



Estudio de viabilidad para la preparación de proyectos de compensación de carbono azul en Andalucía, España.



La presentación del material en esta publicación y las denominaciones empleadas para las entidades geográficas no implican en absoluto la expresión de una opinión por parte de la UICN o de otra organización participante sobre la situación jurídica de un país, territorio o zona, o de sus autoridades, o acerca de la demarcación de sus límites o fronteras.

Los puntos de vista que se expresan en esa publicación no reflejan necesariamente los de la UICN o de otra organización participante.

Esta publicación ha sido posible gracias a la generosidad del Programa Life de Europa a través del Proyecto LIFE BLUE NATURA ANDALUCÍA (LIFE 14/CCM/ES/000957) y los co-financiadores Fundación Cepsa y la Fundación MAVA a UICN.



Publicado por:

UICN, Málaga, Gland, Suiza

Derechos reservados:

2021 © UICN, Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales

Se autoriza la reproducción de esta publicación con fines educativos y otros fines no comerciales sin permiso escrito previo de parte de quien detenta los derechos de autor con tal de que se mencione la fuente.

Se prohíbe reproducir esta publicación para la venta o para otros fines comerciales sin permiso escrito previo de quien detenta los derechos de autor.

Citación:

UICN (2021). Estudio de viabilidad para la preparación de proyectos de compensación de carbono azul en Andalucía, España. Otero, M (Ed). 180 páginas

Edición y Coordinación:

Maria del Mar Otero, UICN Centro de Cooperación del Mediterráneo

Diseño y maquetación:

Carmen Moreno

Fotografía de la cubierta:

Seadam. Dreamstime.com

Disponible en:

UICN, Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. Centro de Cooperación del Mediterráneo de UICN

C/ Marie Curie 22
29590 Campanillas, Malaga, Spain
www.iucn.org/resources/publications
<http://www.iucn.org/mediterranean>
<http://life-blunatura.eu/>

Acerca de UICN y el Centro de Cooperación del Mediterráneo:

La UICN, Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, es una Unión de Miembros compuesta por Estados soberanos, agencias gubernamentales y organizaciones de la sociedad civil.

Cuenta con la experiencia, los recursos y el alcance de sus más de 1.300 organizaciones Miembro y los aportes de más de 15.000 expertos. La UICN es la autoridad mundial en cuanto al estado de la naturaleza y los recursos naturales, así como las medidas necesarias para protegerlos. El Centro de Cooperación del Mediterráneo de UICN, ubicado en Málaga, abrió en 2001 con el apoyo del Ministerio de Medio Ambiente español, la Junta de Andalucía y la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID).

Durante sus casi 20 años de existencia, la misión del Centro ha consistido en influir, animar y ayudar a las sociedades del Mediterráneo a conseguir la conservación y el uso sostenible de los recursos naturales, así como el desarrollo sostenible de la región Mediterránea.



Estudio de viabilidad para
la preparación de proyectos
de compensación de carbono azul
en Andalucía, España.

Tabla de Contenidos

AGRADECIMIENTOS	6
PRESENTACIÓN	7
APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA	12
ESTUDIO DE VIABILIDAD EN LAS PRADERAS MARINAS DE CABO DE GATA	14
INTRODUCCION	16
1. APLICABILIDAD DE LA METODOLOGÍA Y VIABILIDAD	18
1.1. Aplicabilidad de la metodología VM0033	18
1.2. Límites del proyecto	20
1.3. Determinación de la línea base y adicionalidad	23
1.4. Selección de la línea base	23
1.5. Descripción de la línea base	26
1.6. Estimación de las emisiones y reducciones de GEI en la línea base	28
2. ESCENARIO DEL PROYECTO	37
2.1. Descripción del escenario con proyecto	37
2.2. Estimación de las emisiones y reducciones de GEI en el escenario con proyecto	40
2.3. Resultados del cálculo emisiones reducidas durante la vida del proyecto	40
3. ANÁLISIS DE COSTES	42
3.1. Metodología	42
3.2. Costes de implementación	42
3.3. Resultados de costes	46
4. ANÁLISIS DE RIESGO Y ADICIONALIDAD	48
4.1. Adicionalidad	48
4.2. Análisis de riesgo y determinación del buffer	48
4.3. Incertidumbres y consideraciones adicionales	49
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	50
6. BIBLIOGRAFÍA	52

