiar proyectos de investigación en relación con los problemas ambientales detectados en el campus, propiciando a la vez la creación y/o la potenciación de líneas con carácter ambiental y/o sostenibilista entre los grupos de investigación de la UPC.

Más tarde, ya en el año 2003, empezó a tomar forma una idea para poder sacar un beneficio educativo y social de los diferentes aspectos de interés ambiental del campus (proyecto ITINERA) [13], y poder propiciar entre los diferentes agentes sociales con intereses o influencia en el PMT, una alta sensibilización respecto a la necesidad de preservar los recursos naturales disponibles y de favorecer actuaciones de mejora de la calidad del entorno.

1. Laboratorio REAL

El programa Investigación para la Excelencia Ambiental del Campus del Baix Llobregat (Laboratorio REAL) nace en 2001 con la finalidad de llevar a cabo las directrices marcadas en el Plan ambiental del campus.

Ubicado en el PMT, representó un marco desde el cual desarrollar proyectos de investigación que tuvieran el campus (o la UPC) como escenario y que pretendieran la integración de criterios de sostenibilidad en su desarrollo, tanto en la fase de diseño y ejecución, como en la posterior etapa de funcionamiento.

Coordinado por la Investigación ambiental y el Plan de medio ambiente de la UPC comprendía y integraba todos sus ámbitos de actuación: formación, investigación, vida universitaria y comunicación.

Su objetivo principal era compilar y ejecutar los proyectos de investigación necesarios para poder llevar a la práctica los diferentes proyectos y actuaciones que aparecían en el Plan ambiental, en términos generales, ejecutar un proyecto pionero de investigación aplicada, de carácter global y multidisciplinario, que integrase las diferentes capacidades de investigación de la UPC, y que abarcase los diferentes aspectos ambientales en todos y cada uno de los ámbitos que conformaban el nuevo campus de la UPC en Castelldefels.

En octubre de 2001 se publicó la primera convocatoria de este programa. Se abrió un período de presentación de propuestas que terminó con la selección de nueve grandes proyectos que representaron finalmente, 11 trabajos de investigación (ver anexo 2).

En total 12 grupos, 10 grupos de la UPC y 2 grupos externos (uno de la Universidad de Barcelona y uno de United Research Systems, una empresa consultora) y 48 personas (28 profesores, 4 investigadores, 1 técnico de laboratorio, 8 estudiantes de doctorado y 7 estudiantes de 2º ciclo) iniciaron sus trabajos de investigación alrededor del campus. Para llevarlos a cabo se dispuso de una dotación presupuestaria de casi 90.000 €.

Entorno al lago se desarrollaron los proyectos detallados a continuación:

- **Seguimiento limnológico y propuestas de gestión para el lago de laminación del PMT (seguimiento de los parámetros físicos, químicos y biológicos)** [11]. El estudio pretendía realizar el seguimiento de los diferentes compartimentos biológicos del lago de laminación para detectar las condiciones físicas, químicas y biológicas del recurso, que permitieran mostrar la evolución de la calidad de sus aguas.
- **Control de la contaminación por metales pesados en el lago de laminación del campus de Castelldefels** [14]. Estudio de la calidad de las aguas analizando el contenido en agua y sedimentos de compuestos orgánicos (hidrocarburos aromáticos policíclicos) y compuestos inorgánicos (cationes y aniones, metales pesados, sulfuros, fosfatos y amonio). Se medían también parámetros físicos y químicos (temperatura, pH, turbidez, oxígeno disuelto, conductividad, potencial redox, DQO, DBO5, sólidos en suspensión y carbono orgánico total), que complementaban el estudio anterior.
- **Geoquímica orgánica del lago de laminación del campus de Castelldefels** [14]. Estudio de la contaminación fecal mediante el análisis de los esteroides en las aguas del lago. El estudio pretendía mostrar el estado ambiental de las aguas mediante una aproximación cualitativa y cuantitativa a los biomarcadores asociados a la evolución geoquímica de los sedimentos y las aguas del lago.
- **Sistema de adquisición y análisis de datos para el seguimiento de la calidad del agua** [15]. El proyecto desarrollaba un sistema electrónico y un software para monitorizar el seguimiento de la calidad del agua del lago. Desarrollaba una herramienta eficaz para poder disponer en todo momento de indicadores ambientales que alertaran de fenómenos de contaminación ambiental que pudieran producirse en el espacio de estudio. Se basaba en una red de sensores locales, un sistema de telemetría para conectar los diferentes sensores a una base de datos asociada a un sistema de explotación.
- **Propuesta de mejora paisajística y ambiental del campus de Castelldefels** [16]. Los objetivos de esta propuesta eran la ordenación del tratamiento paisajístico de los espacios

libres del campus, para conseguir un espacio de uso colectivo de alto valor tanto desde el punto de vista formal como ambiental. Se definieron ámbitos de uso diferenciados, uno de los cuales era el lago de laminación del campus. En este sentido se establecían toda una serie de propuestas de gestión y tratamiento paisajístico con el objetivo de combinar la preservación del hábitat con el uso antrópico que debía albergar. Estas propuestas se debían considerar como base para la formalización de las pautas que organizarían el espacio desde el punto de vista natural.

