

CONSTRUIR CON LA NATURALEZA

Pensando, actuando e interactuando de manera diferente



CONSTRUIR CON LA NATURALEZA

Pensando, actuando e interactuando de manera diferente



Derechos	© 2012 EcoShape
Editorial	EcoShape, Building with Nature Burgemeester de Raadsingel, 69 3311 JG Dordrecht Los Países Bajos E-mail: info@EcoShape.nl Website: www.EcoShape.nl Twitter: EcoShapeBwN
Autores	Huib de Vriend, Mark van Koningsveld
Traductores Coordinación	Roberto Vidal Martín, Joris Vredeling Koen Sweers
Producción Edición Diseño/layout Impresión	Contactivity bv, Leiden, Los Países Bajos Valerie Jones Anita Weisz-Toebosch Drukkerij Holland, Alphen aan den Rijn, Los Países Bajos
ISBN	978-94-6228-234-6
Cita	Esta publicación debe ser citada como sigue: De Vriend, H.J. y M. van Koningsveld, 2012. <i>Building with Nature: Thinking, acting and interacting differently</i> . EcoShape, Building with Nature, Dordrecht, Los Países Bajos.
Foto portada	Un kitesurfista cerca del Motor de Arena Delfland en los Países Bajos (2012). Jurriaan Brobbel Fotografie



Este proyecto ha sido cofinanciado por el Fondo Europeo para el Desarrollo Regional de la Comisión Europea

PRÓLOGO

Los deltas y las zonas costeras se convierten rápidamente en puntos centrales de urbanismo y del desarrollo económico. En 2050 la mitad de la población mundial vivirá en ciudades en estas zonas que albergan ecosistemas de importancia tanto desde la perspectiva económica como desde la ecológica y que son vitales para el suministro de alimentos. Estos hechos, por sí solos, suponen un reto al desarrollo socio-económico sostenible de deltas y zonas costeras.

El cambio climático global añade aún más presión a esta difícil situación. ¿Cómo afrontar la subida del nivel del mar, los cambios en las descargas de los sistemas fluviales, los hundimientos de terreno y la sequía, y las interacciones entre factores climatológicos y zonas urbanizadas, como el calentamiento urbano y la escorrentía? ¿Cómo afrontar la salinización y garantizar el suministro adecuado de agua?

Para los Países Bajos encontrar respuestas a estas preguntas es una cuestión de supervivencia. De ahí que tengamos el Programa Delta ligado a la Ley Delta,

con dos objetivos: garantizar la seguridad frente al agua y su suministro adecuado. Este programa a largo plazo ha sido ideado para afrontar un futuro incierto. La dirección del cambio es clara, pero no así su magnitud. Por ello debemos buscar soluciones flexibles para hacer lo necesario evitando inversiones excesivas. Además, queremos que las soluciones sean integradas y sostenibles, para garantizar que nuestras inversiones en seguridad y suministro del agua también logren ventajas adicionales, teniendo en cuenta además su impacto sobre el medio ambiente.

Construir con la Naturaleza se adapta perfectamente a este enfoque. Nos esforzamos para conseguir nuestros objetivos utilizando procesos naturales, creando soluciones integradas y flexibles que salvaguarden la economía y mejoren la ecología, económicamente eficientes y sostenibles y que hagan que nuestro país sea más seguro y más atractivo para vivir.

La necesidad de este tipo de soluciones fue reconocida ya en una fase temprana y llevó a la creación del

consorcio EcoShape en el que administraciones públicas, instituciones científicas y empresas privadas unieron sus fuerzas, construyendo una red única de competencias para ampliar nuestros conocimientos sobre cómo desarrollar este concepto y hacerlo realidad en proyectos. Este libro es el resultado de esta colaboración única y ofrece unos ejemplos sorprendentes de entornos en los que se puede aplicar el concepto de Construir con la Naturaleza.

Como comisionado del gobierno para el Programa Delta en los Países Bajos, valoro mucho este concepto innovador como contribución al desarrollo seguro y sostenible, no solo del Delta holandés, sino de deltas y zonas costeras en todo el mundo. Es, por tanto, un gran placer para mí recomendarle este libro.

Wim J. Kuijken
Comisionado del gobierno para el Programa Delta en los Países Bajos



ÍNDICE

PRÓLOGO	3
EL CONSORCIO ECOSHAPE	6
Una fórmula de oro de colaboración	
CONSTRUIR CON LA NATURALEZA	9
Pensando, actuando e interactuando de manera diferente	
HORIZONTES EXPANDIDOS	13
Regeneración de costas y oportunidades	
INGENIEROS DE LA NATURALEZA	17
Utilizando arrecifes de ostras para proteger llanuras mareales en estuarios	
DIVERSIDAD EN FUNCIONAMIENTO	21
Diseñando protección costera en los trópicos	
DISEÑANDO EL FONDO DEL MAR	25
Fomentando la recolonización con diseños inteligentes	
MOTORES DE CAMBIO	29
Revitalizando humedales en lagos de agua dulce	
PERSPECTIVES EXTERNAS	33
Reflexionando sobre los logros y mirando al futuro	
DIRECTRICES PARA EL DISEÑO	36
Desarrollando un registro de herramientas y lecciones aprendidas	
EL CONSORCIO ECOSHAPE Y SUS SOCIOS ESTRATÉGICOS	38

Regeneración experimental con arena en el Galgeplaat, una zona afectada por marea en el estuario del Escalda oriental



Una fórmula de oro de colaboración

EL CONSORCIO ECOSHAPE

El programa innovador Construir con la Naturaleza lo realiza EcoShape, un consorcio de socios privados, agencias gubernamentales e instituciones científicas, como nexo entre naturaleza, ingeniería y sociedad.

Los nuevos retos urbanísticos, el desarrollo económico, la subida del nivel del mar, el hundimiento de terreno y el cambio climático requieren un enfoque nuevo de la ingeniería hidráulica que alinee los intereses económicos con el cuidado del medio ambiente. Construir con la Naturaleza responde a esta necesidad: trabajar con sistemas naturales de manera que coincidan las necesidades de infraestructuras con la creación de nuevas oportunidades para la naturaleza (p. 9). Para demostrar que este enfoque funciona, dos de las principales empresas de dragado holandesas, Royal Boskalis Westminster y Van Oord Dredging and Marine Contractors, iniciaron el programa innovador Construir con la Naturaleza (2008-2012), dotado con 30 millones de euros, por medio del consorcio EcoShape.

EL CONSORCIO ECOSHAPE

El consorcio está compuesto por socios del sector privado como empresas dragadoras (Boskalis, Van Oord y la Asociación holandesa de Compañías de dragado), suministradores de equipos

(IHC Merwede) y consultorías e ingenierías (Arcadis, Royal HaskoningDHV y Witteveen+Bos); del sector público, como agencias del gobierno (Mº de Infraestructuras y Medio Ambiente) y autoridades locales (Ayuntamiento de Dordrecht); de institutos de investigación aplicada (Alterra, Deltares, Real Instituto Neerlandés de Investigación Marina, NIOZ e Instituto de Estudios de Ecosistemas y Recursos Marinos, IMARES); y de universidades (Universidad Tecnológica de Delft, Universidad de Twente y de Wageningen). El programa Construir con la Naturaleza es cofinanciado por los socios, con subvenciones del Mº de Infraestructura y el Medio Ambiente neerlandés, del Fondo Europeo de Desarrollo Regional y del Ayuntamiento de Dordrecht, y tiene el apoyo de socios estratégicos como el Puerto de Rotterdam (p. 38). Los socios se encuadran en EcoShape, que administra y representa el programa.

Los expertos y científicos de los socios que llevan a cabo el programa tienen perfiles, disciplinas y marcos de referencia variados. Una oficina común les ha permitido desarrollar un lenguaje y una cultura

comunes y comunicarse a través de sus disciplinas y organizaciones, aunque a veces sean competidores en el mercado. Una colaboración constante ha creado un ambiente de confianza, respeto mutuo y solidaridad. El equipo de EcoShape ha sido un factor clave para el éxito del programa.

LOS OBJETIVOS DEL PROGRAMA

Basándose en experiencias de proyectos de ingeniería hidráulica anteriores y en ejecución con el sello de Construir-con-la-Naturaleza, EcoShape ha definido un programa interdisciplinar con los siguientes objetivos:

- *Recopilar y desarrollar los conocimientos de ecosistemas que permiten la construcción con la naturaleza que se relaciona con el agua.* El programa quiere superar importantes vacíos de conocimiento en las interacciones entre los componentes bióticos y abióticos de los ecosistemas, su reacción ante la actividad humana, las maneras de afrontar incertidumbres y los procesos de toma de decisión con múltiples interlocutores.
- *Desarrollar reglas de diseño y normas medioambientales específicas y científicas para un determinado lugar.* A falta de un enfoque mejor, los responsables de proyectos de ingeniería, a veces, imponen reglas y normas copiadas de otros proyectos en entornos muy distintos. Adaptándolas a los lugares específicos producirá enfoques que se ajustan mejor a ese entorno local.
- *Desarrollar habilidades en la aplicación del concepto Construir con la Naturaleza.* El programa traslada conocimientos científicos a información y herramientas prácticas, a fin de mejorar las habilidades y la experiencia de los usuarios hasta un nivel que permita aplicaciones adecuadas.
- *Demonstrar con ejemplos que las soluciones de Construir con la Naturaleza funcionan.* Se están recopilando ejemplos de soluciones Construir con la Naturaleza como fuente de inspiración para futuros diseños.

- *Asegurar que la sociedad adopte el concepto Construir con la Naturaleza.* Muchos son los factores sociales que influyen en la adopción de una solución. Se pretende entender este proceso y actuar para que las nuevas alternativas se consideren seriamente en el desarrollo de los proyectos.

EL ENFOQUE

El enfoque del programa es aprender con la práctica. Aporta o inicia proyectos piloto en cinco entornos distintos: costas arenosas, estuarios, mares con costa tropical, mares poco profundos y lagos en deltas. Antes de iniciar un proyecto, los socios del consorcio observan los procesos del ecosistema y proponen diseños innovadores para cada fase. Tras implementarlos, los socios participan en el proceso de monitorización, análisis e interpretación de los datos recogidos. En paralelo, 19 proyectos de doctorado han abordado vacíos relevantes de conocimiento, cada uno vinculado al menos a un proyecto piloto, a fin de llevarlo a la práctica. Finalmente, los socios están haciendo un importante esfuerzo para garantizar que los conocimientos adquiridos sean de utilidad, a través de las Directrices de Construir con la Naturaleza (p. 36).

LOS RESULTADOS

El programa ha dado importantes resultados. La fructífera colaboración entre los socios ha permitido la creación de una vibrante red interdisciplinar de expertos y científicos y una rica fuente de ideas innovadoras de diseño. Los experimentos piloto descritos en este libro han demostrado que las soluciones sostenibles, multifuncionales y adaptadas a problemas de infraestructura en zonas ambientalmente sensibles, realmente funcionan. El enfoque permite a los gobiernos enfrentarse a futuros cambios sociales y ambientales y abre nuevas perspectivas de mercado. Sin embargo, el resultado más importante del programa es su contribución al alineamiento de los intereses del desarrollo económico con el cuidado del medio ambiente.





CONSTRUIR CON LA NATURALEZA

En su búsqueda de soluciones sostenibles de ingeniería hidráulica, los ingenieros, ecologistas y sociólogos holandeses que componen el consorcio EcoShape están mudando de construir *en* la naturaleza a construir *con* la naturaleza.

Más de la mitad de la humanidad vive en zonas urbanas situadas cerca de ríos, deltas o zonas costeras. A medida que la población mundial y la prosperidad aumentan, también lo hará la demanda de bienes (alimentos, energía, mercancías) y servicios (transporte, accesibilidad, seguridad). Hacer posible este crecimiento exigirá el desarrollo de infraestructuras hidráulicas, como puertos, canales de acceso, recuperación de tierras y defensas contra inundaciones. La subida del nivel del mar y el cambio climático hacen necesarios diseños compatibles. Asimismo, las personas necesitan espacios recreativos - playas, parques, paseos marítimos -, generando nuevas necesidades de planificación del espacio y las infraestructuras. Estos desarrollos, a menudo, han de realizarse en entornos frágiles que están bajo una presión constante.

El desarrollo sostenible es crucial para conservar entornos de ríos, deltas y zonas costeras, y también los importantes servicios que el ecosistema proporciona.

Estos incluyen el aprovisionamiento, relacionado con el suministro de alimentos; la regulación, relacionada con procesos naturales como la purificación de agua y el control de inundaciones; y la cultura, relacionada con los beneficios recreativos, espirituales e inmateriales que da la naturaleza. Por último, ofrecen servicios auxiliares, necesarios para que los demás servicios funcionen, que quizá no benefician directamente a las personas, como el ciclo de nutrientes, el almacenamiento, regulación y recarga de agua, o los hábitats silvestres, las zonas de anidación y las áreas de forraje.

Equilibrar el funcionamiento sostenible de los ecosistemas con la demanda de su uso y desarrollo es uno de los retos más grandes de nuestro futuro.

