



Gestión de la vegetación para la mejora del hábitat y de la calidad del agua

Alternativas para la valorización de la biomasa vegetal de los humedales artificiales

1

Diseño y maquetación:

MOEBO

Impresión:

Gráficas Roymar

Impreso en España

Depósito legal: V2535-2016

Reservados los derechos de propiedad intelectual.
Se autoriza el uso y reproducción del contenido para uso particular y docente haciendo referencia a esta publicación.
Ni la totalidad ni parte de este libro puede reproducirse, almacenarse o transmitirse en manera alguna por ningún medio ya sea electrónico, informático, de grabación o de fotocopia, con intereses de venta o comerciales.

Gestión de la vegetación para la mejora del hábitat y de la calidad del agua

Autor

Antonio Guillem Avivar
FUNDACIÓN GLOBAL NATURE

Colaboradores

Lucía Moreno Fernández (AE-Agró), Matthieu Lassalle (AE-Agró), Lurdes Ribera Ferre (AE-Agró), Elena Carrió González (Universidad Politécnica de Madrid), Carmen Hernández Crespo (UPV-IIAMA), Miguel Martín Monerris (UPV-IIAMA), Mario Seidel (Universidad de Friburgo).

PRÓLOGO

En la actualidad, la visión moderna de las zonas húmedas naturales que todavía permanecen en el planeta es totalmente diferente a la de hace unas decenas de años: se les reconoce unos valores ambientales que los convierten en ecosistemas de muy alto valor, ayudan a la protección de los recursos hídricos superficiales y subterráneos, mejoran la calidad de las aguas...

En nuestro ámbito, tres Directivas europeas son de aplicación directa al problema que nos ocupa: las comúnmente conocidas Directiva Hábitats (DH, 92/43/CEE), Aguas (DMA, 2000/60/CE) y Aves (DA, 2009).

La Directiva Hábitats (1992) no menciona específicamente la palabra "humedal" pero varios de los hábitats descritos corresponden a los que se pueden encontrar en un humedal natural: en nuestro caso, L'Albufera de Valencia, está identificado como "1150 Lagunas costeras". Por la misma Directiva, estamos obligados a mantener los hábitats en un "estado de conservación favorable".

En la Directiva Marco del Agua (2000), la recreación y recuperación de zonas húmedas se sugiere como una medida adicional a desarrollar por los Organismos de Cuenca (parte B, Anexo VI) como elementos de sus programas de medidas a elaborar para alcanzar los objetivos de la Directiva (Apdo 4, Art. 11). Aquí, la percepción de los humedales es más "instrumental" y menos "conservacionista" lo cual nos permite otra aproximación al tema de los humedales bajo el concepto de "infraestructuras verdes".

Por último, en la Directiva Aves (2009) aparece el término "humedal" para instar a los estados miembros (Art. 4) a su protección y especialmente de aquellos humedales de importancia internacional (Ramsar).

El agua es el elemento clave. La DMA tiene como objeto protegerla para proteger y mejorar el estado de los ecosistemas acuáticos, terrestres y humedales. En este sentido, la interacción de las tres Directivas es muy clara ya que la DMA, al establecer el objetivo anterior, está contribuyendo a la conservación de los hábitats, flora y fauna recogidos en la DH y DA. La interpretación conjunta de las tres Directivas, junto con la obligación de desarrollar los Planes de Gestión de los espacios Red Natura 2000, lleva a la necesidad de asegurar los recursos hídricos necesarios, en cantidad y calidad, para los espacios protegidos.

Es en este contexto en el que se ubica el proyecto LIFE+ ALBUFERA. ¿Qué pueden hacer los HHAA para recuperar un estado de conservación favorable perdido? ¿Qué pueden hacer para mejorar las masas de agua a las que están ligados y que deberían haber estado en buen estado o alcanzar su potencial ecológico en 2015? ¿Qué pueden hacer para proteger los humedales naturales?

Éstas son las preguntas sobre las cuales los resultados del proyecto LIFE+ ALBUFERA pretenden arrojar un poco de luz y para lo que se han elaborado varios manuales de trabajo. Estas guías constituyen una parte importante de los resultados del proyecto. Su intención es múltiple: que puedan servir a los Organismos de Cuenca para su inclusión en programas de medidas en los Planes Hidrológicos de Cuencas; a la administración con competencias ambientales para que puedan ser empleadas para mejorar los hábitats especialmente en zonas Red Natura 2000; para los profesionales que deseen ampliar sus conocimientos en el empleo de estas "infraestructuras verdes" y puedan replicarlas con las variantes más adecuadas en cada zona. La intención es que sean de utilidad para todos ellos pero también para el público en general que desee aproximarse

a este tipo de actuaciones, por lo que se han procurado escribir de una forma amena si perder rigor científico-técnico.

Existen cuatro guías-manuales técnicos de los cuales tienes ahora uno entre las manos:

1. Hidráulica.
2. Vegetación.
3. Avifauna.
4. Aspectos sociales.

Ahora mismo tienes entre tus manos el manual número dos, en el que podrás encontrar también un informe sobre la posible gestión de la biomasa producida en los humedales artificiales.

Los tres primeros tienen una primera parte común en la que se describen los espacios en los que se ha trabajado: *tancat* de la Pipa, *tancat* de Milia y *tancat* de L'Illa, con la información básica de su funcionamiento durante los dos años, 2014 y 2015. A continuación se desarrollan los aspectos específicos de cada uno. En los tres primeros podrás encontrar información relevante sobre la modificación de la calidad de las aguas que se produce en los HHAA.



0 INTRODUCCIÓN	11	A.10 GESTIÓN DEL SUSTRATO	38
		A.10.1. Labrado	38
A GESTIÓN DE LA VEGETACIÓN VEGETACIÓN HELÓFITA	19	A.10.2. Fangueo	38
		A.10.3. Resultados del periodo de monitorización LIFE y recomendaciones	38
A.1 OBJETIVOS DE LA GESTIÓN DE LA VEGETACIÓN HELÓFITA	20	A.11 GESTIÓN HÍDRICA	39
		A.11.1. Niveles	39
A.2 PLANTACIONES, DESCRIPCIÓN DE LA ESTRATEGIA	20	A.11.2. Periodos de secado	41
A.3 OBTENCIÓN DE PLANTAS	21	A.11.3. Resultados del periodo de monitorización LIFE y recomendaciones	41
		B GESTIÓN DE LA VEGETACIÓN VEGETACIÓN SUMERGIDA	43
A.4 METODOLOGÍA DE PLANTACIÓN	22		
A.5 PERIODO DE PLANTACIÓN	22	B.1 OBJETIVOS DE LA GESTIÓN DE LA VEGETACIÓN SUMERGIDA	44
A.6 SELECCIÓN DE ESPECIES	22		
A.7 MARCO DE PLANTACIÓN UTILIZADO	26	B.2 PLANTACIONES. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRATEGIA	44
A.8 SEGUIMIENTO DE LA EVOLUCIÓN DE LA VEGETACIÓN Y OBTENCIÓN DE DATOS	29	B.2.1. Obtención de plantas y periodos de plantación	45
A.8.1 Por muestreo (Método Split Plot)	29	B.2.2. Seguimiento de la evolución de la vegetación y obtención de datos	45
A.8.2 Seguimiento fotográfico	30	B.2.3. Selección de especies y marco de plantación	47
A.8.3 Resultados del periodo de monitorización LIFE y recomendaciones	31	B.2.4. Resultados del periodo de monitorización LIFE y recomendaciones	48
A.9 SIEGAS	34	C RECOMENDACIONES GENERALES	53
A.9.1 Métodos de cosechas y retirada de la biomasa	34		
A.9.2 Periodo y frecuencia de siegas	35	D REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA	55
A.9.3 Aprovechamiento de la biomasa	35		
A.9.4 Resultados del periodo de monitorización LIFE y recomendaciones	36		

ABREVIATURAS Y DEFINICIONES

Biomasa: cantidad de materia orgánica acumulada en un individuo

CEEDCV: Centro de Conservación de Especies Dulceacuícolas de la Comunidad Valenciana

CHS: carga hidráulica superficial (m³/m²/d)

DA: Directiva Aves

DH: Directiva Hábitats

DMA: Directiva Marco de Aguas (2000/60/CE)

EDAR: Estación depuradora de aguas residuales

Fitodepuración: Sistema de depuración de las aguas, mediante plantas acuáticas que se desarrollan en humedales artificiales donde se eliminan los contaminantes disueltos

HA: Humedal Artificial

HATLI: Humedal Artificial de Tancat de l'Illa

HATM: Humedal Artificial de Tancat de Milia

HATP: Humedal Artificial de Tancat de la Pipa

Helófito: Planta anfibia, cuyos órganos persistentes están arraigados en el fondo sumergido, y cuyos tallos emergen y desarrollan hojas y flores en el medio aéreo

Macrófito: Aquellas plantas que tienen todas sus estructuras vegetativas sumergidas o flotantes

MO: Materia orgánica

ME: laguna educativa en HATP

MR: laguna de reserva en HATP

Parcela: unidad de HA con una entrada y una salida de agua. Puede estar conectada con otras en serie.

Sector A: HA de flujo subsuperficial

Sector B: HA de flujo superficial (compuesto de n parcelas)

Sector C: Laguna somera

TRH: tiempo de retención hidráulica

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Dimensiones de los HHAA del proyecto LIFE ALBUFERA.

Tabla 2. Plantación en FG1 (HATP)

Tabla 3. Plantación en FG2 (HATP)

Tabla 4. Plantación en FG3 (HATP)

Tabla 5. Plantación de 2015 en FG1, FG2 y FG3 (HATP)

Tabla 6. Total de la plantación entre 2014 y 2015 en HATP

Tabla 7. Plantación en B1C (HATM)

Tabla 8. Plantación en B2O (HATM)

Tabla 9. Plantación en mosaico en B1C (HATM)

Tabla 10. Plantación en línea en B2O (HATM)

Tabla 11. Total de la plantación en HATM

Tabla 12. Plantilla para el seguimiento de las plantaciones. La columna Nº indica el número asignado a cada individuo a monitorizar de cada una de las especies. La escala de valoración de síntomas de predación es 0 (no se observa) – 1 (efecto moderado) – 2 (efecto muy acusado).

Tabla 13. Porcentaje de supervivencia por especies en el HATM

Tabla 14. Porcentaje de supervivencia por especies en FG1S, FG1N, FG2S y FG3 del HATP

Tabla 15. Relación de siegas, fangueos y secados en los distintos HA

Tabla 16. Calados tolerables y profundidad radicular aproximados de las plantas empleadas en el proyecto (fuente: *Cooper *et al.* 1996; **Kadlec *et al.* 2000).

Tabla 17. Cantidad total de macrófitos sumergidos introducidos en los tres HA

Tabla 18. Ficha de toma de datos para seguimiento de las plantaciones

Tabla 19. Supervivencia de las diferentes especies en el HATP

Tabla 20. Características de las plantaciones de vegetación sumergida realizadas en mayo de 2014

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Detalle de ubicación de los HHAA de l'Albufera de Valencia. Fuente imagen de fondo: Google Maps.

Figura 2. Esquema de los sectores del tancat de la Pipa. Fuente IIAMA

Figura 3. Imagen aérea del tancat de la Pipa. Fuente CHJ

Figura 4. Imagen aérea del tancat de Milia. Fuente FGN

Figura 5. Esquema de los sectores del tancat de Milia. Fuente IIAMA

Figura 6. Imagen aérea del tancat de L'Illa. Fuente FGN

Figura 7. Esquema de los sectores del tancat de L'Illa. Fuente IIAMA

Figura 8. Ejemplar de calamón. Fuente FGN

Figura 9. Preparación del carrizo en "bola" para su plantación. Fuente FGN

Figura 10. Máquina anfibia repartiendo plantas. Fuente FGN

Figura 11. *Cladium mariscus* y ejemplar destrozado por entretenimiento de las aves. Fuente FGN

Figura 12. *Sparganium erectum*. Fuente FGN

Figura 13. *Scirpus tabernaemontani*. Fuente FGN

Figura 14. *Scirpus maritimus*. Fuente FGN

Figura 15. *Scirpus holoschoenus*. Fuente FGN

Figura 16. *Iris pseudacorus*. Fuente FGN

Figura 17. *Phragmites australis*. Fuente FGN

Figura 18. izq: Esquema de mosaico e imagen parcela B2O-HATM; dcha: Esquema lineal imagen FG1-HA. Fuente AE-Agró

Figura 19. Sector B1C HATM plantación en mosaico. Fuente SEO-BirdLife

Figura 20. Plantación en FG1 (HATP). Fuente AE-Agró

Figura 21. Plantación en FG2 (HATP). Fuente AE-Agró

Figura 22. Plantación en FG3 (HATP). Fuente AE-Agró

Figura 23. Celda de 4x10m plantada con lirio amarillo y ejemplar marcado para su seguimiento. Fuente FGN

Figura 24. Imagen aérea antes y después de la plantación en el HATP. Fuente AE-Agró

Figura 25. Policultivo (carrizo, lirio amarillo, masiega y juncos) un año después de la plantación. Fuente FGN

Figura 26. Monocultivo de lirios un año después de la plantación. Fuente FGN

Figura 27. Crecimiento de las "bolas" de carrizo. Fuente FGN

Figura 28. Seguimiento fotográfico en una de las celdas de B1O en el HATM. Fuente FGN

Figura 29. Máquina segadora y detalle de corte en parcela del HATI. Fuente FGN

Figura 30. Cosecha con excavadora flotante y retirada de la biomasa con pulpo (HATM). Fuente FGN

Figura 31. Cosechado con desbrozadora manual en el HATP. Fuente AE-Agró

Figura 32. Actividades para el estudio de la gestión de la biomasa (de izq. a dcha.) recogida de carrizo para bioconstrucción y visita a empresa de compostaje. Fuente AE-Agró

Figura 33. Seguimiento de la evolución de las siega en la parcela B42 por debajo de lámina de agua de HATI. Fuente FGN

Figura 34. Seguimiento de la evolución de las siega en la parcela B42 a ras de lámina de agua de HATI. Fuente FGN

Figura 35. Carrizal del HATP antes y después de la siega. Fuente AE-Agró

Figura 36. Trabajos de fangueo en HATM. Fuente FGN

Figura 37. Compuerta para regular niveles en HATM. Fuente FGN

Figura 38. Secado de la parcela B1C en HATM tras la plantación. Fuente FGN

Figura 39. *Ceratophyllum demersum*. Fuente FGN

Figura 40. *Myriophyllum spicatum*. Fuente FGN

Figura 41. *Potamogeton pectinatus*. Fuente FGN

Figura 42. *Potamogeton nodosus*. Fuente FGN

Figura 43. Construcción y colocación de cercados para la protección de vegetación sumergida. Fuente FGN - AE-Agró

Figura 44. Retirada de peces en el Tancat de l'Illa tras el secado de la laguna. Fuente SEO-BirdLife

Figura 45. Ubicación de los cercados en los tres HA para la plantación de macrófitos sumergidos. Fuente AE-Agró - FGN

Figura 46. Hojas de *Potamogeton nodosus* con síntomas de predación en el interior de uno de los cercados del HATM. Fuente FGN

Figura 47. Distribución de cercados de 18m² en MR y ME del HATP. Fuente AE-Agró

Figura 48. Cercados ampliados en HATP, de izquierda a derecha: *Ceratophyllum demersum* con cobertura 100%, traslocación de *Myriophyllum spicatum* y detalle de la colonización espontánea de *Chara vulgaris*, en ME, dentro del cercado de *Myriophyllum spicatum*. Fuente AE-Agró

Figura 49. Ampliaciones sucesivas de cercado con *Myriophyllum spicatum* en HATI. Fuente FGN



Introducción

El objetivo medioambiental de la DMA es “establecer un marco para la protección de las aguas superficiales continentales, las aguas de transición, las aguas costeras y las aguas subterráneas que prevenga todo deterioro adicional y proteja y mejore el estado de los ecosistemas acuáticos y, con respecto a sus necesidades de agua, de los ecosistemas terrestres y humedales directamente dependientes de los ecosistemas acuáticos”. Si bien los humedales quedan bajo el amparo de la DMA al tratarse de aguas continentales, según la definición que de éstas da la Directiva.

Son de los humedales, en concreto de los humedales artificiales y de la gestión de su vegetación sobre lo que vamos a tratar en este manual. De cómo gestionando adecuadamente esta vegetación, mediante control del agua, laboreos, plantaciones, siegas, etc. podemos mejorar al mismo tiempo la calidad de sus aguas, además de favorecer un hábitat adecuado para especies de fauna que encuentren en estos lugares, zonas donde descansar, alimentarse o reproducirse.

También con las experiencias adquiridas tras la ejecución de este proyecto, pretendemos facilitar la labor a otros gestores que pretendan conseguir una adecuada cobertura vegetal.

Todos estos laboreos enfocados a potenciar la vegetación, generan grandes cantidades de material cosechable o biomasa, que serán analizados en un informe específico dentro de este manual.

01 LOS HUMEDALES ARTIFICIALES EN ESPACIOS NATURALES

En la UE, las infraestructuras verdes se consideran una de las principales herramientas para abordar las amenazas contra la biodiversidad representadas por la fragmentación

y la pérdida de hábitats y por los cambios de uso del suelo (Unión Europea, 2010).

Los humedales artificiales (HHAA) son un tipo de estas infraestructuras relacionadas con el agua. Como tecnología de tratamiento de aguas llevan empleándose desde hace varias décadas como sistemas de tratamiento de aguas residuales urbanas de pequeñas aglomeraciones y en numerosas aplicaciones industriales. Su empleo en el medio natural es todavía escaso pero existen notables ejemplos en el control de contaminación difusa de fósforo (Kadlec, R., 2016) y en la reducción de la eutrofización de masas de agua. El interés que están suscitando estas aplicaciones no solo es debido a la mejora de la calidad del agua sino a todos los beneficios ambientales que aportan. El reconocimiento de los servicios ecosistémicos que proporcionan es un hecho (Vymazal, 2012), ya que se ha constatado que un correcto diseño, ejecución y operación, facilita la reproducción de los mecanismos y procesos físicos, químicos y biológicos que operan en los humedales naturales y proporcionan servicios similares como la mejora de la calidad de las aguas, el incremento de la biodiversidad, la mejora paisajística y su posible empleo como lugares de ocio y educación ambiental.

Cuando se plantea la ubicación de un HA en una zona natural, incluida en la Red Natura 2000 o todavía no, mediante la transformación de un espacio, hay que tener en cuenta el uso que la fauna va a realizar de él. Es por ello que en su diseño y gestión deben contemplarse no solo los aspectos relacionados con la mejora de la calidad del agua sino con la protección de las especies objetivo (que serán diferentes de unas zonas a otras) y con la creación de hábitats deseables. Este triple objetivo implica un equilibrio entre la ingeniería del HA y la biología de las especies animales y vegetales que lo ocupan. Así, por ejemplo, el desafío de emplear materiales “blandos” sin que las estructuras

se desmoronen, la imposibilidad de emplear láminas impermeabilizantes sin que las filtraciones de aguas inunden o sequen las parcelas de manera no deseada, la maximización de los flujos de agua por gravedad para evitar consumos energéticos, la disposición de zonas más densa o menos densamente vegetadas para favorecer alguna/s especie/s, o por el mismo motivo, el mantenimiento de zonas con distintos niveles de agua, etc son muchas de las condiciones que se han de perseguir y que se analizan en los manuales de esta serie, resultado del proyecto LIFE+12 ALBUFERA.

La vegetación helófitas e hidrófitas juega un papel fundamental en los ecosistemas acuáticos: sirve de alimento y refugio a aves y peces, captura nutrientes y CO₂ atmosférico, facilita el desarrollo de microorganismos que contribuirán a la mejora de la calidad de las aguas, incrementan la población de macroinvertebrados acuáticos. Desde el punto de vista de su aplicación en HHAA, además de los ya mencionados, una alta cobertura de helófitas en HHAA superficiales tiene dos consecuencias muy interesantes desde el punto de vista de la calidad del agua: produce un efecto “tranquilizador” de las aguas evitando la resuspensión de sedimentos que puede producir el viento e impide el paso de la luz, que ya no puede ser aprovechada por el fitoplancton.

Sin duda, la vegetación que se desarrolle en el HA va a jugar un papel clave en la presencia de especies. En el proyecto se ha trabajado con vegetación helófitas, principalmente carrizo, enea, lirios, juncos y masiega, pero también con vegetación sumergida, fundamental para la alimentación de especies acuáticas de gran valor ambiental. De hecho, los HHAA deben diseñarse para que, al ir mejorando la calidad de las aguas de entrada conforme avanza por los distintos sectores llegue a las lagunas donde se trabaja con la vegetación sumergida con una calidad apta para

su desarrollo. La importancia de vegetación sumergida se puede comprender a partir del conocimiento de sus funciones en los ecosistemas acuáticos:

- Para su crecimiento utilizan los nutrientes del agua, por lo que son depuradoras naturales.
- Suponen el lugar en el que los invertebrados acuáticos hacen sus puestas.
- Dan cobijo a pequeños peces autóctonos como el fartet, el samaruc, el gobio o la colmilleja mientras se alimentan de pequeños invertebrados y algas microscópicas, y sirven de refugio ante predadores.
- Son lugares de alimentación de aves acuáticas herbívoras como el pato colorado (sivert) y la focha común, así como de otras especies que se alimentan de peces, como los somormujos, zampullines y fumaretes, sirviendo además para estas especies como lugar en el que construir el nido.
- Suponen el ambiente en el que se alimentan las polladas de muchas aves acuáticas, cuya dieta se compone principalmente de insectos acuáticos.

02 EL PARQUE NATURAL DE L'ALBUFERA: UNA ZONA HÚMEDA CON ESCASEZ DE HÁBITATS NATURALES

El Parque Natural de l'Albufera de Valencia forma parte de la Red Natura 2000. Su elemento de referencia, el lago, presenta unas aguas clasificadas como hipereutróficas desde mediados de los años 1970. Esta situación desencadenó la pérdida de biodiversidad en general, reducción de hábitats prioritarios y de las aves que dependen de un buen estado ecológico del espacio. La “sopa verde” en la que se ha convertido el lago, con altas concentraciones en materia orgánica, fitoplancton, sólidos en suspensión, nitrógeno y fósforo, mantiene una serie de problemas de compleja solución:



Figura 1
Detalle de ubicación de los HHAA de l'Albufera de Valencia.

- Reducción de la cantidad de luz que llega al suelo de la laguna, dificultando la germinación de semillas de plantas acuáticas.
- Desaparición de peces autóctonos por falta de plantas acuáticas que suponen refugio ante predadores, principalmente peces exóticos.
- Escasez de insectos acuáticos que necesitan de plantas acuáticas para realizar sus puestas.
- Reducción de la abundancia de las especies de aves que necesitan de las plantas acuáticas para establecer su nido, alimentarse de ellas o de los insectos que habitan en ellas.
- Aumento de la erosión y reducción de la superficie de las matas de vegetación palustre, debido al oleaje causado por el viento y que la vegetación subacuática evitaría.

Para la cual, sin duda, habría que empezar por mejorar la calidad del agua, permitiendo establecer las condiciones necesarias para que se recuperen los ecosistemas acuáticos y toda la biodiversidad asociada a ellos.

El Parque Natural atesora una importante variedad de hábitats de elevado valor ambiental, pero de escasa superficie y en franca regresión: masegares, eneales y carrizales son lugares en los que se reproducen pequeñas aves escasas en l'Albufera como el carricerín real, el bigotudo o la buscarla. Las zonas húmedas, con apenas 350 ha, están constituidas por las matas y los *ullals* o mantiales; en ellos habitan y se reproducen las aves acuáticas, varias de ellas recogidas en la Directiva Aves. Aunque, sin duda, es la recuperación de la vegetación sumergida que antaño dominó en el lago el hecho que supondría un hito en su recuperación

Potenciar la existencia de estos hábitats con agua de calidad es uno de los objetivos de los HHAA recreados en estos últimos años.

03 LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS HUMEDALES ARTIFICIALES

Los humedales artificiales (HHAA) están ubicados en el interior del Parque Natural de l'Albufera de Valencia. Dos de ellos, los ubicados en el *tancat de la Pipa* (HATP) y en el *tancat de Milia* (HATM), están en las orillas del propio lago; mientras que el localizado en el *tancat de L'illa* (HATLI) está en el *Estany de la Plana* una pequeña laguna costera en la desembocadura de una de las acequias principales de desagüe del parque, la *Carrera de la Reina*. En la Figura 1 se muestra un esquema con la ubicación de los tres espacios.

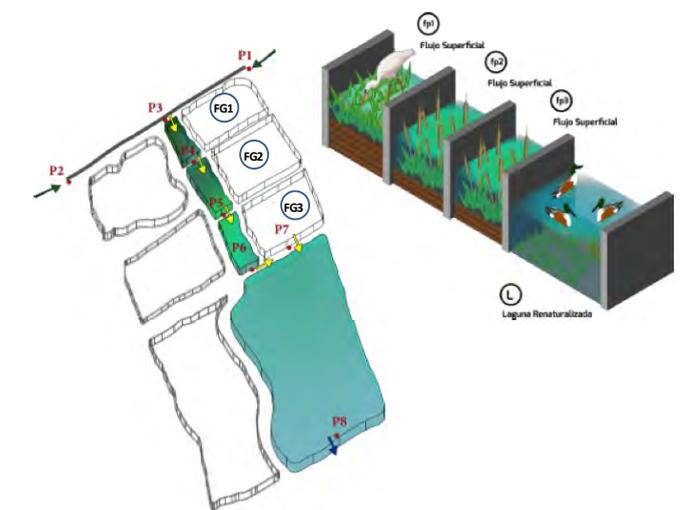
Los tres HHAA están contruidos sobre antiguos campos de arroz, *tancats*; terrenos ganados al lago mediante aterramiento y

cuya base está por debajo del nivel del agua del lago. La creación de estos espacios no ha sido una acción dentro de LIFE+ ALBUFERA, sino que se construyeron entre 2009 y 2011 a iniciativa de la Confederación Hidrográfica del Júcar (HATP) y Aguas de las Cuencas Mediterráneas, AcuaMed (HATM y HATLI). La morfología de los HHAA es de tres tipos: de flujo subsuperficial (sector tipo A), de flujo superficial (sector tipo B) y lagunas someras (sector tipo C).

El *tancat de la Pipa* dispone de tres sectores de HHAA de flujo superficial designadas como FG, fp y F4. A su vez, FG y fp están constituidas por tres celdas en serie, mientras que F4 está conformada por tres celdas en paralelo. En total son nueve celdas de las que en el proyecto LIFE ALBUFERA se han monitorizado tres simultáneamente: las tres de fp desde enero de 2014 hasta junio de 2015 (en color verde en la Figura 2) y las tres de FG desde julio de 2015 hasta diciembre de 2015. En el *tancat de la Pipa* el agua puede ser introducida por gravedad desde sus dos extremos laterales: el barranco del Poyo y la acequia del Puerto de Catarroja. Disponer de dos captaciones es interesante para dotar de mayor capacidad operativa al sistema, por ejemplo, manteniendo el caudal desde una entrada durante las labores de mantenimiento de la otra; pero si se emplean a la vez se duplica el coste de monitorización de la calidad del agua de entrada. El caudal introducido en los dos años ha sido de 3.1 Hm³, lo cual hace una media de unos 60 l/s, de los cuales unos 20 l/s circulaban por el sector fp (enero 2014-junio 2015 y unos 40 por FG (julio-diciembre 2015). El resto circulaba por otros sectores del *tancat*. Como la entrada es por gravedad, el agua fluye de manera continua en todos los sectores. El nivel de agua en los sectores superficiales oscila entre 15 y 20 cm. El caudal de salida es bombeado periódicamente a l'Albufera para mantener un nivel constante en el sector C.



Figura 2
Imagen aérea del *tancat de la Pipa*.



El *tancat de Milia* dispone de un sector A, y tres sectores B designados como BE, BC y BO. Cada sector B está constituido por dos celdas en serie, de las que se han monitorizado las dos celdas de la línea BE. El sector A está formado por 18 celdas en paralelo y también ha sido monitorizado. El *tancat de Milia* es el único de los tres en el que el agua debe de ser bombeada tanto a la entrada como a la salida. El caudal introducido en los dos años de proyecto ha sido de 2.25 Hm³, a razón de unos

Figura 3
Esquema de los sectores del *tancat de la Pipa*.



Figura 4
Imagen aérea del tancat de Milia.

3100 m³/d, aunque en realidad el caudal diario durante los días de bombeo ha sido de 4500 m³/d ya que se bombea cinco días a la semana durante unas ocho horas al día. La intermitencia del bombeo produce un efecto de “llenado” y “vaciado” del sector A, con una oscilación de nivel más de 20 cm y grandes variaciones en el caudal que circula desde el sector A hasta el BE (desde 0 hasta unos 90 l/s). A lo largo de los sectores superficiales el caudal circulante reduce su variabilidad y ya no se interrumpe. El nivel de agua en los sectores B está entre 30 y 35 cm. Este HHAA está preparado para recibir en un futuro agua procedente del tratamiento terciario de la EDAR de Albufera-Sur.

El tancat de L'Illa dispone de un pequeño sector A y cuatro sectores B designados como B1, B2, B3 y B4. La parcela B2 tiene dos celdas en serie, mientras que B3 y B4 están constituidas por tres celdas, que junto con B1 hacen un total de 9 celdas. En el proyecto LIFE ALBUFERA se han monitorizado los sectores B3 y B4. El tancat de L'Illa recibe el agua por bombeo desde L'Estany de la Plana y es devuelta al mismo Estany (aunque no en el mismo punto) por gravedad. Por lo tanto no recibe aguas directamente del lago. El caudal introducido ha sido de 1.30 Hm³, a razón de unos 1800 m³/d, aunque en realidad el caudal diario durante los días de bombeo ha sido de 3200 m³/d ya que se bombea cinco días a la semana durante unas ocho horas al día. El sector A se llena y vacía completamente en cada ciclo de bombeo y en los sectores B el caudal circulante también se anula antes del siguiente ciclo. Únicamente en el sector C el caudal fluye de manera constante. El nivel de agua en los sectores B es el más alto de los tres tancats, situándose entre 40 y 55 cm. Este HHAA está preparado para recibir agua procedente del tratamiento terciario de la EDAR de Sueca.