Estos cinco proyectos tenían el objetivo de establecer una propuesta de gestión integral del área del lago basándose en los procesos de contaminación que se hubieran detectado. No obstante, la puesta en común de la información recopilada en ellos no consiguió definir exactamente la causa de la pérdida de calidad del lago, aunque se aventuraron diversas hipótesis. Probablemente lo que provocaba la pérdida de calidad del lago era la combinación de todas ellas por lo que, el siguiente paso, debía consistir en desarrollar una propuesta de gestión integral del entorno que:

1. Estudiara los procesos hidrogeológicos que estuvieran teniendo lugar en el campus para establecer la conexión entre los diferentes accidentes hidrológicos, el impacto del lago sobre el acuífero, el funcionamiento de los procesos de transporte de contaminantes y elaborar un modelo de simulación de la evolución del acuífero según en función de diferentes condiciones.
2. Realizara el seguimiento y control sistemático de los parámetros de calidad del agua de forma automatizada, y desarrollar una herramienta de gestión eficiente que permitiera prever con suficiente antelación cualquier posible fenómeno de contaminación que perjudicara gravemente el medio.
3. Ejecutara un planeamiento paisajístico que potenciara el desarrollo de este nuevo espacio natural, protegiera y preservara el hábitat de las diferentes especies de flora y fauna colonizadoras del lago y concentrara la actividad antrópica en áreas controladas a partir de las cuales no se pudiera interferir en el desarrollo natural de estas especies.
4. Promoviera una campaña de sensibilización destinada a la comunidad universitaria y a los vecinos del municipio para darles a conocer las propiedades ambientales del lago, los peligros que ciertos hábitos considerados inocuos como el dar alimento a los animales o arrojar al agua especies exóticas típicas de ambientes domésticos pudieran comportar y para contribuir al reconocimiento local de las zonas húmedas.

2. Proyecto ITINERA

Aprovechando el interés del campus como espacio semiurbano en el que se combinan aspectos naturalísticos con tecnológicos, y como primer paso para conseguir la sensibilización necesaria para proteger el campus de los malos hábitos humanos se diseñó una actividad formativa y de sensibilización ambiental que pudiera revertir en la comunidad universitaria y en otros colectivos externos a la universidad. Con esta finalidad nació el proyecto Itinera, como un medio para dar relevancia, difusión y consolidación a un abanico de iniciativas que se habían ido desarrollando en el campus del Baix Llobregat, así como para impulsar nuevas actuaciones que solidificasen todavía más los proyectos iniciados. El núcleo visible del proyecto Itinera consistía en un itinerario ambiental que recorría el Campus del Baix Llobregat, y en el que se describían doce puntos de interés ambiental (Figura 7).

Este itinerario abordaba aspectos naturalísticos, tecnológicos y de carácter social, con un enfoque que ponía el acento en destacar las problemáticas ambientales identificadas, los valores ambientales existentes y las actuaciones ambientales realizadas. Se pretendía que en las acciones formativas y de sensibilización realizadas alrededor del itinerario ambiental se recogiesen y contrapusiesen estos tres elementos con el objeto de generar una conciencia crítica por parte de los participantes.

Para desarrollarlo se sumaron esfuerzos con el Programa de Voluntariado y Participación Solidaria (PVPS) de la UPC, encargado de tejer puntos de contacto entre la universidad y la sociedad mediante proyectos de cooperación y de voluntariado. El producto de la colaboración fue el diseño de un proyecto de participación, en el que los estudiantes universitarios formados mediante una asignatura de libre elección actuarían como guías del itinerario en visitas programadas con centros

escolares de secundaria. Se preveía que esta fórmula pudiera aportar múltiples potencialidades dado que:

1. Generaría un valor añadido en la acción formativa de los estudiantes universitarios,
2. Crearía vínculos con centros educativos e instituciones de un entorno geográfico próximo, y como aspecto nuclear,
3. Posibilitaría un contacto entre estudiantes universitarios y de secundaria que se preveía pudiera suponer una buena fórmula de sensibilización ambiental.