LOS DISEÑOS DE CONSTRUIR CON LA NATURALEZA

Es crucial aprender a diseñar infraestructuras que sirvan a más de un propósito, que se alineen con los procesos naturales en vez de actuar en su contra, y que

sean adaptables para afrontar cambios como la subida del nivel del mar y el cambio climático. Los enfoques tradicionales se centran en minimizar los impactos negativos de los proyectos (construir *en* la naturaleza) y compensar los efectos negativos residuales (construir *la* naturaleza). Para ir más allá de estos enfoques 'reactivos', Construir *con* la Naturaleza pretende ser proactivo: utilizando procesos naturales y ofreciendo oportunidades a la naturaleza como parte del proceso de desarrollo de la infraestructura.

Acomodar las necesidades de la naturaleza y de los *stakeholders* a los diseños de nuevos proyectos es un reto fundamental del enfoque del programa. 'Antes, los promotores de proyectos se centraban casi exclusivamente en la finalidad principal, como las protecciones contra inundaciones', explica Huib de Vriend, director científico de Construir con la Naturaleza. 'Este nuevo enfoque les reta a que traten de unir esas protecciones con el desarrollo de

la naturaleza y/o la creación de oportunidades como el recreo y la vivienda. Es esencial alinear la finalidad principal de las infraestructuras con los intereses de la naturaleza y de los *stakeholders* con objeto de dar con soluciones sostenibles y socialmente aceptables’.

SOLUCIONES ADAPTABLES

Desde los años 1980, pioneros holandeses como Svašek y Waterman han experimentado con la utilización de la dinámica de los sistemas naturales para crear nuevas tierras y oportunidades para la naturaleza y el recreo. El programa Construir con la Naturaleza ha adoptado estas ideas, desarrollándolas y extendiéndolas a áreas más amplias de aplicación. Usar soluciones adaptables permite a la sociedad responder gradualmente a cambios como la subida del nivel del mar y el cambio climático. Ejemplos típicos de estas soluciones son las actuaciones en marismas, las regeneraciones con arena y los llamados ingenieros del ecosistema, como se expone en los próximos capítulos.

Una respuesta tradicional a la subida del nivel del mar, por ejemplo, es reforzar las defensas costeras y construir diques más altos. Estos proyectos, con una

ES VITAL APRENDER A DISEÑAR INFRAESTRUCTURAS ALINEADAS CON LOS PROCESOS NATURALES, EN VEZ DE ACTUAR EN SU CONTRA

vida útil de diseño definida, se construyen de una vez, basados en unas condiciones previas de diseño. Construir con la Naturaleza promueve soluciones que se desarrollen de manera más gradual. En combinación con tecnologías tradicionales y probadas, este enfoque puede dar soluciones más baratas y atractivas, adaptables a circunstancias cambiantes.

PARTICIPACIÓN ACTIVA DE LOS STAKEHOLDERS

Los proyectos de infraestructuras marinas suelen afectar a muchos intereses, sobre todo en áreas muy pobladas. Construir con la Naturaleza significa también construir con la sociedad. ‘La implicación de los *stakeholders* es importante por dos motivos’, según explica Mark van Koningsveld, ingeniero senior de Van Oord Dredging and Marine Contractors y responsable de las Directrices

de Diseño y Gestión de Datos del programa. ‘Primero, los proyectos tradicionales suelen encontrarse con una creciente resistencia de las personas afectadas. Lo fácil sería ignorar esta resistencia como el síndrome “NIMBY”: *not in my backyard* (no en mi patio trasero), pero debemos ser conscientes de que estamos interfiriendo en el hábitat social de estas personas. Segundo, la gente local conoce bien su zona, y sus conocimientos tácitos pueden ser muy útiles para comprender los sistemas y procesos de la naturaleza, y cómo interactuarán con estructuras artificiales. La implicación de los *stakeholders* puede inspirar nuevas y sorprendentes soluciones’.

Involucrar al público da información valiosa sobre los sistemas y procesos locales y, por tanto, hace

▼ Regeneración de costa vertiendo por cañón



▼ Rellenando gaviones con conchas de ostras



▼ Vida activa en un arrecife tropical de coral



más probable que lleve a mejores soluciones, probablemente aceptadas por las partes interesadas. En vez de oponerse a ideas precocinadas en una lejana 'torre de marfil', la gente hace suyo el proyecto e incluso lo promueve. 'Los proyectos funcionan mucho mejor tomando en consideración los intereses de las partes interesadas en vez de ignorarlos', dice De Vriend.

PROCESOS DE GOBERNANZA

Todos los proyectos de Construir con la Naturaleza deben cumplir con la legislación, normativas y procedimientos existentes. De lo contrario, obtener los permisos puede resultar problemático y durante el proceso de licitación se podría optar por alternativas más tradicionales. A veces, hay que explicar los beneficios previstos a los reguladores. En ocasiones, estas discusiones han sido determinantes para obtener los permisos en experimentos piloto, o incluso en proyectos a gran escala.

Como Construir con la Naturaleza es también construir con la sociedad, la gobernanza es un aspecto importante en todos los proyectos. 'La debemos enfocar igual que lo hacemos con un ecosistema', explica De Vriend. 'Tenemos que descubrir cómo funciona y quiénes son los principales actores.' Van Koningsveld lo llama 'hacer el mapa' hacia atrás: 'Construir infraestructuras significa intervenir en sistemas naturales y sociales. Es como pelar las capas de una cebolla: debemos identificar todos los procesos y escenarios que hacen que un proyecto se acepte o se rechace. Hacer el mapa hacia atrás es la manera más eficaz de conseguirlo: empezar por la decisión final y luego hacer el mapa hacia atrás para entender todos los pasos requeridos para llegar ahí. Esto ayuda a identificar y conectar todos los actores y escenarios relevantes en el momento oportuno'.

AFRONTAR A LAS INCERTIDUMBRES

Ni los sistemas naturales ni los sociales se cambian pulsando botones. De hecho, sus respuestas a las



▲ Extracción de arena en el Mar del Norte

intervenciones traen muchas incertidumbres. Un aspecto importante de Construir con la Naturaleza (y con la sociedad) es encontrar formas de tratarlas. Por ejemplo, si para la protección de una zona costera se plantan sauces, se podrían plantar diferentes variedades para reducir la probabilidad de que una enfermedad vegetal pueda eliminar toda la protección costera.

'Construir con la Naturaleza nos obliga a dar un paso atrás, repensar el problema y analizar los sistemas naturales y sociales involucrados', dice Gerard van Raalte, ingeniero sénior de Royal Boskalis Westminster y, junto con Van Koningsveld, líder del subprograma de Directrices de Diseño. 'Junto con los *stakeholders* intentamos explorar y evaluar las opciones. Solo entonces empezamos a pensar en soluciones. Comparado con el enfoque tradicional, esto requiere tres cambios fundamentales: pensar, actuar e interactuar de manera diferente'.

RESUMEN DE ESTE LIBRO

Este libro presenta cinco ejemplos de proyectos en los que se han alineado desarrollos de infraestructuras con los sistemas de naturaleza en los que se han construido.



▲ Frente costero de aguas poco profundas en IJsselmeer

Los cinco fueron diseñados para utilizar procesos naturales y ofrecer oportunidades para el desarrollo de la naturaleza.

Con el Motor de Arena Delfland se aprovecha la fuerza del viento y las corrientes para ayudar a proteger parte de la costa holandesa y a la vez desarrollar nuevas dunas y la valiosa flora y fauna relacionadas con ellas (p. 13). Un proyecto similar, con motores de arena para revitalizar los humedales del lago IJsselmeer, demostró que la participación activa de los *stakeholders* es fundamental (p. 29). En el estuario del Escalda Oriental se utilizan ostras como 'ingenieros del ecosistema' para prevenir el progreso de la erosión local en los fondos planos con marea (p. 17). Usando nuevos métodos en construcción marítima, el objetivo es no solo reducir el impacto medioambiental, sino también estimular la biodiversidad marina y costera (pp. 21 y 25).

Partes no directamente involucradas en la ejecución del programa Construir con la Naturaleza ofrecen su visión del mismo (p. 33). Finalmente, para aquellos lectores que tengan más curiosidad, el último capítulo describen las Directrices de Diseño de los proyectos.



El Motor de arena Delfland fue diseñado para proteger parte de la costa de Holanda, utilizando el viento y las corrientes. Se muestra aquí durante bajamar en otoño de 2011, tres meses después de la terminación

HORIZONTES EXPANDIDOS

El proyecto Motor de Arena Delfland explora los beneficios de regeneraciones con arenas concentradas en espacio y tiempo. Los primeros resultados indican que esta estrategia es eficaz para contrarrestar la erosión costera y, al mismo tiempo, genera oportunidades para la naturaleza y el recreo.

La Costa Holandesa forma parte de los 350 km de costa del Mar del Norte en los Países Bajos. Sus playas y dunas siempre han protegido su bajo *hinterland*, incluyendo la Randstad, el corazón económico del país. Al mismo tiempo, las orillas arenosas se han ido erosionando como resultado del menor aporte de sedimentos de los ríos, el hundimiento continuo de terreno y la subida del nivel del mar. De no controlar esta erosión, la protección contra inundaciones y otras funciones del sistema costero se verán amenazadas. Hallar métodos efectivos para combatir esta erosión estructural es una prioridad absoluta para los responsables políticos.

Tradicionalmente, la gestión costera en los Países Bajos se ha centrado en la protección del hinterland contra inundaciones, generando un impresionante sistema de defensas "duras" como diques y presas. En 1990, se

amplió el alcance de la política nacional para incluir la lucha contra la erosión estructural. El método de intervención preferido fue, y sigue siendo, regenerar la costa regularmente con arena extraída del Mar del Norte. El volumen total de arena necesaria para ello ha crecido de 6 millones m³ anuales en 1990 hasta más de 12 millones desde 2001.

En 2008, la Comisión Delta, instaurada por el gobierno para encontrar medidas para asegurar la protección contra inundaciones y el suministro de agua ante una acelerada subida del nivel del mar y cambio climático, recomendó ampliar la regeneración de la costa. Se calcula que para el año 2100 se necesitarán entre 40-85 millones m³ de arena al año, en función del aumento real del nivel del mar. El uso de tales cantidades de arena ha generado preguntas sobre otros posibles usos beneficiosos, como por ejemplo la

creación de zonas para la naturaleza y el recreo, así como para evitar el retroceso de la costa.

APORTES CONCENTRADOS

El concepto Construir con la Naturaleza ha inspirado el desarrollo de una nueva estrategia de mantenimiento costero: la regeneración concentrada. La idea es depositar una gran cantidad de arena en un lugar para que gradualmente el viento y las olas la redistribuyan a lo largo de la costa. Aprovechando procesos naturales para redistribuir la arena, este enfoque innovador pretende limitar la alteración de ecosistemas locales, ofreciendo al mismo tiempo nuevas zonas para la naturaleza y el recreo.

La regeneración concentrada se ve como una manera sostenible de compensar la erosión de costas arenosas. 'Los esquemas de regeneración tradicionales suponían

depositar pequeños volúmenes de arena y cubrir a los ecosistemas cada 4-5 años', dice Stefan Aarninkhof, ingeniero senior de Royal Boskalis Westminster y directivo de Ecoshape. 'Pero con la regeneración concentrada o bien el impacto es menor, o bien la frecuencia de la alteración es menor, o ambos a la vez. Mientras el sedimento se redistribuye, prácticamente no afecta a los ecosistemas costeros, ya que los organismos bentónicos son capaces de adaptarse gradualmente en la topografía del fondo del mar'.

La regeneración concentrada puede variar en tamaño y forma, en función de factores específicos locales como la política costera nacional, la práctica habitual y la disponibilidad de arena. Pueden ser desde regeneraciones intermitentes, con cantidades relativamente pequeñas (ver cuadro) hasta mega-regeneraciones con varias décadas de vida útil. La mayor aplicación de este concepto hasta hoy es el Motor de Arena Delfland en la Costa Holandesa.

EL MOTOR DE ARENA DELFLAND

El diseño del proyecto Motor de Arena (ver cuadro, p. 15) fue motivada por varias consideraciones, incluyendo la morfología de la costa y la ecología local. Basado en el-grado previsto de erosión durante

EL MOTOR DE ARENA DELFLAND SE HA CONVERTIDO EN UN FOCO DE ATENCIÓN PARA LA INVESTIGACIÓN Y LA GESTIÓN INNOVADORA DE LA COSTA

los 20 años de vida útil del proyecto, se calculó la necesidad de depositar 21,5 millones m³ de arena en la costa. Las posibilidades que la costa ofrece para la naturaleza y el recreo inspiró la forma de regeneración. Se decidió crear una península en forma de garfio que ofreciera un lugar de descanso para focas y con una pequeña laguna como habitats para peces planos. Parte de la arena se depositaría en tierra a lo largo de la playa para fomentar el desarrollo de dunas, con su vegetación asociada. Anticipándose al interés científico y público que el proyecto generaría, el diseño incluyó una plataforma como centro de visitantes y una torre de observación.