Algunos aspectos hidromorfológicos de los HHAA se recogen en la Tabla 1 para los tres

tancats. Hay que destacar que las superficies de las parcelas monitorizadas están entre 1,46 y 4,90 ha. Ésta es una de las singularidades del proyecto LIFE+ ALBUFERA, la gran superficie de las celdas de HHAA en las que se trabaja y que son propias de las aplicaciones ambientales de los HHAA.



Figura 6. Izquierda
Imagen aérea del tancat de L'Illa.

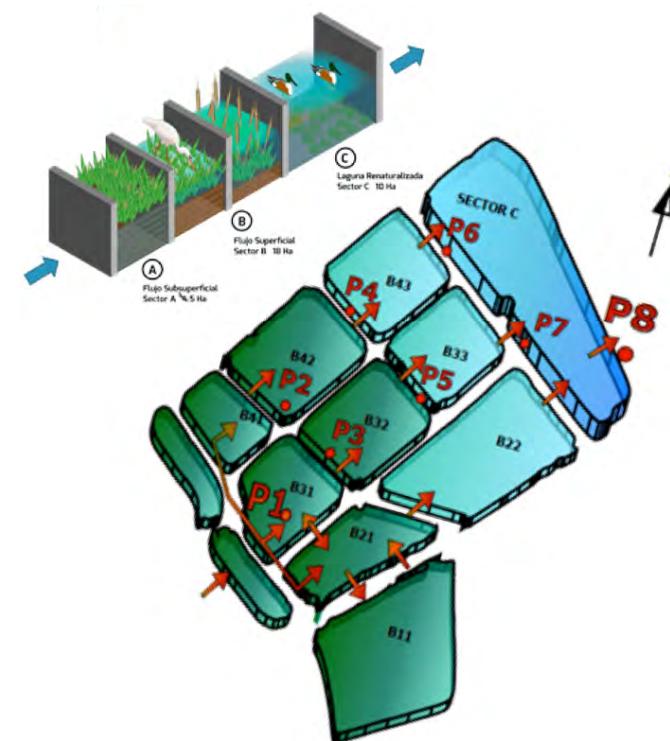


Figura 7. Derecha
Esquema de los sectores del tancat de L'Illa.

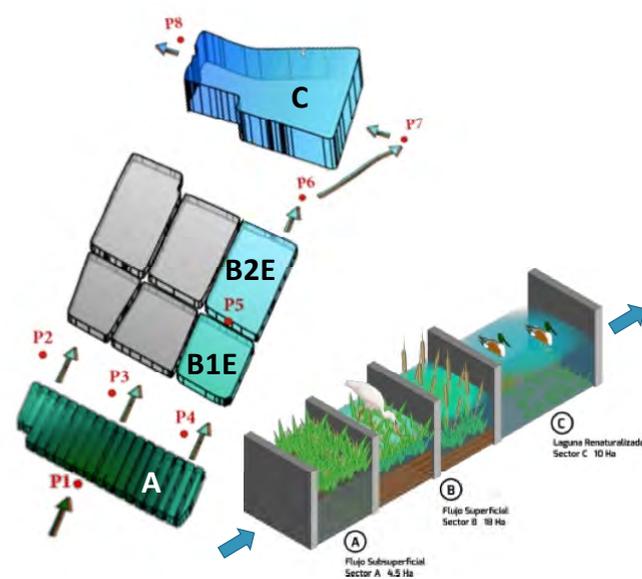


Figura 5
Esquema de los sectores del tancat de Milia.

Tancat de La Pipa			Tancat de Milia			Tancat de L'Illa		
Sector	Superficie (ha)	Calado máximo (m)	Sector	Superficie (ha)	Calado máximo (m)	Sector	Superficie (ha)	Calado máximo (m)
B	8.92		A	4.13	0.60	A	0.25	0.60
<i>fp</i>	1.46		B	14.94		B	8.95	
<i>fp1</i>	0.36	0.30	<i>BE</i>	4.80		<i>B1</i>	1.44	0.50
<i>fp2</i>	0.52	0.30	<i>B1E</i>	1.80	0.40	<i>B2</i>	2.40	0.50
<i>fp3</i>	0.59	0.30	<i>B2E</i>	3.00	0.40	<i>B21</i>	0.74	0.50
<i>FG</i>	4.90		<i>BC</i>	4.95		<i>B22</i>	1.65	0.50
<i>FG1</i>	1.35	0.30	<i>B1C</i>	2.02	0.40	<i>B3</i>	2.60	
<i>FG2</i>	1.82	0.30	<i>B2C</i>	2.93	0.40	<i>B31</i>	0.72	0.50
<i>FG3</i>	1.72	0.30	<i>BO</i>	5.18		<i>B32</i>	0.96	0.50
<i>F4</i>	2.59		<i>B1O</i>	1.72	0.40	<i>B33</i>	0.92	0.50
<i>F41</i>	0.86	0.30	<i>B2O</i>	3.47	0.40	<i>B4</i>	2.52	
<i>F42</i>	0.86	0.30				<i>B41</i>	0.46	0.50
<i>F43</i>	0.87	0.30				<i>B42</i>	1.05	0.50
						<i>B43</i>	1.01	0.50
C			C	8.56	0.80	C	2.83	0.90
<i>LE</i>	6.00	0.60						
<i>LR</i>	8.00	0.70						

Tabla 1
Dimensiones de los HHAA del proyecto LIFE ALBUFERA.



A

Gestión de la vegetación **Vegetación helófitas**

GESTIÓN DE LA VEGETACIÓN

El plan de gestión de la vegetación se ha desarrollado desde una visión conjunta y comparativa de los tres sistemas Pipa, Mi-llia e Illa. No obstante, para facilitar su descripción, las distintas actividades de gestión (hidráulica, plantación, siega y fanguero) se presentan estructuradas para los distintos tancats. Se muestran divididas entre los dos años de funcionamiento y especificando por separado la vegetación helófitas y las macrófitas sumergidas.

VEGETACIÓN HELÓFITA

A.1 Objetivos de la gestión de la vegetación helófitas

El objetivo principal de esta actuación se ha centrado en recuperar la superficie vegetada de algunas de las parcelas que más se han visto afectadas por la regresión de su cobertura vegetal. La pérdida de vegetación en estas parcelas se ha debido principalmente a la

Figura 8
Ejemplar de calamón.



predación por parte de las aves, en especial el calamón (*Porphyrio porphyrio*) que ha encontrado en los Tancats unos lugares ideales donde alimentarse y criar a su gran prole.

La recuperación de la vegetación en estas parcelas, supone además la recuperación de un hábitat desaparecido a orillas del lago. La construcción de estos humedales artificiales, ha servido como ecotono entre el lago y el arrozal. Además, en el seguimiento de la calidad del agua realizado en el proyecto se ha demostrado que la vegetación juega un papel muy importante en la mejora de la calidad del agua¹, por lo que recuperar una buena cobertura vegetal es muy importante para cumplir los objetivos del proyecto.

A.2 Plantaciones, descripción de la estrategia

Una operación previa a la plantación, encaminada a favorecer el establecimiento y desarrollo de la vegetación de acuerdo con el cronograma definido en la *Estrategia de Gestión* del Proyecto, ha sido el vaciado-desecación-labrado de las parcelas elegidas.

La única incidencia encontrada en esta operación ha sido la imposibilidad de realizar el labrado mediante máquina fanguera por riesgo de hundimiento en alguna de las parcelas con un sustrato más arenoso, por lo que finalmente se ha realizado con un motocultor más ligero. Se ha labrado una superficie total de 9,6 ha: 3 ha en HATLI Sector C, 2 ha en HATM sector B2C y 4,6 ha en HATP sector C-LE.

Los primeros trabajos de fanguero y plantación, estaban previstos para los meses



Figura 9
Preparación del carrizo en "bola" para su plantación.

de junio y principios de julio 2014, pero se decidió esperar al final del periodo de nidificación de las aves (finales de julio) para no molestarlas con una acción directa sobre el hábitat y que pudiera hacer que abandonaran las puestas o que algún ave resultara herida por la maquinaria.

Con esta actuación se ha pretendido demostrar si un fanguero previo a una plantación, favorece el crecimiento vegetal de la plantación o de las semillas presentes en el sustrato.

A.3 Obtención de plantas

Para los trabajos de plantación una parte de las plantas ha sido suministrada de forma gratuita, por los viveros municipales del Servicio Devesa-Albufera del Ayuntamiento de Valencia presente en el Parque Natural y especializados en flora autóctona. Otra parte de la planta la suministró el Centro de Conservación de Especies Dulceacuícolas de la Comunitat Valenciana que pertenece al Servicio de Vida Silvestre de la Dirección General del Medio Natural de la Conselleria de agricultura, Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Rural. Estas plantas fueron suministradas en macetas o alveolos que favorecieron su transporte a los lugares de plantación.

La extracción de parte de lirios amarillos se ha realizado manualmente en una parcela privada cerca del Puerto de Catarroja, y un tramo de acequia cerca del Barranco del Poyo, ya que dadas las grandes cantidades de planta necesarias para el proyecto no fue posible la producción en vivero de su totalidad. El lirio es una planta fácilmente divisible en mata y tiene un elevado porcentaje de supervivencia tras su replantación.

Igualmente el carrizo se extrajo de terrenos privados en el municipio de Alfafar, mediante el uso de una máquina retroexcavadora. La planta extraída fue transportada en camiones con mucha parte del sustrato en sus raíces, acopiándose en los caminos perimetrales de las parcelas donde se iba a plantar.

De forma manual se separan las plantas con tallos, hojas y cepellón y se colocan en cajas para su transporte y conteo. Para facilitar el conteo y el transporte, el cepellón se compacta a modo de "bola".

Se debe tener en cuenta que las plantas sean del genotipo de la zona de plantación para evitar la mezcla genética y no contaminar las especies autóctonas, además de este modo nos aseguramos que las plantas están adaptadas a las condiciones del lugar, asegurando en mayor medida su supervivencia.

[1] En el "Manual técnico para la gestión óptima de la hidráulica para la mejora del hábitat y de la calidad del agua" de esta misma colección puedes encontrar más información al respecto.

A.4 Metodología de Plantación

Para realizar la plantación de la manera más eficaz posible es necesario que las plantas vengan en bandejas de alveolos o en macetas.

En el campo de la agricultura existen máquinas capaces de plantar gran cantidad de alvéolos en poco tiempo, pero dadas las características de la zona de plantación, los trabajos se han realizado de forma manual.

Es muy importante delimitar las zonas de trabajo para que la máquina pueda circular sin pisar ninguna zona plantada y para que el personal tenga claro cuáles son las celdas y las líneas donde plantar. Para ello, antes de comenzar a plantar delimitamos con cañas estas zonas.



Figura 10
Máquina anfibia repartiendo plantas.

El suministro de las plantas en el interior de las parcelas se ha realizado con la ayuda de una máquina anfibia capaz de desplazarse por terrenos enfangados, de esta forma el maquinista reparte las plantas en las celdas de plantación, evitando que la brigada tenga que transportarlas a mano, ahorrando tiempo y esfuerzos innecesarios.

Aunque se ha trabajado en zonas húmedas con plantas acuáticas, para que las plantaciones

tengan un mayor éxito de supervivencia, una vez colocada la planta, se debe dejar en seco durante periodos prolongados para que ésta, desarrolle sus raíces. En muchos de los casos, la parte aérea de la planta se secará durante este proceso de trasplante, pero en pocos días aparecerán nuevos brotes que perdurarán a lo largo del tiempo.

A.5 Periodo de plantación

Para el tipo de vegetación que se ha utilizado en nuestras plantaciones, la mejor época para su trasplante es mientras ésta se está desarrollando, es decir, durante el periodo de primavera y verano.

Aparte del periodo de plantación, hemos de tener en cuenta otros factores como la nidificación de las aves, en las que evitaremos realizar la actividad de plantación para no molestarlas.

Las primeras plantaciones en el HATM se realizó a finales de julio hasta mediados de agosto de 2014, y en el HATP la plantación se realizó desde mediados de agosto hasta mediados de septiembre de 2014.

A.6 Selección de especies

Con el objetivo de mejorar la cobertura de vegetación palustre en las parcelas de flujo superficial (sectores B de los HA), se realizaron plantaciones de vegetación helófito en un total de 5 parcelas (3 en HATP y 2 en HATM). Tras una reunión con el IIAMA en la que se abordó el diseño de la plantación, se propuso un modelo en forma de mosaico, para favorecer una mejor distribución del agua y también una mayor viabilidad de la plantación.

Otro modelo de plantación probado fue el propuesto inicialmente en el proyecto, con



Figura 11
Cladium mariscus y ejemplar destrozado por entretenimiento de las aves.

una distribución lineal homogénea de las plantas a razón de 1 planta/2 m².

En todas las plantaciones realizadas la composición de la vegetación fue mixta, con algunas celdas de monocultivo, con el fin de crear una mayor biodiversidad vegetal, que a su vez acoja una mayor biodiversidad animal.

Las especies elegidas para reforzar la cobertura vegetal de las parcelas han sido especies típicas de ambientes palustres que se encuentran representadas en los tres HA de forma natural. Estas especies son:

Cladium mariscus

Especie perteneciente a la familia Cyperaceae y que es conocida de forma común como: junco espigado, masiega o mansega. Esta planta perenne puede llegar a alcanzar tres metros de altura y tres metros de anchura. Vive en suelos húmedos o empapados pudiendo aguantar sequías prolongadas.

Crecimiento: rápido.

Predación: poco atractiva para las aves como alimento, pero si como entretenimiento cortando sus hojas.

Función depuradora: crea zonas de sombra y retiene sólidos entre sus tallos.

Supervivencia: media.



Figura 12
Sparganium erectum.

Sparganium erectum

Especie perteneciente a la familia Typhaceae y que es conocida de forma común como: junco pelotero o esparganio. Esta planta perenne puede llegar a alcanzar un metro de altura y sesenta centímetros de anchura. Vive en suelos húmedos o empapados pudiendo aguantar sequías prolongadas.

Crecimiento: Rápido

Predación: Atractiva para las aves

Función depuradora: Crea zonas de sombra y retiene sólidos entre sus tallos.

Supervivencia: alta

Scirpus tabernaemontani

Especie perteneciente a la familia de las Cyperaceae y es conocida como junco de agua. Esta planta perenne puede llegar a al-

Figura 13

Scirpus tabernaemontani.



canzar un metro con cincuenta centímetros de altura. Vive en suelos húmedos o empapados, necesita acceso al agua de forma continuada.

Crecimiento: rápido.

Predación: poco atractiva para las aves.

Función depuradora: crea zonas de sombra y retiene sólidos entre sus tallos.

Supervivencia: media.



Figura 14

Scirpus maritimus.

Scirpus maritimus

Especie perteneciente a la familia de las Cyperaceae y es conocida como junco de mar. Esta planta perenne puede llegar a alcanzar un metro de altura. Vive en suelos húmedos o empapados, necesita acceso al agua de forma continuada.

Crecimiento: Rápido

Predación: Poco atractiva para las aves

Función depuradora: Crea zonas de sombra y retiene sólidos entre sus tallos.

Supervivencia: media



Figura 15

Scirpus holoschoenus.

Scirpus holoschoenus

Especie perteneciente a la familia de las Cyperaceae y es conocida como junco común. Esta planta perenne puede llegar a alcanzar un metro con setenta centímetros de altura. Vive en suelos húmedos o empapados, necesita acceso al agua de forma continuada.

Crecimiento: rápido.

Predación: poco atractiva para las aves.

Función depuradora: crea zonas de sombra y retiene sólidos entre sus tallos.

Supervivencia: alta.

Iris pseudacorus

Especie perteneciente a la familia de las Iridaceae y es conocida como junco común. Esta planta perenne puede llegar a alcanzar un metro con ochenta centímetros de altura. Vive en suelos húmedos o empapados, puede resistir periodos de sequía.

Crecimiento: rápido.

Predación: poco atractiva para las aves.



Figura 16

Iris pseudacorus.

Función depuradora: crea zonas de sombra y retiene sólidos entre sus tallos.

Supervivencia: alta.

Phragmites australis

Especie perteneciente a la familia Gramineae (poaceae) y es conocida como carrizo. Esta planta puede llegar a superar los dos metros de altura. Vive en suelos húmedos o empapados, puede resistir altos periodos de sequía.

Crecimiento: rápido.

Predación: poco atractiva para las aves.

Función depuradora: crea zonas de sombra y retiene sólidos entre sus tallos.

Supervivencia: alta.

Además de reforzar la cobertura vegetal de los HA con especies destinadas a la fitodepuración, no hemos de olvidar el compromiso de cumplir con la Directiva Hábitats que declara protegidas numerosas especies de



Figura 17

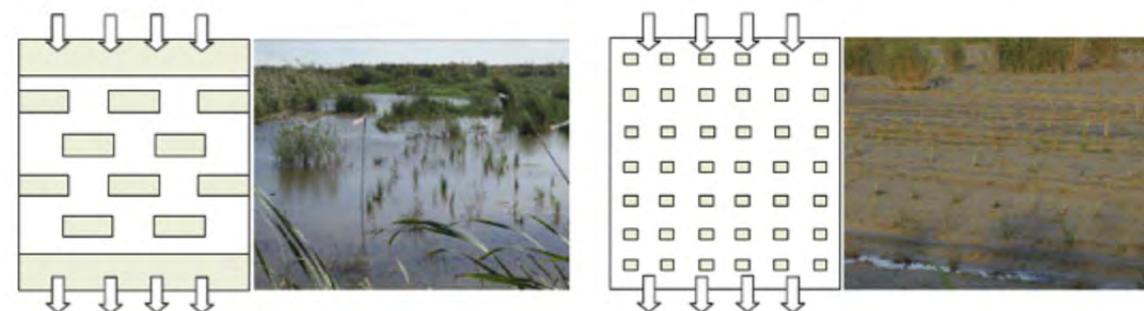
Phragmites australis.

flora silvestre en toda la Unión Europea. Esta Directiva ha sido incorporada a la jurisdicción española mediante el Real Decreto 1997/1996, donde algunas de las especies que se mencionan, están presentes en nuestros HA y forman parte de trabajos continuos de conservación como es el caso de la *Kosteletzkya pentacarpos* o del *Cladium mariscus* que además da nombre a unos de los hábitats prioritarios de la Directiva (7210* Turberas calcáreas con *Cladium mariscus* y con especies del *Caricion davallianae*).

En la imagen de la Figura 18 se muestra un esquema de los modelos propuestos.

Figura 18

Izq: esquema de mosaico e imagen parcela B20-HATM; Dcha: esquema lineal. Imagen FG1-HA.



A.7 Marco de plantación utilizado

Plantación lineal, reparto de las plantas en filas de manera lineal. Una planta por cada metro lineal y 2 metros entre cada línea.

Plantación en mosaico, reparto de las plantas por celdas de 4 m x 10 m. Un total de 80 plantas por celda. A estas celdas se añaden dos celdas grandes en forma lineal que ocupan toda la anchura de la parcela de lado a lado y con una anchura de 2m, una después de la entrada de agua y otra antes de la salida su salida con la misma densidad de plantación que las celdas de 1 planta por cada 0.5m².

La plantación en mosaico, ha seguido la distribución de un tablero de ajedrez (como se puede ver en la figura 19).



Figura 19
Sector B1C HATM
plantación en mosaico.

El objetivo ha sido favorecer una correcta distribución del agua, establecer zonas con alta densidad y cobertura vegetal para crear sombra que limite el crecimiento del fitoplancton y proporcionar una mayor garantía de supervivencia de las plantas. Las bandas del inicio y del final tienen también una densidad importante de plantación y el objetivo es también mejorar la distribución del agua, y favorecer la sedimentación de sólidos que

se hayan podido resuspender en el interior de la parcela, bien por la acción del viento o bien por las aves.

Humedal artificial de Tancat de la Pipa (HATP) en 2014:

Plantación lineal, reparto de las plantas de manera lineal. Una planta por cada metro lineal con un total de 153 plantas por línea, 2 metros entre cada línea. Se han plantado un total de 46 líneas. El reparto por especies y línea ha sido el siguiente:

FG1	Total plantas FG1	Plantas por línea
<i>Cladium mariscus</i>	1.132	24
<i>Sparganium erectum</i>	330	7
<i>Scirpus tabernaemontani</i>	595	13
<i>Juncus subnodulosus</i>	75	2
<i>Scirpus maritimus</i>	103	2
<i>Scirpus holoschoenus</i>	106	2
<i>Iris pseudacorus</i>	1.415	31
<i>Phragmites</i>	3.316	72
Total plantas	7.072	153

Tabla 2
Plantación en FG1 (HATP).



Figura 20
Plantación en FG1 (HATP).

FG2	En cada celda grande	En cada celda	Total pl. FG2
<i>Cladium mariscus</i>	208	13	1.435
<i>Sparganium erectum</i>	61	4	419
<i>Scirpus tabernaemontani</i>	109	7	755
<i>Juncus subnodulosus</i>	14	1	96
<i>Scirpus maritimus</i>	19	1	131
<i>Scirpus holoschoenus</i>	19	1	134
<i>Iris pseudacorus</i>	260	16	1.794
<i>Phragmites</i>	610	38	4.206
Total plantas	1.300	82	8.970

Tabla 3
Plantación en FG2 (HATP).

Plantación en mosaico, reparto de las plantas por celdas de 4 m x 10 m. Un total de 80 plantas por celda, 78 sectores. A estos sectores se añaden dos sectores grandes en forma de línea que ocupan toda la anchura de la parcela y con una anchura de 2 m, uno después de la entrada de agua y otro antes de la salida de agua.

FG3	Celda grande	En cada celda	Total Pl.FG3
<i>Cladium mariscus</i>	104	6	193
<i>Sparganium erectum</i>	30	2	56
<i>Scirpus tabernaemontani</i>	55	3	102
<i>Juncus subnodulosus</i>	7	0	13
<i>Scirpus maritimus</i>	9	1	18
<i>Scirpus holoschoenus</i>	10	1	18
<i>Iris pseudacorus</i>	130	7	242
<i>Phragmites</i>	305	16	566
Total plantas	650	35	1.207

Tabla 4
Plantación en FG3 (HATP).

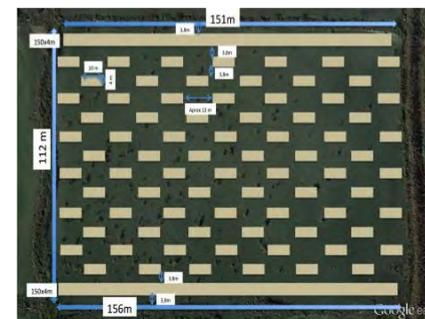


Figura 21
Plantación en FG2 (HATP).

Humedal artificial de Tancat de la Pipa (HATP) en 2015:

Durante el año 2015, se realizaron dos sesiones de refuerzo de la vegetación en las parcelas plantadas en 2014, una antes del periodo de nidificación (Abril 2015) con un total de 1.526 plantas, y otra después (julio 2015) con un total de 5.520.

Tabla 5
Plantación de 2015 en FG1, FG2 y FG3 (HATP).

	FG1	FG2	FG3	Total
<i>Iris pseudacorus</i>	1000	1000	3000	5000
<i>Scirpus tabernaemontani</i>	125	125	-	250
Total	1.125	1.125	3.000	5.250

	2014	2015	Total
FG1	7.072	1125	7.513
FG2	8.970	1125	14.637
FG3	1.207	4526	1.650
Total	17.249	6.776	24.025

Tabla 6
Total de la plantación entre 2014 y 2015 en HATP



Figura 22
Plantación en FG3 (HATP).

Humedal artificial de Tancat de Milia (HATM) 2014:

Plantación heterogénea en B1C, reparto de plantas por celdas de 4 m x 10 m (40 m²). Un total de 80 plantas por celda, en un total 34 celdas repartidas en 6 filas. En este caso, las celdas son monocultivos (misma especie en cada celda). A estas celdas se añaden dos franjas (celdas grandes) en la entrada y la salida que ocupan toda la anchura de la parcela (141 m de largo), con una anchura de 4 m (141 x 4 = 564 m²), en los que se ha plantado con una densidad de 2 plantas/m². En total aproximadamente 5.000 plantas en los

B1C	Franja entrada	Franja salida	Celdas pequeñas	Total B20
<i>Cladium mariscus</i>			520 (6,5 celdas) + 300 extras	820
<i>Juncus subnodulosus</i>			280 (3,5 celdas)	280
<i>Scirpus Sp.</i>			200 (2,5 celdas)	200
<i>Iris pseudacorus</i>			1.040 (13 celdas)	1.040
<i>Phragmites</i>	1.128	1.128	720 (9 celdas)	720
Total plantas	1.128	1.128	2.760	5.316

Tabla 7
Plantación en B1C (HATM).

B20	Franja entrada	Franja salida	En cada celda	Total B20
<i>Cladium mariscus</i>	101	109	8	1.506
<i>Juncus subnodulosus</i>	60	65	5	935
<i>Scirpus Sp</i>	41	44	3	571
<i>Iris pseudacorus</i>	201	217	16	3.010
<i>Phragmites</i>	605	653	48	9.034
Total plantas	1.008	1.088	80	15.056

Tabla 8
Plantación en B20 (HATM).

B1C	Franja entrada	Franja salida	Celdas pequeñas	Total B1C
<i>Cladium mariscus</i>			560	560
<i>Scirpus Sp.</i>			320	320
<i>Iris pseudacorus</i>	1.128	1.128	2.884	5.140
Total plantas	1.128	1.128	3.764	6.020

Tabla 9
Plantación en mosaico en B1C (HATM).

2.800 m² de la parcela B1C, a lo que se suma una plantación extra de 300 masiegas repartidas tras la primera plantación.

Plantación en mosaico en B20, reparto de plantas por celdas de 4 m x 10 m (40 m²). Un total de 80 plantas por celda, en un total 162 celdas. A estas celdas se añaden dos franjas que ocupan toda la anchura de la parcela, 126 m de largo en la entrada y 136 m en la salida, con una anchura de 4 m (126 x 4 = 504 m²; 136 x 4 = 544 m²), en los que se ha plantado con una densidad de 2 plantas/m². En total aproximadamente 15.000 plantas en los 7.200 m² de la parcela B20.

Humedal artificial de Tancat de Milia (HATM) 2015:

En esta segunda plantación realizada como refuerzo y reposición de marras, se optó por hacer monocultivos han sido los que mejor han funcionado, eligiendo el lirio amarillo en su mayor cuantía por su alta resistencia a la predación y a las fluctuaciones del nivel del agua como veremos en el apartado A.8.3.

B20	15 filas x 23	Total B20
<i>Iris pseudacorus</i>	350	350

Tabla 10
Plantación en línea en B20 (HATM).

	2014	2015	Total
B1C	5.316	6.020	11.336
B20	15.056	350	15.406
	20.372	6.370	26.742

Tabla 11
Total de la plantación en HATM.

A.8 Seguimiento de la evolución de la vegetación y obtención de datos

A.8.1 Por muestreo (Método Split Plot)

El diseño longitudinal split-plot combina la estrategia de grupos, con la estrategia de medidas repetidas. Por dicha razón, es conocido como diseño multimuestra de medidas repetidas. Los sujetos están agrupados en distintas submuestras y son observados a lo largo de un periodo.

El diseño de parcelas divididas (split-plot) tiene su origen en aplicaciones de Agricultura, donde podemos encontrar grandes parcelas y otras más pequeñas en su interior, y a cada uno de los dos tamaños de parcela, le corresponde un tipo de plantación.

Por ejemplo, ciertas variedades de cultivo se pueden plantar en áreas diferentes (parcelas grandes), una variedad en cada parcela. Luego cada área se divide en varias parcelas pequeñas y cada una de éstas, puede estar sujeta a diferentes actuaciones para estudiar su comportamiento.

En nuestro caso, las parcelas grandes se dividieron en celdas más pequeñas de 40 metros cuadrados (4 x 10) en las que se

plantaron un total de 80 ejemplares de unas especies determinadas.

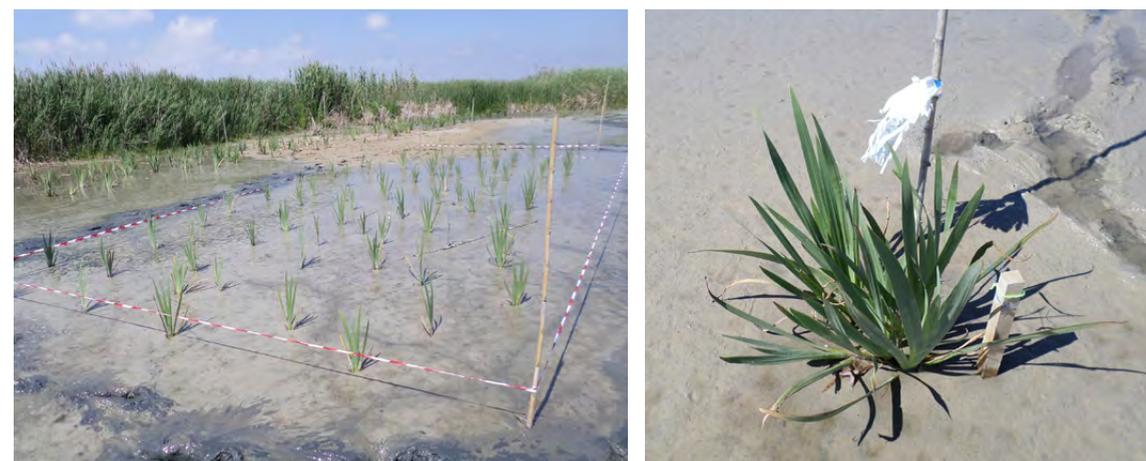
El seguimiento ha consistido en ver la supervivencia de las diferentes especies dentro de las parcelas pequeñas en comparación unas con otras.

Para realizar el seguimiento según Split Plot, se ha seleccionado al azar tanto las celdas como las plantas. En nuestro caso 10 celdas por parcela y 10 plantas por celda, de las que se han tomado diferentes parámetros como la altura máxima, signos de depredación y grado de inundación de la parcela.

Para identificar la planta se clavó una estaca con un código de colores por especie y un número para diferenciar las plantas de su misma especie.

En la celda B1C-1-1 (parcela B1 central, celda 1, del 1º año de plantación 2014) de los 10 ejemplares a monitorizar, salieron seleccionados 5 de *Cladium mariscus*, 3 de *Iris pseudacorus* y 2 de *Scirpus Sp.*

Figura 23
Celda de 4x10m plantada con lirio amarillo y ejemplar marcado para su seguimiento.