1. Diseño ambiental del campus
2. La huella humana en el delta del Llobregat
3. El campus, un escenario más en el ciclo del agua
4. El Campus dentro del ecosistema
5. Los otros habitantes del campus. Las aves
6. Los otros habitantes del campus. Los vertebrados
7. El campus. Una aproximación a la vegetación
8. Aprovechamiento solar en los edificios
9. Acceso al Campus. La necesidad de una movilidad sostenible
10. La reducción en el consumo energético de los edificios
11. Medidas de aprovechamiento del agua en el Campus
12. El Campus en el ciclo de los residuos



Fig. 6. Mapa del itinerario y relación de puntos de interés ambiental

Por otra parte, la importancia de la componente formativa en el proyecto hacía necesaria la implicación de los centros docentes; de esta manera se inició la colaboración con la Escuela Superior de Agricultura de Barcelona (ESAB) y la Escuela Politécnica Superior de Castelldefels (EPSC), ambas ubicadas en el Campus del Baix Llobregat, con el objeto de impulsar la creación de la asignatura que tendría que formar a los estudiantes universitarios como guías ambientales del itinerario.

En el curso 2003-2004 se realizó la prueba piloto de la iniciativa ofreciendo, en primer lugar, la asignatura de libre elección a los estudiantes, en la que participaban profesores de ambas escuelas y realizando, posteriormente, el guiaje en colaboración con un centro de secundaria del municipio de Castelldefels, el IES Mediterránea, mediante el contacto del Ayuntamiento del mismo municipio.

Se programaron tres días de recorrido en los que en total asistieron un centenar de alumnos de secundaria. El itinerario tenía una duración de 2 horas en las cuales los estudiantes universitarios iban describiendo los diferentes puntos de interés ambiental, con el apoyo de una guía editada en papel del recorrido, y en el que se intercalaban preguntas y comentarios por parte de los estudiantes de secundaria.

La participación de profesorado de la ESAB y la EPSC como docentes de la asignatura motivó un mayor conocimiento de la realidad ambiental del Campus por parte de este colectivo e inició o consolidó su interés por las cuestiones que afectan al campus, en especial la pérdida de la calidad ambiental del lago. Los ocho profesores participantes tuvieron que prepararse los contenidos de la asignatura, por una parte recogiendo cuestiones teóricas o generales, y por otra, introduciendo ejemplos y explicaciones relacionadas directamente



Foto 6. Visitas al campus

con el itinerario ambiental. La tarea de reunir información, explorar el campus, hacer fotografías, etc. supuso en sí misma una acción (in)formativa hacia el profesorado, que de acuerdo con la evaluación realizada con ellos una vez finalizada la asignatura, también supuso una mayor motivación y sensibilización hacia ese problema.

De acuerdo con la evaluación realizada con los coordinadores de la asignatura las dos escuelas implicadas manifestaron su interés en seguir cooperando en proyectos relativos a la ambientalización del campus que pudieran mejorar su calidad ambiental y una mayor aproximación de los estudiantes a estas cuestiones.

El valor formativo de la asignatura para los estudiantes radicaba en dos puntos principales: el primero, que conocieran y respetaran el entorno en el que desarrollaban su actividad diaria y el segundo, que se dieran cuenta que la ejecución de cualquier proyecto u obra requiere considerar todos los posibles impactos que se derivan para intentar reducirlos.

Pero el efecto más visible del proyecto Itinera recayó sobre el alumnado de secundaria. La mayor parte de los alumnos que participaron en el itinerario no habían estado antes en el Campus, y aquellos que sí habían estado no conocían sus valores ambientales. Por tanto, antes de participar en este itinerario no eran conscientes de los efectos negativos que ciertos comportamientos podían tener. Algunos de los hábitos más extendidos entre los alumnos en áreas similares al campus consistían en arrojar papeles al suelo, tirar piedras al lago o acceder y desplazarse dentro de ellos mediante vehículos motorizados. Una vez finalizado el recorrido algunos alumnos manifestaron la voluntad de cambiar estos comportamientos poco cívicos o al menos, plantearse los efectos de sus actuaciones antes de realizarlas.

Proyecto de gestión integral del lago de laminación del Campus del Baix Llobregat

Así pues, la evaluación realizada en estos dos proyectos, Laboratorio REAL e Itinera, ha asentado las directrices básicas para elaborar una propuesta de gestión integral del lago. En base a ello se propone un plan de acción a tres años vista para reducir la contaminación del medio y prevenir la reaparición de los procesos que la han provocado; proteger el hábitat amenazado, realizar un seguimiento de los parámetros de calidad del lago y usarlo como recurso educativo y modelo demostrativo de la integración universidad-empresa-municipio.

Los objetivos del proyecto son:

1. Elaborar un estudio hidrogeológico para conocer con más detalle el impacto del lago en el acuífero y viceversa, los efectos de la conexión de sus aguas con las de las correderas, la calidad y la posible contaminación del agua y del suelo, y en general, establecer un sistema de gestión que permita optimizar el ciclo del agua en el PMT.
2. Establecer un protocolo de seguimiento de los indicadores de calidad ambiental del lago y implantar un sistema integrado de seguimiento de estos parámetros.
3. Ejecutar la ordenación paisajística de los espacios libres del campus.
4. Promover la sensibilización y la concienciación de los usuarios del campus y de los vecinos del municipio, así como de cualquier visitante que pueda tener.