El trabajo del Motor de Arena terminó a mediados de 2011 y los primeros resultados muestran que el comportamiento es según lo previsto. En efecto, sedimentos está siendo transportado a lo largo de la

costa, las focas visitan la zona y en una duna joven se han encontrado especies vegetales raras, como la *Atriplex laciniata*. El Motor de Arena también ha resultado ser un lugar atractivo para todo tipo de surfistas.

Tal como se esperaba, el garfio de arena pronto empezó a extenderse hacia la costa, dejando un canal alimentador para la laguna paralelo a la playa. Sin embargo, el canal generó fuertes corrientes lo cual, a su vez, provocó noticias en los medios sobre el riesgo para los bañistas. 'El comportamiento del sistema, incluyendo el desarrollo del canal alimentador, fue según lo previsto', dice Jasper Fiselier, experto en hidráulica de Royal HaskoningDHV y miembro del equipo de Construir con la Naturaleza, que preparó el informe EIA. 'Lo que no previmos, sin embargo, fue la reacción de los medios de comunicación, que



Regeneraciones periódicas

La regeneración periódica supone la colocación frecuente de volúmenes de arena relativamente pequeños en la zona de rompiente, a fin de mantener una costa que está en erosión. La idea es que una vez la arena depositada en la zona de rompiente, el sistema costero la absorbe rápidamente. La huella ecológica de este tipo de regeneración es pequeña, por lo que se minimiza el impacto en el ecosistema. Este método es muy eficaz, como demuestra un reciente experimento en la Costa Holandesa. Se construyeron tres espigones de arena, cada uno con 200.000 m³. Se comprobó que

los espigones se convirtieron rápidamente en cabos de arena y que prácticamente todo el sedimento era retenido en la parte más alta de la playa. Como consecuencia, los intervalos de regeneración pueden ser más largos que cuando solo un 50% llega a tierra. Además, los cabos de arena han atraído a actividades de recreo, como el *kitesurf*. Podemos concluir que este concepto permite el desarrollo de un mantenimiento costero innovador, rentable y ecológicamente menos impactante, con un efecto positivo para el recreo.

Un experimento sin precedentes

El proyecto del Motor de Arena Delfland es un proyecto piloto para analizar la efectividad de una regeneración concentrada en la protección de la costa de los Países Bajos. En este experimento sin precedentes, que supuso el vertido de 21,5 millones m³ de arena hasta 7 m por encima del nivel del mar, los procesos naturales distribuyen la arena en las orillas la playa y las dunas. El Motor de Arena es un medio de protección contra la erosión costera resistente al clima y respetuoso con el medio ambiente y, al mismo tiempo, crea (temporalmente) nuevas zonas para la naturaleza y el recreo. Desde la finalización del proyecto en 2011, el Motor de Arena ha sido monitorizado de cerca y será objeto de extensa investigación, a fin de analizar y documentar su evolución natural y trasladar esta experiencia a conocimientos genéricos aplicables en otros lugares.

inicialmente habían alabado el proyecto como icono de ingeniería costera innovadora y un plus para el recreo costero. Este cambio subrayó la importancia de gestionar las expectativas y mantener abierta la comunicación con los *stakeholders*. Nos recordó que los socios deben seguir participando durante todo el proyecto, especialmente durante las fases de transición desde el diseño a la construcción, ejecución y mantenimiento.'

UN FOCO DE ATENCIÓN

Desde el principio, el experimento del Motor de Arena ha sido un esfuerzo de colaboración entre autoridades públicas, empresas privadas e institutos de investigación. Como resultado, se ha convertido en un foco de atención para la investigación y la gestión innovadora de la costa. Durante los próximos cinco años, el proyecto será monitorizado de cerca. Con fondos del M^o de Infraestructura y el Medio Ambiente, del Fondo Europeo de Desarrollo Regional, de la

Fundación Tecnológica Holandesa STW y de EcoShape se han definido amplios programas de investigación que incluirán estudios detallados de la evolución del Motor de Arena y sus mecanismos impulsores, tanto físicos, ecológicos y sociales.

El programa Construir con la Naturaleza incorporará las conclusiones de estos estudios a sus Directrices de Diseño, de libre acceso, que contribuirán al diseño y la implantación de futuros proyectos similares en todo el mundo. 'Muchos países deben afrontar problemas de erosión costera', dice Aarninkhof. 'Trasladando nuestras conclusiones a principios genéricos y directrices prácticas y compartiéndolos, esperamos que otros también puedan beneficiarse'.

DIRECTRICES Y HERRAMIENTAS

Basándose en los resultados del Motor de Arena Delfland, el programa Construir con la Naturaleza ha desarrollado:

- directrices prácticas para diseñar e implementar proyectos de mantenimiento costero;
- herramientas para el análisis rápido de ubicaciones óptimas, así como de volúmenes, frecuencia y forma de la regeneración;
- modelos detallados de simulación para predecir su evolución morfológica en el tiempo, el proceso de formación de dunas y los impactos medioambientales;
- lecciones aprendidas, incluyendo el potencial de la regeneración concentrada para mejorar la protección costera, ofreciendo al tiempo oportunidades para la naturaleza y el recreo; y
- asesoramiento sobre el importante aspecto de la gobernanza, tal como cómo identificar (e involucrar) a los *stakeholders* relevantes y garantizar la participación del público y de los socios privados y académicos.

LEO LINNARTZ / ARK NATUURONTWIKKELING



DETALLES DEL PROYECTO

PROYECTO: Motor de Arena Delfland (Países Bajos)

OBJETIVOS: Garantizar seguridad costera a largo plazo, fomentando el desarrollo de la naturaleza y del recreo, y probar modelos innovadores de regeneración costera

LUGAR: Ter Heijde, Provincia de Holanda del Sur

PROMOTORES: Ministerio de Infraestructuras y el Medio Ambiente/Rijkswaterstaat, Provincia de Holanda del Sur

INSTITUCIONES PARTICIPANTES: IMARES, Deltares, Universidad Tecnológica de Delft, Universidad y Centro de Investigación de Wageningen, Royal HaskoningDHV, Van Oord, Boskalis

DIMENSIONES/VOLUMEN: 21,5 millones m³ de arena. Área inicial 100 ha, objetivo 35 ha de playa/ dunas nuevas al cabo de 20 años.

STAKEHOLDERS: Rijkswaterstaat, Provincia de Holanda del Sur, el Programa Delta, La Asociación Holandesa de Salvavidas, WWF, Asociación de Autoridades holandesas regionales de Gestión del Agua, el sector del agua holandés (instituciones de investigación, universidades, consultoras, contratistas)

DURACIÓN DEL PROYECTO: Periodo de construcción: marzo del 2011 hasta marzo del 2012

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS: Velocidad media de construcción (producción): 1,1 millones de m³/semana, unos 6 camiones por minuto. Ya es el mejor lugar para hacer surf en los Países Bajos.



Arrecife de ostras en el estuario del Escalda oriental, para disipar la energía de las olas y atrapar sedimentos del lado de tierra, frenando localmente la erosión de los fondos afectados por marea

Utilizando arrecifes de ostras para proteger llanuras mareales en estuarios

INGENIEROS DE LA NATURALEZA

El ecosistema ofrece diversos servicios en las llanuras mareales.

Sin embargo, producida por el cambio climático y actividades humanas, la erosión es hoy un fenómeno común. Experimentos en el estuario del Escalda Oriental demuestran que los arrecifes de ostras pueden proteger llanuras mareales contra la erosión, mientras crean nuevos hábitats.

El estuario del Escalda Oriental en los Países Bajos forma parte del delta creado por los ríos Rin, Mosa y Escalda. Desde mediados de los 80's, el estuario se ha visto seriamente afectado por obras de ingeniería. Una barrera contra tormentas separa ahora el estuario del mar y, al tiempo y hacia el interior, una serie de presas han cerrado varios ríos y la entrada de agua dulce.

La barrera ha reducido en un tercio el prisma de marea y su velocidad de corriente. Por ello, los canales del estuario son ahora más profundos y anchos para el caudal de la corriente actual y tienden a llenarse de sedimentos. Unido al cambio hidrodinámico dentro del estuario, ha provocado la erosión gradual de las llanuras mareales. Sin intervención, se perderían grandes extensiones de estos fondos y los servicios del

ecosistema. Además de ser hábitats valiosos, diversos y productivos, las llanuras mareales disipan la energía del oleaje, igualmente importante para la protección del hinterland contra inundaciones.

ESTUARIO DEL ESCALDA ORIENTAL

El estuario, hoy parque nacional, es una importante comedero para una gran variedad de aves zancudas y forma parte de Natura 2000, red de áreas protegidas en toda la Unión Europea. Situado cerca de la poblada Randstad, y corazón económico de los Países Bajos, es lugar de recreo popular donde se practica la vela, la observación de aves, el buceo y la pesca. La buena calidad del agua del Escalda Oriental hace que sea una zona importante para la producción de mariscos como mejillones y ostras.

Si la única función de las llanuras mareales fuera proteger la costa, podría compensarse su erosión subiendo o reforzando los diques detrás de ellos. Pero el programa Construir con la Naturaleza tiene una perspectiva más amplia. 'Buscamos formas de garantizar la seguridad del hinterland y fomentar la productividad y la biodiversidad del estuario al mismo tiempo', dice Anneke Hibma, ingeniera sénior de Van Oord Dredging and Marine Contractors y directiva de Ecoshape.

La barrera contra tormentas seguirá produciendo cambios morfológicos en el estuario por mucho tiempo, pero las llanuras mareales deberán ser conservados. Existe poca experiencia en su protección contra la erosión, por lo que los investigadores de

EcoShape están llevando a cabo distintos proyectos piloto en el estuario.

Uno de estos experimentos, la regeneración del Galgeplaat, es la regeneración de un banco de arena (ver cuadro, p. 19). Para monitorizar el impacto ecológico, EcoShape ha instalado una estación autónoma Argus-Bio de monitorización con seis cámaras para obtener datos continuos sobre la presencia, comportamiento y cambios de bentos, aves y focas. Además, puede dar respuestas del proceso de inundación y de secado de los bancos y de los cambios morfológicos en momentos clave como tormentas.

Otro experimento, el proyecto piloto del arrecife de mariscos, quiere impedir el transporte de arena a los canales con marea creando arrecifes con mariscos como 'ingenieros de ecosistemas' (ver cuadro inferior). Para ello, se utiliza la ostra japonesa (*Crassostrea gigas*).

'Esta ostra construye estructuras de arrecife tridimensionales que son eficaces en disipar la energía de las olas y proteger el sedimento subyacente contra la erosión', dice Tom Ysebaert, ecologista marino del Instituto de Estudios de Ecosistemas y Recursos Marinos (IMARES) y del Real Instituto Neerlandés para

LOS EXPERIMENTOS EN EL ESCALDA ORIENTAL HAN DEMOSTRADO QUE USAR OSTRAS COMO INGENIEROS DE ECOSISTEMAS CONTRA LA EROSIÓN ES FACTIBLE

la Investigación Marina (NIOZ), líder del subprograma de Estuarios de Construir con la Naturaleza. 'La naturaleza ha demostrado que estos arrecifes resisten vientos y olas durante temporales'.

CULTIVAR UN ARRECIFE

Para 'cultivar' un arrecife se deposita un sustrato de conchas de ostras (muertas) en la zona intermareal. Para evitar que la marea o las corrientes se las lleven, se estiban en cestas de mallas de alambre de acero, llamadas gaviones. En verano, las larvas de ostra, que necesitan sustratos duros para crecer, se fijan a las conchas y van construyendo una estructura de arrecife sólida y resistente a los vientos y olas.

Una vez que las ostras se han consolidado y las mallas de los gaviones se corroen, el arrecife tiene que sobrevivir solo, renovándose constantemente atrayendo nuevas

larvas. 'No sabemos todavía cuánto tiempo sobrevivirán estos arrecifes', dice Ysebaert, 'pero algunos de los arrecifes en el Escalda Oriental tienen al menos 30 años'.

Los primeros arrecifes experimentados, colocados en 2009, fueron relativamente pequeños, de 10 x 4 m. En 2010 se hicieron tres más grandes, de 200 metros de longitud y 8-10 m de ancho cada uno. Los primeros resultados muestran que están funcionando según lo previsto, pero que el efecto sobre el medio ambiente local difiere. Las larvas de ostra se fijan a las conchas y se convierten en ostras adultas. Los arrecifes previenen la erosión en aquellas zonas de fondos 'a su sombra'. En un caso no hubo erosión alguna en la zona protegida por el arrecife, comparado con los 2-3 cm de erosión anuales en zonas desprotegidas. Los arrecifes también están causando sedimentación según lo previsto. Sin embargo al menos uno de ellos, en una zona muy



Ingenieros de ecosistemas

Especies cuyas estructuras o actividades pueden modificar el medio ambiente local físico, se denominan "ingenieros de ecosistemas". Comunidades de este tipo de especies, incluyendo arrecifes de ostras, marismas y manglares, pueden usarse de manera eficaz para mejorar la protección de la costa. Las ostras

◀ La ostra japonesa (*Crassostrea gigas*) fue introducida en los Países Bajos en los años 1960 cuando un duro invierno estuvo a punto de acabar con la población de ostras europeas nativas

transforman sedimentos blandos en duros, estructuras 3D que modifican el flujo del agua cerca del fondo y disipan la energía de las olas, influyendo así en la dinámica de transporte y asentamiento de sedimentos cerca del fondo. Los arrecifes de ostras dan varios servicios más al ecosistema: filtran el agua y ofrecen hábitats. Las estructuras biogénicas formadas por la acumulación de ostras ofrecen un hábitat para densas comunidades de especies invertebrados y también un refugio y zona de alimentación para peces jóvenes y crustáceos. Los arrecifes de ostras son de los hábitats marinos más diversos.