AÑO FECHA B1C	Nº	2014	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2016	Altura máx cm	Observación
		09 Sep Predación 0-1-2	26Feb Altura máx cm	27 Mar Altura máx cm	10 Abr Altura máx cm	13 May Altura máx cm	26 Jun Altura máx cm	08 Jul Altura máx cm	16 Sep Altura máx cm	04 Nov Altura máx cm	02 Mar Altura máx cm		
B1C-1-1													General: 26.06.15 mucho carrizo 07.08.15 carrizo muy alto 04.11.15 parcela inundada
<i>Cladium mariscus</i>	1	2	25	3	9	2	2	Desap.					27.03.15 hojas secas
	2	1	24	80	81	81	83	68	69	63	46	20	27.03.15 hojas secas
	4	1	30	110	110	115	117	42	34	Desap.			19.09.15 predación
	5	2	29	90	92	98	100	55	114	156	169	180	10.04.15 fruto 13.05.2015 Partido el tallo de las semillas
<i>Iris pseudacorus</i>	2	0	38	65	66	66	69	69	75	79	82	80	02.03.16 con flores

Tabla 12
Plantilla para el seguimiento de las plantaciones. La columna Nº indica el número asignado a cada individuo a monitorizar de cada una de las especies. La escala de valoración de síntomas de predación es 0 (no se observa) – 1 (efecto moderado) – 2 (efecto muy acusado).

En la tabla 12 se puede observar que de los 10 ejemplares elegidos para su seguimiento en la plantación de julio de 2014, el 9 de septiembre habían desaparecido la mitad quedando 4 ejemplares de *Cladium mariscus* (los Nº 1,2,4 y 5) y uno de *Iris pseudacorus* (el Nº 2). De éstos, el ejemplar número 1 de *Cladium mariscus* desapareció entre el 13 de mayo y el 26 de junio y el número 4 entre el 8 de julio y el 16 de septiembre.

Figura 24
Vuelo de cometa con cámara GoPro e imagen aérea antes y después de la plantación en el HATP.



La toma de datos ha sido realizada una vez al mes durante los meses de primavera y verano y cada dos meses, durante otoño e invierno. Esto no significa que en los periodos que no se tomen datos no se vigilen las plantaciones, ya que muchas veces las marcas de las plantas se pierden o es necesario controlar el grado de inundación o la presencia excesiva de aves.

A.8.2 Seguimiento fotográfico

Otro de los métodos utilizados para el control de la evolución de la vegetación, ha sido el seguimiento fotográfico. Este método permite comparar el antes y el después de la

actuación, verificando en este caso que la adecuación del hábitat mediante plantaciones ha aumentado la cobertura vegetal en las parcelas, así como la recuperación de la vegetación segada.

Este seguimiento se ha realizado mediante fotografía aérea y terrestre.

Para realizar este seguimiento se han propuesto diferentes puntos fijos alrededor de las parcelas para que la fotografía tenga siempre el mismo ángulo de visión y programándose las sesiones necesarias para realizar las fotos, durante el periodo de tiempo que se necesite estudiar.

En caso de la fotografía aérea también se han definido puntos y transectos fijos por donde hacer volar la cámara y captar la visión de la parcela a vista de pájaro siempre por el mismo camino.

Existen diferentes métodos para realizar estas fotos aéreas como son los vuelos en avioneta, drones, etc. Otro método más rudimentario pero efectivo que se ha utilizado durante el proyecto, ha sido hacer volar una pequeña cámara de fotos (GoPro) enganchada a una cometa. Este método consigue una foto por segundo en sesiones de 2.000 fotografías de alta calidad.

A.8.3 Resultados del periodo de monitorización LIFE y recomendaciones

Tras el seguimiento de la evolución de las plantaciones, se ha comprobado que los monocultivos han presentado mayor supervivencia, especialmente los de carrizo y lirio amarillo que ha mostrado una alta resistencia a todo tipo de afecciones. En cuanto a los trabajos previos de laboreo del terreno, no se ha podido comprobar una relación directa entre el éxito o fracaso de las plantaciones.

Especies	Supervivencia %
<i>Cladium mariscus</i>	25
<i>Scirpus Sp.</i>	70
<i>Iris pseudacorus</i>	83,87
<i>Phragmites australis</i>	85,18

Tabla 13
Porcentaje de supervivencia por especies en el HATM.

Especies	Supervivencia %
<i>Phragmites australis</i>	78
<i>Scirpus tabernaemontanii</i>	86
<i>Cladium mariscus</i>	86
<i>Sparganium erectum</i>	98
<i>Iris pseudacorus</i>	100
Media (%)	89

Tabla 14
Porcentaje de supervivencia por especies en FG1S, FG1N, FG2S y FG3 del HATP.

Aunque otras especies vegetales hayan tenido una menor supervivencia y/o crecimiento más lento, se considera importante apostar por la creación de sistemas con diversidad



Figura 25
Policultivo (carrizo, lirio amarillo, masiega y juncos) un año después de la plantación.



Figura 26
Monocultivo de lirios un año después de la plantación.

Figura 27
Crecimiento de las "bolas" de carrizo.



vegetal. En este sentido, el carrizo, los juncos, las masiegas y plantas del genero Scirpus, aunque más lentamente, se han desarrollado satisfactoriamente en algunos de los sectores en los que fueron plantadas.

Para asegurar el éxito de estas especies se ha aprendido que es necesario secar las parcelas donde se ha realizado la plantación durante un tiempo prolongado, hasta incluso un año completo, realizando algún riego a manta según las necesidades de las plantas. Con este estado de sequía la colonización del carrizo se produce de una manera muy rápida, mientras que en terrenos inundados, su proliferación ha sido muy lenta e incluso nula. También se ha constatado que la germinación de las semillas, se produce con mayor vigor en el momento en que las parcelas se encuentran secas.

Otra causa del mejor desarrollo de la vegetación en estado de sequía, ha sido la ausencia de depredación de aves acuáticas. En el momento que desaparece la lámina superficial de agua en las parcelas, calamones y patos dejan de utilizarlas como zonas de alimentación, disminuyendo significativamente los daños provocados a las plantas.

Pasados dos años de la plantación de carrizo, podemos observar que las "bolas" brotan creando ramos aislados que poco a poco van uniéndose.

Durante el seguimiento fotográfico de las parcelas se programó una sesión al mes durante

los meses de invierno y otoño y cada quince días en los meses de primavera y verano.

Marzo 2015



Mayo 2015



Julio 2015



Septiembre 2015



Noviembre 2015



Julio 2016



Octubre 2016



Figura 28
Seguimiento fotográfico en una de las celdas de B10 en el HATM.

A.9 Siegas

La siega y el fangueo han sido operaciones encaminadas a favorecer la regeneración de la vegetación, bien a partir de rebrotes de las plantas segadas (siega) o bien a partir del banco de semillas remanente en el sedimento (fangueo). Con la siega, además se retira biomasa madura, fotosintéticamente inactiva, que se descompondría si no fuera retirada, aportando materia orgánica y nutrientes al agua.

A.9.1 Métodos de cosechas y retirada de la biomasa

Las siegas se han realizado en las parcelas con mayor densidad de vegetación. En la estrategia de siega, se ha decidido cortar las plantas a diferentes alturas para obtener información sobre la influencia de este factor (altura de corte) sobre el rebrote y

crecimiento posteriores de las plantas. Para la cosecha de la materia vegetal producida en el humedal, es posible utilizar varios métodos. Durante el proyecto se ha utilizado una máquina anfibia con un apero de corte.

Otra forma de cosechar grandes superficies son las excavadoras sobre plataformas flotantes, aunque en este caso, además de retirar la parte aérea de la planta, también se retira parte de las raíces ralentizando su crecimiento en la siguiente temporada.

Los métodos mencionados anteriormente son utilizados cuando las parcelas se encuentran inundadas y es difícil lograr su secado. En caso de poder secar y tener un suelo firme se pueden estudiar otras alternativas como la siega manual con desbrozadora o alguna de las máquinas existentes para la siega de vegetación helófitas.



Figura 29
Máquina segadora y detalle de corte en parcela del HATI.



Figura 30
Cosecha con excavadora flotante y retirada de la biomasa con pulpo (HATM).



A.9.2 Periodo y frecuencia de siegas

Se pueden presentar dos alternativas en función del objetivo de esta actividad. Si el objetivo es la retirada de nutrientes del ciclo del agua, realizaremos la siega durante el mes de octubre que es cuando la planta ha alcanzado su máximo crecimiento, tras haber asimilado los nutrientes disueltos en el agua que ha ido circulando por el HA.

En caso de querer conservar la vegetación durante los meses de invierno como refugio para la fauna, podremos retrasar el periodo de siega a los meses de febrero y marzo. De esta forma retiraremos el material vegetal en seco evitando su descomposición en las parcelas y la reincorporación de los nutrientes retirados la temporada anterior de nuevo en el ciclo del agua.

En el caso de los HA la estrategia de gestión marcada al comienzo del proyecto determinó un periodo anual para las siegas.

A.9.3. Aprovechamiento de la biomasa

Las alternativas que se han estudiado durante el proyecto han sido las siguientes:

- Producción de compostaje. Se contactó con una empresa dedicada a la producción de



Figura 31
Cosechado con desbrozadora manual en el HATP.

biogás y compostaje, localizada a poca distancia de los HA y con la que ya se había trabajado con anterioridad. La empresa ofreció como alternativa más adecuada la producción de compost, mezclando la biomasa con otros residuos de otras características.

- Digestión anaerobia y valorización energética. Como parte de la acción de trabajo en red con otros proyectos, se contactó con los socios del LIFE SOSTRICE, cuyo principal objetivo es la reducción de los gases de efecto invernadero derivados del cultivo del arroz, mediante un modelo de gestión sostenible basado en la valorización energética de los residuos, a través de tecnologías de digestión anaerobia y de combustión. Los socios del LIFE ALBUFERA informaron sobre la biomasa vegetal en los HA (características nutritivas, volumen y época de producción, etc.) y prepararon muestras de las diferentes especies vegetales, que se llevaron los socios del LIFE SOSTRICE para analizarlas y estudiar la viabilidad de gestión en su planta piloto.

- Bioconstrucción: Se contactó también con un equipo dedicado a la arquitectura sostenible, "Econstrucció" un equipo de técnicos procedentes del sector de arquitectura, la ingeniería y las ciencias ambientales

Figura 32
Actividades para el estudio de la gestión de la biomasa (de izq. a dcha.) recogida de carrizo para bioconstrucción y visita a empresa de compostaje.



que tiene por objetivo recuperar técnicas constructoras tradicionales basadas en materiales naturales como las cañas, el barro, el carrizo etc. Parte del carrizo del HATP fue cosechado de manera manual por algunos miembros de la asociación y empacado para su posterior uso como cubierta para una casa en proceso de construcción. El resultado ha sido muy positivo en el sentido de que la gestión de la vegetación necesaria en los HA puede proporcionar un material de calidad a profesionales del sector de la bioconstrucción que suelen tener dificultad en encontrar este tipo de material.

Para más información sobre las alternativas para el aprovechamiento de la biomasa ver el informe "ALTERNATIVAS PARA LA VALORIZACIÓN DE LA BIOMASA VEGETAL DE LOS HUMEDALES ARTIFICIALES".

A.9.4 Resultados del periodo de monitorización LIFE y recomendaciones

El periodo anual que se marcó como objetivo en el proyecto, se ha visto determinado por la respuesta de la vegetación a la siega. Hemos podido comprobar que las zonas donde se ha cortado la planta a mayor profundidad han tardado casi tres años en regenerarse.

Figura 33
Seguimiento de la evolución de las siega en la parcela B42 por debajo de lámina de agua de HATI.

Marzo 2015



Octubre 2015



Julio 2015



Junio 2016



Mientras que las zonas que se ha cortado más hacia la superficie, han brotado con más facilidad. A continuación se muestran algunas imágenes de la evolución de la vegetación tras la siega a ras de la altura del agua.

Marzo 2015



Octubre 2015



Julio 2015



Junio 2016



Figura 34
Seguimiento de la evolución de las siega en la parcela B42 a ras de lámina de agua de HATI.

Figura 35. Abajo
Carrizal del HATP antes y después de la siega.

El rendimiento de la máquina segadora es mucho mayor cuando la planta se encuentra seca, ya que viva, la resistencia al corte de las cuchillas es mucho mayor y el peso para retirar la biomasa cosechada hacia las orillas de las parcelas, también es mucho mayor que con el material seco.

El tipo de planta también influye en el rendimiento de la máquina, el carrizo se corta con mayor facilidad que la enea, debido a su menor grado de humedad y diámetro del tallo. Estos factores son determinantes a la hora de planificar una actuación de este tipo, porque el presupuesto puede variar hasta casi duplicarse.



A.10 Gestión del sustrato

A.10.1 Labrado

Esta actuación se ha llevado a cabo en los AH del HATP y el HATM donde el control del agua, puede hacerse por sectores independientes y para esta es necesario secar con anterioridad las parcelas. En el HATI la actividad de secado parcial por parcelas, resulta más complicada ya que todas sus parcelas están conectadas.

Esta actuación ha tenido como finalidad la mineralización de la materia orgánica acumulada en el suelo de la parcela durante el período de secado y la activación del banco de semillas. Para ello una vez seca la parcela y deshidratada la materia orgánica, se ha pasado un motocultor que levanta la tierra entre 15 y 20 centímetros dejando al descubierto las semillas y oxigenando el suelo.

Durante el tiempo que está funcionando el sistema de HA, éste consume mucho oxígeno llegando con frecuencia a situaciones de anoxia total, por lo que es recomendable de vez en cuando un "reseteado" de las parcelas. Este reseteado depende



Figura 36
Trabajos de fangueo en HATM.

de la superficie y del caudal de agua que haya circulado por las parcelas, pero en un sistema de HA dedicado al tratamiento de aguas eutróficas como es el caso de los HA del LIFE Albufera, no debería ser superior a 5 años.

A.10.2.Fangueo

Con el fangueo, además de favorecer la germinación de las semillas presentes en el sedimento, se airea, mineraliza y asienta el sedimento, por lo que posteriormente ejerce menos demanda de oxígeno y es menos susceptible a resuspenderse creando turbidez en el agua.

A.10.3 Resultados del periodo de monitorización LIFE y recomendaciones

El secado de las parcelas para realizar estas acciones de labrado y fangueo ha servido además de para que las máquinas no se hundan en el fango, para eliminar los peces que estaban en las parcelas y que provocan turbidez en el agua y en muchos casos según la especie, se comen los brotes de la vegetación. Con esta acción se ha cumplido con la doble función de preparar el terreno para un ciclo con nueva vegetación y se ha retirado la ictiofauna que remueve el fondo y devora los brotes de las semillas germinadas, pero no se ha notado ninguna diferencia significativa en cuanto a la proliferación de la vegetación helófito, frente a otras parcelas donde no se ha realizado estos trabajos de laboreo.

Sí que ha tenido impacto la retirada de peces, en la proliferación de la vegetación sumergida, ya que ésta ha podido expandirse por sí sola de los brotes introducidos durante el proyecto, creando nuevas matas.

En el siguiente cuadro se muestran las superficies correspondientes a cada acción y el total de la ictiofauna retirada:

HA	Celda	Operación	Superficie (ha)	Fecha ejecución	Retirada de ictiofauna y biomasa
HATP	C-LE	Secado-Labrado	4,6	Feb-Mayo 2014	130 kg ictiofauna
	FG2	Fangueo	0,9	Jul 2014	
	Fp3	Siega	0,5	Feb-Mar 2015	
HATM	C	Secado	9,0	Nov 2013	110 kg ictiofauna
	B2C	Secado-Labrado	2,0	Feb 2014	35 kg ictiofauna
HATI	C	Secado-Labrado	2,8	Feb 2014	125 kg ictiofauna
	B1	Siega	1,5	Oct 2014	1.186 m ³
	B3.2	Siega (islas)*	1,0	Oct 2014	
	B4.2 y 4.4.3	Siega (franjas)*	1,0	Oct 2014	

*Las islas se han creado para no dejar desprovista de vegetación la totalidad de la celda. Las franjas se han hecho para clarear una superficie apreciable de la parcela pero sin segarla por completo, disminuyendo así el aporte de materia orgánica procedente de la vegetación madura y creando zonas abiertas para las aves.

A.11 Gestión hídrica

Aunque los tres HA tienen la misma finalidad dentro del Parque Natural de l'Albufera y su morfología no es muy diferente, sí lo son en cuanto a su capacidad hidráulica y forma de distribución de los caudales. Los tres disponen de sectores B (Humedal Artificial de Flujo Superficial) y C (lagunas de renaturalización) comparables, aunque dos de ellos disponen de sector A (Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial).

Los tres sistemas pueden tratar aguas del lago de l'Albufera, pero solo el Tancat de Milia y el Tancat de l'illa contemplan la posibilidad de poder recibir agua del tratamiento terciario de EDAR (EDAR Albufera Sur y EDAR de Sueca, respectivamente).

A.11.1 Niveles

Se ha constatado que los niveles de inundación de las parcelas, limitan el crecimiento de algunos helófitos como el carrizo y favorecen



Figura 37
Compuerta para regular niveles en HATM.

Tabla 15
Relación de siegas, fangueos y secados en los distintos HA.

la aparición de otros como la enea. Tal es el caso que en el HATLI donde las parcelas son monocultivos de enea, dado que es el HA con mayor nivel de agua y con menores posibilidades de regular estos niveles en las diferentes parcelas del HA.

Los niveles de agua en los Tancats de Pipa y Milia se pueden regular independientemente en cada parcela del sector B, pero en el Tancat de L'Illa vienen marcados por la compuerta de la última parcela de la línea, ya que están todos comunicados.

Una vez que las plantas se han desarrollado adecuadamente, se recomienda fijar un calado o nivel de agua lo más alto posible para disuadir la entrada de predadores como el calamón. Estos niveles deben encontrarse dentro de los límites de tolerancia de las especies plantadas; en la tabla 16 se indican valores aproximados para algunas de las especies plantadas en el proyecto.



Podemos observar en la figura 38 como en las zonas que por la orografía de la parcela quedan inundadas, la proliferación de la vegetación es mucho menor o casi nula, frente a las zonas que pueden permanecer en seco largos periodos de tiempo.

A.11.3 Resultados del periodo de monitorización LIFE y recomendaciones

Tras la experiencia del proyecto, se ha visto indispensable el control del agua para una correcta gestión global de los HA, tanto a nivel de calidad de agua a la hora de calcular los TRH, volúmenes, caudales, etc. como los niveles de inundación que afectan a flora y a la fauna.

El control de estos niveles ha sido posible gracias a varias acciones desarrolladas en el inicio del proyecto, como ha sido el refuerzo de motas (HATP) o la necesidad de independizar ciertos sectores en su canal de reparto de agua, para asegurar el flujo direccional del agua (HATM).

Con estas pequeñas obras se ha garantizado el régimen hídrico de los tres HA para el cumplimiento de las necesidades de la vegetación, de las aves y de la calidad del agua anteriormente expuestas.

De la capacidad de controlar el agua, ha dependido el éxito de todo el sistema.

Planta (nombre científico)	Profundidad radicular (en subsuperficiales)* (m)	Calado máximo (nivel de inundación, en superficiales)** (m)	Duración de la inundación** (%)
Carrizo (<i>Phragmites australis</i>)	>0.6	<0.05 – 0.50	70-100
Enea (<i>Typha spp.</i>)	0.3 – 0.4	0.10 – 0.75	70-100
Lirio (<i>Iris spp.</i>)	-	<0.05 – 0.20	50-100
Juncos (<i>Juncus spp.</i>)	0.6-0.9	<0.05 – 0.25	50-100
Esparganio (<i>Sparganium spp.</i>)	-	0.10 – 0.50	70-100
Ceratófila (<i>Ceratophyllum spp.</i>)	-	>3	75-10

Tabla 16
Calados tolerables y profundidad radicular aproximados de las plantas empleadas en el proyecto (fuente: *Cooper *et al.* 1996; **Kadlec *et al.* 2000).

Figura 38
Secado de la parcela B1C en HATM tras la plantación.

A.11.2 Periodos de secado

Para la correcta gestión de estos espacios es necesario planificar periodos de secado de las parcelas. Los humedales naturales no siempre disponen de aportes continuos de agua, lo que favorece la proliferación de determinadas especies de helófitos, creando de esta forma un ambiente más naturalizado.

Para favorecer la aparición de la vegetación, estos periodos deben coincidir con los periodos naturales en los que el humedal de forma natural recibiría menos aportes de agua.



B

Gestión de la vegetación **Vegetación sumergida**

VEGETACIÓN SUMERGIDA

B.1 Objetivos de la gestión de la vegetación sumergida

El objetivo principal de esta actuación ha sido recuperar la vegetación sumergida que nada más construirse los HA colonizó de forma esporádica los tres espacios y que ha ido desapareciendo poco a poco.

La mejora de la cobertura vegetal sumergida tiene diversas finalidades como la de crear hábitat para especies autóctonas como el fartet (*Aphanius iberus*) y samaruc (*Valencia hispanica*) o la gambeta (*Dugastella valentina*) y alimento para aves como la Focha (*Fulica atra*). Además contribuye a una mayor reducción de nutrientes en el agua, limita el crecimiento de fitoplancton y enriquece el agua de oxígeno y aumenta el banco de semillas en los HA que posteriormente son exportadas al lago de l'Albufera para su potencial colonización.

Este tipo de vegetación había desaparecido casi por completo del lago debido a la contaminación de las aguas y al paso continuo de barcas. Su conservación es complicada, ya que un ligero aumento de contaminantes en el agua, puede hacerlas desaparecer.

B.2 Plantaciones. Descripción de la estrategia

Algunas de las parcelas en las que se ha acordado plantar vegetación sumergida se han sometido a actuaciones previas de secado y labrado y se han retirado los peces para favorecer el establecimiento y viabilidad de las plantaciones. Además se han construido cercados de protección donde meter la planta de 2x2 metros con red lateral de malla 1cm de luz y cubiertas con malla de 3x4 cm, para facilitar la entrada de luz solar (HATP y HATM), y dos cercados de 3x2'5 metros,

diseñados para ser colocados en los canales de desagüe de las lagunas del HATP.

Se han plantado un total de 630 plantas en cada HA, realizando la misma réplica, tanto de especies como de cantidades, repartidas en 52 cercados y distribuidos en una superficie aproximada de 16.1 ha, cumpliendo así con el valor fijado en el proyecto (8 ha).

En el interior de los cercados se han introducido cajones de madera biodegradables con 15 esquejes de las siguientes especies:



Figura 39
Ceratophyllum demersum



Figura 40
Myriophyllum spicatum.



Figura 41
Potamogeton pectinatus.



Figura 42
Potamogeton nodosus.

Mientras se realizaban las operaciones de secado-labrado/fangueo y la posterior inundación de las parcelas, se construyeron los cercados de protección de la vegetación sumergida con el objetivo de protegerla de la depredación en las fases iniciales de adaptación y crecimiento y conseguir así mejorar la cobertura de este tipo de vegetación.

La vegetación se mantendrá estos cercados hasta que tenga el porte suficiente para aguantar la predación de aves y peces y pueda regenerarse por sí sola.

B.2.1 Obtención de plantas y periodos de plantación

Las especies seleccionadas han sido proporcionadas por el Centro de Conservación de Especies Dulceacuícolas de la Comunidad Valenciana (CEEDCV), dependiente de la Conselleria de Agricultura, Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Rural, en cajas de madera biodegradables. En cada caja se han colocado 15 esquejes de cada especie. Las cantidades proporcionadas para los tres HA han sido las siguientes:

Especie	Cantidad de cajas
<i>Ceratophyllum demersum</i>	14
<i>Myriophyllum spicatum</i>	16
<i>Potamogeton pectinatus</i>	6
<i>Potamogeton nodosus</i>	6

Tabla 17

Cantidad total de macrófitos sumergidos introducidos en los tres HA.



Figura 43
Arriba y abajo
Construcción y colocación de cercados para la protección de vegetación sumergida.

Los meses de primavera son los que el CEEDCV produce los esquejes para repoblar las zonas necesarias en la Comunidad Valenciana. La plantación en los HA se realizó entre finales de mayo y mediados de junio.

B.2.2 Seguimiento de la evolución de la vegetación y obtención de datos

Para realizar el seguimiento de la evolución de las plantaciones la estrategia marcada por el proyecto ha determinado que se hicieran visitas periódicas a los cercados tomando datos una vez al mes durante los meses de primavera y verano y cada dos meses

en otoño e invierno de supervivencia, de la existencia o número de brotes nuevos, % de cobertura dentro del cercado y presencia de algas filamentosas.

Fecha	CERCADO Nº	RESULTADOS
Plantación original		
ESTADO (Mal, Regular, Bien, Muy Bien)		
Brotes (Si/No)		
Cobertura (%)		
Algas Filamentosas (%)		
Estado del agua	Transparencia	
	Nivel	
	Zooplankton	
	Otros	
Observaciones		

Tabla 18 Humedal artificial de Tancat de la Pipa (HATP):

Ficha de toma de datos para seguimiento de las plantaciones.

Para los tres primeros meses de seguimiento de las plantaciones en las dos lagunas del HATP se han recogido en el mes de agosto los siguientes datos:

Especie	% supervivencia	
	Laguna 1 "Educativa"	Laguna 2 "Reserva"
<i>Ceratophyllum demersum</i>	100%	40%
<i>Myriophyllum spicatum</i>	30%	20%
<i>Potamogeton pectinatus</i>	0%	33%
<i>Potamogeton nodosus</i>	33%	0%

Tabla 19 Supervivencia de las diferentes especies en el HATP.

Cabe destacar que en la Laguna Educativa, la transparencia del agua fue notablemente mayor que en la de reserva, por lo que se puede inferir una mejor calidad del agua. La aparición de carófitos (algas indicadoras de buena calidad) en una de las jaulas control, así lo demostraba.

También se ha constatado una mayor cobertura de la especie que mejor funciona en ambas lagunas, *Ceratophyllum spicatum* llegando al 100% de cobertura o el *myriophyllum spicatum* y el *ceratophyllum demersum*.

Humedal artificial de Tancat de Milia (HATM):

Al igual que en HATP se ha realizado un seguimiento mensual de la plantación de vegetación sumergida. En el primero de ellos se

observó que la vegetación de los cercados instalados en el Sector B2E y en el canal B2C presentaba un buen aspecto y alta supervivencia (70-80%). Mientras que en el resto de sectores el estado ya era regular o malo, o bien no se podía apreciar por la turbidez y calado de la columna de agua. Sin embargo, en los siguientes muestreos se observó un decaimiento de la vegetación que hasta el momento había respondido bien, dándose por desaparecidas en el último muestreo (25/08/2014). Dicha desaparición se debe a un cúmulo de circunstancias que hicieron poco viable la supervivencia de la vegetación sumergida como cambios bruscos de la columna de agua.

Humedal artificial de Tancat de l'illa (HATLI):

En el seguimiento mensual realizado se ha observado que la vegetación sumergida plantada en la laguna no ha logrado sobrevivir a las condiciones adversas de este sector. A pesar de la retirada de peces que se ha realizado en el momento de su vaciado, la laguna ha seguido presentando una turbidez suficiente para limitar el crecimiento de la vegetación sumergida, posiblemente debido a la resuspensión de sedimentos por efecto del viento.



Figura 44 Retirada de peces en el Tancat de l'illa tras el secado de la laguna.

Posteriormente a estos datos se siguió el seguimiento, de frecuencia mensual en los meses de verano y bimestral en invierno. Cabe resaltar la dificultad de este seguimiento, ya que en función del calado y de la turbidez del agua en cada momento, ha habido campañas de monitorización en las que no se ha podido valorar el estado de la plantación por la baja visibilidad. Entre los resultados más destacables de este seguimiento se destacan los siguientes:

- Colonización al 100% de la especie *Ceratophyllum demersum* en 6 cercados del sector C-LE de HATP, y aparición de carófitos en uno de los cercados control de C-LE. Ambos resultados indican una buena calidad del agua, y en efecto así es cuando se comparan los resultados de calidad de agua de ambos sectores C (por ejemplo, concentración media de sólidos suspendidos de 13 mg/L en LE y 56 mg/L en LR). La mejor calidad del agua en LE se asocia al tratamiento previo a la plantación: secado, retirada de peces y labrado, todo ello contribuyendo a minimizar la potencial resuspensión de sedimentos. A ello se une una menor presión por aves (presencia de aves nadadoras que no remueven el sedimento).

- Supervivencia baja en HATM y HATLI, siendo en este último *Myriophyllum spicatum* la especie que ha presentado mayor éxito de supervivencia y desarrollo, ya que tras un año desaparecida rebrotó en uno de los cercados de la laguna, llegando al 100% de cobertura y soltando propagulos que han colonizado otras partes de la laguna.

B.2.3 Selección de especies y marco de plantación

Se han seleccionado 4 especies diferentes de plantas sumergidas, que son: *Ceratophyllum demersum* (CD), *Myriophyllum spicatum* (MS), *Potamogeton pectinatus* (PP), *Potamogeton nodosus* (PN). Los diferentes cercados

se han colocado como está indicado en la tabla 20.

HA	Parcela	Nº cercados vegetados	Nº cercados control	Composición
HATP	C-LE	9	4	45PP, 120MS, 105CD, 45PN
	C-LR	9	4	45PP, 120MS, 105CD, 45PN
	Canal desagüe LE y LR	2		30PP, 30MS, 30PN
HATM	Canal A-B	2	1	30PP, 15MS, 15CD, 30PN
	B10	1		15MS, 15PP
	Canal B1-B2	2	1	30PP, 15MS, 15CD, 30PN
	B20	1	1	15MS, 15PP
	Canal B2-C	2	1	30PP, 15MS, 15CD, 30PN
HATI	C	10	4	15PP, 120MS, 150CD, 15PN
	B3.1	2	1	30PP, 15MS, 30CD, 15PN
	B3.3	1	1	15PP, 15MS, 15PN
	C	9	4	30PP, 105MS, 90CD, 30PN

Humedal artificial de Tancat de la Pipa (HATP):

Se han introducido en cada laguna 9 cercados con vegetación y 4 que funcionarán a modo de "control" (sin vegetación). Se ha realizado la misma plantación en las dos lagunas y en los canales, con lo que se dispone de dos réplicas.