Para llevar a cabo estos cuatro objetivos no partimos de cero, sino que debemos basarnos en los trabajos de investigación elaborados en el marco del programa Laboratorio REAL y fortaleciendo y complementando las acciones desarrolladas en el proyecto Itinera.

El proyecto se ha planteado con una duración de aproximadamente tres años y con un presupuesto estimado de 150.000€, lo cual representa el máximo limitante a su ejecución.

1. Estudio hidrogeológico

La realización del estudio hidrogeológico responde a la necesidad de conocer más a fondo los procesos hidrológicos que tienen lugar en el campus y que deben utilizarse como información de referencia para la ejecución de cualquier actuación que pueda afectar el ciclo del agua; establecer la pauta de distribución de los contaminantes a lo largo de la cuenca y los mecanismos de transporte que puedan afectar y alterar las condiciones de calidad ambiental del lago, y por tanto, del hábitat de las especies que alberga.

Para ello el estudio marca unos objetivos específico:

1. Descripción del flujo de agua subterráneo.
2. Elaboración del mapa del nivel piezométrico.
3. Descripción de la composición química del agua.
4. Cálculo del balance hídrico.
5. Realización de un modelo numérico del flujo de agua y transporte de contaminantes.

Con toda esta información se podrá realizar un inventario completo de los puntos de agua subterránea del campus; la determinación de la conexión entre las agua de los diferentes accidentes hidrológicos (corredera, lago, acuífero, canal), poniendo especial énfasis en la posible influencia entre la corredera y el lago; la evaluación del impacto del lago sobre el acuífero; la determinación de la causa de la pérdida de calidad del agua; el establecimiento del tiempo de tránsito de posibles contaminantes; el estudio de la posible contaminación del agua subterránea por nitratos y fosfatos; y la simulación de la evolución del acuífero según las diferentes actuaciones propuestas.

2. Sistema integrado de seguimiento de los indicadores de calidad ambiental

Las diferentes campañas de toma de muestras del agua y de los sedimentos del lago y de las correderas anexas hechas desde el año 2001 demuestran que ha habido una pérdida progresiva de la calidad de esta agua. El seguimiento limnológico realizado en el lago hasta el momento incluye parámetros morfológicos (variación del nivel de agua y caracterización del sustrato del fondo y de los márgenes); parámetros fisicoquímicos (transparencia, condiciones térmicas, de oxigenación, salinidad, pH, nutrientes, contaminantes orgánicos, compuestos inorgánicos y metales pesados); y parámetros biológicos (fitoplancton, macrófitos, zooplancton, invertebrados bentónicos y peces).

Este seguimiento ha permitido detectar episodios puntuales de contaminación orgánica en el lago, hecho que ha puesto de manifiesto la necesidad de continuar realizándolo como medida preventiva y de control.

No obstante, la Directiva marco del agua 2000/60/CE establece el protocolo que actualmente se debe seguir en función de la tipología del recurso. El proyecto propone aplicar esta normativa al lago de laminación para poder garantizar, tal y como indica la normativa europea, el buen estado ecológico del sistema.

Así pues, se diseñaría un protocolo de seguimiento de los indicadores de la calidad ambiental del lago y un programa de seguimiento y evaluación de los mismos.

A la vez, la capacidad tecnológica actual permite mejorar y hacer más eficientes los sistemas de adquisición y análisis de datos para el seguimiento de los parámetros de calidad del agua incorporando el uso de redes de sensores remotos y sistemas de telemetría.

Debido que la UPC y en especial, la Escuela Politécnica Superior de Castelldefels, dispone de un potencial técnico y humano capaz de realizarlo el proyecto propone aplicar un sistema de análisis on-line de los parámetros fisicoquímicos del lago, que comporte la captura de datos en tiempo real y su almacenamiento en una base de datos que pueda ser explotada posteriormente.



Foto 7. Sensor de luz para medición de parámetros ambientales

La importancia de esta acción radica en el hecho de poder mantener un sistema de información que recoja información continuada de los parámetros analizados y utilizarla como herramienta de

toma de decisiones y recurso educativo de la propia universidad y otros centros formativos de ciclos inferiores.

3. Tratamiento paisajístico de los espacios libres del campus

El Campus del Baix Llobregat dispone actualmente de varias áreas diferenciadas susceptibles de acoger diferentes usos. Los usuarios de estos espacios tienen perfiles muy variados: estudiantes universitarios, trabajadores de los centros docentes y de investigación del parque y, como hecho destacable que demuestra una implicación cada vez mayor del campus con el municipio, los vecinos de Castelldefels, que han encontrado en la zona del lago un espacio donde poder disfrutar de un ambiente tranquilo y de un paseo relajado.