ESTUDIO DE VIABILIDAD EN MARISMAS DEL ODIEL Y BAHÍA DE CÁDIZ	54
INTRODUCCIÓN	56
1. CAUSAS DE DEGRADACIÓN DE LOS HUMEDALES	60
1.1. Aplicabilidad de la metodología y viabilidad	64
1.2. Límites del Proyecto	68
1.3. Determinación de la línea base	75
2. ESCENARIOS DEL PROYECTO	82
2.1. Identificación de las condiciones de referencia	82
2.2. Evaluación de las condiciones de los humedales	84
2.3. Vegetación	90
2.4. Estimación de la tasa de aumento del nivel del mar a partir de la serie histórica detectada por los mareógrafos	92
2.5. Análisis de los sedimentos	94
2.6. Determinación actual de las distintas clases de marismas en las zonas de actuación	96
2.7. Determinación de la distribución potencial de las distintas clases de marismas en las zonas de actuación	96
3. ESCENARIO DEL PROYECTO	98
4. CUANTIFICACIÓN DE REDUCCIÓN DE EMISIONES	107
4.1. Estimación de las emisiones en el Escenario Base	107
4.2. Estimación de las emisiones después de la reconexión hídrica	112
4.3. Reducción de emisiones derivado de las actuaciones del Proyecto	117
5. ANÁLISIS DEL COSTE ECONÓMICO DE LAS ACTUACIONES	121
5.1. Costes de proyecto	122
5.2. Costes de monitoreo	123
5.3. Costes de validación /verificación	123
5.4. Costes de registro	126
6. ANÁLISIS DE LA INCERTIDUMBRE	129
7. EVALUACIÓN FINANCIERA	129
7.1. Adicionalidad y análisis de riesgo	132
7.2. Actuaciones complementarias	137
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	140
REFERENCIAS	144
ANEJO 1. Condiciones VCS	146
ANEJO 2. Factores de riesgo	148
ANEJO 3. Análisis de la regeneración natural en las zonas de estudio	152
ANEJO 4. Determinación del estado de abandono de las áreas del proyecto	153
ANEJO 5. Estimación de la tasa de incremento del nivel del mar observado por zonas	154
ANEJO 6. Detección de incoherencias en el MDT disponible	156
ANEJO 7. Medidas de actuaciones	157
ANEJO 8. Estimación de las emisiones en las zonas de actuación: escenario base y posterior a las acciones de restauración	163
ANEJO 9. Indicadores financieros	168

AGRADECIMIENTOS

Esta publicación no habría sido posible sin el conocimiento experto que han aportado generosamente los miembros del Grupo asesor de la Plataforma del Proyecto LIFE BLUE NATURA ANDALUCÍA. Particularmente queremos agradecer a los siguientes colegas sus útiles comentarios y su aportación de conocimientos en el desarrollo de este trabajo: Marta Hernández de la Cruz (OECC, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico), Laurent Saintavit (Ecodes), Malake Muñoz (Factor CO₂/IHOBE), Jordi Sánchez (Submon), Alba Zamora y Lucia Santolaria (Fundación CEPSA) y Marga Capella (Bosques Sostenibles). Así como a los socios del Proyecto, al apoyo y esfuerzo que desde la coordinación del Proyecto se han realizado por la directora del Proyecto Rosa Mendoza Castellón de la Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural de la Junta de Andalucía, la coordinadora técnica M^a Soledad Vivas así como Elena Diaz Almela y Miguel Angel Mateo del CSIC-CEAB, el equipo de Secretaría General de Medio Ambiente y Cambio Climático (Rafael Barba, Ana Belen Pinilla) y al equipo de AMAYA (entre ellos Susana Álvarez, Agustín Barraón, Diego Moreno) y Hombre y Territorio (David León y Patricio Peñalver). Agradecemos igualmente el invaluable apoyo y las aportaciones de los directores y al equipo técnico de los Parques Naturales de Bahía de Cádiz (Antonio Gomez Ferrer, Rafael Martín), Marismas del Odiel (Enrique Martínez Montes y Laura Refojo) y Cabo de Gata (Lucía Tejero) así como Agustín Barraón que nos ayudaron con su conocimiento definir las zonas de actuación y mejorar el trabajo durante su desarrollo.