Humedal artificial del Tancat de Milia (HATM):

Se han colocado 20 cercados con vegetación localizada en contenedores biodegradables (aproximadamente 30 plantas por cercado) y 8 cercados vacíos. La localización de los mismos es la siguiente:

- Canal A-B: 2 llenos, 1 vacío
- Sector B10: 1 lleno
- Canal B1-B2: 2 llenos, 1 vacío
- Sector B20: 1 lleno, 1 vacío
- Canal B2-C: 2 llenos, 1 vacío
- Sector C: 10 llenos 4, vacíos

Humedal artificial de Tancat de l'illa (HATLI):

Se han colocado 12 cercados con plantas y 6 recintos vacíos. La localización de los mismos es la siguiente:

- B3.1: 2 llenos 1 vacío
- B3.3: 1 lleno 1 vacío
- C: 9 llenos 4 vacíos

Tabla 20 Características de las plantaciones de vegetación sumergida realizadas en mayo de 2014.



Figura 45
Ubicación de los cercados en los tres HA para la plantación de macrófitos sumergidos.

B.2.4 Resultados del periodo de monitorización LIFE y recomendaciones

Tras el periodo de 2014 se acordó no realizar más reintroducciones de material nuevo en los HA y se valoró el interés de realizar el seguimiento de las anteriores plantaciones y realizar ampliaciones de los cercados para favorecer la expansión de las matas que habían resistido y otras que surgían espontáneamente.

Aunque se decidió en un primer momento no hacer más reintroducciones, en 2016 se ha realizado una última reintroducción con resultados satisfactorios, sobre todo con las especies de *Ceratophyllum demersum* y *Myriophyllum spicatum*.

La plantación en el interior de los cercados no asegura al 100% que las plantas estén a



Figura 46
Hojas de *Potamogeton nodosus* con síntomas de predación en el interior de uno de los cercados del HATM.

salvo de depredadores, ya que éstos harán lo posible por acceder a este recurso tan escaso.

Durante las revisiones de los cercados, se ha podido observar en el interior de los cercados peces, cangrejos, incluso algún ave.

A continuación se muestran algunos de los resultados del periodo de 2015:

HATP

Durante los meses de verano de 2015 se han ampliado 3 cercados previamente existentes en las lagunas Educativa (ME) y de reserva (MR), en las que se realizaba el seguimiento de *Ceratophyllum demersum*, con coberturas mayores del 70%. Además, se instalaron nuevos cercados, con especies que aparecieron de manera espontánea en MR: *Potamogeton pectinatus* y *Zannichelia pelltata*, y en cada una de las lagunas se ha instado un cercado con *Myriophyllum spicatum*, translocado del HATI.

En la imagen 47 se observa la localización de estos cercados, de 15 metros de diámetro (superficie de 18 metros cuadrados aprox), multiplicando por 4 la superficie de cobertura de las plantas. Estos cerca-

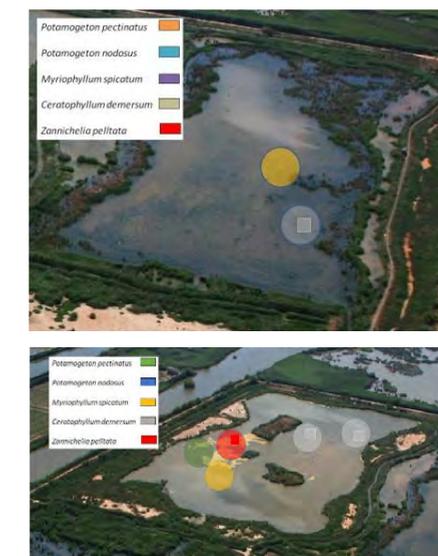


Figura 47
Distribución de cercados de 18m² en MR y ME del HATP.



Figura 48
Cercados ampliados en HATP, de izquierda a derecha: *Ceratophyllum demersum* con cobertura 100%, traslocación de *Myriophyllum spicatum* y detalle de la colonización espontánea de *Chara vulgaris*, en ME, dentro del cercado de *Myriophyllum spicatum*.

dos se colocaron sobre vegetación existente del año anterior, o sobre nuevas colonizaciones que se han protegido para prolongar su durabilidad.

HATLI

Durante los meses de verano se llevó a cabo la ampliación de un cercado previamente existente, en las que se realizaba el seguimiento de *Myriophyllum spicatum*. Además, se ha instalado un nuevo cercado con una mata aparecida de forma espontánea. En total son 36 m².



Figura 49
Ampliaciones sucesivas de cercado con *Myriophyllum spicatum* en HATLI.



Recomendaciones generales

C

Los trabajos realizados en el proyecto LIFE ALBUFERA permiten extraer las siguientes recomendaciones:

- Previamente a la realización de una plantación, es necesario diseñar una estrategia en base a las necesidades del proyecto.
- Se deben seleccionar las especies teniendo en cuenta su presencia de forma natural en la zona de actuación, especialmente especies de hábitats propios de la zona incluidos en la Directiva Hábitats y asegurar su genotipo para evitar la contaminación genética de ejemplares silvestres.
- Los trabajos de laboreo del sustrato previos a las plantaciones, no han sido tan decisivos en el éxito de la plantación, como el posterior control de los niveles de inundación de las parcelas.
- En la estrategia de la plantación, lo más importante para su éxito es asegurar el control hídrico del lugar de la actuación. Una inundación o una falta de riego a tiempo, puede arruinar todo el trabajo realizado.
- A la hora de tener un mayor éxito en las plantaciones y obtener la máxima cobertura vegetal, se recomienda la agrupación en pequeñas celdas de cultivos de una única especie.
- En caso de pretender una mayor diversidad de especies en detrimento de la cobertura vegetal, podremos usar las plantaciones lineales o en mosaico con diferentes especies.
- Para asegurar la supervivencia en ambos casos, deberemos poder controlar los niveles del agua en las parcelas de la plantación, dejando éstas en seco el mayor tiempo posible y realizando algún riego a manta en función de las necesidades de las plantas.
- La proliferación espontánea de carrizo y de germinación del banco de semillas existente en el sustrato de los humedales, tiene mayor explosión en momentos de sequía que de inundación.
- Hay que tener en cuenta selección de especies en función de lo susceptibles que sean a su predación por las aves.
- Para disminuir esta presión de las aves acuáticas sobre las plantaciones es necesario dejar la zona de plantación en seco. Una vez las plantas

están arraigadas y sobreviven a la inundación haremos todo lo contrario para evitar esta predación y subiremos los niveles al máximo, dentro del rango que son capaces de soportar.

- Para realizar el seguimiento y evolución de las plantas, es necesario marcarlas de forma que sean reconocibles con facilidad. Hay que tener en cuenta que al cabo del tiempo las plantas cercanas crecen y aparecen nuevas que pueden llevar a la confusión del individuo.
- Al rellenar las fichas de seguimiento, es importante anotar cualquier hecho o circunstancia que nos llame la atención. La repetición de alguno de estos hechos o circunstancias puede llevarnos a conclusiones inesperadas.
- A la hora de planificar la estrategia de cosechado de la vegetación, deberemos tener en cuenta si el objetivo es retirar materia orgánica del ciclo del agua o de restauración del hábitat, de ello dependerá a que altura segar las plantas.
- En caso que la cosecha esté enfocada a la retirada de materia orgánica del agua, segaremos las plantas cerca de la superficie del agua para favorecer su rebrote.
- En caso que la cosecha esté enfocada a la restauración del hábitat, segaremos la vegetación lo más profundo que nos permita la maquinaria.
- Previo al cosechado contemplaremos en la estrategia las posibilidades de valorizar la biomasa.
- Es recomendable recuperar la vegetación sumergida en humedales para que sirva de alimento y refugio a diferentes especies de fauna.
- Para que esta introducción funcione, será necesario retirar la máxima cantidad de peces herbívoros. Para ello podremos utilizar artes de pesca o lo más efectivo, desecar la zona previamente a la plantación.
- Para recuperar esta vegetación sumergida será necesario protegerla tras su reintroducción, hasta que la mata pueda sobrevivir por si sola.
- Para la protección de esta mata se recomienda construir recintos aislados que permitan separar las matas de sus posibles depredadores.
- Una vez la mata esté estabilizada y ocupe el % recinto, podemos abrirlo o ampliarlo si vemos que la presión de los depredadores puede hacerla desaparecer.

D

Referencias
y bibliografía

- Brix, H., 1994. Functions of macrophytes in constructed wetlands. *Water Science and Technology*, 29(4), pp.71-78.
- Directiva Hábitats. Directiva 92/43/CEE relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres.
- Vymazal, J., 2013. Emergent plants used in free water surface constructed wetlands: a review. *Ecological Engineering* 61: 582-592.
- Vymazal, J., 2012. Enhancing ecosystem services on the landscape with created, constructed and restored wetlands. *Ecological Engineering*, 37, 1-5.
- Cooper PF, Job GD, Green MB, Shutes RBE. 1996. Reed beds and constructed wetlands for wastewater treatment. Ed. WRC publications. ISBN 1.898920 27 3.
- Kadlec, R.H. et al., 2000. *Constructed wetlands for pollution control. Processes, performance, design and operation*. IWA Publishing, London. ISBN 1 900222 05 1.
- Àrea de botànica, departament de biologia, universitat de les illes balears. Herbari virtual del mediterrani occidental.
- Comín, 2014. Manual de restauración de humedales en cuencas agrícolas. Comarca de los Monegros. Accesible en http://www.creamagua.com/documentos/Manual_humedales.pdf.
- Cooper PF, Job GD, Green MB, Shutes RBE. 1996. Reed beds and constructed wetlands for wastewater treatment. Ed. WRC publications. ISBN 1.898920 27 3.
- García, J y A. Corzo, 2008. Depuración con humedales construidos. Guía práctica de diseño, construcción y explotación de sistemas de humedales de flujo subsuperficial. Accesible en http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/2474/JGarcia_and_ACorzo.pdf.
- MMA (Ministerio de Medio Ambiente), 2004. Estudio para el desarrollo sostenible de l'Albufera de Valencia. Asistencia técnica TYP SA. Accesible en <http://www2.chj.gob.es/albufera/index.html>.
- Salas J.J., Pidre J.R., Cuenca I. 2007. Manual de tecnologías no convencionales para la depuración de aguas residuales.
- Robert L. Jacobson January 2006. *Restoring & Managing Native Wetland & Upland Vegetation*. Minnesota Board of Soil & Water Resources, Minnesota Department of Transportation.
- Marcelo Javier López, Ernesto Aguirre-Ruiz, Eduardo de Miguel Beascochea 2016. Guía básica para la producción de plantas acuáticas emergentes y carófitos en condiciones controladas.
- Santos Cirujano, Jaume Cambra, Cesar Gutierrez 2005. Protocolos de muestreo y análisis para macrófitos. Metodología para el establecimiento del estado ecológico según la DMA. MMA Confederación Hidrográfica del Ebro.
- E. de Miguel, J. de Miguel y M.D. Curt. Manual de fitodepuración. Accesible en <http://www.fundacionglobalnature.org/macrophytes/Manual%20sobre%20fitodepuracion.htm>
- María A. Rodrigo, Carmen Rojo, José L. Alonso-Guillén, Pablo Vera. *Ecological Engineering* 54: 1-15. Restoration of two small Mediterranean lagoons: The dynamics of submerged macrophytes and factors that affect the success of revegetation.

2

Alternativas para la valorización de la biomasa vegetal de los humedales artificiales

Autor

Matthieu Lassalle

Colaboradora

Lucía Moreno Fernández

ACCIÓN ECOLOGISTA AGRÓ

O INTRODUCCIÓN	63	C4 PRODUCCIÓN DE ENVASES	94
A ANTECEDENTES		C4.1 Proceso de transformación de la biomasa	94
TRABAJOS DE SIEGA DE LIFE+ALBUFERA	69	C4.2 Características de los envases HortoMold@	95
A1 CARACTERIZACIÓN DE LAS PARCELAS	70	C4.3 ¿Unos envases de biomasa de los humedales artificiales?	95
A2 MAQUINARIA	71	C5 BIOCONSTRUCCIÓN	96
A2.1 Otros tipos de maquinaria	71	C5.1 Unas construcciones con historia	96
A3 FORMA DE LA BIOMASA POST-COSECHADO	72	C5.2 ¿Los humedales como fuentes de materiales de bioconstrucción?	97
A4 DISEÑOS DE SIEGA	73	C5.3 Caracterización del carrizo de l'Albufera como elemento base para la bioconstrucción	97
A5 FECHA DE SIEGA	74	C5.3.1 Experiencias destacadas con el carrizo.	99
A6 COSTES	74	C5.3.2 Experiencias destacadas con otra especie, la enea.	102
B TRANSFORMAR LA BIOMASA EN UN MATERIAL APROVECHABLE	77	C6 COMBUSTIÓN	102
B1 FECHAS DE ACTUACIÓN, UN PARÁMETRO IMPORTANTE	78	C6.1 Antecedentes	103
B2 CARACTERIZACIÓN DE LA BIOMASA DE LOS HUMEDALES ARTIFICIALES	78	C6.2 Experiencia de la RSPB	103
B2.1 Contenido en humedad	78	C6.2.1 Proceso de transformación	103
B2.2 Caracterización química y estructural	79	C6.2.2 Conclusiones	104
C TÉCNICAS DE TRANSFORMACIÓN	83	C6.3 Otras experiencias de combustión a destacar	105
C1 DIGESTIÓN ANAEROBIA	84	C.7 GASIFICACIÓN	106
C1.1 Proceso técnico	84	D RESUMEN	109
C1.2 Aplicaciones del biogás	85	Conclusiones y recomendaciones	110
C1.3 Aprovechamiento del efluente	85	E REFERENCIAS	113
C1.4 Caso concreto de los humedales artificiales	85	F ANEXOS	
C2 ACOLCHADO O MULCHING	88	ANEXO I	
C2.1 El Acolchado ¿para qué?	88	“Estudio del potencial de biometanización de residuos vegetales procedentes de los humedales artificiales y evaluación de su aptitud para la co-digestión anaerobia con paja de arroz” ACTIVIDAD NETWORKING ENTRE: LIFE SOSTRICE (LIFE 13 ENV/ES/001333) & LIFE ALBUFERA (LIFE 12 ENV/ES/000685), Junio 2016.	
C2.2 Principales ventajas	88	ANEXO II	
C2.3 Materiales vegetales	89	“Reed Quality determination 09/08/2016 200 201 Reet samples from Spain”. Comissioned by Marc Fuster Adrover, Eonstrucció Arquitectura Orgànica i Vernacla Cooperativa Valenciana. Done by: Riet ABC BV Date 22/08/2016, Ing. H.S. Hurlings	
C2.4 Caso concreto de los humedales artificiales	89		
C2.5. Experiencia LIFE de acolchado	90		
C3 COMPOST	91		
C3.1 Técnicas de compost	91		
C3.1.1 En pilas	91		
C3.1.2 En secaderos	92		
C3.2 Experiencias destacadas	93		
C3.2.1 Parque Nacional de las Tablas de Daimiel	93		
C3.2.2. Reservas naturales de la RSPB, Reino Unido	93		
C3.3 Caso concreto de los humedales artificiales	93		

ABREVIATURAS Y DEFINICIONES

AEA: Acció Ecologista-Agró
FGN: Fundación Global Nature
HA: Humedal artificial
HHAA: Humedales artificiales
IIAMA: Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente de la Universidad Politécnica de Valencia
ILLA: Tancat de l'ILLA
MILIA: Tancat de Milia
PIPA: Tancat de la Pipa
RSPB: Royal Society for the Protection of Birds
UPV: Universidad Politécnica de Valencia

LISTA DE FIGURAS Y TABLAS

Figura 1: Detalle de ubicación de los HHAA de l'Albufera de Valencia. Fuente imagen de fondo: Google Maps.
Figura 2: Vista aérea general de MILIA.
Figura 3: Vista aérea general de ILLA.
Figura 4: Vista aérea general de PIPA.
Figura 5: Máquina cosechadora de arroz en una parcela de enea en PIPA, 2009.
Figura 6: Siega manual en una parcela de 0,5Ha de enea y recogida con tractor en PIPA, 2010.
Figuras 7: retirada de enea del sector C de Milia en 2012 hacia la era de secado.
Figura 8: Aspecto de la parcela antes y después de la siega en ILLA.
Figura 9: Aspecto de la parcela antes y después de la siega en PIPA.5
Figura 10: Truxor equipada con el apero de corte segando una mata de lirio amarillo en zona de poca profundidad.
Figura 11: Truxor equipada con el apero rastrillo recogiendo la biomasa segada..
Figura 12: Loglogic Softrack 120hp.7
Figura 13: Siega.
Figura 14: Olympia.
Figura 15: Corte manual de la vegetación.
Figura 16: De izquierda a derecha: triturado sencillo de carrizo, triturado doble de carrizo, triturado de precisión de carrizo [REF 3].
Figura 17: Siega de la enea en forma de canal en una parcel de ILLA.
Figura 18: Siega y recolección manual del carrizo por los técnicos de la cooperativa valenciana Econstrucció.
Figura 19: Preparación de los fardos de carrizo en PIPA.
Tabla 1: Tabla de precios orientativos de recogida y transporte de material vegetal (Sin IVA). Datos obtenidos en la empresa Tragsa (Empresa de Transformación Agraria, SA).
Figura 20: Contenido de humedad de muestras de carrizo y enea en los humedales artificiales de PIPA [REF 4].
Tabla 2: Contenido de humedad en muestras de carrizo a lo largo del año en Reino Unido [REF5].
Figura 21: Primer encuentro de trabajo entre LIFE+ SOSTRICE y LIFE+ ALBUFERA.
Tabla 3: 1ST: Sólidos Totales; 2VS: Sólidos Volátiles; 3NTK: Nitrógeno Total Kjeldahl, 4C: carbono; 5C/N: Ratio carbono/nitrógeno.

Figura 22: Concentración en fibra de distintas plantas utilizadas en humedales artificiales y de paja de arroz.
Figura 23: Esquema de las fases del proceso de digestión anaerobia [REF 2].
Tabla 4: Concentraciones de gases obtenidos por digestión anaerobia [REF 2].
Figura 24: Cosecha de la muestra de carrizo en PIPA y de enea en MILIA el 31 de marzo 2016 y transporte hasta la planta piloto de digestión anaerobia de LIFE+ SOSTRICE.
Figura 25: Ilustración de los sustratos analizados en el estudio de biometanización [TP1: tamaño de partícula medio 1 (1-5cm); TP2: Tamaño de partícula medio 2(0,5-1,5cm)].
Figura 26: Montaje experimental en laboratorio de los ensayos batch de biodegradación anaerobia.
Figura 27: Instalaciones de la planta piloto de LIFE+SOSTRICE en Silla (Valencia).
Tabla 5: Composición porcentual de las mezclas de co-digestión analizadas.
Tabla 6: Caracterización de los sustratos analizados.
Tabla 7: Potencial de biometanización, porcentaje de metano y energía potencial de cada uno de los sustratos analizados, así como de las mezclas de co-digestión.
Figura 28: Ejemplo de acolchado en agricultura y jardinería..
Tabla 8: Resultados del análisis de una muestra de enea recogida en los humedales artificiales de PIPA en 2009.
Tabla 9: Límites de concentración en metales para productos fertilizantes orgánicos indicados en el Reglamento (CE) nº 889/2008 de la Comisión, de 5 de septiembre de 2008, por el que se establecen disposiciones de aplicación del Reglamento (CE) nº 834/2007 del Consejo sobre producción y etiquetado de los productos ecológicos, con respecto a la producción ecológica, su etiquetado y su control [REF 8].
Figura 29: biomasa retirada del HA y extendido en el camino de acceso a modo de acolchado. .
Figura 30: Ciclo de la producción del compost [REF 10].
Figura 31: Fases del proceso completo de compost en pilas.
Figura 32: Volteado de la materia vegetal en pilas con una maquina especializada. Michigan, EEUU..
Figura 33: Secadero rotativo, Canadá..
Figura 34: Apilamiento del carrizo podado en el Parque Nacional de Daimiel.
Figura 35: Visita técnica de los socios de LIFE+ALBUFERA en las instalaciones de TRAMAVE, planta de compost y de digestión anaerobia.

Figura 36: Aspecto del producto HortoMold® apilable.
Figura 37: Visita de los responsables de la empresa Contrerina, SL en PIPA, primavera 2016.
Figura 38: Montaje de los muros autoportantes con balas de paja de arroz.
Figura 39: Colocación de fardos de carrizo de PIPA en la estructura de madera y cañas, colaboración entre "Okambuva" y "Econstrucció".
Figura 40: Fichas identificativas de las muestras.
Figura 41: Medición de las dos muestras en el "Julius Khun Institute" en Alemania.
Figura 42: Máquina cosechadora de carrizo [REF 31].
Figura 43: Fardos de carrizo acopiados en el campo de cosecha, Polonia [REF 29].
Figura 44: Almacén de fardos de carrizo, Alemania [REF 29].
Figura 45: Construcción artesanal de una cubierta de carrizo [REF 29].
Figura 46: Techo de carrizo de una de las instalaciones del Parque Nacional de los Broads, Inglaterra. Foto sacada durante una visita de los socios FGN y IIAMA de LIFE+ALBUFERA, julio 2016.
Figura 47: Colección de fotos de las diferentes arquitecturas de techo a diferentes latitudes [REF 30].
Figura 48: Proceso de fabricación de una pared de estructura de madera rellena con una capa de carrizo [REF 32].
Figura 49: Ejemplo del uso de paneles de carrizo ordenado como capa de aislante en una pared de piedra. [REF 30].
Figura 50: Diferentes usos ornamentales del carrizo [REF 29].
Figura 51: Tablero de enea prensada de la marca Tyha Technik.
Figura 52: Briquetas.
Figura 53: Fabricación de pellets.
Figura 54: Depósito de alimentación de la caldera..
Tabla 10: Densidades del producto final según la especie vegetal y la forma utilizada [REF 3].
Figura 55: Proceso de siega del carrizo, recogida y transporte en balas y triturado. Tras el triturado el material se puede peletizar.
Figura 56: Proceso de selección de muestras, análisis en laboratorio y prueba definitiva en caldera real [REF 26].
Figura 57: Visita de los responsables de la empresa GreenE en el Tancat de la PIPA 60.
Figura 58: Proceso técnico de la gasificación , Fuente GreenE.
Tabla 11: Tabla resumen de valorización de la biomasa considerando las especies de los HHAA de LIFE+ALBUFERA.



Introducción

01 INTRODUCCIÓN

Los humedales son uno de los entornos más productivos del mundo, y son cunas de diversidad biológica y fuentes de agua y productividad primaria de las que innumerables especies vegetales y animales dependen para subsistir. *Convenio de Ramsar*.

Muchos hábitats gestionados a favor de la conservación de la naturaleza son sistemas dinámicos y mantenerlos como tal, representa una enorme demanda de recursos, por lo general genera unas grandes cantidades de material cosechado, en la mayoría de los casos como material excedente. La gestión del territorio, de las zonas húmedas y particularmente de los humedales artificiales, implica necesariamente la retirada de la vegetación madura que ya ha cumplido como recurso para mejorar la calidad del agua pero también como hábitat para favorecer la biodiversidad. En muchas situaciones, no existe actualmente un mercado comercial para la vegetación cosechada y puede en ciertos casos limitar la cantidad de vegetación gestionada por no saber que hacer con ella e incluso frenar la capacidad de los gestores para lograr los objetivos de conservación. Sin embargo, varias experiencias en el mundo han demostrado que este material, considerado como "residuo vegetal" puede convertirse en materia prima para muchos distintos usos.

El presente informe trata de recopilar las múltiples alternativas que existen en la actualidad para la valorización de la biomasa de los humedales. Se basa por un lado en los aprendizajes obtenidos directamente del trabajo de campo y de las experiencias de los tres años del proyecto LIFE+ALBUFERA respecto a la siega de la vegetación en los tres humedales artificiales el Tancat de la Pipa (PIPA), el Tancat de Milia (MILIA) y el Tancat de l'Illa (ILLA). Por otro lado, relata la colaboración y los resultados obtenidos del trabajo en conjunto mantenido con otros pro-

yectos interesados en el mismo tema (LIFE+SOSTRICE, Cooperativas de bioconstrucción, gestores de espacios naturales, Universidades etc...). Además, recopila información y experiencias, encontradas en otras zonas de España u otros países del mundo, interesantes y potencialmente aplicables a los humedales españoles.

El objetivo de este informe es hacer un repaso no exhaustivo de las posibles alternativas de gestión de la biomasa en base a las experiencias vividas y encontradas en la bibliografía y valorar si son aplicables en el contexto de los humedales artificiales.

02 ANTECEDENTES

Desde hace unos siete años se han realizado en el Parque Natural de l'Albufera de Valencia tres actuaciones de restauración ambiental que han dado como resultado una serie de zonas húmedas. Un conjunto de antiguos campos de arroz han sido recuperados como humedales artificiales. Son los denominados "Filtros Verdes del Tancat de Milia" (MILIA. Fotografía 2), "Filtros Verdes del Tancat de l'Illa" (Sistema Illa. Fotografía 3) y "Filtros Verdes del Tancat de la Pipa" (Sistema Pipa. Fotografía 4) Su localización dentro del Parque Natural de l'Albufera se puede ver en la figura 1. Los dos primeros sistemas de humedales artificiales disponen de una tipología similar: en el orden del flujo de agua, un primer sector como humedal artificial de flujo subsuperficial (Sector A), un segundo sector como humedal artificial de flujo superficial con macrófitos emergentes (Sector B) y un tercer sector de topología lagunar (Sector C) como humedal artificial de flujo superficial con vegetación macrófita diversa, tanto emergente como sumergida. La tercera actuación es similar pero no dispone de Sector A de flujo subsuperficial. En total, la superficie transformada ha sido de unas 90ha.

Aunque ubicados en el entorno del lago de l'Abufera y concebidos inicialmente para mejorar la calidad de las aguas del lago y así apoyar la aproximación a los objetivos de la DMA, estos tres humedales artificiales han sido construidos por entidades distintas e incluso han sido concebidos para mejorar la calidad del agua de distintos orígenes. Las dos entidades promotoras de estas actuaciones, la Confederación Hidrográfica del Júcar y la Empresa Pública ACUAMED (Aguas de las Cuencas Mediterráneas, S.A.), enfocan sus esfuerzos en conocer si se mejoraba la calidad del agua sometida al tratamiento por humedales artificiales planteada en dichas actuaciones.

Adicionalmente, la intervención de diversas Organizaciones No Gubernamentales de enfoque social y medioambiental en la fase de diseño de los humedales artificiales, hizo que en la construcción de estos espacios se incluyera no solo la parte del humedal artificial estricto para el tratamiento del agua (los sectores A y B), sino también que se consiguiera una mejor integración en su entorno (el sector C). Esta mayor integración ha dado lugar a una mayor diversidad de hábitats; lo que, unido a la mayor calidad del agua disponible, han convertido a los tres espacios regenerados en zonas clave dentro del Parque Natural de l'Albufera para que se desarrollen y se recupere un tipo de biodiversidad de flora y fauna que desde hace muchos años estaba muy mermada o incluso desaparecida.

El trabajo de gestión de la vegetación del proyecto LIFE+ALBUFERA se ha realizado íntegramente en los tres humedales artificiales que cuenta el Parque Natural de l'Albufera, el Tancat de la Pipa (PIPA) el Tancat de Milia (MILIA) y el Tancat de l'ILLA (ILLA).



Figura 1

Detalle de ubicación de los HHA de l'Albufera de Valencia.

Fuente imagen de fondo: Google Maps.



Figura 2. Arriba
Vista aérea general de MILIA



Figura 3. Centro
Vista aérea general de ILLA



Figura 4. Abajo
Vista aérea general de PIPA

Experiencias previas de siegas

Anteriormente al proyecto LIFE+ALBUFERA, se llevaron a cabo varias experiencias de siegas en los humedales artificiales de las cuales se adquirieron muchos aprendizajes.

En el caso de PIPA, tras 6 meses de la puesta en marcha del sistema en 2009, se ejecutó una siega en una parcela de 2ha cubierta de enea con una máquina cosechadora de arroz. 78 t de material verde fueron recogidas con la ayuda de un tractor y llevadas a la planta de compostaje TRAMAVE. Tras los malos resultados de rebrote, y con la sospecha de que el gran peso de la cosechadora había colmatado el terreno y había tenido un efecto perjudicial en los rizomas de la enea, la siguiente experiencia de siega se realizó con operarios equipados de desbrozadora. La recogida de las 17 t en una superficie de aproximadamente 0,5 ha se realizó de la misma manera con un tractor. Su destino fue el mismo que para la primera experiencia, una planta de compostaje. Las sospechas de compactación del terreno por la primera máquina fueron descartadas cuando la parcela de la segunda siega tampoco rebrotó como lo debido. El seguimiento intensivo de las aves de la reserva permitió destapar que aves como el calamón común (*Porphyrio porphyrio*) era el factor limitante al crecimiento de la enea por ejercer en ella una presión herbívora muy alta.



Figura 5
Máquina cosechadora de arroz en una parcela de enea en PIPA, 2009.

En el caso de MILIA desde el inicio de la gestión del espacio en 2011 los restos de siega y de poda de la biomasa se han ido acumulando en una era de secado para reducir el volumen y el peso antes de ser cargado y transportado por contenedor con la empresa de reciclaje REMAG situada en Sollana a proximidad de los HHAA

En el caso de ILLA, previamente al proyecto LIFE+ no se realizó ninguna actuación de siega, la vegetación siendo poco madura para ser cosechada.



Figura 6
Siega manual en una parcela de 0,5Ha de enea y recogida con tractor en PIPA, 2010.



Figuras 7
Retirada de enea del sector C de Milia en 2012 hacia la era de secado.



A

Antecedentes
Trabajos de siega
de Life+Albufera



Figura 8
Aspecto de la parcela antes y después de la siega en ILLA.

Los trabajos de siega llevados a cabo durante el proyecto LIFE+ALBUFERA han sido realizados y mejorados en base a los aprendizajes adquiridos de las experiencias previas. Pero respecto al aprovechamiento y la reutilización de la biomasa generada aún quedaba por explorar una multitud de alternativas e incluso poner algunas en práctica.

El marco del proyecto LIFE+ALBUFERA se han elegido las parcelas de máximas densidades de vegetación (PIPA e ILLA) para ejecutar los trabajos de siega y recogida de biomasa.



Figura 9
Aspecto de la parcela antes y después de la siega en PIPA.

A1 CARACTERIZACIÓN DE LAS PARCELAS

ILLA se caracteriza por unas parcelas cubiertas mayoritariamente por enea (*Typha domingensis*) que ha crecido en unas condiciones de inundación continua con una profundidad de 40-50 cm desde la creación del humedal en 2011. No se habían segado nunca hasta esta fecha. La siega se ha realizado en una superficie de 2,5 ha.