Debido a estos diferentes usos y usuarios el proyecto pretende realizar un tratamiento paisajístico para conseguir un espacio de uso colectivo. En este sentido algunas de las medidas previstas son las siguientes:

- Impedir el acceso al agua mediante una barrera de vegetación acuática tipo carrizo o boga, que proporcione intimidad a la avifauna y contribuya a los procesos de depuración biológica del agua, retirando los excesos de nutrientes disueltos.
- Establecer áreas localizadas y controladas de acceso mediante unas plataformas en madera que coincidan con los paneles informativos del proyecto Itinera, y que puedan utilizarse a la vez como mirador. En estas áreas se podrían ubicar pequeñas zonas de picnic que concentraran en un espacio reducido la actividad de los márgenes del lago.
- Proporcionar al margen norte del lago, actualmente vegetado con césped, zonas de sombra mediante la plantación de conjuntos arbóreos tipo *Populus alba* o *Pinus pinea*, de forma que no sigan ningún patrón geométrico. De este modo se da respuesta a una de las demandas de uso antrópico del lago que permitiría momentos de relajación.
- En el lado sur del lago la propuesta mantiene la vegetación baja, de pequeños árboles ya existentes, y tiende a proteger algunas especies de especial atención como *Spartina versicolor*, *Rubus ulmifolius* y *Hyparrhenia hyrta*.
- Establecer una barrera acústica y visual entre el campus y la vía C-32 con la plantación de un límite vegetal denso de especies perennes y caduca, de coloración diferentes que den una idea de mezcla de colores y texturas (*Eucalyptus globulus* con *Acacia dealbata* y masas de *Quercus ilex* con *Pinus pinea*).
- Rediseñar el sistema de riego actual para que optimice el consumo de agua y mantenga el buen estado de la vegetación.
- Actuar sobre la población de carpas y carpines mediante campañas de pesca controlada o un programa de pescas eléctricas sucesivas hasta la extinción de estas especies.
- Ubicar alrededor del perímetro del lago carteles y paneles informativos que ahuyenten a los usuarios de lanzar alimentos o arrojar especies exóticas de las que quieran desprenderse.
- Estudiar las diferentes alternativas de depuración biológica del agua, bien sea en el si del lago o en las correderas, antes de que las aguas entren en contacto con él.

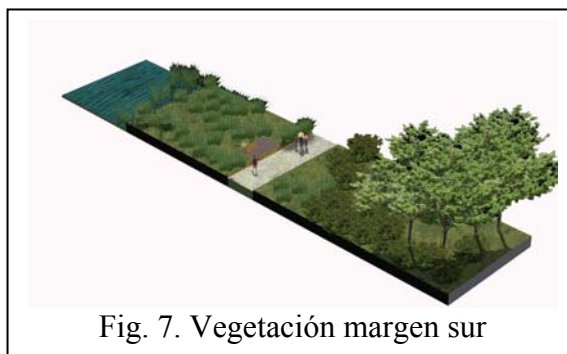


Fig. 7. Vegetación margen sur

4. Actividades de sensibilización de los usuarios del PMT

Al ser que, todas estas acciones no propiciarán la preservación de este ambiente si no es con la ayuda de sus usuarios, quienes tendrán que mantenerlo en las condiciones adecuadas para no deteriorarlo, el proyecto prevé también el desarrollo de un programa intenso de sensibilización para los usuarios del campus y sus vecinos inmediatos.

En este sentido se creará una página web donde se podrá consultar la información recopilada por el sistema de información que permita analizar la evolución temporal del sistema, proporcionando

información sobre el campus, los criterios de sostenibilidad aplicados en los edificios y el resto de aspectos ambientales que lo convierten en un modelo a seguir por otros campus de la UPC y finalmente, promover los valores de conservación y protección de las zonas húmedas, según establece el Convenio RAMSAR para la protección de las zonas húmedas de 1971.

Adicionalmente se iniciará una campaña de concienciación ciudadana para divulgar las propiedades ecológicas del sistema entre sus diferentes usuarios y evitar de este modo, cualquier posible efecto adverso. Se editará material divulgativo y se programarán conferencias, exposiciones, visitas al campus, concursos fotográficos y cualquier otra actividad que se considere oportuna para completar el proceso iniciado por el proyecto Itinera.