Regeneración de arena

El Galgeplaat es una gran llanura mareal en el Escalda Oriental, con una superficie de 950 ha. Desde 1985, cuando se construyó la barrera contra tormentas, se ha alterado el equilibrio entre la sedimentación y la erosión. El Galgeplaat ya ha perdido unas 50 ha, y su altura media ha disminuido más de 30 cm.

Como experimento, en 2008 un área de unos 20 ha del Galgeplaat fue regenerada con más de 130.000 m³ de arena, utilizando nuevos métodos para reducir la turbidez durante el dragado y vertido. La idea era que el viento y las olas distribuyeran la arena lentamente para perturbar lo menos posible el ecosistema del fondo y su entorno. En realidad, la mayor parte de la arena permaneció en su sitio y casi todo el ecosistema bentónico se ha recuperado.

desprotegida, está atrapando mucha arena, lo cual podría dificultar el desarrollo de las ostras instaladas.

PREOCUPACIONES LOCALES

El proyecto también conlleva diferentes maneras de atender las preocupaciones sobre las interferencias de los arrecifes con los intereses locales. Los cultivadores de marisco temían que las ostras en los arrecifes compitieran con otras especies para alimentarse, perjudicando sus propios bancos marisqueros. El equipo de proyecto espera aliviar estas preocupaciones, mostrando que las ostras en los arrecifes artificiales consumen una parte insignificante de los alimentos disponibles en el estuario. No obstante, en caso de que los arrecifes aumentasen en decenas de kilómetros, habría que reconsiderar los efectos sobre los alimentos disponibles.

A los humanos les gusta la ostra japonesa. Pero recogerlas podría reducir la efectividad del arrecife como protección contra la erosión. Sin embargo,

hay otras opciones de recogida, que permiten que los arrecifes contribuyan a la economía local. Un cultivador de mariscos está experimentando con colectores de semillas, i.e. redes de pesca de nylon con forma de tubo llenas de conchas de mejillón en las que las larvas pueden colonizar. Después, los colectores se llevan hasta las zonas de cultivo donde las ostras pueden seguir creciendo hasta su madurez.

Aún es pronto, pero los experimentos en el Escalda Oriental han demostrado que usar ostras como ingenieros de ecosistemas para prevenir la erosión es factible, tanto desde el punto de vista tecnológico como biológico y parece socialmente aceptable, al menos para los cultivadores de marisco del estuario.

Los proyectos en el Escalda Oriental han demostrado que entornos altamente dinámicos como los estuarios, donde se cruzan procesos físicos interconectados, ofrecen oportunidades muy interesantes para construir con la naturaleza.

DIRECTRICES Y HERRAMIENTAS

La exitosa aplicación de este tipo de soluciones en otros lugares requiere el *know-how* necesario y conocimiento preciso de los sistemas locales sociales, físicos y ecológicos. Basado en resultados preliminares de los experimentos sobre el terreno en el Escalda Oriental, el programa Construir con la Naturaleza ha desarrollado los siguientes productos genéricos:

- directrices prácticas sobre el diseño, la construcción y la colocación de arrecifes de ostras artificiales;
- una sencilla herramienta para el análisis de lugares donde se puedan crear estos arrecifes, junto con una herramienta de análisis rápido para seleccionar el lugar apropiado para la regeneración con arena; y
- lecciones aprendidas de los experimentos de recolonización natural de llanuras mareales, tras una regeneración.



DETALLES DEL PROYECTO

PROYECTO: Proyecto Piloto Ingenieros de Ecosistemas y Regeneración de Llanuras mareales (Países Bajos)

OBJETIVOS: Examinar medidas paliativas contra la erosión de llanuras mareales

LUGAR: El estuario del Escalda Oriental

PROMOTORES: EcoShape, Ministerio de Infraestructuras y el Medio Ambiente/Rijkswaterstaat

INSTITUCIONES PARTICIPANTES: IMARES, NIOZ, Deltares, Universidad Tecnológica de Delft

DIMENSIONES/VOLUMEN: Arrecifes: gaviones rellenos con conchas de ostra (230 toneladas en total). Tres arrecifes, 200 × 10 × 0,3 m cada uno. Regeneración: 130.000 m³ de arena en 20 ha (altura 0,6–0,7 m)

STAKEHOLDERS: Ministerio de Infraestructuras y el Medio Ambiente – Rijkswaterstaat, la Provincia de Zeeland, profesionales de la pesca de mariscos, organizaciones ambientales

DURACIÓN DEL PROYECTO: Arrecifes: 2009 y 2010; regeneración: 2008

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS: Experiencia práctica en la construcción de arrecifes de conchas. Desarrollo eco-morfológico de regeneraciones, monitorizado mediante cámaras Argus-Bio

Llamados a veces 'árboles que caminan', los manglares son una forma natural de estabilizar zonas tropicales costeras, además de proveer de un rico hábitat a muchas especies



DIVERSIDAD EN FUNCIONAMIENTO

El desarrollo económico debería reforzar los ecosistemas de las costas tropicales tal como arrecifes de coral, praderas de flora marina y manglares. Adoptar un enfoque Construir con la Naturaleza puede ayudar a proteger, restaurar e incluso mejorar los servicios de ecosistema que ofrecen.

Infraestructuras marítimas como puertos y defensas contra inundaciones son fundamentales para el crecimiento económico y la protección de la costa. En los trópicos, suelen construirse cerca de ecosistemas marinos sensibles que proveen valiosos servicios (ver cuadro, p.22). Aparte de albergar diversa flora y fauna, estos ecosistemas ofrecen protección natural de la costa, disipando energía de olas y reteniendo y estabilizando sedimentos. Desarrollar infraestructuras y al mismo tiempo fortalecer estos ecosistemas es un gran reto en áreas densamente pobladas.

En un esfuerzo por el desarrollo económico, Singapur ha iniciado un amplio programa de recuperación de terrenos al mar, incrementado su extensión en casi un 20%. A la vez, muchos ecosistemas costeros, como arrecifes de coral, praderas de flora marina y manglares, han disminuido o desaparecido, generando

una toma de conciencia de la necesidad de garantizar ecosistemas saludables y desarrollos sostenibles.

GESTIÓN BASADA EN LOS ECOSISTEMAS

‘Singapur es ahora muy consciente tanto de la importancia como de la vulnerabilidad de sus ecosistemas costeros’, dice Claire Jeuken, asesora sénior de Deltares y líder del subprograma de Construir con la Naturaleza en Singapur. ‘Para impedir más daño al medio ambiente, el gobierno ha introducido normas estrictas para el diseño y construcción de proyectos de infraestructura marítima.’

El análisis detallado de sistemas físicos, ecológicos y sociales, es una piedra angular del enfoque Construir con la Naturaleza. Son estudios fundamentales no solo en las regiones templadas donde se halla la mayoría de los programas piloto, sino también en

zonas tropicales como Singapur, que es el foco del subprograma en Trópicos. En aguas costeras tropicales, los análisis incluyen evaluaciones de cómo los arrecifes de coral, praderas de flora marina y manglares responden a cambios de turbidez y sedimentación. Una vez estimados los efectos, es posible ajustar el diseño de un proyecto y su ejecución. ‘La idea es moverse desde un sistema basado en el foco o fuente de emisión hacia uno basado en impactos’, dice Jeuken. ‘Esto significa centrar en la salud del ecosistema, más que en la cantidad de limo existente.’

El equipo de Construir con la Naturaleza, que incluye investigadores de la Universidad Nacional de Singapur, tiene sumo interés en que se produzca ese cambio hacia un enfoque basado en los impactos. ‘El reto es identificar y desarrollar indicadores relevantes biológicos que alerten tempranamente para evaluar el estado

y la salud de los ecosistemas durante y después de la construcción de la infraestructura. Estos bioindicadores (ver cuadro, p. 23), pueden usarse para ajustar el proceso de construcción y para garantizar el bienestar del ecosistema', explica Jeuken. 'Muchas operaciones de dragado, por ejemplo, deben cumplir con estrictos límites de la turbidez que causan. Sin embargo, quizás sobrepasar estos límites temporalmente no sea dañino para un ecosistema, mientras no se prolongue demasiado en el tiempo. Pero una concentración prolongada de sedimentos por debajo de esos límites, puede tener serias consecuencias para un ecosistema y hasta podría cambiar su sensibilidad respecto a las variaciones de concentraciones a corto plazo.'

Es importante, para facilitar un diseño basado en el impacto y para la gestión del dragado, conocer las respuestas específicas de un emplazamiento y el umbral de los corales y la flora marina a las variaciones de turbidez y sedimentación, y saber hasta qué

ARRECIFES DE CORAL, PRADERAS DE FLORA MARINA Y MANGLARES OFRECEN MANERAS NATURALES Y EFICACES DE PREVENIR EROSIÓN COSTERA EN TRÓPICOS

punto dependen de una sensibilización anterior. Los investigadores han llevado a cabo experimentos con algas y corales para identificar y cuantificar estas relaciones y han empezado un proyecto para monitorizar los cambios físicos y ecológicos en tres arrecifes cerca de la costa de Singapur.

Una vez establecidos los umbrales a la turbidez y sedimentación específicos del ecosistema de un emplazamiento y conocidas las condiciones hidrodinámicas y de sedimentación del entorno, se podrá diseñar una operación de dragado con el

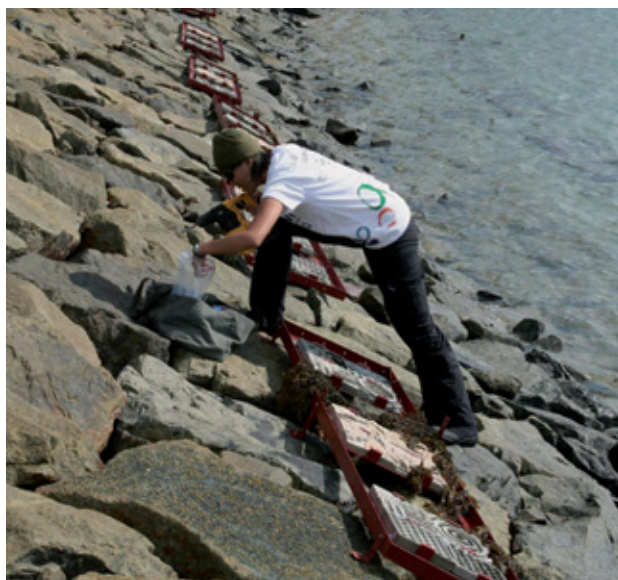
menor impacto medioambiental posible. Para ello, el equipo ha desarrollado una Herramienta Interactiva genérica de Dragado para ayudar en el diseño y la evaluación de estas operaciones.

PROTECCIÓN MULTIFUNCIONAL DE LA COSTA

Proteger los ecosistemas mediante la gestión adaptable de las construcciones es solo un lado de la historia. El otro se centra en cómo fomentar su desarrollo y su uso para ofrecer una protección multifuncional de la costa. Arrecifes de coral, praderas de flora marina y manglares pueden ofrecer maneras naturales y eficaces de prever la erosión de la costa, y de fomentar otros servicios del ecosistema como la filtración del agua y las oportunidades para la pesca y el recreo.

Diseñar esta protección en base a ecosistemas no es sencillo, porque los ecosistemas necesitan condiciones específicas para establecerse con éxito y sobrevivir. La flora marina, por ejemplo, necesita sustrato blando, luz solar adecuada y condiciones relativamente aisladas, mientras que las larvas de coral necesitan sustrato duro y luz solar. El reto es identificar qué condiciones faltan y cómo se pueden crear dentro del diseño.

Para demostrar la aplicabilidad del concepto Construir con la Naturaleza en ambientes tropicales el equipo ha lanzado un proyecto de diseño en un esquema de protección costera multifuncional en el Parque de la Costa Este de Singapur. Este área, situada en tierra ganada al mar y con una playa artificial para responder a la creciente demanda de zonas de recreo, está



Enriqueciendo estructuras rígidas

Muelles, diques, pantalanos, y otras estructuras 'rígidas' ofrecen oportunidades para soluciones de Construir con la Naturaleza. Las estructuras existentes quizás no estén diseñadas para posibilitar hábitats marinos, pero durante su mantenimiento o reforma se pueden poner losetas especiales que creen determinados de hábitats.