En PIPA se ha elegido la parcela de 0,5 ha con máxima cobertura vegetal que nunca se había segado desde su puesta en marcha como humedal artificial, con lo que estaba cubierta por una vegetación muy madura acumulada año tras año desde el 2009. La composición vegetal se formaba de enea (*Typha domingensis*), carrizo (*Phragmites australis*), y lirio amarillo (*Iris pseudacorus*) y algunos ejemplares

de juncos (*Juncus sp.*). A excepción de los lirios amarillos, las plantas estaban en periodo de parada vegetativa siendo el mes de marzo el momento de la actuación. La profundidad en esta parcela puede variar entre 10 y 20 cm.



A2 MAQUINARIA

Para los trabajos de siega y de recolección del proyecto LIFE+ALBUFERA se ha elegido una maquinaria adaptada a las condiciones de un humedal. La TRUXOR DM 4700B que funciona tanto en terreno seco como inundado, se ha equipado de una cuchilla de siega DORO ESM 2100 y un rastrillo específico para la recolección de las plantas. Su bajo peso de 1400 kg se reparte equitativamente en toda la superficie de la máquina por lo que la baja presión ejercida (0,12 kg/cm²) deja pocas huellas tras su paso en suelos embarrados.

A1.1 Otros tipos de maquinaria

Las propiedades del hábitat en sí influyen las técnicas de siegas que se emplean, por ejemplo, en parcelas de mayor profundidad será conveniente el uso de una máquina anfibia, mientras que unas parcelas que pueden permanecer secas o con muy poco calado, se podrán utilizar máquina con cadenas o incluso con ruedas convencionales.

El tipo de sustrato y los niveles de agua marcarán si la máquina ha de ser tractada o no, así como las limitaciones de acceso

Figura 10. Izquierda

Truxor equipada con el apero de corte segando una mata de lirio amarillo en zona de poca profundidad.

Figura 11. Derecha

Truxor equipada con el apero rastrillo recogiendo la biomasa segada.



a la parcela a segar. La frecuencia de las siegas también limitará la selección de maquinaria ya que algunas máquinas no pueden cortar material muy maduro o de gran diámetro.

Además, el uso que se le quiere dar a la biomasa será determinante en la elección de la maquinaria, especialmente con el fin de evitar duplicar el trabajo, se trata de cortar y recolectar el material ya listo para su transformación. Por ejemplo, el tipo de triturado determinará la calidad del material para su aprovechamiento en producción de biogás, envases, o acolchado, cada técnica teniendo sus propios requisitos.

A continuación se muestran algunos ejemplos de maquinaria:



Figura 12
Loglogic Softrack 120hp.

Máquina de marca inglesa cosechadora, trituradora y recogedora con cadenas se caracteriza por ejercer la misma baja presión al suelo distribuida incluso cuando esta lleno el remolque.



Figura 13
Siega.

Máquina especializada en cortar carrizo, y formar fardos con la ayuda de 2 o 3 operarios. Máquina con ruedas, funciona principalmente en terrenos llanos y secos.



Figura 14
Olympia.

Máquina manipulada a mano muy fácil de manejar. Puede acceder a sitios estrechos e inundados con un calado máximo de 22 cm. Tiene el inconveniente de vibrar mucho, el operario para respetar la normas de riesgos laborales no puede trabajar más de 3 o 4 horas seguidas. Permite hacer fardos de carrizo pero los deja en el sitio de corte, con lo que hay que añadir el trabajo de transporte del fardo hasta la zona de carga del camión.



Figura 15
Corte manual de la vegetación.

Evidentemente la manera más costosa en tiempo y en esfuerzo. Se recomienda en parcelas no accesibles por otra maquinaria, y en zonas de policultivo donde se quiere aprovechar una sola especie vegetal. Permite seleccionar las mejores plantas y realizar fardos de "calidad" en el caso por ejemplo de su uso para la bioconstrucción.

A3 FORMA DE LA BIOMASA POST-COSECHADO

La forma en que se quedará el material cosechado *in situ* está totalmente relacionada con el uso que se le va a dar en el futuro. Según si se quiere usar como acolchado, pellets o briquetas, compost, material para biogás, el tamaño del triturado deberá ser respectivamente de menos a más fino.

Hay que tener en consideración que a la hora de transportar el material, la precisión del triturado influirá directamente. Un material muy triturado abultará mucho menos y por tanto necesitará menos volumen en el remolque y tendrá un coste de transporte menor. Las variaciones de densidades pueden ser muy grandes, algunos ensayos realizados por la Royal Society of Protection of Birds (RSPB) en el Reino Unido llegan a los siguientes resultados:



- Densidad del triturado doble de carrizo seco: 39 kg/m³
- Densidad del triturado de precisión de carrizo seco: 54 kg/m³ [REF3]

Figura 16
De izquierda a derecha: triturado sencillo de carrizo, triturado doble de carrizo, triturado de precisión de carrizo [REF 3].

A4 DISEÑOS DE SIEGA

En ILLA se ha segado una superficie total de 2,5 ha en varias parcelas siguiendo un diseño de corte por franjas en algunas parcelas y aleatorio en otras. Se han realizado los cortes a diferentes alturas con el fin de comparar la capacidad de rebrote de la planta.

Se ha cosechado una biomasa total de 1186 m³ que se ha retirado de la parcela durante los días siguientes a la siega y se ha depositado en los caminos colindantes a las parcelas para su aprovechamiento como acolchado en unos caminos que rutinariamente necesitan ser desbrozados para mantener el acceso a la parcelas. El acolchado de este tipo de zonas permite frenar el crecimiento de la vegetación y abaratar los costes de mantenimiento de los caminos del área de reserva. (Para más detalles "Apartado: C2-Acolchado o mulching)

En PIPA, se ha segado la totalidad de la superficie de la parcela a una altura mínima, la gran mayoría utilizando la máquina TRUXOR. La máquina segadora tiene un rendimiento de corte elevado pero no permite la recolección de la planta de forma ordenada, por eso parte de la parcela se ha cosecha-



Figura 17
Siega de la enea en forma de canal en una parcela de ILLA.

do a mano (con el uso de una hoz) con el fin de obtener un material de calidad aprovechable para un uso específico. Los técnicos de la cooperativa valenciana Eonstrucción han acudido a PIPA para segar, recoger y organizar el carrizo en fardos para transformarlo en material de bioconstrucción, precisamente para la cubierta de una vivienda. (Para más detalles "Apartado:C5 Bioconstrucción).



Figura 18
Siega y recolección manual del carrizo por los técnicos de la cooperativa valenciana Econstruicció.



Figura 19
Preparación de los fardos de carrizo en PIPA.

A5 FECHA DE SIEGA

La fecha de la siega es un parámetro muy importante a tener en cuenta ya que de él dependerá, entre otras cosas, el volumen de la biomasa cosechada. Una siega en invierno será más fácil de realizar y resultará más barata. Las plantas en parada vegetativa son plantas secas de menor biomasa mientras que una siega en primavera o verano producirá un volumen mucho mayor, con un contenido alto en agua que hace que el peso sea mucho mayor y los trabajos más laboriosos. (Ver apartado fechas: B1-Fechas de actuación, un parámetro importante).

En ILLA la siega se realizó en noviembre, justo antes de la parada vegetativa mientras que en PIPA, en marzo, en el momento en el que las plantas se mantienen en vida únicamente gracias a las reservas acumuladas en sus rizomas, a la espera de la primavera para reactivar la producción de nuevo material vegetal aéreo.

A6 COSTES

El precio de la maquina segadora/recolectadora ha sido de 52€/h durante el proyecto LIFE+ALBUFERA. En el caso de ILLA, el precio total de las actuaciones de siega y de recogida fue de 15 000 €.

Con un rendimiento normal de trabajo se puede estimar el precio de biomasa cosechada por unidad de volumen, en este caso : 12, 65€/m³. Este precio se indica en este informe a título indicativo ya que está lógicamente determinado por la composición vegetal de la parcela, altura de las plantas, densidad vegetal, especie vegetal, fecha, condiciones climáticas, etc.

En caso de necesidad de transportar la biomasa a otro sitio, hay que considerar el

precio de la carga del camión y el precio del transporte que se indican de manera orientativa a continuación.

Trabajo	Distancia	Unidad	Volumen	Precio (€)
Carga mecánica, transporte	D<= 5 m	1	m ³	0,58
Carga mecánica, transporte	D= 5 a 15 m	1	m ³	0,77
Transporte materiales sueltos (buenas condiciones)	D = 1 km	1	m ³	1,03
Transporte materiales sueltos (buenas condiciones)	D = 2 km	1	m ³	1,19
Transporte materiales sueltos (buenas condiciones)	D = 3 km	1	m ³	1,33
Transporte materiales sueltos (buenas condiciones)	D = 4 km	1	m ³	1,48
Transporte materiales sueltos (buenas condiciones)	D = 5 km	1	m ³	1,63
Transporte materiales sueltos (buenas condiciones)	D = 6 km	1	m ³	1,78
Transporte materiales sueltos (buenas condiciones)	D = 7 km	1	m ³	1,93
Transporte materiales sueltos (buenas condiciones)	D = 8 km	1	m ³	2,08
Transporte materiales sueltos (buenas condiciones)	D = 9 km	1	m ³	2,22
Transporte materiales sueltos (buenas condiciones)	D = 10 km	1	m ³	2,37
Transporte materiales sueltos (buenas condiciones)	D = 15 km	1	m ³	3,11
Transporte materiales sueltos (buenas condiciones)	D = 20 km	1	m ³	3,86
Transporte materiales sueltos (buenas condiciones)	D = 25 km	1	m ³	4,61
Transporte materiales sueltos (buenas condiciones)	D = 30 km	1	m ³	5,35
Transporte materiales sueltos (buenas condiciones)	D = 35 km	1	m ³	6,08
Transporte materiales sueltos (buenas condiciones)	D = 40 km	1	m ³	6,83
Transporte materiales sueltos (buenas condiciones)	D = 45 km	1	m ³	7,57
Transporte materiales sueltos (buenas condiciones)	D = 50 km	1	m ³	8,32
Transporte materiales sueltos (buenas condiciones)	D = 55 km	1	m ³	9,06
Transporte materiales sueltos (buenas condiciones)	D = 60 km	1	m ³	9,8
Transporte materiales sueltos (buenas condiciones)	D = 65 km	1	m ³	10,55
Transporte materiales sueltos (buenas condiciones)	D = 70 km	1	m ³	11,28
Transporte materiales sueltos (buenas condiciones)	D = 75 km	1	m ³	12,03
Transporte materiales sueltos (buenas condiciones)	D = 80 km	1	m ³	12,77
Transporte materiales sueltos (buenas condiciones)	D = 85 km	1	m ³	13,52
Transporte materiales sueltos (buenas condiciones)	D = 90 km	1	m ³	14,26
Transporte materiales sueltos (buenas condiciones)	D = 95 km	1	m ³	15

Tabla 1

Tabla de precios orientativos de recogida y transporte de material vegetal (Sin IVA). Datos obtenidos en la empresa Tragsa (Empresa de Transformación Agraria, SA).



B

Transformar la biomasa en un material aprovechable

Si la biomasa va a ser aprovechada para darle otro uso, es importante considerar las mejores técnicas y el mejor momento para la cosecha del material. Tal vez sea necesario un cambio en la manera de abordar la cuestión de la biomasa producida en espacios naturales protegidos, que hasta ahora ha sido considerada como un residuo sin o de muy poco valor. Si por ejemplo se consigue transformar este material en energía, la biomasa tiene que ser considerada como una materia prima como es debido. Ya no se puede dejar acopiada en una esquina, a la intemperie sin protección esperando a que se pudra y se degrade. El material debe estar almacenado de manera que se conserve su valor como materia prima capaz de generar energía. [REF 3]

B1 FECHAS DE ACTUACIÓN, UN PARÁMETRO IMPORTANTE

Como expresado anteriormente, es importante considerar el momento del año para la cosecha ya que puede alterar el tratamiento o el almacenamiento del material, y puede incluso determinar el proceso más adecuado de conversión en energía. Considerándolo a nivel global, la temporalización de la gestión de la vegetación debe estar marcada por los objetivos de conservación del espacio natural aunque también estará sometida a las condiciones meteorológicas del momento. [REF 3]. Por ejemplo para utilizar la biomasa con el fin de producir biogás, el cosechado habrá de realizarse durante el periodo de crecimiento vegetativo y asegurar así un alto contenido en agua, es decir en primavera. Esto irá en detrimento de la conservación del hábitat en un momento tan crítico como el de la nidificación. Al contrario, si el uso final de la biomasa será para bioconstrucción, el invierno será la mejor época, lo que hace que esta alternativa sea más respetuosa en un sentido estrictamente conservacionista. Algunos procesos de transformación vegetal son más flexibles

que otros, pero es esencial planificar el proceso entero de principio a fin para tener mayor eficiencia en el trabajo.

Antes de realizar cualquier actuación sobre el hábitat habrá que considerar también las condiciones de los hábitats del entorno, los que rodean los humedales artificiales y que son utilizados como recursos vitales por la fauna. En el caso de l'Albufera, el cultivo del arroz es el principal hábitat donde se puede refugiar la fauna, y en particular la avifauna. Para empezar, resulta obvio que cualquier actuación de siega durante el periodo de nidificación debe ser totalmente descartada. Las siegas son cambios radicales del hábitat y hay que procurar que, en la medida de lo posible, se actúe en los momentos del año de impacto mínimo, cuando los recursos de refugio y alimento son óptimos en el arrozal. Si se considera cosechar biomasa seca en invierno, se recomienda esperar al final de la temporada de caza (principios de febrero) y aprovechar los días de antes del comienzo de la nidificación.

B2 CARACTERIZACIÓN DE LA BIOMASA DE LOS HUMEDALES ARTIFICIALES

Segar la biomasa en diferentes momentos del año marca claras diferencias en la composición del material vegetal y en su idoneidad para los procesos de su transformación. Es esencial caracterizar el material vegetal a nivel químico, físico y también estructural para inventariar las diferentes opciones transformación.

B2.1 Contenido en humedad

La composición en agua de las plantas varía a lo largo del año. Un estudio llevado a cabo por la Universidad Politécnica de Valencia en

el Tancat de la PIPA en 2012-2013 muestra los resultados de contenidos en humedad en dos de las principales especies vegetales de los humedales artificiales de l'Albufera, el carrizo y la enea. En la figura 20 se indican los resultados.

Los resultados extraídos del trabajo de "Ash and Ecological Land and People" (REF 5) en 2010 marcan resultados parecidos y además amplían la serie de datos a lo largo del año en el caso del carrizo.

Mes	Contenido en humedad %
Mayo	80
Julio	70
Agosto/septiembre	50
Diciembre	40
Febrero	20

Tabla 2

Contenido de humedad en muestras de carrizo a lo largo del año en Reino Unido [REF5].

B2.2 Caracterización química y estructural

Durante el periodo del proyecto LIFE+ALBUFERA, el trabajo en red con otros proyectos ha sido una parte muy importante que ha contribuido enormemente en el enriquecimiento de los proyectos participantes. En este sentido, se ha llevado a cabo una acción de *networking* con otro proyecto LIFE+ casualmente en fase de desarrollo en el ámbito del Parque Natural de l'Albufera durante el mismo periodo, el proyecto LIFE+ SOSTRICE (LIFE 13 ENV/ES/001333).

Este proyecto de demostración tiene por objetivo principal la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero derivadas del cultivo de arroz por medio de un modelo de gestión de la paja de arroz basado en la valorización energética de este producto a través de tecnologías de combustión y gestión anaerobia.

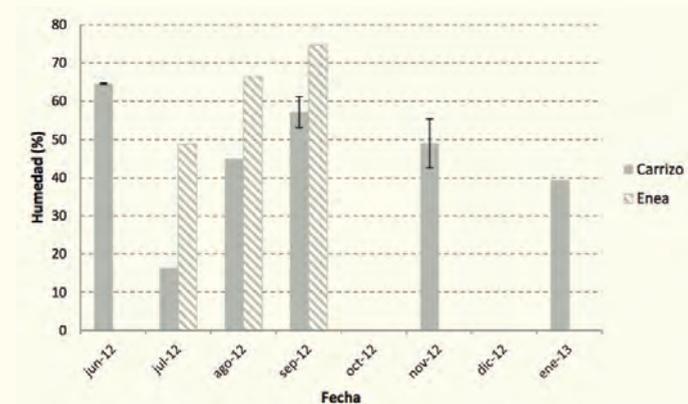


Figura 20

Contenido de humedad de muestras de carrizo y enea en los humedales artificiales de PIPA [REF 4].

El personal técnico de uno de los socios del LIFE+ SOSTRICE Asociación de Investigación de la Industria Agroalimentaria (AINIA) se ha amablemente prestado disponible para analizar una muestra de seis de las especies vegetales utilizadas en los humedales artificiales con el fin de proceder a su caracterización. En el caso de la enea, se ha considerado interesante comparar una muestra de material recién cortado (material verde) y de material seco. La fecha de recolección ha sido en noviembre, justo antes de la parada vegetativa de la planta. Los resultados que se indican a continuación son valores indicativos ya que pueden variar según la zona de muestreo (véase tabla 3).



Figura 21

Primer encuentro de trabajo entre LIFE+ SOSTRICE y LIFE+ ALBUFERA.

Parámetros	<i>Juncus acutus</i>	<i>Iris pseudacorus</i>	<i>Typha domingensis seca</i>	<i>Typha domingensis verde</i>	<i>Scirpus holoschoenus</i>	<i>Scirpus tabernaemontanii</i>	<i>Phragmites australis</i>
1ST (%)	80.14	36.03	91.48	82.32	92.2	92.2	92.8
2SV(%TS)	80.38	76.75	94.91	89.6	89.95	90.78	91.78
3NKT (mg/Kg)	8002	4120	3977	10803	10081	10803	11091
4C (g/L)	390	197	436	414	360	414	424
5C/N	49	48	110	38	36	38	38
Fibra (g/Kg)	577	141	700	604	543	604	675
Celulosa (g/Kg)	273	85	377	278	255	278	327
Hemicelulosa (g/Kg)	231	34	218	249	207	249	256
Lignina (g/Kg)	73	22	105	77	81	77	92
Fibra (% TS)	72	39	77	73	59	66	73
Celulosa (% TS)	34	24	41	34	28	30	35
Hemicelulosa (% TS)	29	9	24	30	22	27	28
Lignina (% TS)	9	6	11	9	9	8	10

Tabla 3
 1ST: Sólidos Totales;
 2VS: Sólidos Volátiles;
 3NKT: Nitrógeno Total Kjeldahl, 4C: carbono;
 5C/N: Ratio carbono/nitrógeno.

Salvo el caso del lirio amarillo (*Iris pseudacorus*), todas las plantas han mostrado unas concentraciones totales de sólidos y volátiles altos (80-90%). El lirio se ha caracterizado por un contenido en agua más alto y al igual que la enea seca ha mostrado una concentración en nitrógeno mediana (4g/K) mientras que el resto de las muestras se han caracterizado por una concentración en nitrógeno de más del doble (8-10 g/L).

En general, el contenido en fibra ha sido alto para todas las plantas (27-77%) en materia seca, gran parte siendo en forma de celulosa (47-60%) y hemicelulosa (24-34%). Sin embargo la lignina ha estado poco representada con 8-11% en materia seca total.

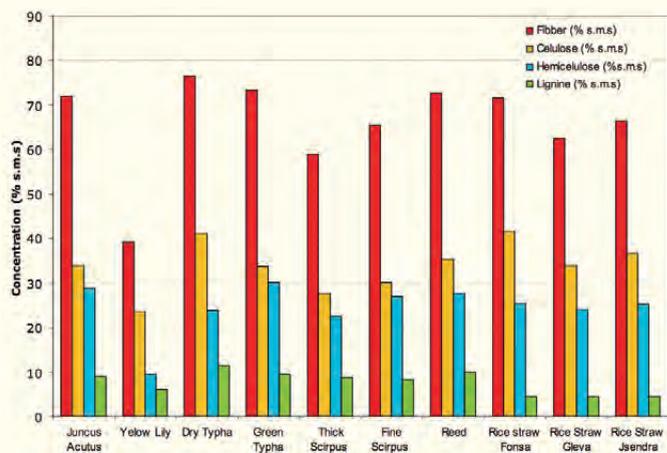


Figura 22
 Concentración en fibra de distintas plantas utilizadas en humedales artificiales y de paja de arroz.





C

Técnicas de transformación

En este apartado, se recopilan las posibles alternativas de transformación de la biomasa de los humedales artificiales. Se detallan los procesos teóricos y técnicos, y se presentan las experiencias de aplicación práctica de algunas de ellas en el marco del proyecto LIFE+ALBUFERA. En otros casos se relatan las experiencias de otros proyectos colaborados en acciones de networking o proyectos destacados en ámbito de los procesos de la biomasa vegetal.

C1 DIGESTIÓN ANAEROBIA

La digestión anaeróbica consiste en la descomposición de material biodegradable en ausencia de oxígeno para dar como resultado productos principales: biogás (compuesto mayoritariamente por metano) y el lodo estabilizado, conocido como digerido.

Esta tecnología utiliza reactores (digestores) cerrados donde se controlan los parámetros para favorecer el proceso de fermentación anaeróbica, un proceso muy conocido ya que también se produce de un modo natural y espontáneo en diversos ámbitos, como por

ejemplo en pantanos, en yacimientos subterráneos o incluso en el estómago de los animales. [REF 1]. Después de más de setenta años de investigación y desarrollo, el proceso de digestión anaerobia para el tratamiento de la biomasa aún no se conoce en profundidad. Ello obliga a estudiar cada conjunto equipo - materia prima individualmente, con objeto de realizar el mejor diseño posible en cada caso y así poder obtener los máximos rendimientos energético y económico. [REF 2]

C1.1 Proceso técnico

En líneas generales se puede decir que durante la digestión, la biomasa de partida, compuesta de moléculas complejas (polisacáridos, proteínas, lípidos y lignina) se descompone en moléculas más pequeñas, proceso que se puede considerar que ocurre en tres etapas más o menos diferenciadas, para dar como productos finales metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂).

Las tres etapas por las cuales transcurre la digestión anaerobia se muestran en el siguiente esquema:

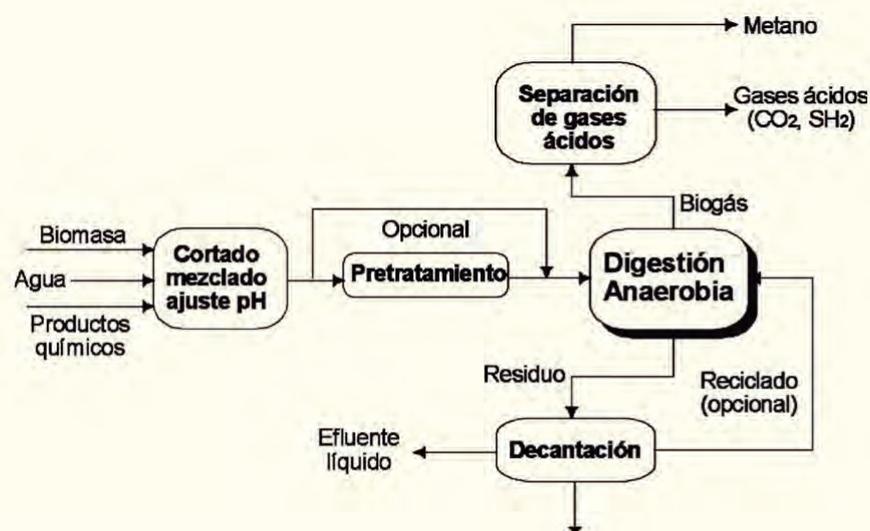


Figura 23
Esquema de las fases del proceso de digestión anaerobia [REF 2].

El producto principal de la digestión anaerobia es el biogás, mezcla gaseosa de metano y dióxido de carbono, con pequeñas proporciones de otros componentes. Dada la gran variabilidad en cuanto a composición de los sustratos susceptibles de ser digeridos anaeróticamente, en la práctica la composición del gas es muy variable, como muestran los datos de la siguiente tabla 4:

Compuesto	Concentración %
Metano (CH ₄)	50-70
Dióxido de carbono (CO ₂)	30-50
Hidrógeno (H ₂)	1-10
Nitrógeno (N ₂)	<3
Oxígeno (O ₂)	<0,1
Sulfuro de hidrógeno (SH ₂)	Trazas

Tabla 4
Concentraciones de gases obtenidos por digestión anaerobia [REF 2].

C1.2 Aplicaciones del biogás

Se pueden considerar tres formas de utilización del biogás generado por digestión anaerobia:

- Aplicación directa como fuente de calor (cocina, alumbrado).
- Combustión en calderas de vapor convencionales aprovechando el calor para calentar el digestor y para calefacción en general.
- Utilización como combustible en motores de combustión interna acoplados a generadores de electricidad.

C1.3 Aprovechamiento del efluente

El efluente es el residuo del proceso de obtención de biogás por digestión anaerobia. Es una suspensión negruzca, exenta de olores ofensivos, que sedimenta fácilmente y tiene un pH aproximadamente neutro. Está compuesto por una serie de productos inorgánicos solubles e insolubles (principalmente sales), por diferentes materiales orgánicos

no digeridos (proteínas, grasas, celulosa, lignina, etc.) y por las bacterias responsables del proceso.

La utilización del efluente puede hacerse de forma integral o después de una separación de las fases sólida y líquida. Por lo que respecta a la finalidad buscada, los campos de aplicación de este efluente son, fundamentalmente, dos: la fertilización de suelos y la alimentación animal.

La otra gran alternativa de utilización del efluente es en el campo de la alimentación animal. El contenido en microorganismos del efluente y, por tanto, en proteínas (alrededor del 20% de la materia sólida), le confiere un gran valor potencial como aporte proteico para piensos. No obstante, las posibilidades reales de utilización de este residuo en la preparación de productos alimenticios para animales son muy limitadas, por contener junto con las proteínas, proporciones demasiado altas, tanto de fibra como de minerales.

C1.4 Caso concreto de los humedales artificiales

C1.4.1 ¿Producir biogás con biomasa de los HA? Networking con LIFE+SOSTRICE

En el contexto general del PN de l'Albufera la paja de arroz es un residuo vegetal producido cada año en grandes cantidades que a falta de retirarla de los campos llega a tener un impacto negativo sobre la calidad del estado ecológico del entorno. Los estudios de LIFE+SOSTRICE se basan en esta materia prima como fuente de energía en forma de biogás para ofrecer una alternativa a la problemática.

Esta misma solución podría ser aplicada a la biomasa recogida de las diferentes especies vegetales de los humedales artificiales. En este sentido se ha formado la colaboración entre los socios de LIFE+SOSTRICE :

Figura 24
Cosecha de la muestra de carrizo en PIPA y de enea en MILIA el 31 de marzo 2016 y transporte hasta la planta piloto de digestión anaerobia de LIFE+ SOSTRICE.



Asociación de Investigación de la Industria Agroalimentaria (AINIA) y Ludan Renewable Energy España, S.L. (LUDAN) y los socios de LIFE+ALBUFERA: Acció Ecologista Agró (AEA) y Fundación Global Nature (FGN).

Durante unas semanas, se ha trabajado en conjunto con un objetivo principal claro: determinar la aptitud de los residuos vegetales generados de la poda de humedales artificiales como co-sustratos para ser tratados conjuntamente con la paja de arroz mediante un sistema de digestión anaerobia.

Para ello se han perseguido los siguientes objetivos específicos:

- Caracterización de muestras de dos residuos vegetales procedentes de los humedales artificiales (enea y carrizo)
- Determinación del potencial de biogás y energía de estos dos residuos vegetales.
- Determinación del efecto de tamaño de partícula medio de estos sustratos sobre el potencial de biometanización.
- Estudio del potencial de biometanización de distintas mezclas de co-digestión (enea, carrizo y paja de arroz).

C.1.4.2. Metodología

Para recoger la biomasa utilizada en el estudio se han realizado *ex profeso* siegas en PIPA y MILIA de muestras de unos 80 kg de carrizo y de enea respectivamente. La siega

se realizó a finales de marzo, aprovechando las primeras plantas verdes del año, con alto contenido en humedad.

El montaje experimental se diseñó de forma comparativa entre la producción de biogás de las tres especies y con unos procesos de triturados diferentes:



Figura 25
Ilustración de los sustratos analizados en el estudio de biometanización [TP1: tamaño de partícula medio 1 (1-5cm); TP2: Tamaño de partícula medio 2 (0,5-1,5cm)].



Figura 26
Montaje experimental en laboratorio de los ensayos batch de biodegradación anaerobia.



Sustrato	Mezcla 1 (%)	Mezcla 2 (%)
Paja de arroz	50	50
Enea	25	40
Carrizo	25	10

Tabla 5
Composición porcentual de las mezclas de co-digestión analizadas.

C.1.4.3 Resultados

A continuación se presentan los resultados y principales conclusiones obtenidos de este estudio experimental.

La mayor parte de la materia orgánica contenida en este tipo de sustratos corresponde a fibra, estando comprendida su concentración entre 632 hasta 740 g/kg. Esto significa que entre el **76-88%** de los sólidos volátiles es **material fibroso**. El perfil lignocelulósico de los tres sustratos es muy similar, siendo la celulosa el componente mayoritario, representando alrededor del 50% de la materia orgánica. La lignina es el componente en menor proporción, el cual representa entre el 10% en caso de la paja de arroz hasta el 16% en el caso de la enea.

La lignina no es biodegradable en condiciones anaeróbicas, por lo que cuanto menor sea el contenido en lignina mejores características presentan los sustratos para la producción de biogás. Destacar la elevada concentración de nitrógeno que presentan las tres muestras de residuos lignocelulósicos (7-11 g/L).

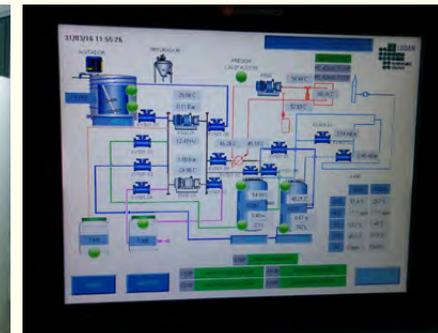


Figura 27
Instalaciones de la planta piloto de LIFE+SOSTRICE en Silla (Valencia).