Conclusiones

- El Campus del Baix Llobregat supone para la UPC una fuerte apuesta hacia la integración de la sostenibilidad en todos los ámbitos de la universidad: formación, vida universitaria, edificación e investigación. Por eso es esencial velar para que un espacio que debe representar un modelo de referencia para integrar procesos naturales con procesos educativos en un entorno urbano y tecnológico no se convierta en una área degradada amenazada por la desaparición de las especies naturales existentes y por la aparición de efectos menos graves pero más molestos para el hombre como la aparición de malos olores, ratas, mosquitos, la generación de un fuerte impacto visual, etc.
- Por otro lado la normativa que acoge a este espacio natural de nueva creación es suficientemente explícita en relación a la línea que debe seguirse para garantizar la protección y preservación del sistema. Aunque no debemos olvidar el principal motivo por el que se decidió la construcción del lago, esto no significa que deba procederse de cualquier forma y a cualquier precio. Compatibilizar esa función con la protección del entorno debe ser posible y debe convertirse en una realidad.
- En este sentido, las capacidades tecnológicas y humanas de las que dispone la UPC deberían facilitar la ejecución del proyecto, ya que se trata de una universidad tecnológica en la que hablar en los términos que se plantean está a primer orden del día. El programa de investigación Laboratorio REAL ha sido una herramienta clave del proceso.
- Una consecuencia muy positiva de esta iniciativa es el hecho que los costes asociados a los trabajos de investigación realizados en este marco revierten directamente en una mejora ambiental de la UPC. Generalmente la tecnología que se transfiere fuera de las puertas de la universidad está totalmente desproporcionada a las condiciones tecnológicas con las que se vive y trabaja en su interior. Seríamos poco perspicaces si no continuáramos aprovechando este efecto boomerang.
- Por otro lado, con el proyecto Itinera se ha constatado que la existencia de un itinerario señalizado en el campus, y la posibilidad de participar en él como docentes, guías o visitantes ha fomentado que los colectivos implicados desarrollen un marcado sentimiento de pertenencia a este territorio. La identificación de estos colectivos con el entorno ha generado una actitud de cambio y mejora en sus comportamientos ambientales y por tanto, además de ser un buen ejercicio de sensibilización representa la mejor vía de protección del entorno.
- Es evidente que el proyecto de gestión integral planteado debe tomarse desde la universidad como una acción estratégica de modo que, el peso de las decisiones y de las acciones que implica se lleven a cabo desde estamentos elevados. Pretender ejecutarlo de otro modo es poco realista y ya no sólo por el elevado coste que supone (aunque también sería necesario disponer de financiación externa, especialmente por parte de aquellas instituciones y/o empresas ubicadas en el PMT y para las cuales su compromiso con su entorno inmediato debería ser una más de sus preocupaciones habituales), sino por la variedad de actores que participan del desarrollo del planeamiento del Campus del Baix Llobregat que podrían llegar a deshacer cualquier avance logrado.
- El hecho de ofrecer un itinerario abierto y de abrir una convocatoria a proyectos de investigación ha supuesto situar en la esfera pública un trabajo de coherencia de la Universidad en materia ambiental. Es lógico, por lo tanto, que la divulgación de estas actuaciones aporte un mayor grado de compromiso con las mismas por parte de los responsables de la institución, y que dificulte el hacer “marcha atrás”. En este sentido, ambas iniciativas representan un medio para influir sobre los decisores, una esfera formada por una

amalgama compleja de actores encargados de orientar el futuro desarrollo del Campus y de establecer los criterios para la ejecución de cualquier actuación.

- Por último, no debemos obviar que la creación de este espacio natural en el ámbito del municipio ha representado la aparición de un nuevo servicio ambiental para la ciudadanía. Este hecho responde a las directrices establecidas en el Plan de Acción de la Agenda 21 de Castelldefels, por las que universidad, empresa y municipio deben articularse formando parte de un único tejido urbano con sus flujos de personas, actividades y procesos.