Los parámetros de diseño para mejorar las estructuras rígidas incluyen su forma y su inclinación, la elección de materiales y su porosidad. Los factores condicionantes incluyen la temperatura, la irradiación, las fuerzas hidrodinámicas (amplitud de marea y corrientes), la exposición a las olas, la escala de la estructura y la biodiversidad del ecosistema que la rodean. El diseño puede posibilitar hábitats para especies específicas u optimizarse para beneficiar el ecosistema que rodea la estructura.

Bioindicadores

En ocasiones, las limitaciones ambientales de las operaciones de dragado son algo indiscriminadas. Por ejemplo, si los niveles de turbidez superan cierto umbral, hay que parar el dragado o tomar medidas paliativas como limitar el tiempo permitido de *overflow*. Más que fijarse en una posible fuente de impacto, los esfuerzos deberían guiarse por la resistencia del ecosistema.

Desarrollar normas basadas en el impacto requiere indicadores biológicos que proporcionen información sobre la salud y la resistencia de un ecosistema. Para la flora marina, p.ej., un alargamiento de sus hojas indica falta de luz solar, posiblemente debida a turbidez. Otros bioindicadores podrían ser la desaparición de una o varias especies, o cambios en la composición de una comunidad marina. Algunos bioindicadores de rápida respuesta se pueden usar para ajustar el proceso de dragado en tiempo real. Para arrecifes de coral, un buen candidato puede ser la concentración de metabolitos en el mucus que producen los pólipos de coral. Cuando un arrecife sufre estrés, la composición del mucus cambia casi inmediatamente y este cambio se puede medir.

amenazada por la erosión. La extensión de praderas de flora marina y arrecifes de coral en el mar es limitada. La solución prevista debería aliviar la erosión, mejorar el potencial de recreo, fortalecer la biodiversidad y considerar la proximidad de vías marítimas activas y los desarrollos urbanísticos.

‘Obviamente, rehabilitar un ecosistema puede costar mucho tiempo, incluso en los trópicos’, dice Tjeerd Bouma, científico sénior del Real Instituto Neerlandés para la Investigación Marina (NIOZ), involucrado en el subprograma de Trópicos. ‘Una vez creadas las condiciones adecuadas, hay que considerar si hay tiempo suficiente para que el ecosistema se desarrolle naturalmente, o es necesario echar una mano, por

ejemplo plantando especies adecuadas. La respuesta dependerá del apoyo social que tenga cada una de estas opciones’.

LOSETAS PARA EL FOMENTO DE HÁBITATS

En un área densamente poblada como Singapur, no siempre es posible utilizar ecosistemas naturales para la protección de la costa. Cuando no hay espacio suficiente para este tipo de ecosistemas, por ejemplo, se puede emplear estructuras rígidas como diques o rompeolas. Normalmente solo unas pocas especies marinas colonizan estas estructuras, pero se podrían hacerlas más atractivas estableciendo una serie de microhábitats. Para probar esta idea, los investigadores fijaron varias losetas para el fomento de hábitats en dos diques.

Los primeros estudios han mostrado que las comunidades de especies que colonizan las losetas varían según el diseño. Algunas atraen hasta el doble de especies que las muestras de control. Esto demuestra que un diseño inteligente puede fomentar la biodiversidad. Los investigadores han desarrollado software para el diseño de losetas de distinta complejidad, factor clave para la biodiversidad en sustratos duros.

DIRECTRICES Y HERRAMIENTAS

Generalizando las experiencias y los primeros resultados de los experimentos de campo, se ha desarrollado:

- una Herramienta Interactiva de Dragado, de evaluación rápida, para investigar la extensión de las plumas de turbidez de las operaciones de dragado por el sistema costero y su impacto sobre especies sensibles;
- directrices, derivadas de la literatura y de resultados de experimentos de laboratorio, sobre las necesidades de distintos hábitats; y
- software para diseñar losetas que se puedan fijar en los diques y otras estructuras rígidas para fomentar la biodiversidad.



CORBIS

DETALLES DEL PROYECTO

PROYECTO: Experimentos sobre el Terreno, de Laboratorio y de Diseño para Soluciones Ecológicas (Singapur)

OBJETIVOS: Experimentar con losetas que fomentan biodiversidad; generar información sobre sensibilidad de arrecifes, flora marina y manglares a la turbidez; y examinar diseños paliativos de erosión en el Parque de la Costa Este

LUGAR: Singapur (P. Hantu, Kusu, Raffles, St. John, Reserva de Sungei Buloh, Terminal de Tanah Merah y Parque de la Costa Este)

PROMOTORES: EcoShape, con la Universidad Nacional de Singapur (Instituciones de investigación de SDWA y TMSI, y Laboratorio de Biología Marina NUS)

INSTITUCIONES PARTICIPANTES: Deltares, IMARES, NIOZ, NUS SDWA, NUS TMSI

DIMENSIONES/VOLUMEN: 96 losetas ecológicas instaladas (40 × 40 cm, ocho diseños de superficie) entre P. Hantu y Kusu; dos lugares de monitorización de arrecifes de coral (Raffles y P. Hantu); un lugar de monitorización de manglares (Sungei Buloh); 15 redes de sombra para flora marina (1 m² cada; Tanah Merah); concepto de protección para 15 km de costa, en el Parque de la Costa Este con 80+ estructuras rígidas

STAKEHOLDERS: Parques nacionales, MPA, HDB, BCA, NEA, PUB, y el sector marino de Singapur

DURACIÓN DEL PROYECTO: 2010–2012

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS: Un conjunto de datos único basados en respuestas de especies marinas a la duración e intensidad de exposición a la turbidez

Dragas de succión tipo jumbo trabajando en una zona de préstamo en el Mar del Norte. Holanda ha extraído 200 millones de m³ de arena en la fase I de la extensión del puerto de Rotterdam



DISEÑANDO EL FONDO DEL MAR

La extracción de arena y gravas del fondo de mares costeros elimina temporalmente el ecosistema bentónico local. Diseñar el fondo del mar es una manera de crear una variedad de hábitats que fomentan una rápida recolonización y posiblemente mejoren la biodiversidad y la productividad.

En el arenoso fondo poco profundo del Mar del Norte existen grandes ondulaciones, o formas del fondo, de hasta 10 m de alto. Grandes bancos de arena relativamente estables y con crestas separadas entre sí a varios kilómetros, están orientados casi en paralelo a las corrientes predominantes de marea. También hay ondas de arena más pequeñas, separadas cientos de metros, alineadas perpendicularmente a las corrientes. Estas ondas se mueven lentamente hasta 10 m al año sobre el fondo.

Las variaciones de altura de estas ondulaciones, así como en el tamaño de los granos de arena y las condiciones hidrodinámicas, crean distintos hábitats con una biodiversidad y productividad altas. Estos hábitats arenosos albergan especies de peces como la platija y el lenguado, así como mariscos, gusanos y otros habitantes del fondo marino que se protegen

enterrándose en la arena. Se alimentan de material orgánico que encuentran en el sedimento o por filtrado del agua.

Los siete países que rodean el Mar del Norte utilizan sus aguas para desarrollar actividades económicas como la pesca y el transporte marítimo y, más recientemente, la producción de energía (turbinas eólicas, plataformas de gas y petróleo) y sus cables y tuberías. Particularmente, para los Países Bajos su fondo es también una fuente vital de arenas y gravas.

PRESERVACIÓN DINÁMICA

En 1990, el gobierno holandés adoptó una política de 'preservación dinámica', identificando la regeneración con arena como el medio preferido para mantener la costa arenosa y luchar contra la erosión. Hoy, los holandeses extraen unos 12 millones de m³ de arena

del Mar de Norte al año para la regeneración de sus costas. En el periodo 1890-2008 el nivel del mar en los Países Bajos aumento a un ritmo constante de 1,8-2,0 mm al año. 'Si continúa este ritmo, se necesitarán 7 de millones de m³ más al año por cada milímetro', dice Stefan Aarninkhof, ingeniero sénior de Royal Boskalis Westminster y directivo de EcoShape.

Además de la arena para el mantenimiento de la costa, se extraen otros 13 millones de m³ al año para la construcción. La arena se draga en puntos especiales designados en el mar conocidos como zonas de "préstamo", donde el agua debe tener una profundidad de al menos 20 m a fin de que se mantenga el equilibrio de sedimentación. Hasta hace poco, la altura de excavación de estos puntos no podía sobrepasar los 2 m por debajo del fondo del mar, para que el agua no se estratificara y así

privar de oxígeno a las comunidades de plantas y animales del fondo.

Desde 2008, la demanda de arena del Mar del Norte se ha multiplicado como resultado del Maasvlakte 2, un proyecto de ampliación del Puerto de Rotterdam, en el que se ganarán al mar 2.000 ha de terreno. En cinco años hasta 2013, se utilizarán 240 millones de m³ de arena. Para limitar el área a alterar se permitió que la profundidad de los pozos de préstamo fuera de hasta 20 m por debajo del fondo del mar. Para el programa Construir con la Naturaleza, la cuestión fue cómo fomentar la recolonización y promover

Diseño bajo el agua

Además de diseñar las zonas de préstamo, que supone trabajar con sustratos sueltos y arenosos, hay otras oportunidades para el diseño submarino en aguas costeras. Los parques eólicos *offshore* se han multiplicado en los últimos años con fuerte oposición por miedo a impactos negativos. Sin embargo, los primeros resultados indican que los parques pueden tener un impacto positivo en el medio ambiente y la fauna. Se depositan rocas alrededor de la base de las turbinas para evitar socavación. Funcionan como arrecifes artificiales y atraen nuevas especies de peces que habitan en el fondo marino, como el bacalao.

Mamíferos marinos como la marsopa buscan refugio en los parques, donde los pesqueros no pueden faenar. Los efectos sobre las aves han sido mixtos: los parques han atraído especies nuevas pero también han desterrado a otras. Estos impactos positivos de parques eólicos en el mar no se habían previsto en los diseños originales, aunque la mayoría habían intentado minimizar los efectos negativos (construir *en* la naturaleza). Los primeros resultados indican que estos efectos positivos podrían optimizarse si se hubieran tenido en cuenta desde el inicio del diseño del proceso (construir *con* la naturaleza).

DENTRO DEL POZO ENCONTRAMOS CUATRO O CINCO VECES MÁS PECES, Y MÁS ESPECIES QUE FUERA DE ÉL

la productividad y la biodiversidad de pozos tan profundos.

DISEÑANDO EL FONDO DEL MAR

Tradicionalmente, se extraía arena dejando el fondo del pozo bastante plano. Sin embargo, una paisaje marino plano no genera biodiversidad. Las formas naturales de fondo marino (ver cuadro a la izq.) conllevan cambios graduales de profundidad del agua, del tamaño de los granos de arena, de contenido en lodo y de las corrientes que las rodean, ofreciendo así una variedad de hábitats para diversas especies marinas. De ahí que se decidiera comprobar si el diseño local del fondo marino podía acelerar el proceso de recolonización y aumentar la biodiversidad y la productividad.

El experimento incluyó un dragado selectivo, dejando tras de sí dos formas sedimentarias en la zona de

préstamo de Maasvlakte 2. Estas formas artificiales miden unos 700 m de largo y 100 de ancho con crestas de unos 10 m de alto, parecidas a las ondas de arena naturales. La primera se creó en 2010 en la parte oriental del préstamo y la segunda 2011 en la parte sur (ver cuadro, p. 27).

La recolonización de la zona de préstamo se ha monitorizado desde 2010. 'Dentro del pozo encontramos cuatro o cinco veces más peces, y más especies que fuera de él', dice Martin Baptist, ecologista marino del Instituto de Estudios de Ecosistemas y Recursos Marinos (IMARES) y líder del subprograma de Monitorización de Construir con la Naturaleza. 'Queremos saber si es por el diseño del fondo dentro de la zona, o por la propia presencia del pozo. Los datos obtenidos nos muestran que las mayores comunidades de peces se encuentran cerca de las formas creadas artificialmente'.



▲ Los fondos marinos con olas naturales de arenas han resultado ser ecológicamente más ricos que aquellos con fondos más uniformes



▲ Después de la excavación de arenas, las zonas de préstamo suelen ser planas, desfavoreciendo la recolonización



▲ Construir con la Naturaleza está probando un dragado selectivo, dejando crestas artificiales de arena en las zonas de préstamo

Extracción ecológica de arena

Dentro del proyecto Maasvlakte 2, un aspecto importante del experimento de diseño del fondo marino fue el alineamiento de las crestas y valles de las ondulaciones artificiales formadas. La cresta de una de ellas está alineada de este a oeste, perpendicular a la dirección de la corriente de marea en el Mar del Norte, y la otra es paralela a ella. Las ondas de arena naturales son siempre perpendiculares a la corriente de marea, mientras que las ondulaciones de arena de marea son casi paralelas a ella. Para los dragadores es más fácil y barato crear formas paralelas a la corriente. Teniendo en cuenta los impactos en ambas orientaciones en el experimento, será posible evaluar cómo combinar los beneficios medioambientales de diseño de fondo de mar con los métodos de construcción más eficientes.