También agradecer a aquellos que durante la trayectoria en estos 4 años se han unido a las reuniones de discusión de este trabajo ofreciendo sus conocimientos, entre ellos, Rafael Porras, Ainhize Butron, Mari Luz Gómez y María García.

El trabajo ha sido producido a lo largo de su trayectoria por las contribuciones realizadas por varios consultores, Andrea Cortes, Remi Gautier, Gimenez Consultores, Jesus David Sanchez y David López de Mares Sostenibles y Equipo Lavola. Nuestro profundo agradecimiento a todos por unirse a este trabajo pionero, y sumamente difícil en ocasiones.

Un agradecimiento final a los financiadores de este trabajo, el Programa Life de Europa a través del Proyecto LIFE BLUE NATURA ANDALUCÍA (LIFE 14/CCM/ES/000957) y los co-financiadores Fundación Cepsa y la Fundación MAVA a UICN.

PRESENTACIÓN

Los ecosistemas costeros compuestos por manglares, marismas y praderas marinas, como las praderas de *Posidonia oceanica* en el Mediterráneo, representan importantes sumideros de carbono. De hecho, secuestran carbono en su forma orgánica y lo almacenan durante miles de años. Esta capacidad de los ecosistemas costeros de secuestrar y almacenar grandes cantidades de carbono, es la que se ha denominado **Carbono Azul** (Laffoley, 2009). Además, proporcionan otros servicios ambientales importantes, como la protección costera contra el aumento del nivel del mar y la mayor intensidad de las tormentas, así como soporte a la biodiversidad y la provisión de pesca, entre otros. Estos servicios ambientales aumentan la resiliencia costera general contra el cambio climático y sustentan los medios de vida costeros. Sin embargo, a pesar de la importancia de los servicios ecosistémicos, estos hábitats están desapareciendo a un ritmo alarmante.

La conservación y restauración de estos hábitats sumidero de carbono azul, puede contribuir a la mitigación local y global y la adaptación al cambio climático. Con medidas tales como la protección del hábitat para evitar nuevas emisiones, la restauración del hábitat y la re-vegetación, e intervenciones marinas o terrestres, como reducir la contaminación por nutrientes, ayudan a mantener el carbono almacenado, la absorción de CO₂ y las emisiones de gases de efecto invernadero.

Para ayudar en esta labor, se buscan nuevos mecanismos y formas de financiación como a través de los mercados del carbono, que ayuden a la conservación y restauración de estos importantes ecosistemas costeros (Emmett-Mattox y Crooks, 2014).

Los estudios realizados hasta la fecha parecen indicar que tanto las marismas de marea como las praderas de fanerógamas marinas, especialmente las de *Posidonia oceanica*, destacan por su capacidad de almacenamiento, albergando stocks de carbono acumulados durante miles de años. Por este motivo, la protección, la mejor gestión y el restablecimiento de estos ecosistemas evitaría la pérdida de varias Tg de carbono al año, lo que supondría una reducción de las emisiones globales de CO₂ estimadas para 2050, según el *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) y el IPCC Special Report sobre los océanos y la criosfera en un clima cambiante¹.

Praderas marinas de *Posidonia oceanica*



Marismas de marea



¹<https://www.ipcc.ch/srocc/>

Tanto las marismas como las praderas marinas están constantemente amenazadas por la expansión y el desarrollo de la costa para permitir la creación de cultivos, urbanizaciones y el desarrollo de infraestructuras industriales y de comunicación. Las prácticas pesqueras ilegales de arrastre, el aumento de la turbidez por la eutrofización y la elevada carga de sedimentos y la contaminación como consecuencia de vertidos degradan la calidad de las aguas y afectan a las praderas. Las marismas también se ven muy afectadas por el drenaje y la desecación para ganar tierra al mar, por la construcción de puertos deportivos y de complejos residenciales o carreteras y por los dragados.

El acúmulo de estas actuaciones en algunas ocasiones hace que estos hábitats sean degradados o destruidos, produciendo que el CO₂ acumulado se vaya liberando poco a poco de vuelta a la atmósfera. Existe por lo tanto la necesidad de implementar proyectos de restauración, mejora y mantenimiento de los sumideros de carbono azul que ayuden a mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) al tiempo que protegen los servicios y recursos que éstos aportan. Los mercados de carbono podrían contribuir a alcanzar estos objetivos de conservación, permitiendo que actividades concretas de manejo sostenible puedan ser financiadas por parte de mecanismos voluntarios.