Anexo 1. Aspectos generales del Plan ambiental de Castelldefels

1.	Suelo y vegetación: la fragilidad del sistema biológico, especialmente alrededor del lago de laminación, debido a su ubicación en terrenos deltaicos que le confieren la condición de zona húmeda, hace que debemos tener un cuidado especial en la protección del suelo y la diversidad ecológica existente.
2.	Agua: La ubicación del campus en terrenos jóvenes y potencialmente inundables hacen del agua un recurso esencial y objeto de especial control y protección. Es fundamental reducir su consumo y garantizar su buena calidad.
3.	Contaminación acústica: La proximidad del campus con la autopista del Baix Llobregat hace esencial desarrollar actuaciones concretas que permitan reducir el nivel acústico en áreas sensibles y garantizar el confort de los usuarios en el interior de los edificios.
4.	Movilidad: Vinculado con el apartado anterior y como consecuencia del funcionamiento de los edificios del campus como centros de educación, investigación y servicios uno de los objetivos del Plan será reducir la contaminación ambiental (acústica y atmosférica), fomentar el transporte público y el transporte no contaminante; facilitando un acceso fácil y sostenible al campus; y limitando la circulación de vehículos en el recinto.
5.	Redes y instalaciones: Para minimizar el impacto producido por las instalaciones de los edificios se diseñará un sistema que gestione globalmente el conjunto de redes, garantizando una distribución más óptima y facilitando las posteriores localizaciones de escapes y averías.
6.	Eficiencia energética: Con el fin de conseguir la máxima eficiencia energética con el mínimo coste energético en iluminación y acondicionamiento de aire, garantizando el nivel de confort de los usuarios, se han fijado unos objetivos generales que se refuerzan mediante campañas de sensibilización orientadas a los usuarios.
7.	Materiales y residuos: El plan ambiental considera desde la fase de proyección del campus la selección de sus materiales y sistemas constructivos, así como programas eficientes de reducción, reciclaje y reutilización de residuos, que permitan pensar en el ciclo global de vida del campus y por lo tanto, llevar a cabo una mejor gestión ambiental de los residuos en él generados.
8.	Aspectos globales: La reducción del impacto ambiental a todos los niveles es esencial, por este motivo se pretende establecer medidas preventivas que lo garanticen y campañas que sensibilicen y eduquen, así como que promuevan el ahorro y el respeto por el medio ambiente.

Código	Título del proyecto	Grupos de investigación participantes	Ámbito del Plan de medio ambiente	Presupuesto	Hitos obtenidos
LR1. LIMNO01	Seguimiento limnológico y propuestas de gestión para el lago de laminación del PMT (seguimiento de los parámetros físicos, químicos y biológicos)	United Research Service España, S.L. Grup d'ecologia de la UB	<ul style="list-style-type: none"> • Agua • Suelo y vegetación 	7.606	<ul style="list-style-type: none"> • Distribución histórica de los recursos biológico del lago • Evolución histórica de los parámetros físicos del agua (información analítica)
	Geoquímica orgánica del lago de de laminación del campus de Castelldefels. Seguimiento de indicadores de la contaminación.	Dept. d'Enginyeria Minera i Recursos Naturals	<ul style="list-style-type: none"> • Agua • Suelo y vegetación 	4.704	<ul style="list-style-type: none"> • Evolución histórica de los compuestos orgánicos en el agua (información analítica)
	Control de la contaminación per metales pesados en el lago de laminación del campus de Castelldefels de la UPC	Centre Tecnològic de Manresa (CTM)	<ul style="list-style-type: none"> • Agua • Suelo y vegetación 	4.704	<ul style="list-style-type: none"> • Evolución histórica de compuestos metálicos y metales pesados en el agua (información analítica)
LR04. LIMN02	Sistema de adquisición y análisis de datos para el seguimiento de la calidad del agua	Grup ISI del Dept. d'Enginyeria Electrònica (DEE) Grup SCDA del Departament de Teoria del Senyal i Comunicacions	<ul style="list-style-type: none"> • Agua 	9.920	<ul style="list-style-type: none"> • Sensor capacitativo de bajo coste para medir nivel de agua • Sensor de bajo coste para medidas de conductividad y temperatura • Sensor de medida del espectro lumínico
LR6. PAISAT	Propuesta de mejora paisagística y ambiental del campus de Castelldefels	Dept. d'Urbanisme i Ordenació del Territori Escola Superior d'Agricultura de Barcelona	<ul style="list-style-type: none"> • Agua • Acústica • Aspectos globales 	9.850	<ul style="list-style-type: none"> • Propuesta de tratamiento urbanístico integrando elementos ecológicos y naturalísticos en el campus • Diseño de una barrera acústica vegetal • Gestión integrada de los elementos naturales y los recursos humanos
LR2. INDICA	Estudio de los diferentes tipos de edificios de la UPC para poder establecer unos modelos energéticos y definir unos indicadores de referencia	Dept. de Cosntruccions Arquitectòniques I.	<ul style="list-style-type: none"> • Redes • Energia 	12.000	<ul style="list-style-type: none"> • Mapa de eficiencia energética en el consumo de los edificios de la UPC • Emisiones de CO2 por consumo energético en los edificios