LA GOBERNANZA

La complejidad del marco legal de cualquier proyecto de infraestructura suele ser proporcional al número de *stakeholders* involucrados. Esta regla es aplicable a aguas costeras donde hay intereses muy distintos, a veces conflictivos, que van desde conservar la pesca, hasta proteger la costa y la necesidad de abrir rutas marítimas. Las zonas de préstamo designadas para Maasvlakte 2 estaban afectadas por un laberinto de normativas y regulaciones nacionales, directivas europeas y directrices, y convenciones internacionales, todas relevantes a la hora de pedir un permiso de extracción de arena, aunque sea ecológicamente atractivo.

En el caso del pozo experimental de extracción de arena, fue aún más complicado, dado que se llevaría a cabo como parte del proyecto Maasvlakte 2. El permiso para el proyecto tenía fecha límite, por lo que no había espacio para retrasos ni en completar el proceso legal ni en la ejecución del trabajo. 'Esto

significó tener que discutir nuestros planes en detalle con muchos distintos *stakeholders* distintos a fin de garantizar que el experimento se completara en plazo', dice Aarninkhof.

Los contratistas, Royal Boskalis Westminster y Van Oord, tuvieron que probar que el área donde ejecutarían la extracción fuera morfológicamente estable. Además, tuvieron que evitar formas de fondo complejas que pudieran alterar el programa de construcción de Maasvlakte 2 y, por tanto, los costes. El Puerto de Rotterdam añadió además el requerimiento de que la operación de dar forma al fondo se encajara de manera continua con el proceso de relleno de tierra. Por esto, los contratistas y el Puerto de Rotterdam estuvieron involucrados enseguida en la fase de diseño y planificación. 'La gobernanza del proyecto requirió mucha atención', dice Aarninkhof, 'pero al final, conseguimos alinear todos los intereses'.

DIRECTRICES Y HERRAMIENTAS

El programa Construir con la Naturaleza ha generalizado las experiencias y los resultados del experimento del diseño del fondo del mar del proyecto Maasvlakte 2, y se han desarrollado:

- directrices prácticas para la localización, diseño y ejecución de pozos de préstamo modelado;
- modelos numéricos para predecir el comportamiento de formas de fondo marino y la estabilidad de los bancos de arena creados;
- lecciones aprendidas sobre las condiciones necesarias para el desarrollo de hábitats y la recolonización natural de paisajes subacuáticos después de su construcción; y
- asesoramiento sobre la gobernanza, como identificar y contactar los *stakeholders* pertinentes y hacer un inventario de las políticas y asuntos legales a ser tratados.



DETALLES DEL PROYECTO

PROYECTO: Diseñando fondos en Área de Extracción de Arena (Países Bajos)

OBJETIVOS: Fomentar la recolonización de pozos de extracción de arena mediante el diseño innovador
LUGAR: Mar del Norte, a 20 km de la costa del Puerto de Rotterdam

PROMOTORES: EcoShape, Consorcio PUMA

INSTITUCIONES PARTICIPANTES: IMARES, Deltares, Universidad de Twente, Royal HaskoningDHV, Boskalis, Van Oord

DIMENSIONES/VOLUMEN: Dos ondulaciones, 10 m de alto, 700 m de largo cada una

STAKEHOLDERS: Puerto de Rotterdam, PUMA, Ministerio de Infraestructuras y el Medio Ambiente/ Rijkswaterstaat, el sector del agua holandés (instituciones de investigación, universidades, consultorías, contratistas)

DURACIÓN DEL PROYECTO: 2010–2011 (construcción)

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS: Monitorización post-construcción (bentos/muestreo de peces) ha revelado que hay cinco veces más peces en el área diseñada



Los humedales de la costa de IJsselmeer ayudan a proteger de inundaciones a las tierras bajas de Friesland, además de contener a ricos y diversos ecosistemas

MOTORES DE CAMBIO

Las respuestas nacionales a la subida del nivel del mar requerirán decisiones que resulten impopulares en la sociedad. En consenso con los *stakeholders* nacionales, regionales y locales, el enfoque Construir con la Naturaleza puede concienciar y brindar oportunidades para soluciones innovadoras.

Gestionar grandes lagos de agua dulce en áreas bajas como deltas es complejo, ya que supone controlar el nivel del agua y minimizar los impactos de contaminación en sus ecosistemas por escorrentías de nutrientes, incluyendo floraciones de algas. También supone el mantenimiento de estructuras rígidas, como diques y puertos, y reducir el riesgo de subidas del nivel del agua por tormentas, que suponen una amenaza para la población y zonas económicamente o ecológicamente importantes que bordean el lago.

Durante mucho tiempo, estos asuntos fueron objeto de discusión para el caso de IJsselmeer, un gran lago deltaico en los Países Bajos, creado en 1932 cuando el Zuiderzee fue aislado del mar. En 2008, la Comisión Delta, iniciada por el gobierno holandés para analizar maneras de adaptarse a la subida del nivel del mar y el cambio climático, propuso subir el nivel del lago

gradualmente hasta 150 cm en 2100. Según la Comisión, esto sería necesario para permitir que el nivel del lago subiera con el del mar, y por tanto mantener la capacidad de descarga al mar del agua excedente.

La idea de tener que subir o reemplazar las defensas que rodean el del IJsselmeer, sorprendió a las comunidades alrededor del lago. Tendría un gran impacto en los municipios de sus orillas además de amenazar muchos de los humedales entre el lago y los diques.

Pero la propuesta obligó a los municipios y sus habitantes a mirar estas áreas desde una perspectiva nueva. 'Se dieron cuenta de que habían ignorado los humedales durante demasiado tiempo y que tenían que hacer algo para protegerlos de cara al futuro', dice Kris Lulofs, experto en gestión del agua

de la Universidad de Twente y líder del subprograma de Gobernanza. 'Analizaron varios métodos de protección y revitalización de las orillas y tomaron conciencia de la idea de un motor de arena'.

MOTORES DE ARENA

Incrementar el nivel del agua del IJsselmeer inundaría áreas que forman parte de Natura 2000, una red de zonas de conservación en toda la Unión Europea. Según la legislación europea, esto solo está permitido si hay razones de peso y si la pérdida de hábitats de humedales se compensa en otro lugar. 'Las áreas en cuestión cubren miles de hectáreas', según Erik van Slobbe, investigador sénior de la Universidad de Wageningen y líder del subprograma del IJsselmeer de Construir con la Naturaleza. 'En un país tan pequeño y poblado, no sería fácil compensar la pérdida de una área tan grande'.

Amenazas en Lagos deltáicos

El IJsselmeer y otros lagos deltáicos a como el Pontchartrain (Nueva Orleans, EE.UU.), el Étang de Berre (sur de Francia), y el Tai en el delta del Río Yangtsé (China), son ecológicamente muy interesantes, pero susceptibles a floraciones de algas, turbidez y degradación de la calidad del agua. Asimismo, están amenazados por intervenciones humanas como la protección contra inundaciones, el desarrollo de puertos, los rellenos de terrenos y la extracción de agua. El foco solía estar en optimizar una de estas funciones, y minimizar los impactos negativos sobre la fauna y otros recursos naturales.

Cerrando lagos de agua salada al mar puede eliminar amenazas como mareas tormentosas, pero no previene las escorrentías de nutrientes de las tierras agrícolas al en el lago, aumentando la probabilidad de floraciones de algas. Nuevas regulaciones sobre la calidad del agua y la protección de la naturaleza han mejorado la situación en los últimos años, pero muchos lagos siguen amenazados. El desafío es encontrar el equilibrio entre las demandas humanas y la conservación de los ecosistemas de lago, para así mantener los servicios que estos ofrecen a largo plazo.

Un motor de arena supone depositar un gran volumen de arena cerca de la orilla para que el viento, las olas (y en invierno el hielo) la lleven hacia tierra. La idea de aplicar el concepto del motor de arena en el IJsselmeer fue desarrollada por el Atelier Friesland, un *'think tank'* de la provincia de Friesland formado por representantes de todos los niveles de las administraciones involucradas.

Los motores de arena en el IJsselmeer se usarían para reforzar y revitalizar los humedales a lo largo de la orilla oriental, mediante la regeneración con arena. Hoy, los humedales protegen los diques que rodean el lago, disipando la energía de las olas, y favorecen a los ecosistemas ribereños. Aumentar el nivel del lago

LOS PROYECTOS RESULTARON DECISIVOS EN LA RESTAURACIÓN DE LAS RELACIONES ENTRE LOS DISTINTOS NIVELES DE LA ADMINISTRACIÓN

seguramente inundaría los humedales, destruyendo estas funciones. Pero, mientras tanto, los proyectos de motores de arena se podrían aprovechar para descubrir si los humedales crecen al ritmo de la subida del agua, y en qué medida.

Se definieron tres proyectos que se discutieron con las autoridades locales y los *stakeholders*. Los proyectos experimentales resultaron decisivos en la restauración de las relaciones entre los distintos niveles de la administración, pero también se aprovecharon para ampliar el terreno de juego político. *'Ampliando el asunto'*, dice Lulofs, *'fuimos capaces de crear más espacio para que surgieran ideas'*.

EXPERIMENTOS

En 2011, una vez obtenidos los permisos necesarios, 20.000 m³ de arena fueron depositados a 200 m de la reserva nacional y santuario de aves del Workumerwaard, uno de los muchos áreas de humedales en la orilla oriental del lago. La flora en este área está perdiendo diversidad y vitalidad y el experimento pretendía comprobar si el motor de arena podía ayudar a revitalizarlo. Se ha observado que hasta el momento el movimiento de arena en la tierra ha sido lento, aunque fue acelerado puntualmente por amontonamiento de hielo en febrero de 2012. Es demasiado pronto para juzgar si el experimento ha sido un éxito.

Un segundo motor de arena está previsto cerca de Oudemirdum, también reserva nacional, limitada

por un dique. El objetivo es investigar si una franja arenosa puede ayudar a proteger el dique cuando el nivel del agua suba o fluctúe. Sin embargo, ha habido quejas de personas que viven cerca del lago. *'Esto no es solo construir con la naturaleza, sino también con la sociedad'*, dice Van Slobbe. *'Si la gente se opone a nuestros experimentos, no proseguiremos. No queremos imponer nuestras ideas, pero sí esperamos que podamos convencerles con buenos argumentos'*. En este caso, se consiguió y se espera que regeneración empiece antes de finalizar de 2012.

▼ Sesión de trabajo para la gestión de sedimentos de varios proyectos de Construir con la Naturaleza en Markermeer, Holanda



Motores de arena en lagos poco profundos

Los motores de arena se crean extrayendo arena del fondo del lago o del mar, depositándola cerca de la orilla para permitir que el viento y las olas (a veces el hielo) la transporten al área a regenerar. A diferencia del Motor de Arena Delfland en la costa del Mar del Norte (p. 13), los del IJsselmeer no están tan expuestos a las olas, aunque pueden sufrir importantes subidas del nivel del agua a causa de tormentas. Ello explica por qué el grado de transporte de arena en IJsselmeer es mucho menor a Delfland.

‘El objetivo de los experimentos en IJsselmeer es examinar cómo se transporta la arena’, dice Erik van Slobbe, ‘y cómo la naturaleza reacciona a su aportación gradual - qué nuevas especies se establecen y cómo evolucionan los ecosistemas’. El éxito de los motores de arena dependerá de la dinámica de las olas y corrientes. Si la dinámica del sistema es insuficiente, la arena no se moverá. Si el viento y las olas son capaces de mover la arena, pero los mecanismos de transporte a tierra son débiles, la arena podría simplemente dispersarse y perder su efecto.

Un tercer motor de arena debió compensar la erosión de la playa cerca del municipio de Hindeloopen, pero no conseguimos convencer a la población local, que temía que se llegase a aterrar su puerto deportivo. ‘Existía ese riesgo’, dice Van Slobbe, ‘y no podíamos garantizar que pudiéramos gestionarlo. Llegamos a la conclusión de que la arena no debía depositarse. En su lugar, acordamos construir un modelo matemático de transporte de arena y llevar a cabo experimentos virtuales para evaluar el riesgo’.

LA GOBERNANZA

Como demuestra el ejemplo de Hindeloopen, alinear los intereses de la administración, los *stakeholders* y la población es vital para conseguir la implementación de los proyectos Construir con la Naturaleza. Supone mucho

más que obtener los permisos necesarios que es sólo el último paso de un proceso que puede durar años.

La toma de decisiones en los Países Bajos tiene lugar a tres niveles: la administración (nacional, provincial y municipal), los promotores del proyecto (agencias gubernamentales, ONGs y el sector privado) y el nivel local, donde la sociedad puede expresar su opinión sobre el proyecto. Para los proyectos del IJsselmeer, expertos de varias autoridades y de los socios involucrados discutieron las opciones e identificaron las necesidades de investigación adicional. Pero en los casos de Oudemirdum y Hindeloopen, no se prestó inicialmente suficiente atención a las preocupaciones de los *stakeholders* locales, y sólo cuando les invitaron a participar en el proceso de planificación y de diseño, los proyectos pudieron acometerse.