Los mercados voluntarios, basados en los compromisos de empresas privadas y entidades que buscan compensar los impactos ambientales que genera su actividad productiva, podrían, de esta forma, contribuir a alcanzar los objetivos de conservación. Entre los mecanismos y herramientas para regular y

Gráfico 1: Vista general de las interacciones entre los mercados de carbono voluntarios y de cumplimiento regulado, incluyendo los anteriores con arreglo al Protocolo de Kioto (PK) y los nuevos en desarrollo en virtud del Acuerdo de París (AP). Adaptado de NewClimate Institute; Lambert Schneider.



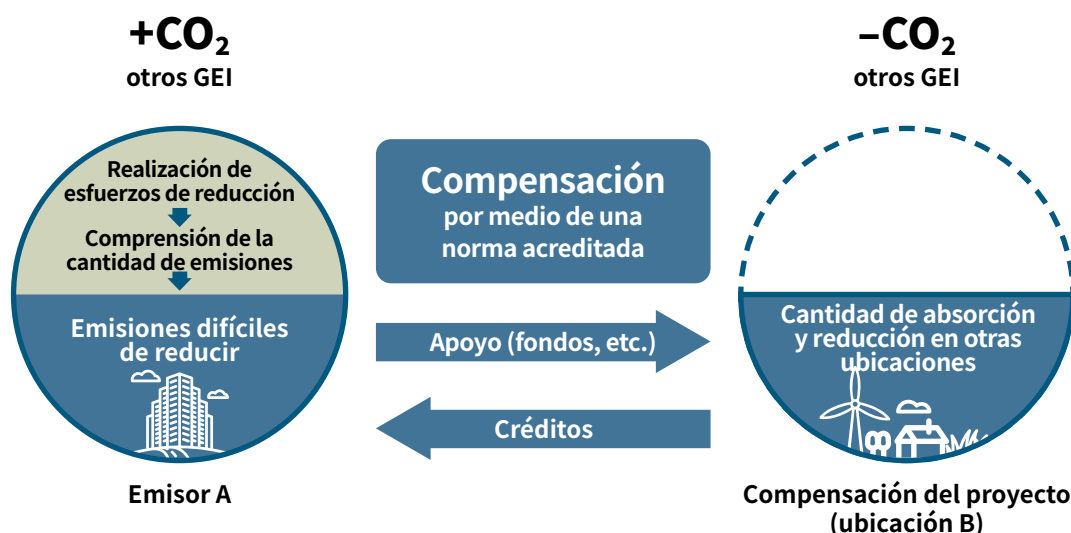
verificar las actuaciones que se realizan en estos mercados está el Verified Carbon Standard (VCS), un estándar internacional para proyectos y programas de reducción y compensación de emisiones de GEI. Este estándar establece los requerimientos y metodologías aplicables para el desarrollo, validación, seguimiento y verificación de este tipo de acciones. Es el estándar más avanzado en el ámbito del carbono costero, y ha desarrollado recientemente los requerimientos y metodologías para la acreditación de proyectos de restauración de humedales y praderas marinas. Sin embargo, hasta la fecha pocos estudios han valorado su uso para conservar o restaurar estos ecosistemas en Europa.

En los últimos años, se han llevado a cabo iniciativas en torno a las compensaciones de carbono nacionales en varios países de Europa. Este aumento de interés ha surgido del deseo de las organizaciones de compensar sus emisiones con proyectos locales, en lugar de proyectos ubicados en países en desarrollo con los que tienen menos vínculos. Por ello, en algunas regiones se están elaborando nuevas iniciativas que promueven el desarrollo de estándares y mercados de carbono voluntarios como parte de su estrategia para la mitigación al cambio climático.

En Andalucía, la recientemente aprobada Ley de Cambio Climático marca una nueva regulación dirigida a las denominadas “emisiones difusas” y nuevos instrumentos obligatorios y voluntarios, entre los que destaca el Sistema Andaluz de Compensación de Emisiones (SACE). El SACE es un marco voluntario a través del cual las empresas asumen los compromisos de auditar, reducir y compensar sus emisiones, contemplando la creación de un catálogo de proyectos de compensación, donde se recogerán aquellos proyectos que, cumpliendo con los requisitos establecidos, estén a disposición de las empresas adheridas, quienes podrán adquirir las Unidades de Absorción generadas y certificadas para este fin.