Parámetros	Unidades	Paja	Enea	Carrizo
ST	%	93	89	91
SV	% ST	89	97	92
Fibra total	g/Kg	632	700	740
Celulosa	% peso	48	50	51
Hemicelulosa	% peso	42	34	38
Lignina	% peso	10	16	11
NKT	g/Kg	11	7	11

Tabla 6
Caracterización de los sustratos analizados.

A continuación se presentan los resultados de las pruebas de digestión anaerobia.

Muestras	Biogás (m³/T)	CH4 (%)	Energía (Kwh/T)
Paja Polvo	0,38	64	2,3
Paja triturada	0,32	59	1,78
Enea Polvo	0,17	44	0,71
Enea Triturada	0,12	40	0,19
Carrizo Polvo	0,2	59	1,12
Carrizo triturado	0,34	62	1,99
Mezcla 1	0,28	62	1,64
Mezcla2	0,14	57	0,75

C1.4.4 Conclusiones

Las principales conclusiones que se obtienen del estudio son:

- Las muestras de residuos vegetales procedentes de la poda de los humedales artificiales (enea y carrizo) presentan una concentración de sólidos totales, volátiles y concentración de fibra, así como su perfil lignocelulósico similar a la paja de arroz.

Tabla 7
Potencial de biometanización, porcentaje de metano y energía potencial de cada uno de los sustratos analizados, así como de las mezclas de co-digestión.

La enea es el residuo vegetal analizado que presenta un contenido en lignina superior.

- La paja de arroz presenta un potencial de biogás superior (0,38 L/T) al obtenido de los residuos vegetales de los humedales. La enea presenta, acorde con el mayor contenido en lignina, un menor potencial de biogás 0,17 m³/T.
- El tamaño promedio de partícula de este tipo de sustrato tiene un efecto sobre la producción de biogás y su cinética de producción. Así, en el caso de la enea y de la paja de arroz, el potencial y la cinética de producción de biogás es superior cuando menor es el tamaño medio de partícula.
- La mezcla de co-digestión 1, que estaba compuesta por un 50% de paja de arroz, 25% de enea y 25% de carrizo presentó un potencial de biogás y energía superior, 0,28 m³/T y 1,64 kWh/T, respectivamente.

Por lo tanto, los resultados indican que los residuos vegetales generados durante el periodo de poda de los humedales artificiales de l'Albufera, podrían valorizarse energéticamente mediante un proceso de co-digestión con la paja de arroz. El informe completo aparece en ANEJO I.

C2 ACOLCHADO O MULCHING

Acolchado, *mulching* o mantillo, es el término utilizado en jardinería y agricultura para referirse a la cubierta protectora que se extiende sobre el suelo, principalmente para modificar los efectos del clima local. Existe una amplia variedad de materiales, tanto naturales como sintéticos, para este propósito.

¿Los humedales artificiales pueden proporcionar biomasa para acolchado?

C.2.1. El Acolchado ¿para qué?

Se aplica el acolchado generalmente en campos de cultivo, en espacio verdes e incluso en trabajos de reforestación, normalmente se aplica al comienzo de la estación vegetativa y se puede repetir tanto como sea necesario. El propósito inicial es ayudar a retener el calor del suelo, lo cual permite la siembra y el trasplante precoz de ciertas cosechas y estimula un crecimiento más rápido. A medida que la estación avanza, el acolchado tiene diferentes efectos sobre el suelo.

C.2.2. Principales ventajas

- Mantiene la humedad del suelo al disminuir la evaporación, con lo que además de economizar el consumo de agua, facilita que las raíces de las plantas encuentren la humedad suficiente a poca profundidad.
- Debido a la formación de la humedad superficial, se reduce el lavado de elementos fertilizantes.
- Mejora las condiciones térmicas del sistema radicular de la planta, incrementando la temperatura del suelo durante el día, mientras que por la noche, al dificultar la salida de radiación infrarroja de la superficie terrestre, retiene parte del calor. Esta propiedad se traduce en una mayor temperatura respecto al suelo desnudo y una amortiguación en sus fluctuaciones, lo que confiere precocidad al cultivo.
- Por el aumento de temperatura y humedad del suelo, se favorece el proceso de nitrificación.
- La cubierta actúa como barrera entre el suelo y los frutos, con lo que se reducen los problemas sanitarios, especialmente la podredumbre. Si la cubierta utilizada es opaca, la falta de radiación solar evita el



Figura 28
Ejemplo de acolchado en agricultura y jardinería.

desarrollo de malas hierbas que compitan con el cultivo por los recursos hídricos y nutritivos.

C.2.3 Materiales vegetales

Algunos de los materiales utilizados pueden ser orgánicos como el compost, residuos como el estiércol, hierbas (de trabajos de siega), hojas, paja, heno, virutas de madera, etc.

La forma específica en que se descomponen muchos de estos materiales y reaccionan a la lluvia y al rocío determina en gran medida su grado de eficacia. Estas cubiertas orgánicas se pudren rápidamente, en lugar de romperse con lentitud, pueden formar una barrera que bloquee el agua y el aire o dejar evaporar el agua del suelo debido a su porosidad. [REF 6]

C.2.4 Caso concreto de los humedales artificiales

El carrizo, la enea, la masiega, los juncos y otras plantas del género *Scirpus sp* son especies vegetales perfectamente aptas para ser utilizadas como acolchado. Al igual que la paja de cereal, el contenido alto en lignina y fibra confiere propiedades ideales para proteger el suelo facilitando la aireación y el humedecimiento. A ser de descomposición lenta y contener poco nitrógeno será interesante aportarle algo de abono orgánico y humedecerlo enseguida. Es un material

adecuado para tierras arcillosas y en cultivos cuyos frutos al reposar en la tierra se pudrirían (calabacines, melones, etc). [REF 7]

Para ser utilizada adecuadamente, la biomasa cosechada en los humedales artificiales necesitará pasar por un proceso de triturado sencillo; un tamaño de entre 5 y 10 cm será suficiente si se quiere utilizar el material para acolchado en jardinería o agricultura.

Una característica importante a destacar es que la materia vegetal que proviene de los humedales artificiales así como de la mayoría de espacios naturales suele ser un material libre de productos químicos o pesticidas y por lo tanto puede ser utilizada en cultivos de agricultura ecológica. Se muestra a continuación los resultados del análisis de una muestra de enea recogida en los humedales artificiales de PIPA en 2009.

El análisis revela que las concentraciones de metales pesados entran dentro de los límites marcados por Reglamento (CE) nº 889/2008 de la Comisión, de 5 de septiembre de 2008, por el que se establecen disposiciones de aplicación del Reglamento (CE) nº 834/2007 del Consejo sobre producción y etiquetado de los productos ecológicos, con respecto a la producción ecológica, su etiquetado y su control.

dejar en los espacios naturales gestionados. El material se acopia (generalmente en hilera(s)) y se deja para que se descomponga. Se voltea con frecuencia regular con la pala frontal de un tractor aunque existe maquinaria específica para operaciones grandes. El volteo aumenta la cantidad de oxígeno en el acopio y acelera el proceso de descomposición. La frecuencia del volteo determinará el tiempo que necesitará la hilera para ser compostada.

Figura 31
Fases del proceso completo de compost en pilas.

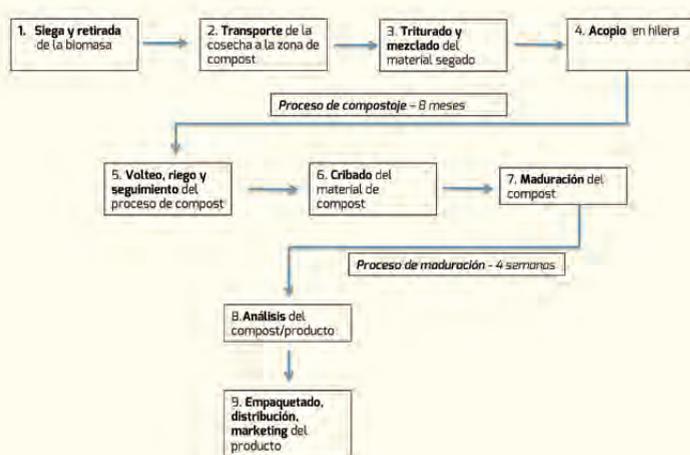


Figura 32
Volteo de la materia vegetal en pilas con una máquina especializada. Michigan, EEUU.



El volteo suelta el calor acumulado, la humedad, los gases y también mezcla los materiales y reconstruye la porosidad del acopio. Recompone los huecos eliminados por la descomposición y el asentamiento del acopio. También, intercambia el material del interior con el de la superficie de la hilera. Expone el material de manera equitativa en contacto con el aire y en contacto

con la temperatura alcanzada en el interior. De esta manera se destruyen las larvas de moscas, los patógenos y las semillas de malas hierbas. Además, el volteo rompe las partículas, lo que incrementa su superficie y favorece la mezcla de los materiales. [REF 9]

C3.1.2. En secaderos

Este método de compost está completamente cerrado y ayuda a solucionar parte de las cuestiones asociadas con la producción de "sub-productos". Retiene los olores, el polvo, los lixiviados e impide la entrada de alimañas. Todo el material verde se pone en el secadero junto con un material que ayuda a la aireación. Este material reemplaza la tarea de rotación descrita anteriormente. Esta forma de compost es generalmente más rápida ya que se pueden controlar artificialmente la temperatura y el contenido en humedad aunque puede que los costes sean mayores. Hay una gran variedad de secaderos disponibles en el mercado, para todo tipo de biomasa y con una gran gama de precios.

Los dos métodos tienen sus pros y sus contras y se elegirá el que mejor se adapte a las circunstancias de lugar, y naturaleza del material a compostar. [REF 9]



Figura 33
Secadero rotativo, Canadá.

C3.2 Experiencias destacadas

C3.2.1 Parque Nacional de las Tablas de Daimiel

En el Parque Nacional de las Tablas de Daimiel, para evitar la colonización del carrizo y la pérdida de biodiversidad florística, de forma periódica se podan las masas vegetales invasoras. Los restos vegetales se acopian en un espacio cercano al Parque, se trituran y posteriormente se reparten en los terrenos anexados al Parque. Un proyecto de estudio y revalorización del residuo fue llevado a cabo con el objetivo de obtener un producto de tipo enmienda orgánica a partir del compostaje de los residuos juntos con estiércoles lodos procedentes de diferentes orígenes.



Figura 34
Apilamiento del carrizo podado en el Parque Nacional de Daimiel.

Gracias a este estudio se ha podido comprobar que el carrizo es un excelente estructurante para llevar a cabo el co-compostaje con estiércoles o lodos de EDAR y que el compost obtenido a escala semi-industrial es un material estable e higienizado perfecto apto como enmendante orgánico. [REF 13]

C3.2.2. Reservas naturales de la RSPB, Reino Unido

La Royal Society Protection of Birds (RSPB) es responsable de la gestión de una red de

reservas naturales de zonas húmedas que ocupan una gran superficie por todo el Reino Unido. Desde la Sociedad se ha llevado un gran trabajo de estudio para evaluar la factibilidad de producir y comercializar compost proviniendo de la biomasa gestionada en sus espacios naturales. En el caso de "Ham Wall", se ha demostrado que gran parte de la biomasa gestionada se podía transformar en compost y que además el producto obtenido como compost o enmienda era de alta calidad.

La venta del producto en tiendas de la RSPB supone una oportunidad para comunicar al público general la importancia de las cuestiones de "sostenibilidad", "alternativas a la turba natural" o "emisiones de carbono". Asimismo, ha tenido un efecto gancho para difundir el mensaje conservacionista a personas no miembros de la Sociedad.

Se ha demostrado que la venta del producto es una oportunidad para conseguir ingresos para cubrir gastos directos de las tareas de gestión ordinaria. [REF 9]

C3.3 Caso concreto de los humedales artificiales

Es evidente que las dos técnicas de acopio y de secado descritas anteriormente están implantadas para procesar una enorme cantidad de compost al año destinado a un uso comercial.

En el contexto de los humedales artificiales la cantidad de biomasa suele ser muy reducida y además se obtiene de manera muy puntual, pudiendo pasar años entre cada cosecha. Por lo tanto resulta inapropiado montar una instalación de este tipo pero sí considerar utilizar una instalación cercana a las zonas de siega.

En este sentido, durante el periodo LIFE+ALBU-FERA, los socios de FGN, UPV y AEA visitaron

la planta de Transformación de Material Vegetal, S.L. (TRAMAVE, S.L.), situada en Picassent (Valencia) donde en 2010, los gestores de PIPA llevaron la biomasa cosechada para transformarla en compost. Este complejo también equipado de un digestor para la producción de biogás desde el año 2009 es uno de los centros de transformación vegetal más cercanos a l'Albufera, situado a unos 20 km del P.N.

Respecto a los costes económicos que conlleva producir compost a partir de la biomasa de los humedales artificiales, hay que destacar que además del precio de la recogida y del transporte hasta la planta de transformación se ha de contar con el coste del "canon de vertido" que se pagará a la planta de transformación y será proporcional al volumen de biomasa depositado en la planta.

C.4 PRODUCCIÓN DE ENVASES

Si miramos décadas atrás en l'Albufera, el cultivo tradicional del arroz que ocupa la gran mayoría de la superficie del humedal, pasaba por una siega ejecutada de manera manual. Los fardos cosechados se llevaban a las trilladoras donde la paja estaba recogida para ser utilizada como acolchado, como material de protección entre piezas de cerámica o para hacer papel. Con la mecanización del proceso de cosecha, toda la paja se convierte en un "residuo" que se queda en el campo y que, a falta de gestión, tiene un grave impacto ambiental para el Parque Natural favoreciendo los procesos de metani-

zación del agua y pérdida de oxígeno que lleva a la pérdida de biodiversidad. En el contexto actual nace la necesidad de buscar soluciones a este problema ambiental. Es el trabajo que está desarrollando una empresa privada en el entorno del P.N. para aprovechar la paja de arroz que suma unas 55 000t cada año.

Contrerina, S.L. es una empresa de transformación que tiene como misión elaborar productos innovadores en el sector del embalaje hortofrutícola y alimentario en general, utilizando unas materias primas naturales que por degradación, pueden ser contaminantes en sus fases de descomposición, en este caso paja de arroz, pero también material vegetal provenientes de los trabajos de gestión de vegetación de los espacios naturales protegidos y en particular de los humedales artificiales.

C4.1 Proceso de transformación de la biomasa

Está basado en la tecnología desarrollada por Contrerina, S.L., amparada bajo la patente P-200700134 "Procedimiento de obtención de Pasta Biodegradable y Producto así Obtenido", y que consiste en la transformación de la paja de arroz pero también de otros subproductos agrícolas o ambientales, en una pasta moldeable, utilizando únicamente medios mecánicos, mediante una molturación y un refinado posterior, sin utilizar ningún proceso químico agresivo, ni generar residuo contaminante alguno. Sirviendo esta

pasta, de materia prima de la máquina de termo-moldeado, donde con presión y temperatura se conforma el producto en pocos segundos, saliendo de la máquina listo para su uso inmediato o almacenamiento para su posterior consumo.

Mediante este tipo de tecnología se puede fabricar una gran gama de envases. Los envases para producto de hortofrutícola ya están registrados como Hortomold®.

C4.2 Características de los envases HortoMold®

Las principales características son una excelente resistencia mecánica, dada por las formas geométricas, su encajamiento que facilita el almacenaje con un volumen muy reducido. Especial mención tienen las cajas-bandejas HortoMold®, que por la configuración de los alveolos o divisiones en el interior del envase además de cumplir la función de acunar y proteger cada una de las piezas de fruta, cestas o packs que son introducidos en su interior, tienen una estabilidad y resistencia excelente, para su apilado y transporte paletizado.

- Envases de un solo uso según la normativa vigente respecto al sector agroalimentario y sanitario.
- Totalmente naturales y ecológicos, compuestos principalmente de fibra vegetal (en particular la paja de arroz).
- Revalorización de residuos agrícolas, Paja de Arroz o biomasa vegetal originaria de los humedales artificiales.
- Impacto ambiental mínimo, los residuos de estos envases a su vez pueden reciclarse como materia prima para la fabricación tanto de nuevos envases como de otros productos de papel.
- Si no fuesen reutilizados como materia prima, al entrar en contacto con la naturaleza,

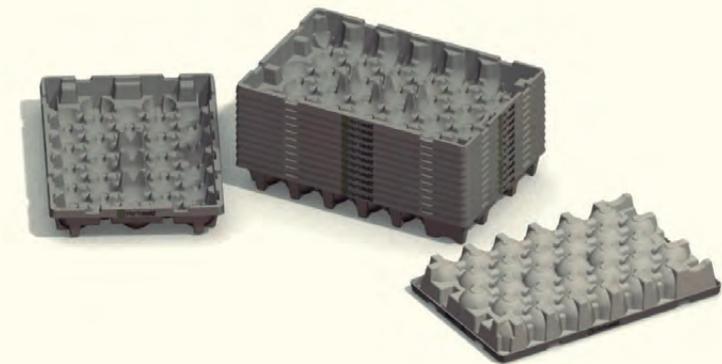


Figura 36 Aspecto del producto HortoMold® apilable.



- se degradarían rápidamente transformándose en abono orgánico.
- Debido a la procedencia natural de las materias que lo componen, esta composición, ayuda a la conservación de todas las propiedades de los productos envasados.

C4.3 ¿Unos envases de biomasa de los humedales artificiales?

En el marco de LIFE+ ALBUFERA, se han organizado varios encuentros con los responsables técnicos y de desarrollo de la empresa Contrerina S.L. con el objetivo de comprobar si las especies vegetales utilizadas en los humedales artificiales podrían ser aptas para su transformación en envases. Según los técnicos de Contrerina, las plantas deben presentar un alto contenido en fibra y lignina como requisito necesario para la obtención

Figura 35 Visita técnica de los socios de LIFE+ALBUFERA en las instalaciones de TRAMAVE, planta de compost y de digestión anaerobia.



de la "pasta moldeable". Es efectivamente el caso de la mayoría de las especies como el carrizo, la enea, los juncos y diferentes especies del género *Scirpus* que presentan unos valores de entre aproximadamente 600 y 700 g/Kg, valores similares a la paja de arroz. Por el contrario, una de las especies resulta no ser apta, el lirio amarillo, que presenta tan solo aproximadamente 140 g/Kg.

Está técnica de transformación, aunque no esté todavía en funcionamiento en el ámbito del P.N., es muy esperanzadora porque por un lado puede aportar solución a los problemas ambientales que generan los residuos vegetales y también porque, al mismo tiempo, llegan a ser parte del cambio de modelo energético, respecto al uso de envases de un solo uso basados en materia primas fósiles.

Figura 37
Visita de los responsables de la empresa Contrerina, SL en PIPA, primavera 2016.



C.5 BIOCONSTRUCCIÓN

La bioconstrucción es un concepto basado en el aprovechamiento de elementos naturales de origen vegetal con un mínimo de proceso para edificar casas ecológicas.

El acto de construir y de edificar genera un gran impacto en el medio que nos rodea. La bioconstrucción persigue minimizarlo en la

medida de lo posible ayudando a crear un desarrollo sostenible que no agote al planeta sino que sea generador y regulador de los recursos empleados en conseguir un hábitat saludable y en armonía con el resto. La bioconstrucción debe entenderse como la forma de construir respetuosa con todos los seres vivos. Es decir, la forma de construir que favorece los procesos evolutivos de todo ser vivo, así como la biodiversidad, garantizando el equilibrio y la sustentabilidad de las generaciones futuras. [REF 16 Y 17]

C.5.1 Unas construcciones con historia

Existe constancia de edificaciones a base de material vegetal como las cubiertas vegetales desde antes de la Edad Media tanto en la península como en Europa, cuando se formaron las primeras poblaciones. La creación de los pueblos trajo consigo la necesidad de un material de construcción fácilmente disponible, económico y duradero como la paja, o el carrizo.

Los humedales ofrecen un tipo de plantas particularmente útiles para la confección de cubiertas ya que son plantas altamente resistentes al agua. La vegetación seca como la paja, el carrizo, la juncia, el junco, el barrón y el brezo, trabajada artesanalmente y colocada en capas permite realizar la cubierta externa de forma que el agua se elimine lejos de la cubierta interna. En l'Albufera de Valencia, las "barracas" son un claro ejemplo de vivienda construida con materiales disponibles en los alrededores. Lo más llamativo de estas edificaciones son sus techos de "borró" (*Ammophila arenaria*), planta que se encuentra en los característicos hábitats de dunas.

La tradición de las cubiertas vegetales ha ido pasando de generación en generación durante miles de años. Existen pocas descripciones

de sus técnicas constructivas, especialmente en las regiones tropicales. En los países ecuatoriales las plantas son el material local usado con frecuencia en cubiertas, y a menudo en paredes. A causa de los incendios producidos en distintas ciudades medievales, se redactó en Londres la primera normativa vigente de construcción, que prohibía la edificación de nuevas cubiertas vegetales y ordenaba el encalado de las que ya existían con una capa de yeso. [REF 18].

En la actualidad, existe un incremento en la demanda de materiales naturales para las bioconstrucciones en los países desarrollados, y se utilizan varias técnicas para aprovechar de distintas formas las cualidades de las plantas de los humedales.

C.5.2 ¿Los humedales como fuentes de materiales de bioconstrucción?

Paralelamente al proyecto LIFE+ALBUFERA, y con una visión más amplia del conjunto del P.N. de l'Albufera, AEA se ha interesado en la posibilidad de utilizar los recursos naturales que ofrece el humedal y en particular el cultivo del arroz para transformarlos en materiales de construcción. En colaboración con la cooperativa de bioconstrucción "Okambuva" se ha organizado un taller de formación para la construcción de una pequeña casa con muros autoportantes de balas de paja de arroz, revocada con barro y paja de l'Albufera en PIPA. Esta experiencia ha tenido resultados muy positivos y ha permitido la primera edificación de este tipo en el entorno del parque natural sirviendo de ejemplo para demostrar que la paja de arroz es un recurso apta para su aprovechamiento como material de construcción. A raíz de esta experiencia, AEA ha profundizado esta línea de estudio y ha propuesto a la cooperativa "Econstrucció", un grupo de profesionales expertos en bioconstrucción y en cubiertas



Figura 38
Montaje de los muros autoportantes con balas de paja de arroz.



vegetales, utilizar el carrizo de PIPA para cubrir el techo de la casa de paja.

Figura 39
Colocación de fardos de carrizo de PIPA en la estructura de madera y cañas, colaboración entre "Okambuva" y "Econstrucció".

C.5.3 Caracterización del carrizo de l'Albufera como elemento base para la bioconstrucción

En el marco de LIFE+ALBUFERA, la colaboración entre AEA y Econstrucció ha sido muy estrecha y ha dado lugar, por un lado, a las experiencias de siega de recogida y de confección

Figura 40
Fichas identificativas de las muestras.



de fardos de carrizo de PIPA descritas anteriormente (Ver apartado A4. Diseños de siega) utilizables para cubiertas.

Por otro lado y con la intención de ampliar el conocimiento sobre las características específicas del carrizo de l'Albufera, los técnicos de Econstrucció como colaboradores de LIFE+ALBUFERA se han puesto en contacto con el personal técnico de "Vakfederatie Rietdekkers", la Asociación Comercial de Techadores de los Países Bajos que han

prestado amablemente sus conocimientos y sus recursos para caracterizar muestras de carrizo recolectado en PIPA.

Para ello, se han enviado dos fardos de carrizo seco de dos distintas temporadas, una del invierno 2014-2015 y otra del invierno 2015-2016. Las muestras han sido procesadas en el "Julius Khun Institute" (JKI), el Centro Federal de Investigación de Plantas Cultivadas", un instituto directamente relacionado con el Ministerio de Alimentación y Agricultura del Gobierno de Alemania.

A continuación se describen los principales parámetros tenidos en cuenta para la caracterización de las muestras:

- Características físicas: diámetro, longitud, color, etc.
- Nitrógeno y ratio de Carbono/Nitrógeno.
- Contenido en material fibroso y digestibilidad en proporción de la materia seca.
- Cantidad de minerales.
- Absorción y descarga de agua.

Todos los resultados se encuentran en el informe elaborado por RIET ABC, la oficina técnica de Vakfederatie Rietdekkers que se presenta a continuación (Ver informe completo en ANEXO II).

A modo de resumen se destaca aquí la principal conclusión:

"El carrizo analizado se clasifica en los criterios de calidad en la categoría de "muy buena calidad".

Si se recolecta correctamente y si el techador lo coloca en la cubierta respetando los estándares normales de artesanía, este carrizo presentará una muy buena durabilidad en el techo. Podría incluso ser superior a carrizos de otros orígenes.

Pero el alto contenido en nitrógeno y el aspecto del carrizo resulta ser bastante diferente del carrizo de otros orígenes geográficos. Por lo tanto, la durabilidad esperada deberá demostrarse en la práctica antes de encontrar clientes que quieran comprarlo. Pero pensamos que hacerlo valdría mucho el esfuerzo."

Estas conclusiones son muy esperanzadoras en cuanto al uso del carrizo de la Albufera como material útil y apto para la bioconstrucción. También ponen en evidencia un dato muy relevante: el carrizo utilizado en los humedales artificiales se caracteriza por el medio en el que crece, un medio de aguas eutrofizadas ricas en nitrógeno.

C5.3.1 Experiencias destacadas con el carrizo.

En ciertos países europeos como Alemania, Francia, Holanda, Reino Unido o los países escandinavos, el oficio de techador sigue utilizando las técnicas ancestrales aunque estas últimas décadas, las nuevas tecnologías han permitido mejoras en los procesos de construcción y normalizar el uso de este material para cualquier tipo de edificación convencional.



Figura 42
Máquina cosechadora de carrizo [31].



Figura 43
Fardos de carrizo acopiados en el campo de cosecha, Polonia [29].



Figura 44
Almacén de fardos de carrizo, Alemania [29].

Figura 41
Medición de las dos muestras en el "Julius Khun Institute" en Alemania.



Techos



El uso más común del carrizo en bioconstrucción esta dedicado a las cubiertas de edificaciones. A continuación se muestra como esta práctica se utiliza en países de todo el mundo.

Figura 45
Construcción artesanal de una cubierta de carrizo[29].



Figura 46
Techo de carrizo de una de las instalaciones del Parque Nacional de los Broads, Inglaterra. Foto sacada durante una visita de los socios FGN y IIAMA de LIFE+ALBUFERA, julio 2016.

Diferentes diseños en diferentes países (véase figura 47).

Al ser un material vegetal compuesto por tallos tubulares llenos de aire, el carrizo es un excelente aislante que se puede utilizar tanto en suelos, como en paredes.

Muros y suelos



Figura 48
Proceso de fabricación de una pared de estructura de madera rellena con una capa de carrizo [REF 32].

Figura 47
Colección de fotos de las diferentes arquitecturas de techo a diferentes latitudes [REF 30].

Alemania



Francia



Holanda



Japón



Sudáfrica



México



Carrizo como producto en decoración y jardín, paneles de carrizo y setos naturales



Figura 50
Diferentes usos ornamentales del carrizo [REF 29].



Figura 49
Ejemplo del uso de paneles de carrizo ordenado como capa de aislante en una pared de piedra. [REF 30].



C.5.3.2 Experiencias destacadas con otra especie, la enea

El carrizo no es la única especie de los humedales aprovechable para la construcción. Una pequeña búsqueda por páginas webs de diferentes países ha permitido encontrar experiencias o proyectos ligados a la enea muy interesantes y esperanzadores.

Desde el Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid se han estudiado las aplicaciones constructivas de un material compuesto de escayola y fibras naturales de *Typha latifolia*.

La investigación analiza la posibilidad de reforzar los morteros de escayola mediante la utilización de fibras de *Typha latifolia*, creando un material compuesto en el que las fibras contribuyen al aumento de resistencia mecánica, a la vez que se produce una reducción del peso y una regulación de los tiempos de fraguado. Las propiedades de estos materiales hacen que, en determinadas aplicaciones, su utilización resulte ventajosa con respecto a materiales tradicionales. [REF 19]. En esta

línea de trabajo, en Alemania este mismo tipo de estudios se está llevando paralelamente a cabo en el Fraunhofer-Institute for Building Physics IBP Holzkirchen [REF 21]

Por otro lado, marcas comerciales como "Typha Technik" en Alemania han desarrollado un producto de aislamiento. La placa de enea es un panel de aislamiento compuesto básicamente por hojas de enea. Esta materia prima se caracteriza por ser altamente resistente ya que el diseño estructural único de las hojas de tejido esponjoso (aerénquima) y los tejidos de soporte (esclerenquima) confiere una alta estabilidad combinada con un bajo peso. El material de construcción obtenido es permeable, aislante acústico y resistente al moho. Las placas son fáciles de instalar, listas para el enlucido y su sellado permanente. El material es un muy buen aislamiento interior y garantiza un clima interior saludable en las viviendas. [REF 20]

En esta misma línea pero esta vez a nivel de cooperación internacional y en el marco de la COP21, la cumbre sobre el cambio climático celebrada en París 2015, se está desarrollando actualmente desde la asociación francesa "Craterre" el proyecto "Typha" que consiste en solucionar el problema ecológico de invasión de la enea en el río Senegal y en el lago de Guiers (principal fuente de agua de Dakar) utilizándola para transformarla en material aislante de techos, paredes y suelos de las construcciones nuevas del país. [REF 21]

C6 COMBUSTIÓN

La combustión del material es quizás una de las formas más fáciles para producir energía. Sin embargo, a pesar de que sea un proceso simple, existen diferentes maneras de abordarlo y muchas combinaciones de ingredientes de productos combustibles. Dependiendo de la receta elegida o de los procesos em-

pleados, los resultados obtenidos varían, especialmente en la eficiencia del proceso, del valor calorífico y de las emisiones.

C6.1 Antecedentes

Paralelamente al diseño y a la construcción de los humedales artificiales de MILIA, ILLA y del nuevo cauce del Turia, Aguas de la Cuenca del Mediterráneo (ACUAMED), presentó en el marco del proyecto de construcción de ampliación de la capacidad de depuración de agua en sueca y reutilización de las aguas residuales de la E.D.A.R. de sueca una propuesta de instalación de una central de biomasa para la valorización de la biomasa generada en los tres espacios en energía eléctrica. Esta propuesta no llegó a concretarse pero el proyecto recoge gran parte de la información necesaria para evaluar la amplitud de la biomasa generada:

El residuo de estos tres humedales artificiales es fundamentalmente a base de plantas helófitas: carrizo, enea y masiega. Se estima una producción mínima de 2 kg/m² año y una máxima de 3 kg/m² año serían alcanzables en un humedal maduro. En consecuencia, la producción estimada de residuo es la siguiente:

**Producción estimada máxima: 1.845 t/año -
Producción estimada mínima: 1.230 t/año**

Con la construcción de esta Central de Biomasa no se pretendía a priori conseguir una viabilidad económica; siendo su objetivo eliminar el residuo producido por los humedales artificiales y aprovecharlo para generar energía eléctrica.