El motor de arena del IJsselmeer demuestra que los intereses de los *stakeholders* locales deben tenerse en cuenta en el diseño y ejecución de las intervenciones. En lugar de presentar diseños técnicos predefinidos, los promotores de proyecto deben trabajar junto con los *stakeholders*, en un proceso de creación conjunta.

DIRECTRICES Y LECCIONES APRENDIDAS

Los proyectos de motores de arena del IJsselmeer, que todavía se encuentran en una fase inicial, ya han generado información práctica que ha sido incorporada en las Directrices de Diseño, como:

- aspectos técnicos de motores de arena pequeños en lagos poco profundos;
- física y ecología de las orillas;
- análisis de sistemas y preparaciones para la regeneración de las orillas;
- gobernanza de proyectos en entornos administrativos complejos; y
- monitorización innovadora de desplazamientos de arena en lagos.



DETALLES DEL PROYECTO

PROYECTO: Motores de Arena IJsselmeer (Países Bajos)

OBJETIVOS: Probar enfoques adaptables a orillas de lagos con niveles de agua cambiantes; entender la gobernanza adaptable

LUGAR: IJsselmeer – Workumerwaard y Oudemirdumerklif

PROMOTORES: It Fryske Gea, Coalición de Amortiguadores Climáticos Naturales, provincia de Fryslân (Friesland), Junta de Agua de Fryslân, Ministerio de Infraestructuras y el Medio Ambiente/ Rijkswaterstaat, EcoShape.

INSTITUCIONES PARTICIPANTES: Alterra, Deltares, Universidad de Twente, Universidad de Wageningen, Arcadis, Witteveen+Bos

DIMENSIONES/VOLUMEN: Workumerwaard: 20.000 m³ de arena, Oudemirdumerklif: 20.000 m³ de arena

STAKEHOLDERS: Gestores de reservas naturales; autoridades provinciales, municipales y de gestión de agua; empresarios del recreo, población local; gestores del lago

DURACIÓN DEL PROYECTO: Workumerwaard: construido 2011; Oudemirdumerklif: planificado para finales de 2012

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS: Morfo-dinámicas generadas sobre todo por tormentas y hielo. Con técnicas de medición innovadoras mediante fibra óptica.



PERSPECTIVAS EXTERNAS

Los socios de EcoShape han demostrado cómo se puede llevar el concepto de Construir con la Naturaleza a la práctica. Aquí, directivos de organizaciones asociadas e individuos no directamente involucrados en los proyectos, dan sus visiones sobre el programa como fuente de innovación.

El programa Construir con la Naturaleza fue iniciado por el sector privado y es una experiencia única de colaboración entre personas de muy diversos perfiles, disciplinas y marcos de referencia. Así lo sienten los que están activamente involucrados en la ejecución del programa y también los stakeholders que están a cierta distancia del trabajo diario.

‘Al inicio, Construir con la Naturaleza era sobre todo una idea innovadora. Con la participación de los socios del sector privado y sus aportaciones prácticas, hemos podido desarrollar el concepto Construir con la Naturaleza y demostrado lo que significa en la práctica’, dice Henk Nieboer, director de Witteveen+Bos y miembro del Consejo de Revisión de Utilidad de EcoShape. ‘Ha sido muy inspirador que gente de tan diverso perfil haya podido dedicar tanto tiempo a este tema. La red establecida

ha sido una ventaja enorme que nos ha permitido rápidamente establecer equipos multidisciplinares siempre que una licitación o proyecto complicado lo requiera’.

Conseguir la implementación de las ideas de Construir con la Naturaleza en la práctica, requiere presentárselas a los ejecutivos relevantes en la forma y el momento precisos del proceso de decisión. Para cualquier actor, ya sea individuo, instituto de investigación, empresa privada o ONG, suele ser complicado integrar suficientemente pronto ideas innovadoras en el proceso. Ahora que se está aceptando como imparcial e independiente consejero experto o contribuidor de ideas, EcoShape puede ayudar a garantizar que alternativas sostenibles se introduzcan tan pronto como sea posible en el proceso de toma de decisiones.

UN CATALIZADOR DE INNOVACIÓN

EcoShape ha jugado un papel como catalizador de innovación en diferentes ocasiones en los Países Bajos. Ejerció de experto en el proyecto del Motor de Arena Delfland, y aportó ideas al Programa Delta incluyendo de elementos de Construir con la Naturaleza en sistemas de defensa contra inundaciones. A petición del Puerto de Rotterdam, EcoShape organizó una sesión de intercambio de ideas de Construir con la Naturaleza para aportaras en la ampliación del área del Amazonehaven.

EcoShape no solo juega un papel catalizador como consorcio, sino también ayuda a los socios individualmente a identificar alternativas sostenibles para proyectos. ‘Fomentamos activamente la implantación de conclusiones de Construir con la Naturaleza en nuestra práctica diaria’, dicen Pieter van Oord, CEO de Van Oord Dredging and Marine

Una fuerza impulsora para la innovación

J. William Kamphuis, profesor emérito de la Universidad de Queens, Kingston, Ontario, y Presidente del Consejo de Revisión de Utilidad de EcoShape

‘Construir con la Naturaleza es un ejemplo único de cómo universidades e instituciones de investigación aplicada pueden desarrollar nuevos conocimientos en contacto directo con los usuarios finales. Hablar sobre resultados y su aplicación práctica genera una interacción extremadamente fructífera y enriquecedora, comparada con los habituales flujos unidireccionales del conocimiento. El énfasis en la innovación anima a centrarse en la utilidad y la rápida difusión de resultados.

Un punto fuerte del programa es su esfuerzo por documentar y compartir los resultados de la investigación. El sistema OpenEarth (www.openearth.nl), codesarrollado por EcoShape, es un gran paso adelante, al igual que las Directrices de Diseño de Construir con la Naturaleza (www.ecoshape.nl), donde se comparten y actualizan todas las lecciones aprendidas del programa. Tanto OpenEarth como las directrices basadas en una wiki, sobrevivirán al programa Construir con la Naturaleza y continuarán siendo motor para la innovación, el intercambio y la colaboración durante años. El programa ha creado un ejemplo que merece un amplio seguimiento’.



POTENCIALMENTE, CONSTRUIR CON LA NATURALEZA PUEDE CONVERTIRSE EN UN AMPLIO MOVIMIENTO INTERNACIONAL

Contractors y Peter Berdowski, CEO de Royal Boskalis Westminster.

‘Nuestro enfoque proactivo ha resultado en diseños innovadores que hemos ejecutados, como la construcción de arrecifes submarinos en proyectos de refuerzo de diques en el estuario del Escalda Oriental’, dice Pieter van Oord. ‘Asimismo, los enfoques flexibles de dragado en áreas sensibles, desarrollados en Construir con la Naturaleza, se han incluidos en licitaciones recientes para grandes proyectos en Australia, como los trabajos en ejecución para la terminal de gas natural licuado de Ichthys, en Darwin. Los criterios medioambientales para proyectos de construcción marina en Australia están entre los más estrictos del mundo. Es bueno ver que los enfoques desarrollados por EcoShape, combinados con la experiencia de la casa, han marcado una diferencia’.

‘El enfoque de Construir con la Naturaleza también ha beneficiado a Boskalis’, dice Peter Berdowski. ‘En el proyecto Noordwaard en el delta del Rin, Boskalis está realineando una larga ribera a fin de compensar los efectos de lluvias intensas y altos niveles de agua. Dentro del programa ‘Espacio para el Río’, Boskalis ha introducido una innovadora ribera de sauces que disminuirá las olas, evitando tener que recrecer un dique. Es un enfoque nuevo y fascinante y proyecto

◀ Trampas de arena en dunas con hierba marram: un método tradicional de mantenimiento costero de Construir con la Naturaleza

ha atraído mucho interés público. Un proyecto internacional en el que un enfoque Construir con la Naturaleza nos ha ayudado a marcar la diferencia es la terminal de cruceros Falmouth en Jamaica. Allí el diseño inteligente del proyecto, en combinación con un amplio programa de trasplante de coral, ha ayudado a preservar un hábitat sensible permitiendo el desarrollo económico, ambos de importancia para Jamaica’.

Van Oord y Berdowski coinciden en que el éxito de estos proyectos demuestra que Construir con la Naturaleza ofrece oportunidades para el futuro desarrollo del mercado. ‘Anticipamos que los elementos de ingeniería medioambiental de nuestros proyectos serán más destacados en el futuro’.

ECOSISTEMAS E INFRAESTRUCTURA

Trabajando en la interrelación entre ecosistema e infraestructura, Construir con la Naturaleza va más allá del estado del arte en diseño de proyectos. Esto provoca nuevas preguntas que no tienen respuestas fáciles. Antes el diseño Construir con la Naturaleza de regeneración con arena se centraba en la acumulación y erosión, pero la regeneración de costas según Construir con la Naturaleza genera preguntas, como ¿cuánto tiempo tardará un ecosistema en recuperarse o a uno nuevo en establecerse? Igualmente, un diseño de Construir con la Naturaleza que utiliza materiales duros, como piedra u hormigón, genera preguntas sobre la estabilidad de la estructura, y también sobre el desarrollo de hábitats.

‘Construir con la Naturaleza inspira a la nueva generación de investigadores en ecología que investigan los impactos positivos sobre la naturaleza que puede conseguir la ingeniería ecológica’, dice Martin Scholten, director general del Animal Science Group e IMARES, ambos parte de la Universidad y Centro de Investigación de Wageningen. ‘Estamos colaborando con la Universidad Tecnológica de Delft para integrar Construir con la Naturaleza en sus

Un triángulo de oro

Jan Hendrik Dronkers, director general de Rijkswaterstaat

‘La innovación en el desarrollo de infraestructuras en la ingeniería civil es prioritaria para Rijkswaterstaat, brazo ejecutor del Ministerio Holandés de Infraestructuras y el Medio Ambiente y responsable del diseño, construcción, gestión y mantenimiento de las infraestructuras del agua del país. Por esto celebramos la aparición de *think tanks* como EcoShape, por sus ideas inteligentes y ecológicas.

Tenemos también *think tanks* dentro de nuestra propia organización que se ocupan de este tipo de asuntos, pero EcoShape y el programa Construir con la Naturaleza son únicos, por la participación activa de los socios privados con su experiencia práctica. De hecho, esta red es el ejemplo perfecto del llamado “triángulo de oro”: la unión de fuerzas entre administraciones, grupos privados e instituciones de conocimiento, como socios colaborando para generar la innovación.

A Rijkswaterstaat le gustaría jugar un papel en el fomento de las ideas desarrolladas en Construir con la Naturaleza y hemos cerrado un acuerdo trilateral con EcoShape y la Asociación de Autoridades Regionales del Agua. Una continuación del programa Construir con la Naturaleza permitiría un pleno aprovechamiento de este acuerdo’.

currículos. Se ha dado un primer paso, desarrollando de manera conjunta un curso sobre acuicultura según EcoShape para estudiantes de ambas Universidades’.

‘Nos alegra ver que las investigaciones de Construir con la Naturaleza empiecen a tener influencia en una agenda de investigación más amplia’, dice Marcel Stive, profesor de ingeniería hidráulica de la Universidad Tecnológica de Delft. ‘En 2012, por ejemplo, la Fundación Tecnológica STW concedió financiación para NatureCoast, programa integrado de investigación que se centra en preguntas sobre el proyecto del Motor de Arena Delfland, y en el que investigadores de diferentes disciplinas e instituciones trasladarán sus conocimientos a la práctica con la ayuda de EcoShape’.

HACIA UN MOVIMIENTO INTERNACIONAL

‘El concepto de trabajar con la naturaleza no solo está captando la atención en los Países Bajos’, dice Harry Baayen, director de Deltares y presidente del Consejo de Administración de EcoShape. ‘La Asociación Mundial de Infraestructuras del Transporte Marítimo (PIANC) defiende el concepto Trabajar con la Naturaleza, en línea a Construir con la Naturaleza. El Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EE.UU (USACE) está desarrollando el concepto de Ingeniería con la Naturaleza, centrado en el uso beneficioso del material dragado en mantenimientos de vías navegables. El Reino Unido ha adoptado una estrategia de Retroceso Controlado de la Costa, para reducir la presión sobre las defensas contra inundaciones creando más espacio para las crecidas. Muchas otras iniciativas están aplicando el concepto Construir con la Naturaleza, aunque no explícitamente con esta etiqueta’.

‘Tales iniciativas indican que Construir con la Naturaleza pueda convertirse en un amplio movimiento internacional, fomentando otra manera



▲ La regeneración costera puede tener efectos positivos de recreo, como en el Motor de Arena Delfland

de pensar, actuar e interactuar en el desarrollo de infraestructuras del agua. Las Directrices de Diseño están basadas en una wiki de EcoShape y ofrecen una plataforma ideal para acumular y compartir conocimientos y experiencias, permitiéndonos construir sobre esfuerzos previos.



Desarrollando un registro de herramientas y lecciones aprendidas

DIRECTRICES PARA EL DISEÑO

Directrices de Diseño dan información práctica y herramientas a promotores y usuarios de proyectos de ingeniería hidráulica para utilizar servicios de ecosistemas y dar oportunidades a la naturaleza.