La compensación prevista en el SACE se realizará a través de proyectos de forestación, reforestación y conservación de bosques, ecosistemas costeros, praderas marinas y humedales, así como los de conservación o aumento del contenido de materia orgánica del suelo en los campos de silvicultura o agricultura. Este mecanismo crea la posibilidad de compensar las emisiones de CO₂ mediante la ejecución de este tipo de proyectos, incluyendo por primera vez proyectos de carbono azul.

Gráfico 2: La compensación de carbono permite equilibrar los impactos climáticos (p. ej., de la actividad empresarial) tras los esfuerzos de reducción, y compensan las emisiones producidas a través de la reducción de CO₂ (y otros GEI) en otras ubicaciones.

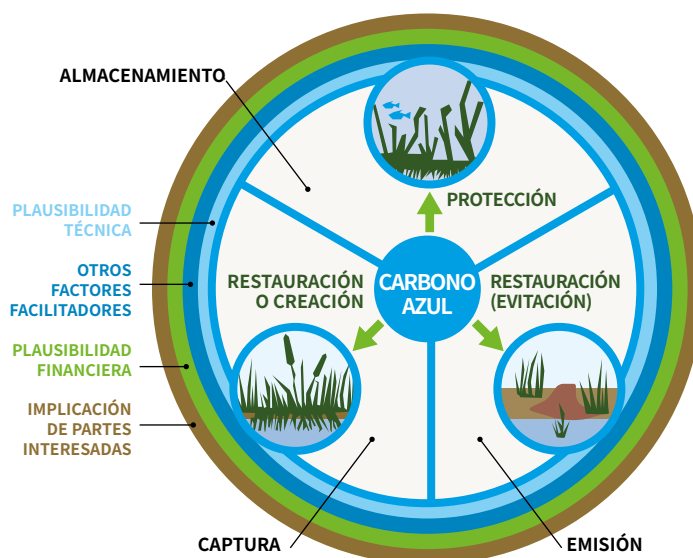


A tal efecto, en el marco del Proyecto LIFE Blue Natura (LIFE14CCM/ES/000957), el Centro de Cooperación del Mediterráneo de la UICN, como socio beneficiario de este Proyecto, elabora una serie de acciones para la preparación y futura implementación de proyectos de carbono para la conservación y regeneración del Carbono Azul. Entre ellos esta el presente trabajo cuyo objetivo es evaluar la viabilidad sobre los proyectos potenciales que entrarían a formar parte del SACE o los mercados voluntarios, de acuerdo con el estándar VCS, en los humedales costeros y praderas marinas de *Posidonia oceanica*.

A través de casos de estudio en praderas marinas y marismas se realiza un análisis comparativo con distintos tipos de actuaciones y escenarios (distintos hábitats bien conservados o degradados, praderas mixtas y marismas de estuarios) de los créditos de carbono que podrían generarse a través de proyectos de compensación intercambiados en el mercado voluntario de carbono. Los resultados de estas experiencias y casos de estudio ayudaran al desarrollo del nuevo standard para praderas y humedales costeros (acción C4) y el desarrollo de los primeros proyectos que entrarían a formar parte del catálogo del SACE (acción C7).

El estudio se centra en el análisis de diferentes actuaciones previstas en marismas costeras y praderas de *Posidonia oceanica* en Andalucía. El espectro de actividades de carbono azul puede incluir conservación (evitar la liberación de GEI a la atmósfera) y restauración / creación (establecimiento de la absorción de CO_2 de la atmósfera y / o reducción de las emisiones de CH_4). Eso significa que un proyecto de carbono azul puede proteger el ecosistema contra la degradación (por ejemplo, causada por la eliminación de vegetación o la pérdida y / u oxidación del carbono del suelo de los humedales) o puede secuestrar carbono mediante la creación de sumideros de carbono en forma de vegetación en crecimiento (por ejemplo, restaurando marisma o vegetación de praderas marinas), mejorando el almacenamiento de carbono en suelos y sedimentos (por ejemplo, induciendo la producción de hojarasca y creando las condiciones hidrológicas necesarias), o restableciendo las condiciones de salinidad para reducir las emisiones de CH_4 (UICN, 2021).