LR8. MATREC	Estudio de la viabilidad de utilización de materiales reciclados en los edificios y en el campus de Castelldefels de la UPC	CTM Dept. de Ciència dels Materials i Enginyeria metal·lúrgica (CMEM).	<ul style="list-style-type: none"> Residuos materiales Aspectos globales 	9.500	<ul style="list-style-type: none"> Catálogo de mobiliario interior y exterior de edificios susceptible de ser fabricado con material reciclado
LR9. MOBURB	Diseño y asesoramiento en la construcción de elementos de mobiliario urbano con la utilización de materiales compuestos reciclados	CMEM	<ul style="list-style-type: none"> Residuos materiales Aspectos globales 	5.000	<ul style="list-style-type: none"> Diseño de un banco con plástico reciclado Diseño de un panel informativo con plástico reciclado
LR7. PASSAR	Diseño y asesoramiento en la construcción de una pasarela peatonal de hormigón estructural con áridos reciclados en el campus de la UPC en Castelldefels	Dept. Enginyeria de la Construcció	<ul style="list-style-type: none"> Residuos materiales Aspectos globales 	9.000	<ul style="list-style-type: none"> Diseño de una pasarela peatonal con hormigón pretensado compuesto de un 25% de material reciclado
LR5. SENSOR	Optimización de la recogida selectiva de residuos sólidos (I): Sensor	Grup ISI del DEE	<ul style="list-style-type: none"> Residuos materiales Energía 	3.190	<ul style="list-style-type: none"> Sensor de bajo coste para la optimización del transporte y recogida del residuos
LR3. MOBSOS	Estudio de la movilidad externa y interna del campus, para establecer la viabilidad del proyecto de movilidad del Plan ambiental, y determinar las necesidades del campus	Centre d'Innvoació del Transport (CENIT)	<ul style="list-style-type: none"> Movilidad sostenible 	10.440	<ul style="list-style-type: none"> Plan de movilidad sostenible en el campus Propuesta de actuaciones para mejorar la eficiencia en la movilidad y reducir el impacto en los usos educativos y de investigación

Referencias

- [1] Parc Mediterrani de la Tecnologia [<http://www.pmt.es>]
- [2] Centre d'Innovació del Transport, UPC (2003). Informe del proyecto de Laboratorio REAL *Pla de Mobilitat Sostenible per al Campus del Baix Llobregat integrat en el Parc Mediterrani de la Tecnologia*. Oficina del Plan de medio ambiente.
- [3] Universitat Politècnica de Catalunya (2002). *2n Pla de medi ambient (2002-2005)*. Barcelona, UPC.
- [4] Universitat Politècnica de Catalunya (1998). *Criteris ambientals en el disseny, la construcció i l'ús dels edificis*. Barcelona, Departament de Medi Ambient.
- [5] Universitat Politècnica de Catalunya (2000). *Pla ambiental del Campus de Castelldefels*. Parc Mediterrani de la Tecnologia, UPC.
- [6] Directiva 92/43/CEE (Directiva hàbitats) del Consejo, de 21 de mayo, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres (DOCE. nº L206, de 22 de julio de 1.992).
- [7] Departamento de Medio Ambiente y Habitage. Biodiversidad y bosques. [<http://www.gencat.net/mediamb/pn.htm>]
- [8] Ramsar Convention Bureau, 1998. List of Wetlands of International Importance designated by the Contracting Parties. [[www:http://iucn.org/themes/ramsar](http://www.iucn.org/themes/ramsar)]
- [9] Torre, I.; Piera, J. (2003). *Colonització de l'estany de laminació de la UPC a Castelldefels per la flora i fauna del delta del Llobregat*. Web del Plan de medio ambiente de la UPC [<http://www.upc.es/mediambient>]
- [10] Institut Català del Sòl (1989). *Estudi hidrològic de l'àrea pròpia al canal de rem olímpic (Gavà- Castelldefels)*. Barcelona, UPC.
- [11] United Research Services España, s.l.; Departamento de Ecología, Universidad de Barcelona (2003). Informe del proyecto de Laboratorio REAL *Seguiment limnològic dels estanys de laminació del Parc Mediterrani de la Tecnologia*. Oficina del Plan de medio ambiente.
- [12] Programa de investigación Laboratorio REAL [<http://www.upc.edu/mediambient/recerca/lreal1.html>]
- [13] Proyecto de educación ambiental Itinera [<http://www.upc.edu/mediambient/vidauniversitaria/itinera/itinera.html>]
- [14] Departamento de Ingeniería Minera y Recursos Naturales; Centro Tecnológico de Manresa, UPC (2003). Informe del proyecto de Laboratorio REAL *Sistema integrat de seguiment de la qualitat de l'aigua del llac de laminació del campus de Castelldefels de la UPC (qualitat de l'aigua)*. Oficina del Plan de medio ambiente.
- [15] Grupo de Instrumentación, sensores y interfícies; Grupo de sistemas de control digital y adaptativo; Grupo de comunicaciones radio, UPC (2003). Informe del proyecto de laboratorio REAL *Sistema d'adquisició i anàlisis de dades pel seguiment de la qualitat de l'aigua*. Oficina del Plan de medio ambiente.
- [16] Centre de Recerca i Projectes del Paisatge. Departamento de Urbanismo y Ordenación del Territorio, UPC (2004) Informe del proyecto de Laboratorio REAL *Millora paisatgística i ambiental del campus de Castelldefels de la UPC*. Oficina del Plan de medio ambiente.