El concepto de Construir con la Naturaleza reta a promotores de proyectos, diseñadores y usuarios a pensar, actuar e interactuar de forma diferente. 'Cada proyecto ofrece una oportunidad única para inducir cambios positivos. Los principios de Construir con la Naturaleza, que pueden introducirse en cualquier fase de cualquier proyecto, puede ayudar a conseguirlo', dicen Mark van Koningsveld (Van Oord) y Gerard van Raalte (Boskalis), colíderes del subprograma de Directrices de Diseño Construir con la Naturaleza. 'Los capítulos anteriores han descrito proyectos que se han ejecutado con la ayuda del programa Construir con la Naturaleza. Las muchas lecciones aprendidas de estos proyectos se han recogido en las Directrices de Diseño, accesibles en la web de EcoShape: www.ecoshape.nl'.

Las directrices están dirigidas a dos grupos de lectores:

- *Individuos responsables del desarrollo, diseño, realización y ejecución de proyectos de ingeniería hidráulica*, incluyendo propiedad /defensores de proyectos, ecologistas, ingenieros, consultores, contratistas de infraestructuras del agua, etc.

- *Individuos u organizaciones que potencialmente puedan influir sobre los criterios aplicables a un proyecto y así retar al primer grupo*, incluyendo administraciones nacionales y locales, funcionarios, políticos, administradores, institutos de normalización, ONGs, financieros, etc.

LAS DIRECTRICES

Las directrices empiezan introduciendo la filosofía de Construir con la Naturaleza y describen los principales principios y cinco pasos de diseño a aplicar en un proceso cíclico, cuando se hacen estos proyectos:

- Paso 1: Comprender el sistema (incluyendo los servicios del ecosistema, los valores y los intereses).
- Paso 2: Identificar alternativas realistas que utilizan y/o proveen servicios del ecosistema.
- Paso 3: Evaluar las cualidades de cada alternativa y preseleccionar una solución integral.
- Paso 4: Ajustar la solución seleccionada (restricciones prácticas y el contexto de gobernanza).
- Paso 5: Preparar la implementación de la solución en la siguiente fase del proyecto.

El proceso de llevar a la práctica todos estos pasos generales de diseños se puede enfocar desde las siguientes tres perspectivas:

La perspectiva del entorno natural

En cualquier proyecto, un buen punto de partida para buscar oportunidades para Construir con la Naturaleza es el entorno natural o el ecosistema donde se implementará. Las actuales directrices describen hoy cinco entornos: costas arenosas, estuarios, mares con costa tropical, mares poco profundos y lagos en deltas. Los usuarios que accedan a las directrices por esta ruta, deberían considerar primero cuál de estos entornos representa mejor el lugar donde van a trabajar. Cada entorno es único, con sus propias características, servicios de ecosistemas y oportunidades.

La perspectiva del proyecto

Cada fase de proyecto ofrece posibilidades para considerar oportunidades Construir con la Naturaleza. Las directrices dan consejos específicos para cada una de las fases del proyecto: la iniciación, la planificación y el diseño, la construcción, la operación y el mantenimiento. Los usuarios que entren en las directrices por esta vía, primero deberían considerar en qué fase del proyecto están. Cada fase sigue los mismos pasos de diseño, aunque las características de estos pasos puede variar en cada fase.

La perspectiva de la gobernanza

También desde el contexto de la gobernanza (el conjunto complejo de legislación, normativas, procesos de toma de decisiones, etc.) se pueden desarrollar oportunidades Construir con la Naturaleza. Se deberá considerar debidamente los detonantes y obstáculos que nacen de este contexto si se quiere hacer realidad estas oportunidades. Actualmente, las directrices ofrecen información y consejos sobre los siguientes aspectos de la gobernanza: redes, contextos regulatorios, y de conocimiento, y marcos de ejecución.

LA BASE DE CONOCIMIENTO

Las directrices se sustentan en la base de conocimiento de Construir con la Naturaleza, compuesta por una amplia gama de módulos, herramientas, casos y páginas de conocimiento. Los elementos creativos permiten hacer una primera valoración de los elementos típicos de un diseño general más grande. Las herramientas incluyen métodos, conceptos y estrategias que son útiles en las distintas fases del proyecto y etapas de diseño del proyecto. Se pueden consultar los ejemplos recopilados de Construir con la Naturaleza que se han implementado. Las páginas de conocimiento contienen información más detallada sobre los diferentes temas y asuntos que se han tratado durante el programa.

MATERIAL DIDÁCTICO

Para que los principios de diseño sean accesibles para un público más amplio, los socios de EcoShape han desarrollado material didáctico y tutorial que ya se usan en talleres y cursos en instituciones colaboradoras (Universidad Tecnológica de Delft, Universidad y Centro de Investigación de Wageningen y Universidades de Ciencias Aplicadas de Zeeland y Van Hall Larenstein). La Fundación Neerlandesa para la Educación de Postgrado también organiza cursos de Construir con la Naturaleza para profesionales. Además, los tutoriales están formulados para poder usarlas también individualmente.

EL DESARROLLO FUTURO

‘Hemos querido desarrollar las Directrices de Diseño en forma de wiki’, concluye Huib de Vriend, director científico de Construir con la Naturaleza. ‘Hay un consejo editor que controla las contribuciones a la wiki, pero las directrices están abiertas a aportaciones, porque queremos que se sigan desarrollando mediante nuevas lecciones aprendidas, o cuando se disponga de conocimientos adicionales. Animamos a aquellos lectores que deseen empezar a utilizar las directrices directamente, o contribuir a ellas, a que visiten la página web de EcoShape: www.ecoshape.nl’.



El consorcio EcoShape



Socios estratégicos



Autores de este libro: Huib de Vriend • Mark van Koningsveld • **Colaboradores de este libro:** Huib de Vriend • Mark van Koningsveld • Gerard van Raalte • Stefan Aarninkhof • Jasper Fiselier • Anneke Hibma • Tom Ysebaert • Claire Jeuken • Tjeerd Bouma • Martin Baptist • Erik van Slobbe • Kris Lulofs • Henk Nieboer • Pieter van Oord • Peter Berdowski • Martin Scholten • Marcel Stive • Harry Baayen • William Kamphuis • Jan Hendrik Dronkers • Mark Lindo • Wouter Dirks • Pieter van der Klis • Hendrik Postma • Arjan van der Weck • **Consejo de Participantes de CcIN:** Arjan van der Weck • Auke de Bruin • Carlo Heip • Fries Heinis • Frank Goossensen • Felix Wolf • Guido ten Dolle • Henk Nieboer • Hendrik Postma • Henk van Muijen • Harry Baayen • Herman Ridderinkhof • Hans Bressers • Kris Lulofs • Marcel Stive • Marcel van de Leemkule • Martin Scholten • Mark Lindo • Niek de Wit • Olga Clevering • Petra Dankers • Pieter de Boer • Roelof Moll • Jan Schaart • Tiedo Vellinga • Tom Schilperoort • Wim Klomp • Wim Cofino • **Consejo de Dirección General CcIN:** Harry Baayen • Hendrik Postma • Jan Schaart • John van Herwijnen (former member) • Frank Verhoeven (former member) • **Consejo de Revisión de Utilidad:** Henk Nieboer • Jan Brooke • Todd Bridges • Wiebe Bijker • **Equipo Básico CcIN:** Mark Lindo • Felix Wolf • Arjan van der Weck • Hendrik Postma (former member) • **Dirección de gestión CcIN:** Huib de Vriend • Pieter van der Klis • Stefan Aarninkhof • Marjolein van Wijngaarden • Bonny Molendijk • Anneke Hibma (former member) • Wouter Dirks (former member) • Jan van der Meene (former member) • **Personal de Apoyo CcIN:** Bonny Molendijk • Jolanda de Ruyter • Mirjam Blom Korteland (former member) • **Consejo del Programa CcIN:** Claire Jeuken • Erik van Slobbe • Jasper Fiselier • Johan Boon • Kris Lulofs • Mark van Koningsveld • Martin Baptist • Pieter van der Klis • Stefan Aarninkhof • Tom Ysebaert • Tony Minns • Anneke Hibma (former member) • **Gestores de Caso CcIN:** Claire Jeuken • Erik van Slobbe • Mark van Koningsveld • Martin Baptist • Pieter van der Klis • Stefan Aarninkhof • Tom Ysebaert • Anneke Hibma (former member) • **Líderes de Proyecto CcIN:** Ane Wiersma • Annemarie groot • Ap van Dongeren • Arjen Luijendijk • Bas Bolman • Bas van Maren • Bob Hoogendoorn • Cees van Rhee • Chris Klok • Claire Jeuken • Daan Rijks • Erik van Eekelen • Erik van Slobbe • Gerard van Raalte • Gerben van Geen • Gerben de Boer • Theo Gerkema • Han Lindeboom • Han Winterwerp • Harriette Holzhauer • Henriette Otter • Herman Ridderinkhof • Jan van Dalfsen • Jan van Tatenhoven • Jasper Dijkstra • Jasper Fiselier • Johan Craeymeersch • Johan Stapel • Karen Wolfshaar • Kris Lulofs • Marcel Stive • Marten Scheffer • Maarten van Ormondt • Marcel Brugnach • Marcel Stive • Marcela Brugnach • Mark van Koningsveld • Marten Scheffer • Martin Baptist • Martine Leewis • Nico Jaarsma • Oscar Bos • Peter Herman • Pieterkoen Tonnon • Rob Steijn • Robin Morelissen • Tjeerd Bouma • Theo Gerkema • Thijs van Kessel • Tom Ysebaert • Walter Jacobs • Wiebe de Boer • Wiebe Bouma • Zheng Wang • **Doctorados/as CcIN:** Bastiaan van Zuiddam • Brenda Walles • Carola van der Hout • Dorien Korbee • Francesco Cozzoli • Ingrid van de Leemput • Lucy Gillis • Lynyrd de Wit • Maarten de Jong • Matthieu de Schipper • Menno Eelkema • Menno Smit • Miguel De Lucas Pardo • Nicolette Volp • Ronald van den Hoek • Santiago Alvarez Fernandez • Sierd de Vries • Stephanie Janssen • Vera Vikolainen • **Colaboradores de las Directrices:** Mark van Koningsveld • Gerard van Raalte • Thijs Damsma • Ingrid Das • Sarah Smith • Kris Lulofs • Martijn Muller • Selinde van Raalte • Shelitha van Hunen • Tessa van der Wijngaart • Erik van Slobbe • Claire van Oeveren • Claire Jeuken • Stephanie Janssen • Vera Vikolainen • Yvonne van Kruchten • Debora de Block • Dorien Korbee • Mindert de Vries • Jamie Lescinski • Ronald E. van den Hoek • Marijn Tangelder • Anneke Hibma • Wiebe de Boer • Tim van Hattum • Martin Baptist • Jacqueline Tamis • Tom Ysebaert • José Reinders • Bregje van Wesenbeeck • Harriëtte Holzhauer • Aleyda Ortega • Carola van der Hout • Brenda Walles • Stefan Aarninkhof • Julia Vroom • Arjan de Heer • Bastiaan van Zuidam • Joost van Wiechen • Jasper Fiselier • Ane Wiersma • Menno Smit • Erik van Eekelen • Francesco Cozzoli • Arjen Luijendijk • Nicolette Volp • Matthieu de Schipper • Thijs van Kessel • Lynyrd de Wit • Luuk Masselink • Sierd de Vries • Ap van Dongeren • Leon de Jongste • Pepijn de Vries • Daan Rijks • Rianne van Duinen • Bas Bolman • Thomas Vijverberg • Bas van Maren • Menno Eelkema • Maaïke Maarse • Ruben Abma • Robin Morelissen • Lucy Gillis • Pieter Koen Tonnon • Tjeerd Bouma • Qinghua Ye • Gerben de Boer • Joke Luttk • Mirjam Blom Korteland • Maarten de Jong • Annemarie Groot • Jasper Dijkstra • Christiaan van Sluis • Johan Stapel • Petra Dankers • Lorna Teal • Marjolein Sterk • Robert McCall • Zheng Wang • Karen van de Wolfshaar • Santiago Alvarez Fernandez • David Heikens • Roderik Hoekstra • Miguel De Lucas Pardo • Bonny Molendijk • Remco van Ek • Anne Brodauf • Diana Slijkerman • Henriette Otter • Jan van Dalfsen • Saskia Hommes • Bas Borsje • Nilma Wati • Theo Gerkema • Ingrid van de Leemput • Jan Mulder • Karoune Nipius • Maarten van Ormondt • Saskia Versteeg • Alma de Groot • Johan Craeymeersch • Chris Klok • Bastien van Veen • Gerda Lenselink • Jan van Tatenhove • Mariska van Gelderen • Bram van Prooijen • Katherine Cronin • Laura Uunk • Luca Sittoni • Thorsten Balke • Chantal van Woggelum • Daniel Martens • Heidi van der Meij • Maarten Jansen • Huib de Vriend • Oscar Bos • Wiebe Bijker •



EcoShape