En el marco de LIFE+ALBUFERA la colaboración con LIFE+SOSTRICE ha sido la oportunidad para realizar pruebas de combustión, en concreto con el socio de CTAER, el Centro Tecnológico Avanzado de Energía Renovables.

Las muestras de enea y de carrizo han sido enviadas a las instalaciones de Jaén. Desafortunadamente, los resultados se obtendrán después de la publicación de este informe.

C.6.2 Experiencia de la RSPB

El seminario final de LIFE+ALBUFERA ha sido el momento para conocer al equipo de técnicos y su trabajo de gestión de la vegetación en el Parque Nacional de Broads en el Reino Unido donde se ha realizado un gran trabajo de investigación buscando dar uso a la biomasa generada en los humedales británicos. Sus resultados se exponen en el informe de Sally Mills: "Wetland Conservation Biomass to Bioenergy En User Report ". [REF 3]

En el caso de la combustión, han considerado transformar la biomasa en tres formatos: briquetas, pellets y material triturado suelto. Cada una de las opciones presenta ventajas y desventajas dependiendo de los siguientes parámetros: las condiciones del sitio, la maquinaria disponible, y la zona de combustión. La elección de la técnica de combustión es un parámetro a tener en cuenta y determinará también los métodos de siega y de recolección a emplear. El contenido en humedad y el grosor del triturado serán decisivos. [REF 3]

C6.2.1 Proceso de transformación

La fabricación de briquetas y pellets son dos procesos que compactan el material en alta presión para darle la forma tanto de briqueta como de pellets. La diferencia entre las dos técnicas es que se necesita más presión para los pellets y además el material deberá ser triturado más fino. Se necesita un triturado de 5mm a 10mm para pellets mientras que 30mm es suficiente para las briquetas, lo que lleva a una diferencia de necesidad de energía de un 25% menos en el caso de la



Figura 51
Tablero de enea prensada de la marca Typha Technik.



Figura 52
Briquetas.

producción de briquetas, las cuales tendrán el mismo poder calorífico que los pellets.

Las briquetas tienen el inconveniente de contener materiales indeseables como piedras u otros pequeños objetos ya que pasan por procesos de menos presión, y además presentan un contenido en humedad más alto, lo que puede ser problemático a la hora de quemarlo.

Una de las ventajas de los pellets es la facilidad en usarlos y la mayor salida comercial, estos últimos años se ha extendido la venta de calderas de pellets de uso doméstico.

Otra consideración es el efecto del grado de compactación de los productos sobre su combustión. Los pellets y las briquetas de alta densidad forman productos estables que son más favorables a reducir las emisiones de partículas.

Tabla 10
Densidades del producto final según la especie vegetal y la forma utilizada [REF 3].

Tipo de material	Forma del material	Kg/m ³	Referencia
Carrizo	Material triturado suelto	52	Ash, Wynne
Carrizo	Pellets	666	Ash
Carrizo	Briquetas	1198	Bilgin, Ertekin, Kurklu, Wynne
Junco	Briquetas	1200	Wynne



Figura 53
Fabricación de pellets.



Figura 54
Depósito de alimentación de la caldera.

En el caso del material triturado suelto, se trata de usar directamente el material en la caldera. Este tipo de material abulta mucho y para ser rentable, tendría que ser producido cerca de la zona donde se va a quemar, sino los costes de transporte serían muy elevados. Además la baja densidad de este material hace que se debe rellenar la caldera con más frecuencia y no resulta cómodo su uso.

C6.2.2 Conclusiones

Las pruebas realizadas en el Reino Unido y recopiladas en el informe "Wetland Biomass to bioenergy Project" desarrollado por AB System y el personal técnico de la RSPB consiguen obtener muchos resultados muy interesantes en cuanto a la producción, el almacenamiento y la combustión de las briquetas. A continuación se presentan los más destacados:

- Un 15% de humedad es un nivel correcto para que la maquinaria procese de manera adecuada la biomasa en briquetas.
- Es importante almacenar las briquetas sin cubrirla para evitar la acumulación de humedad.
- La combustión mejorada de los materiales comprimidos da lugar a menos emisiones por lo que la importancia de fabricar briquetas representa algo más que la facilidad de transporte en grandes distancias.
- Puede que la producción de briquetas no salga muy rentable económicamente ya que requiere altos costes de personal para el proceso de transformación de la biomasa (al menos dos operarios trabajando en el proceso).
- Encontrar un mercado rentable para un gran volumen de briquetas solo se puede conseguir si se cosechan grandes volúmenes de biomasa, es la situación del "pez que se muerde la cola" [REF 23]

C.6.3 Otras experiencias de combustión a destacar

Existen otras experiencias que demuestran que la transformación de biomasa de humedales en pellets es una opción a considerar. En Francia, un proyecto LIFE+ GREEN PELLETS, coordinado por "AILE" ha estudiado y ha puesto en práctica entre 2009 y 2011 la valorización energética de residuos verdes de cultivos como de espacios naturales de Brière, una zona que se caracteriza por una superficie de 170km² de zonas húmedas. El proyecto consiste en complementar otros usos ya establecidos para el carrizo como material para cubiertas de bioconstrucción, literas para animales o pastoreo en una superficie de 5400ha de carrizal.

Según sus estudios, el carrizo tiene un poder calorífico muy satisfactorio igual o superior a 3/4 del de la madera. Su experiencia iniciada en 2008 indica que mezclar el carrizo con otros residuos de madera parece ser más óptimo a la hora de producir los pellets.



Figura 55
Proceso de siega del carrizo, recogida y transporte en balas y triturado. Tras el triturado el material se puede pelletizar.



Figura 56
Proceso de selección de muestras, análisis en laboratorio y prueba definitiva en caldera real [REF 26].



También se destaca que la combustión de esta biomasa no suelta más CO₂ que lo que ha absorbido durante su crecimiento por la fotosíntesis. [REF 25]

El Proyecto LIFE+STYMFALIA es otro proyecto que se está desarrollando en la actualidad y que persigue unos objetivos parecidos: gestionar una cobertura de carrizo importante y que crea problemas de obstrucción del lago Stymfalia en Grecia y valorizar la biomasa cosechada. LIFE+ALBUFERA se ha puesto en contacto con los responsables de este proyecto para obtener más detalle y compartir información. [REF 27]



Figura 57
Visita de los responsables de la empresa GreenE en el Tancat de la PIPA.

Su trabajo se basa en comparar las diferentes técnicas de valorización. Se llega a la conclusión que a nivel económico, el esquema óptimo de transformación es el de la peletización ya que está considerado como lo más rentable y sostenible para el medio ambiente en cuanto a términos sociales y financieros. La producción y la venta de combustibles sólidos (pellets y briquetas) están muy positivamente valoradas en la implementación de evaluación de riesgo por la "Green Banking" (banco ético), por lo tanto trabajar en este escenario está considerado como lo más sostenible, fácilmente gestionable, de bajo coste en comparación con otras técnicas y además apto para generar unos ingresos económicos adecuados.

C7 GASIFICACIÓN

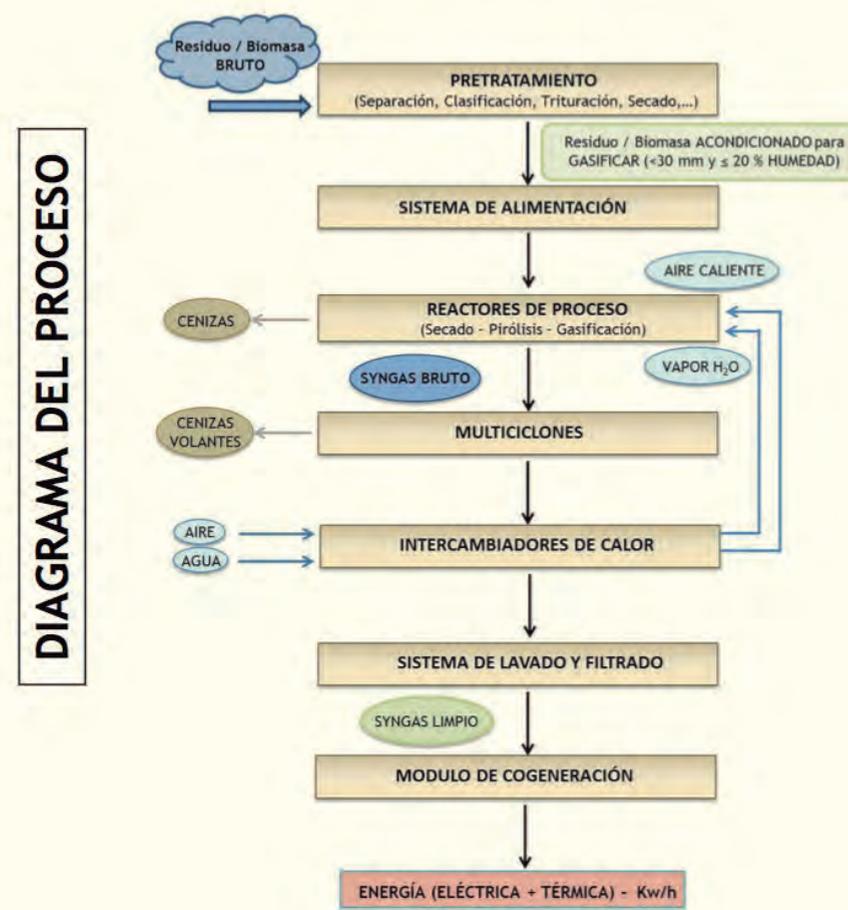
Otra técnica en la que LIFE+ALBUFERA se ha interesado es la gasificación. Para conocer esta tecnología más reciente, desde AEA se ha contactado con la empresa GreenE, una empresa que diseña, construye, instala, pone en marcha y promociona plantas de gasificación para la eliminación de residuos sólidos orgánicos y biomasa mediante el desarrollo de una tecnología bajo patente.

La gasificación es un proceso termoquímico en el que el sustrato carbonoso, en este caso, la biomasa de los humedales artificiales es transformado en un gas combustible mediante una serie de reacciones que ocurren en presencia de un agente gasificante (aire, oxígeno, vapor de agua o hidrógeno).

La composición del gas es muy dependiente de las condiciones en las que se realiza la gasificación pero suelen ser ricos en monóxido de carbono y/o hidrógeno, con contenidos menores de dióxido de carbono, metano y otros hidrocarburos. El sustrato carbonoso de origen y el agente gasificante son los parámetros que determinan el mayor o menor contenido en energía (poder calorífico) del gas.

Las ventajas de este proceso son numerosas ya que se puede eliminar hasta un 98% del residuo según su naturaleza, produce cenizas de mínimo volumen e inertes que son fáciles de reciclar y/o tratar a la vez que se pueden recuperar los metales pesados. La reducción de la emisión de gases es interesante ya que puede ser de un 40% para el CO₂ y de un 100% para el CH₄, los gases como SO₂, SO₃, NO_x se filtran, y desaparecen las dioxinas y furanos.

Otra de las ventajas es que puede tratar cualquier tipo de residuo y se puede montar el equipo en zonas aisladas.



Sin embargo esta tecnología está en sus comienzos y existen muy pocas plantas en España debido al elevado coste de instalación y de mantenimiento.

En el caso de la biomasa generada en los humedales artificiales del Parque Natural de l'Albufera, la planta de gasificación más cercana es la de Xàtiva situada a 60km de PIPA y a aproximadamente 50 KM de MILIA e ILLA lo que supondría un coste de transporte respectivamente de 9,8€ y 8,32€ por metro cúbico.

Figura 58
Proceso técnico de la gasificación, Fuente GreenE.



D

Resumen

A modo de resumen se recopilan las diferentes características que hay que tener en cuenta para cada una de las posibles alternativas.

Técnica de Valorización	Método de siega	Fechas de Siega	Secado artificial	Tratamiento de la biomasa	Especies aptas*
Acolchado	todo tipo de maquinaria	indiferente	no	triturado grueso o simple roturado	todas
compost/enmienda	todo tipo de maquinaria	en parada vegetativa	no	triturado fino	todas
Bioconstrucción	maquinaria adaptada	en parada vegetativa	no	tallos/hojas ordenados, fardos	carrizo, enea, junco
Biogás	todo tipo de maquinaria	material verde	no	triturado fino	todas
Combustión	todo tipo de maquinaria	en parada vegetativa	sí	triturado fino	carrizo
Gasificación	todo tipo de maquinaria	indiferente	sí	triturado	todas
Envases	todo tipo de maquinaria	material verde	sí	triturado grueso	carrizo, enea

Tabla 11
Tabla resumen de valorización de la biomasa considerando las especies de los HHAA de LIFE+ALBUFERA.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- *A priori* no existe una única alternativa que destaca sobre las demás sino que existe un gran abanico de posibilidades para valorizar la biomasa de los HHAA. Es evidente que elegir una de ellas dependerá de las condiciones de cada situación teniendo en cuenta algunos parámetros como: el tipo de planta cosechada (especies, momento del año...), el volumen de la biomasa y su frecuencia de retirada del medio, el material disponible para su triturado, la presencia de infraestructuras de transformación en el entorno o en su defecto, la previsión de presupuesto para su transporte, y la demanda del producto en el mercado como materia prima (energía, material de construcción, envases...).
- La fecha de siega es un parámetro clave del que dependerá el tipo de alternativas que se ofrecen para la valorización de la biomasa, el peso de la biomasa y por lo tanto el precio de su transporte y proceso de transformación. Además, a las fechas de actuaciones van ligadas todas las cuestiones relativas a la calidad del hábitat disponible para la fauna y por lo tanto debe estar

contemplado este parámetro en las estrategias de gestión de los espacios naturales.

- Durante la fase de diseño de un HA, se debe elegir la especie vegetal a utilizar en las parcelas considerando las infraestructuras existentes del entorno del HA para la futura transformación de la biomasa. Algunas técnicas de aprovechamiento como la producción de biogás, el acolchado, la combustión, el compost son técnicas aptas con biomasa que *a priori* puede ser compuesta por especies vegetales variadas sin embargo otras como la bioconstrucción o la fabricación de envases se basarán en biomasa de HHAA monoespecífica (el carrizo y la enea siendo las especies más comunes).

- Los HHAA producen biomasa en muy poca cantidad y de manera muy puntual en el tiempo. Esto no facilita la implantación de nuevas plantas o infraestructuras de transformación que posiblemente no serían rentables basándose únicamente en la aportación vegetal de los HHAA. La solución pasa por utilizar estructuras existentes y lo más cercanas posible a los HHAA para abaratar costes y emisiones de CO₂.





Referencias

- [REF 1] <http://www.agrowaste.eu/wp-content/uploads/2013/02/DIGESTION-ANAEROBIA.pdf>
- [REF 2] https://fjarabo.webs.ull.es/Biomasa/Bio04/Bio04_42.htm#Figura2
- [REF 3] Wetland Conservation Biomass to Bioenergy En User Report. Sally Mills, July 2016. RSPB, Department o Energy and Climate Change.
- [REF 4] Estudio de la vegetación en el humedal artificial tancat de la PIPA y en el filtro verde v- 30:determinación de la biomasa vegetal y su contenido nutritivo, evaluación de la velocidad de crecimiento y asimilación de nutrientes. TRATAMIENTO DE AGUAS : BIXQUERT ARIÑO, FCO. JAVIER. Director/es: Dr. MIGUEL MARTÍN MONERRIS SEPTIEMBRE, 2013
- [REF 5] Ecological Land and People, Ash, N, 2010. New Opportunities for the Sustainable Management of Fens: Reed Pelleting, Composting and the Productive Use of Fen Harvests. Final Report.
- [REF 6] [https://es.wikipedia.org/wiki/Acolchado_\(jardiner%C3%ADa\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Acolchado_(jardiner%C3%ADa))
- [REF 7] <http://www.dipalme.org/Servicios/Anexos/anexosiea.nsf/VAnexos/IEA-TAE-c3/5File/TAE-c3.pdf>
- [REF 8] Guía para la certificación -productos vegetales ecológicos- CAAE. Entidad de Certificación Especializada en Agricultura Ecológica. https://www.google.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=10&ved=0ahUKEwj8-tGd3qPPAhXpB8AKH5UpD-YkQFghVMak&url=http%3A%2F%2Fwww.caae.es%2Findex.php%2Fcomponent%2Fk2%2F1-caae%2Fdownload%2F16_bb-f1917179b9c83200928af6fcdac9e-d&usq=AFQjCNGv9fL96WLPebvN-NlvjLrLjnCJ45w&sig2=60ECFLyS2hUS_Bn-1MmK4pA&bvm=bv.133387755,d.d24
- [REF 9] Composting As A Technique For Managing Arisings On RSPB Reserves. Sally Mills Sabatinal Report October 2007. RSPB
- [REF 10] El mercado del compost en Cataluña, Oferta y demanda. Antonio Giménez Lorang, Montserrat Soliva i Torrentó y Óscar Huerta. Escuela Superior de Agricultura de Barcelona (ESAB) Enero 2005
- http://residus.gencat.cat/web/.content/home/ambits_dactuacio/recollida_selectiva/residus_municipals/materia_organica__form_-_fv/jornades__estudis_i_enllacos/mercat_compost_es.pdf
- [REF 11] foto de secadero rotativo <http://xactsystemscomposting.com/installation/>
- [REF 12] <http://www.cocoa-corp.com/cocoa-process>
- [REF 13] http://pagina.jccm.es/medioambiente/planes_programas/reservabiosfera_mancha_humeda.pdf
- [REF 14] <http://pobladocantabrodeargueso.blogspot.com.es/2011/01/techos-vegetales-la-barraca-valenciana.html>
- [REF 16] <https://es.wikipedia.org/wiki/Bioconstrucción>
- [REF 17] <http://www.ecohabitar.org>
- [18] https://es.wikipedia.org/wiki/Tejados_de_paja
- [REF 19] <http://materconstrucc.revistas.csic.es/index.php/materconstrucc/article/view/224/270>
- [REF 20] <http://www.typhatechnik.com/index.php>
- [REF 21] http://mires-and-peat.net/media/map13/map_13_09.pdf
- [REF 22] <http://craterre.org/action:projets/view/id/e5ac4d384bc22cc451dff2d4330578c>
- [REF 23] Wetland Biomass to Bioenergy Project. Phase 3 Report. Lynne Mundy-Pitman & David Wynne, Ab systems (UK)
- [REF 24] <http://www.agglo-carene.fr/1206438489157/0/ficheactualite/>
- [REF 25] <http://www.aile.asso.fr/wp-content/uploads/2012/08/layman-report.pdf>
- [REF 26] http://pole-zhi.org/documents/journee_echange_valorisation/AILE%20combustion%20roseaux.pdf
- [REF 27] <http://www.lifestymfalia.gr>
- [REF 28] <https://es.wikipedia.org/wiki/Biochar>
- [REF 29] <http://www.hiss-reet.de>
- [REF 30] <http://www.chaume-sans-frontiere.com>
- [REF 31] <http://www.roseaux.net>
- [REF 32] <http://www.rizhome.fr/#page-top>



F

Anexos

Anexo I

"Estudio del potencial de biometanización de residuos vegetales procedentes de los humedales artificiales y evaluación de su aptitud para la co-digestión anaerobia con paja de arroz"
ACTIVIDAD NETWORKING ENTRE: LIFE SOSTRICE (LIFE 13 ENV/ES/001333) & LIFE ALBUFERA (LIFE 12 ENV/ES/000685),
Junio 2016.

"ESTUDIO DEL POTENCIAL DE BIOMETANIZACIÓN DE RESIDUOS VEGETALES PROCEDENTES DE LOS HUMADALES ARTIFICIALES Y EVALUACIÓN DE SU APTITUD PARA LA CO-DIGESTIÓN ANAEROBIA CON PAJA DE ARROZ"

ACTIVIDAD NETWORKING ENTRE:

LIFE SOSTRICE (LIFE 13 ENV/ES/001333)

&

LIFE ALBUFERA (LIFE 12 ENV/ES/000685)

17/06/2016





01 Antecedentes

02 Objetivos

03 Materiales y Métodos

04 Resultados

05 Conclusiones

1. Antecedentes

Este trabajo experimental forma parte de una acción de "networking" realizada entre el grupo de trabajo de LIFE ALBUFERA y el LIFE SOSTRICE. En Noviembre de 2014 se mantuvo una reunión entre socios de ambas partes del proyecto, donde se expusieron los objetivos de ambos proyectos LIFE. De dicha reunión de trabajo, se detectó una sinergia entre ambos proyectos. Dentro de las actividades del LIFE ALBUFERA se encontraba la búsqueda de métodos de gestión sostenibles de los residuos vegetales generados durante los periodos de poda de los humedales artificiales de L'Albufera. Así, su valorización mediante tecnologías de la digestión anaerobia y combustión que han sido propuestas en el LIFE SOSTRICE para la gestión sostenible de la paja de arroz, podrían también ser aptas para este tipo de residuo vegetal.

Con el objetivo de determinar la aptitud de estos residuos vegetales a ser tratados conjuntamente con la paja de arroz, mediante la tecnología de digestión anaeróbica, se realizaron unas pruebas experimentales, llevadas a cabo por ainia centro tecnológico, socio de del proyecto LIFE SOSTRICE. Estos ensayos tenían como objetivo la caracterización de los residuos vegetales de los humedales, principalmente, la determinación de su perfil en fibra (celulosa, hemicelulosa y lignina), la determinación del potencial de biometanización máximo, y el estudio del potencial de biometanización de dos mezclas de co-digestión de paja de arroz y los residuos vegetales de los humedales.

A continuación se presentan los resultados y principales conclusiones obtenidos de este estudio experimental.

2. Objetivos

El objeto principal de este estudio experimental fue la determinación de la aptitud de los residuos de vegetales generados de la poda de humedales artificiales como co-sustratos para ser tratados conjuntamente con la paja de arroz mediante un sistema de digestión anaerobia.



Los objetivos específicos de este trabajo experimental son:

- Caracterización de dos muestras de residuos vegetales procedentes de los humedales artificiales ubicados en L' Albufera (enea y carrizo)
- Determinación del potencial de biogás y energía de estos dos residuos vegetales.
- Determinación del efecto de tamaño de partícula medio de estos sustratos sobre el potencial de biometanización.
- Estudio del potencial de biometanización de distintas mezclas de co-digestión (enea, carrizo y paja de arroz).

3. Materiales y Métodos

3.1 Sustratos

Los residuos vegetales que fueron seleccionados para el estudio fueron la **enea** y el **carrizo**. Ambos sustratos fueron muestreados de los humedales artificiales de L' Albufera por personal técnico del proyecto LIFE ALBUFERA.

La **paja de arroz** procede de la materia prima que se está utilizando en este momento como sustrato en el prototipo de digestión anaerobia del proyecto SOSTRICE.

El tamaño de partícula de estos sustratos fue reducido a dos tamaños promedios de partículas, con el objetivo de analizar el efecto de este parámetro sobre el potencial de biogás. Las muestras fueron trituradas mediante los dos sistemas de trituración que forman parte del prototipo de digestión anaerobia del LIFE SOSTRICE. El **tamaño de partícula 1 (TP1)** estaba comprendido entre 1-5 cm, mientras que el **tamaño de partícula medio 2 (TP2)**, estaba entre 0,5-1,5 cm.

En la Figura 1 se presenta una ilustración de cada una de las muestras con distinto tamaño de partícula.



Figura 1. Ilustración de los sustratos analizados en el estudio de biometanización (TP1: tamaño de partícula medio 1; TP2: Tamaño de partícula medio 2).

El inóculo (biomasa anaeróbica) que se utilizó para los ensayos del potencial de biometanización corresponde con el efluente que se genera en el prototipo de digestión anaerobia de la paja de arroz del LIFE SOSTRICE.

En la tabla 1 se presenta la composición porcentual (materia fresca) de cada una de las mezclas que se analizaron.

Tabla 1. Composición porcentual de las mezclas de co-digestión analizadas

Sustrato	Mezcla 1 (% peso)	Mezcla 2 (% peso)
Paja	50	50
Enea	25	40
Carrizo	25	10



3.2 Ensayo potencial de biometanización

El potencial de biogás de cada uno de los sustratos se determinó mediante ensayos en discontinuo a escala de laboratorio. Los ensayos se realizaron en las plantas UBIMET-B2 disponibles en ainia, y se desarrollaron según el procedimiento marcado por la norma VDI 4630 "Fermentación de materiales orgánicos". El volumen de biogás producido se midió de forma constante, y el análisis de la composición del biogás se realizó cada 4 litros de producción de biogás. El ensayo se consideró finalizado cuando la producción de biogás diaria fue inferior al 1% de la cantidad total de biogás producida hasta ese momento. En cada ensayo se realizaron tres repeticiones para garantizar la fiabilidad de los resultados. En la figura 2 se presenta una ilustración del montaje experimental.



Figura 2. Montaje experimental de los ensayos batch de biodegradación anaerobia



4. Resultados

A continuación se presentan los resultados obtenidos de la caracterización de los sustratos y del potencial de biometanización de cada una de las muestras que se han analizado, así como el potencial de biogás de las mezclas de co-digestión.

4.1. Caracterización

En la Tabla 2 se presentan los resultados obtenidos de la caracterización de los tres residuos vegetales analizados. Cabe destacar la elevada concentración de sólidos totales que presentan las tres muestras (bajo contenido en humedad). Los sólidos totales están comprendidos entre 89-93%, y entre el 89-97% corresponden a material orgánico (sólidos volátiles).

Tabla 2. Caracterización de los sustratos analizados

Parámetros	Unidades	Paja	Enea	Carrizo
ST	%	93	89	91
SV	%ST	89	97	92
Fibra total	g/Kg	632	700	740
Celulosa	% peso	48	50	51
Hemicelulosa	% peso	42	34	38
Lignina	% peso	10	16	11
NKT	g/Kg	11	7	11

La mayor parte de la materia orgánica contenida en este tipo de sustratos corresponde a fibra, estando comprendida su concentración entre 632 hasta 740 g/kg. Esto significa que entre el 76-88% de los sólidos volátiles es material fibroso. El perfil lignocelulósico de los tres sustratos es muy similar, siendo la celulosa el componente mayoritario, representando alrededor del 50% de la materia orgánica. La lignina es el componente en menor proporción, el cual representa entre el 10% en caso de la paja de arroz hasta el 16% en el caso de la enea. La lignina no es biodegradable en condiciones anaeróbicas,



por lo que cuanto menor sea el contenido en lignina mejores características presentan los sustratos para la producción de biogás. Destacar la elevada concentración de nitrógeno que presentan las tres muestras de residuos lignocelulósicos (7-11 g/L).

4.2 Potencial de biometanización

A continuación se presentan los resultados obtenidos del potencial de biometanización de las muestras de sustratos a distinto tamaño de partícula, y de las dos mezclas de co-digestión que se han analizado.

ENEA

En la Figura 3 se muestra las curvas de biogás acumulado (A) durante los 25 días de ensayo experimental de las dos muestras de enea con distinto tamaño medio de partícula. Tanto la cinética como el potencial de biogás son superiores en el caso de la muestra de enea con un menor tamaño de partícula (TP2). En la Figura 3 (B) se presenta la producción de biogás diaria de cada una de las muestras de enea. En el caso de la muestra con un menor tamaño de partícula, la máxima producción de biogás se detectó en el día seis de experimentación. En el caso de la otra muestra de enea (TP1) la producción de biogás fue similar en todos los días de ensayo, incrementando ligeramente los primeros siete días, y manteniendo valores similares de alrededor de 0.06 m³/Td. El potencial máximo de biogás de la enea es de 0.2 m³/T de sustrato (200L por tonelada).

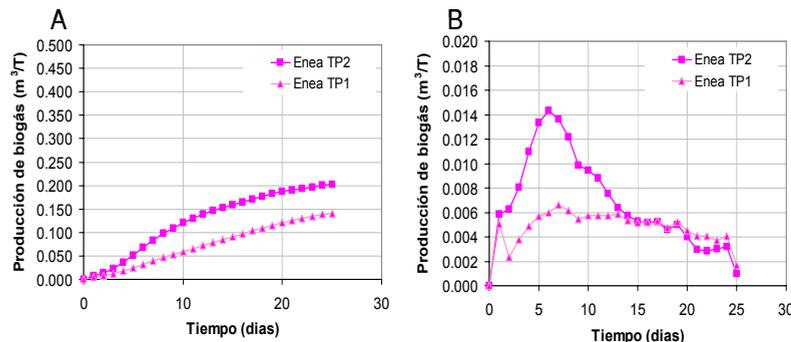


Figura 3. Producción de biogás de la enea obtenido en el ensayo batch de biometanización: A) Curvas de biogás acumulado, B) producción de biogás diario



CARRIZO

En la Figura 4 se muestra las curvas de biogás acumulado (A) durante los 25 días de ensayo experimental de las dos muestras de carrizo con distinto tamaño medio de partícula. Tanto la cinética como el potencial de biogás son superiores en el caso de la muestra de enea que presenta un mayor tamaño. A priori sería de esperar resultados inversos, ya que la reducción del tamaño de partícula debería reducir el tiempo de hidrólisis de los componentes lignocelulósicos y por lo tanto aumentar la cinética y producción de biogás. En la Figura 4 (B) se presenta la producción de biogás diaria de cada una de las muestras de carrizo. La máxima producción de biogás se detectó en el día cinco de experimentación para ambas muestras con tamaño de partícula distinta. El potencial máximo de biogás de la enea es de 0.35 m³/T de sustrato (350L por tonelada).

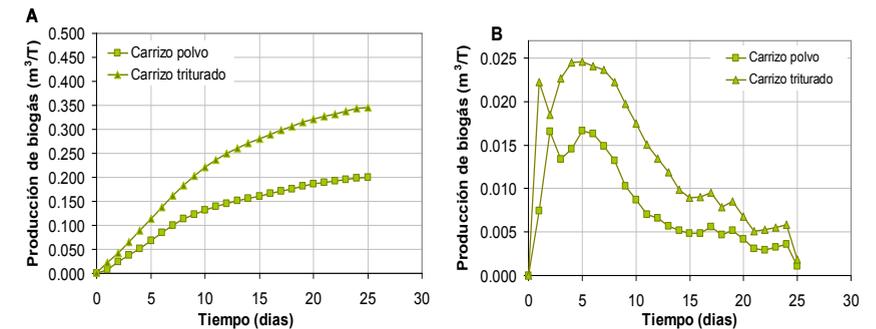


Figura 4. Producción de biogás de la enea obtenido en el ensayo batch de biometanización: A) Curvas de biogás acumulado, B) producción de biogás diario

PAJA DE ARROZ

En la Figura 5 se muestra las curvas de biogás acumulado (A) durante los 25 días de ensayo experimental de las dos muestras de paja de arroz con distinto tamaño promedio de partículas. Tanto la cinética como el potencial de biogás es superior en el caso de la muestra de paja con un menor tamaño de partícula, aunque esta diferencia es menos acentuada que en el caso de las muestra de enea y carrizo. En la Figura 5 (B) se presenta la producción de biogás diaria. En el caso de la muestra con un menor tamaño de partícula, la máxima



producción de biogás se detectó en el día cuatro de experimentación, mientras que la muestra con un tamaño de partícula superior presentó su máxima producción de biogás en el día seis de experimentación. Esto indica que la reducción del tamaño de partícula tiene un efecto sobre la cinética de hidrólisis-acidificación de la paja de arroz. El potencial máximo de biogás de la paja es de 0.38 m³/T de sustrato (380 L por tonelada).

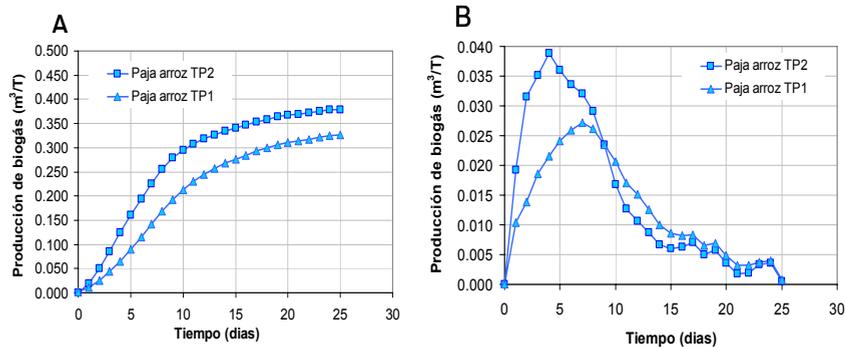


Figura 5. Producción de biogás de la enea obtenido en el ensayo batch de biometanización: A) Curvas de biogás acumulado, B) producción de biogás diario

MEZCLAS DE CO-DIGESTIÓN

En la Figura 6 se muestran las curvas de biogás acumulado (A) durante los 25 días de ensayo experimental de las dos mezclas de co-digestión de paja de arroz, carrizo y enea. La mezcla 1 es la que presentó un mayor potencial de biogás, y una cinética de producción mejor respecto a la mezcla 2. Ambas mezclas estaban compuestas por un 50% (peso) de paja de arroz, siendo distinta la proporción de enea-carrizo en las mezclas de co-digestión. La mezcla 1 presentaba un 25% en enea y un 25% en carrizo, mientras que en la mezcla 2, la enea representaba el 40%, y el 10% restante, era carrizo. Estos resultados están acorde con los resultados obtenidos del potencial de biogás de cada uno de los sustratos. Por lo tanto, cuando mayor es la proporción de enea en las mezclas de co-digestión se reduce la producción de biogás, debido a que la enea presenta un potencial de biometanización menor que el carrizo y la paja de arroz. La mezcla 1



presenta un potencial de biometanización de 0.28 m³/T (280 L por tonelada de mezcla en peso).

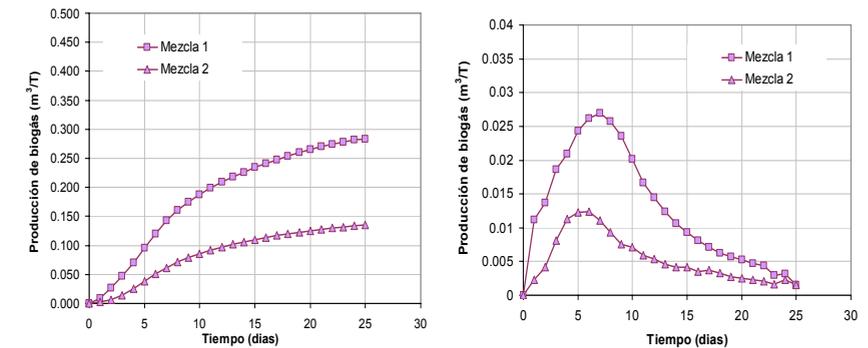


Figura 6. Producción de biogás de la enea obtenido en el ensayo batch de biometanización: A) Curvas de biogás acumulado, B) producción de biogás diario

En la Tabla 3 se presenta los resultados del potencial de biometanización de cada una de las muestra y de las mezclas de co-digestión, así como el porcentaje de metano y el potencial energético que se obtendría de cada una de las muestras analizadas.

La paja de arroz y el carrizo presenten potenciales de biogás más elevados, y además el porcentaje de metano es elevado entre 59-64%. La enea presenta un potencial de biogás menor que el resto de muestras, y el porcentaje de metano es bajo (40%).

Respecto a la energía que se obtendría de las mezclas de co-digestión entre la paja de arroz, la enea y el carrizo entre 0,75-1,64 Kwh. por tonelada de mezcla.



Tabla 3. Potencial de biometanización, porcentaje de metano y energía potencial de cada uno de los sustratos analizados, así como de las mezclas de co-digestión

Muestras	Biogas (m ³ /T)	CH4 (%)	Energía (Kwh/T)
Paja polvo	0,38	64	2,30
Paja triturada	0,32	59	1,78
Enea polvo	0,17	44	0,71
Enea triturada	0,12	40	0,19
Carrizo polvo	0,20	59	1,12
Carrizo triturado	0,34	62	1,99
Mezcla 1	0,28	62	1,64
Mezcla 2	0,14	57	0,75

5. Conclusiones

Las principales conclusiones que se obtienen del siguiente estudio son:

- Las muestras de residuos vegetales procedentes de la poda de los humedales artificiales (enea y carrizo) presentan una concentración de sólidos totales, volátiles y concentración de fibra, así como su perfil lignocelulósico similar a la paja de arroz. La enea es el residuo vegetal analizado que presenta un contenido en lignina superior.
- La paja de arroz presenta un potencial de biogás superior (0,38 L/T) al obtenido de los residuos vegetales de los humedales. La enea presenta, acorde con el mayor contenido en lignina, un menor potencial de biogás 0,17 m³/T.
- El tamaño promedio de partícula de este tipo de sustrato tiene un efecto sobre la producción de biogás y su cinética de



producción. Así, en el caso de la enea y de la paja de arroz, el potencial y la cinética de producción de biogás es superior cuando menor es el tamaño medio de partícula.

- La mezcla de co-digestión 1, que estaba compuesta por un 50% de paja de arroz, 25% de enea y 25% de carrizo presentó un potencial de biogás y energía superior, 0,28 m³/T y 1,64 kWh/T, respectivamente.

Por lo tanto, los resultados indican que los residuos vegetales generados durante el periodo de poda de los humedales artificiales de L' Albufera, podrían valorizarse energéticamente mediante un proceso de co-digestión con la paja de arroz.

Anexo II

"Reed Quality determination 09/08/2016 200 201 Reed samples from Spain". Comissioned by Marc Fuster Adrover, Econstrucció Arquitectura Orgànica i Vernacla Cooperativa Valenciana. Done by: Riet ABC BV Date 22/08/2016, Ing. H.S. Horlings

Reed Quality determination **09-08-2016 200 201**
Reed samples from Spain

Comissioned by Marc Fuster Adrover,
Econstrucció Arquitectura Orgànica i Vernacla Cooperativa Valenciana.

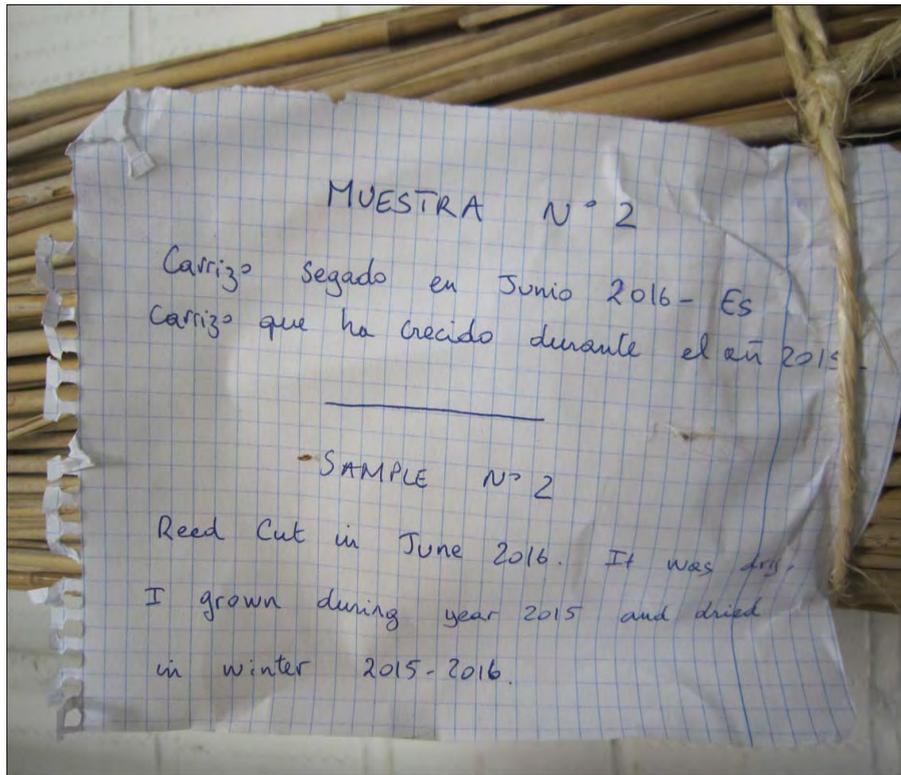
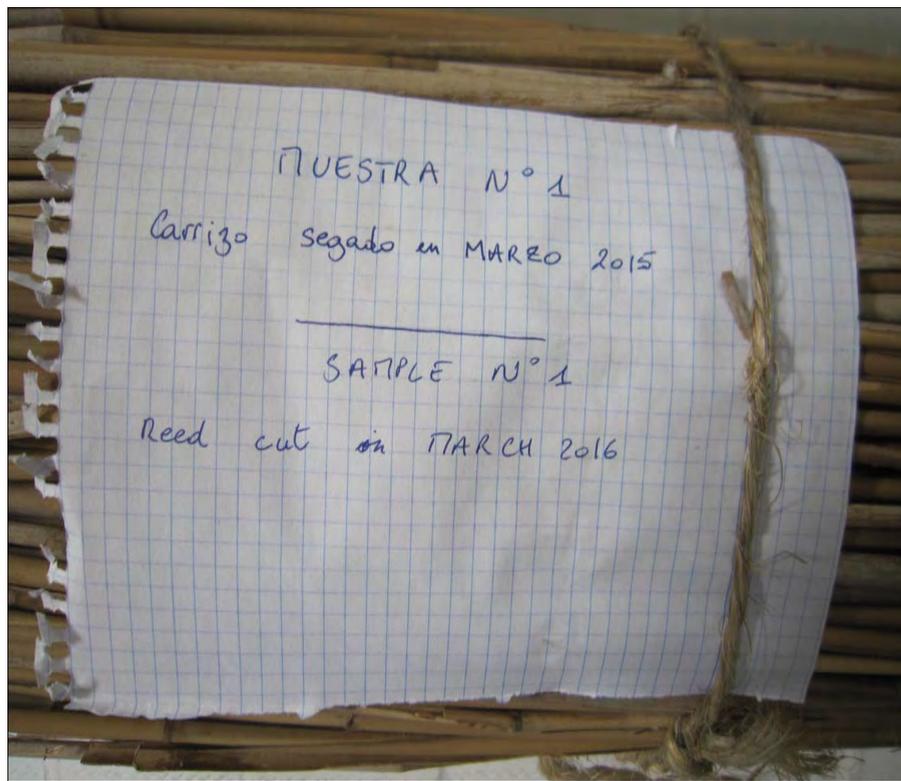
Done by: Riet ABC BV

Datum 22-08-2016
ing. H.S. Horlings

Two Spanish Reed bundles were delivered to the Julius Kuhn Institute (JKI) from Valencia.
These bundels of reed were checked on many quality parameters.

Summary of the results:

The quality is very good on nearly all the quality parameters.
This will be reed which on the roof will have a very good durability.



Left: 2015 Right: 2016



Coming from Valencia Spain 2 Bundles (1x 2015 and 1x 2016) delivered to the JKI in Braunschweig, Germany.		
Sample	68 harvest 2015	69 harvest 2016
Bundle length	210cm	230cm
Conus	Yes but not much	No
Leafs	No	No
Colour of the stem	Braun, Mocha	Braun Mocha
Colour of the Butt	Mocha	Mocha
Butt cut quality	cut far down	good, also cut as low as possible
brittleness of but	hard	hard
of stem	soft	soft
number of knots hard	2 new, 4 old (4)	4 knots (4)
Flower/seeds	5%	ja 50%
Colour	dull Braun	Braun
broken stems	Yes in the old reed 1/3	No
bent stems	Yes many	less but there are some
non mature stems	No	No
old stems	Yes 50%	No
reedmace	No	No
Grass...	No	No
Fungy	Yes but dehydrated	No
Weight	light	middle heavy
sonstiges	dull, no wax, extreem dry.	
First impression:		
Could be good reed, no wax is a little troublesome.		

DL_68 plot diameter

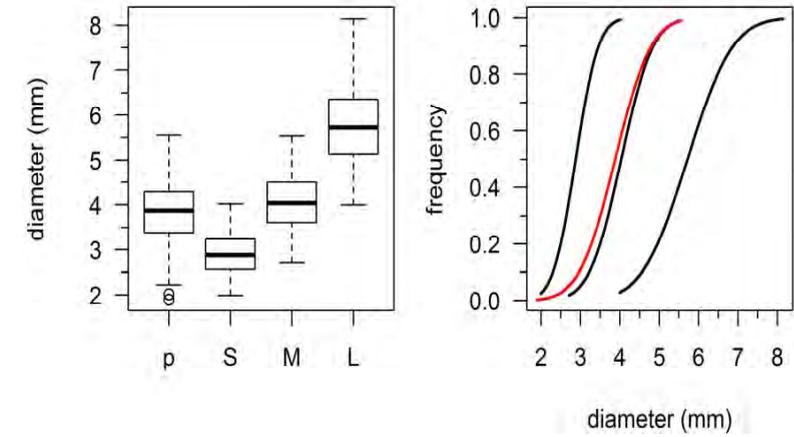


Table diameter

	mean	min	max	q17	q83	cv	cvv
D	3.86	1.89	5.55	3.16	4.54	18.59	13.78

plot length

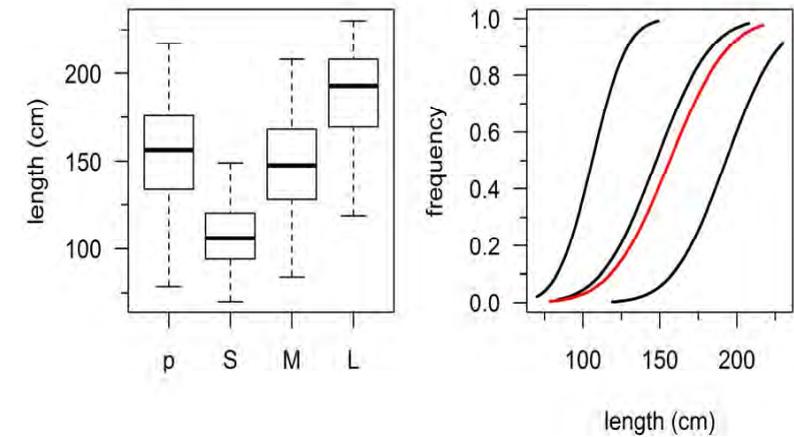
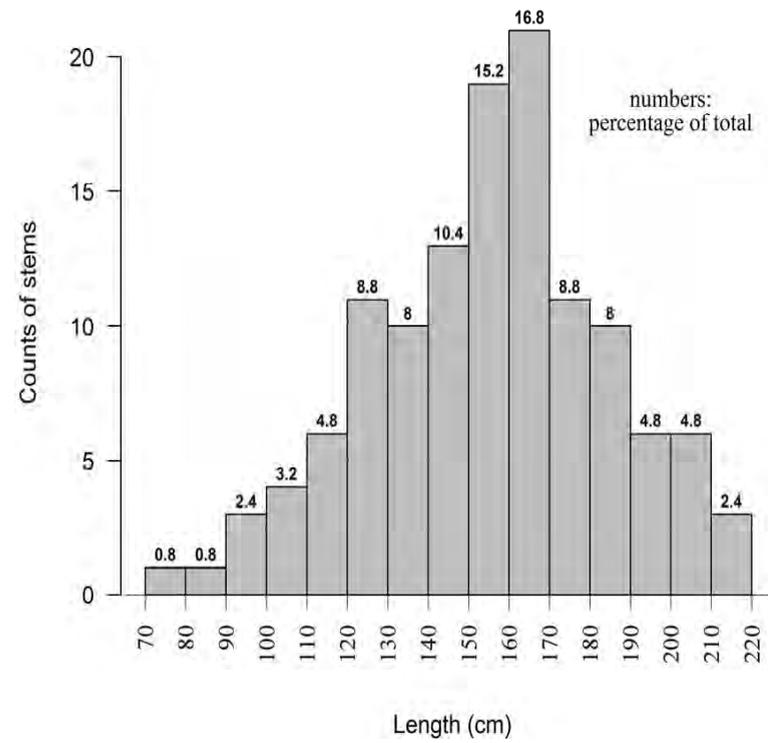


Table length

	mean	min	max	q17	q83	cv
L	156	79	217	124	185	19

plot Histogramm (numbers = percentage of total)



DL_69 plot diameter

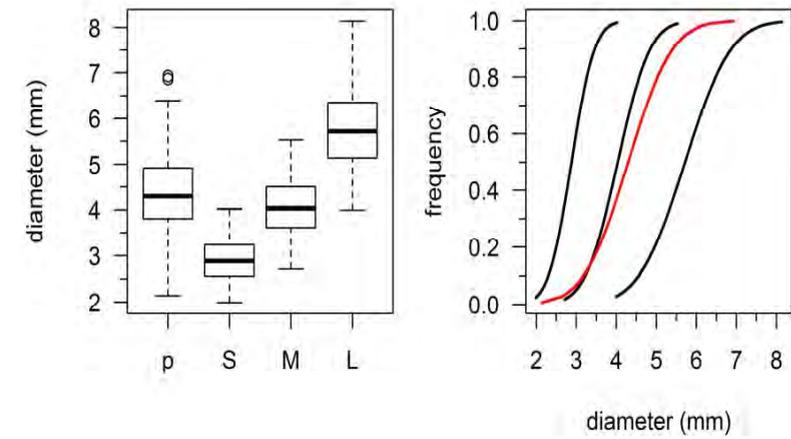


Table diameter

	mean	min	max	q17	q83	cv	cvv
D	4.38	2.14	6.94	3.63	5.08	19.91	14.14

plot length

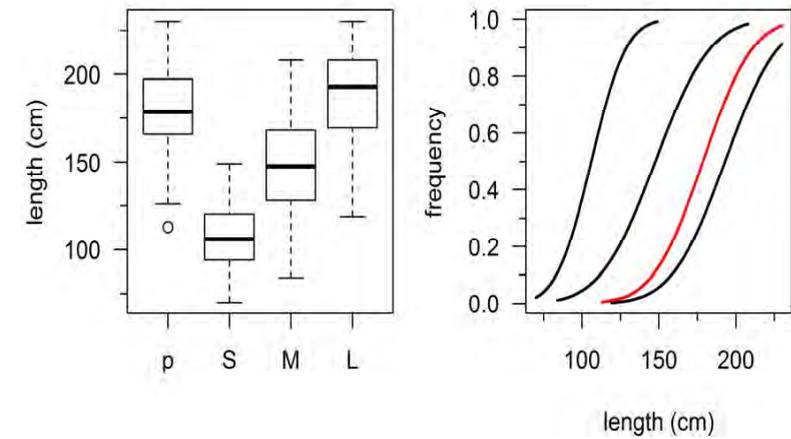


Table length

	mean	min	max	q17	q83	cv
L	180	113	230	158	202	14

plot Histogramm (numbers = percentage of total)

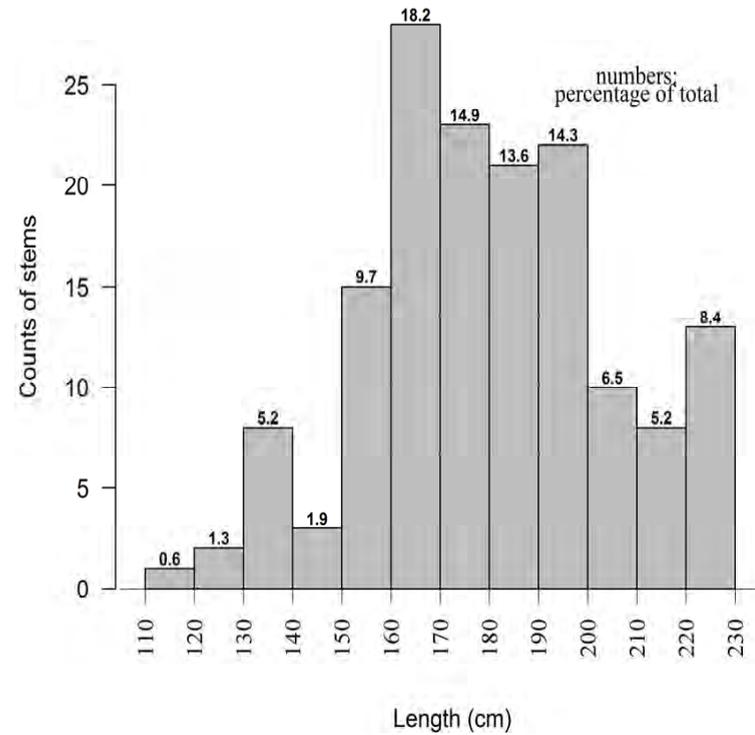


Table B 1 Nitrogen and carbon/nitrogen ratio

Halmsektion* (cm)	2015 (68)			reference ** - / + ⁺		
	0-5	7-12	50-55	0-5 - / + ⁺	7-12 - / + ⁺	50-55 - / + ⁺
Stickstoff N (g 100g ⁻¹ TM)	0,50	0,52	0,52	0,28 0,24-0,31	0,28 0,23-0,31	0,33 0,25-0,41
Kohlenstoff C (g 100g ⁻¹ TM)	48,25	47,77	46,74	50,45 50,01-50,76	50,31 49,94-50,64	49,86 49,21-50,53
C/N-Quotient	96	93	89	180 163-208	180 163-217	151 123-197

* 25 % - 75 % Perzentil / *halmaufwärts / ** Durchschnitt aus 80 Reetherküntfen

Halmsektion* (cm)	2016 (69)			reference ** - / + ⁺		
	0-5	7-12	50-55	0-5 - / + ⁺	7-12 - / + ⁺	50-55 - / + ⁺
Stickstoff N (g 100g ⁻¹ TM)	0,31	0,36	0,45	0,28 0,24-0,31	0,28 0,23-0,31	0,33 0,25-0,41
Kohlenstoff C (g 100g ⁻¹ TM)	49,28	48,60	48,19	50,45 50,01-50,76	50,31 49,94-50,64	49,86 49,21-50,53
C/N-Quotient	160	135	108	180 163-208	180 163-217	151 123-197

* 25 % - 75 % Perzentil / *halmaufwärts / ** Durchschnitt aus 80 Reetherküntfen

The percentage of nitrogen is very high (2015 (68) the highest we ever found).
Because of that the carbon/nitrogen ratio is very low
This is as a general rule not good for the durability of the reed.

2015 is high, 2016 is high but reasonable and OK.

The cause that these high levels of nitrogen show themselves in our tests will be because the reed is supplied with waste water from agriculture. Most probably there was more nitrogen in the water in 2015 than in the water of 2016.

This will only be a problem on the roof in combination with other "off" parameters (aforexample, when the roof is too long too wet, or if the reed is cut to high etc.).

Carbon is lower than normal, nut no problem here either.

Table B2 Content of Fibrous material and digestibility in proportions of the dry mass.

stemsection* (cm)	2015 (68)			reference ** - / + ⁺		
	0-5	7-12	50-55	0-5 - / + ⁺	7-12 - / + ⁺	50-55 - / + ⁺
Hemicellulose (g 100g ⁻¹ TM)	17,10	17,19	18,81	23,34 22,16-24,43	23,78 22,39-24,87	25,93 24,15-27,86
Cellulose (g 100g ⁻¹ TM)	49,37	49,74	49,24	49,51 48,19-51,11	49,59 48,11-51,26	48,23 45,62-50,52
Lignin (g 100g ⁻¹ TM)	12,28	11,57	10,38	11,88 11,02-12,51	11,45 10,78-11,95	10,19 9,64-10,72
digestibility (%)	9,72	10,20	11,77	11,35 10,61-12,66	12,33 11,38-13,31	14,01 12,51-15,11

* 25 % - 75 % Perzentil / *halmaufwärts / ** Durchschnitt aus 80 Reetherkünften

stemsection * (cm)	2016 (69)			reference ** - / + ⁺		
	0-5	7-12	50-55	0-5 - / + ⁺	7-12 - / + ⁺	50-55 - / + ⁺
Hemicellulose (g 100g ⁻¹ TM)	17,51	17,33	18,78	23,34 22,16-24,43	23,78 22,39-24,87	25,93 24,15-27,86
Cellulose (g 100g ⁻¹ TM)	51,26	51,63	50,26	49,51 48,19-51,11	49,59 48,11-51,26	48,23 45,62-50,52
Lignin (g 100g ⁻¹ TM)	11,97	11,41	10,88	11,88 11,02-12,51	11,45 10,78-11,95	10,19 9,64-10,72
digestibility (%)	8,52	9,23	10,40	11,35 10,61-12,66	12,33 11,38-13,31	14,01 12,51-15,11

* 25 % - 75 % Perzentil / *halmaufwärts / ** Durchschnitt aus 80 Reetherkünften

The amount of hemicellulose is low (very good for the durability of the reed on the roof)
 The cellulose content is average (good)
 Lignin content is OK (very important for the durability)
 Digestibility is low, that's also good of course (mainly because of low hemicellulose content)

Table C 1 Water intake and discharge

stemsection * (cm)	2015 (68)		reference ** - / + ⁺	
	0 - 20	50 - 70	0 - 20	50 - 70
waterintake-coefficient (L m ⁻² h ^{-0,5})	1,07	1,35	1,78 1,47 - 2,06	2,52 2,16 - 2,79
waterintake (Gew. % in 24 h)	14,86	20,98	27,54 22,81 - 31,86	41,96 34,16 - 48,46
specific weight (g cm ⁻³)	0,214	0,165	0,199 0,183 - 0,217	0,183 0,171 - 0,201
waterintake (Vol %in 24 h)	3,18	3,45	5,42 4,40 - 6,29	7,61 6,32 - 8,80
waterdischarge (% nach 24 h)	38,74	41,49	(29,0**) 25 - 30	(22,5**) 20 - 26

* 25 % - 75 % Perzentil / *halmaufwärts / ** Durchschnitt aus 80 Reetherkünften

Table C 1 Water intake and discharge

stemsection * (cm)	2016 (69)		reference ** - / + ⁺	
	0 - 20	50 - 70	0 - 20	50 - 70
waterintake-coefficient (L m ⁻² h ^{-0,5})	1,32	1,56	1,78 1,47 - 2,06	2,52 2,16 - 2,79
waterintake (Gew. % in 24 h)	14,43	18,97	27,54 22,81 - 31,86	41,96 34,16 - 48,46
specific weight (g cm ⁻³)	0,246	0,212	0,199 0,183 - 0,217	0,183 0,171 - 0,201
waterintake (Vol %in 24 h)	3,54	4,03	5,42 4,40 - 6,29	7,61 6,32 - 8,80
waterdischarge (% nach 24 h)	35,05	38,25	(29,0**) 25 - 30	(22,5**) 20 - 26

* 25 % - 75 % Perzentil / *halmaufwärts / ** Durchschnitt aus 80 Reetherkünften

The water intake is very low and the water discharge is very high.
 This is the best possible combination. It means the reed will be dry again very quickly after getting wet and the reed is not retaining any water in the reed stem wall. The micro-organism who break down the reed need moisture to flourish. No water, no deterioration of the reed.

Table D 1 Amount of minerals

	2015 (68)	2016 (69)	reference ** - / + ⁺
Natrium (g 100g ⁻¹)	0,03	0,03	0,091 0,04 – 0,472**
Schwefel	0,06	0,04	0,063 0,01 – 0,162**
Phosphor	0,02	0,02	0,019 0,003 – 0,071**
N / P - Quotiënt	23	16	23 6 – 106 (75)**

* Durchschnitt aus 80 Reetherkünften + 25 % - 75 % Perzentil ** minimaler – maximaler Wert, N aus NIRS

The reed is 100% freshwater reed (very good)

Assessment of the quality of the reed.

This reed is according this quality check of very good quality.

When properly harvested and used on the roof by the thatcher according the normal craftsmanship standards, this reed will show a very good durability on the roof. It could even be superior to most other reed origins.

But the nitrogen content is high and the reed looks and feels quite different from reeds from other places of origin. Therefore we expect that the durability on the roof will have to be proven in practice before one will find customers who want to buy and use this reed.

But we think this would be very much worth the effort.

Disclaimer

The reed samples were sent to us by Estudi Econstrucció, Marc Schneider. The bundles were checked on many quality parameters. Riet ABC BV is convinced that the report gives a good representation of the quality of the samples. If a batch of reed is delivered with this quality and if this reed is thatched on a roof according the normal thatching standards it should result in a good durable thatched roof.

22-08-2016



Riet ABC BV
Ing. H.S. Horlings



LIFE12 ENV/ES/000685



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Instituto de Ingeniería del
Agua y Medio Ambiente



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE

COOPERACIÓN
FINANCIADA
POR LIFE



Con el apoyo de:



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE



Con la contribución del instrumento financiero LIFE+ de la Unión Europea