Gráfico 3: Representación gráfica de los tipos de actividades y los resultados esperados de los proyectos de carbono azul, así como de los factores facilitadores. Un proyecto puede generar emisiones netas negativas evitando la liberación de CO_2 mediante la reducción de la oxidación del carbono orgánico del suelo (pérdidas evitadas o stop-loss), o bien aumentando la absorción de CO_2 mediante el aumento de la captura de carbono en suelos y plantas a través de medidas para potenciar la protección, la restauración o la creación.



La selección de zonas y medidas de actuación para este estudio de viabilidad, realizadas con un Grupo Asesor de expertos, se plantearon para evaluar distintas tipologías de proyectos que incluyeran y pudieran examinar los principios y criterios definidos a priori para ambos ecosistemas litorales:

En marismas costeras:

- Recuperación de salinas artesanales,
- Restauración del flujo mareal,
- Rebaje o movimiento de tierras,
- Rebaje de tierras e inclusión de vegetación.

En praderas marinas de *Posidonia oceanica*:

- Restauración de praderas degradadas por acción mecánica,
- Revegetación en zonas degradadas.

Con ello se eligieron varias zonas de actuación: 1 zona dentro del Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar, 3 zonas de la Bahía de Cádiz, incluidas, con la salvedad de la denominada “Las Aletas”, dentro del espacio protegido del mismo nombre, y 3 zonas de las Marismas del Odiel, pertenecientes todas ellas al espacio declarado Paraje Natural, con un total de 443,59 ha de acuerdo con la siguiente distribución. Todas las zonas pertenecen a terrenos públicos, cuya gestión depende de varias administraciones en función de la distribución de competencias vigente en cada caso.

Grupo Asesor y Socios del Proyecto, 2018.



APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

Las metodologías del Verified Carbon Standard (VCS) que aplican para el desarrollo de los proyectos de restauración son la **VM0033** “*Methodology for Tidal Wetland and Seagrass Restoration*” Versión 1.0, y de forma complementaria, la **VM0024** “*Methodology for Coastal Wetland Creation*” Versión 1.0, ambas incluidas dentro de la categoría de *Conservación y Restauración de Humedales* (WRC por sus siglas en inglés). Estas metodologías forman parte de las categorías elegibles de Proyectos AFOLU (Agricultura, Silvicultura y Otros Usos del Suelo). Por lo tanto, para la elaboración de este documento también se tuvieron en cuenta algunas consideraciones adicionales de la Guía VCS de Requerimientos AFOLU, versión 3.4.

Adicionalmente, las siguientes herramientas metodológicas mencionadas en la metodología seleccionada, son usadas como referencia:

- AR-TOOL14 “Estimation of carbon stocks and change in carbon stocks of trees and shrubs in A/R CDM project activities” (Versión 04.2),
- CDM Tool “Combined tool to identify the baseline scenario and demonstrate additionality in A/R CDM project activities” (Versión 01),
- VCS module VMD0019 Methods to Project Future Conditions,
- CDM tool Estimation of GHG emissions related to fossil fuel combustion in A/R CDM project activities,
- VCS module VMD0016 Methods for stratification of the project area,
- CDM tool for testing significance of GHG emissions in A/R CDM project activities.

El documento replica la estructura de un “Project Description Document” (PDD) para el caso de una serie de actuaciones en distintos humedales y para el caso de una actuación en una pradera marina, siendo este el documento de referencia para los procesos de validación/verificación bajo el estándar VCS, independientemente de que, al final, las actuaciones se materialicen en uno o más proyectos, aspecto este que se definirá para cada uno de los escenarios de referencia.

Los elementos a considerar en el estudio de viabilidad siguen los descritos en el *Manual para la creación de proyectos de Carbono azul* (UICN, 2021) y evalúa siguiendo los principales requisitos del Mercado internacional voluntario de carbono (VCS) a través de requerimientos de proyectos de carbono para el estándar VCS.

Con el objetivo de evaluar la viabilidad de estos proyectos, se presta atención especial también a la descripción de la línea base, análisis de riesgos y adicionalidad así como la elegibilidad con escenarios potenciales bajo el mercado de carbono y el VCS.

Adicionalidad

Determinar si el proyecto propuesto califica para la acreditación

Metodología

Método para cuantificar las reducciones y eliminaciones de emisiones utilizando la metodología del VCS y su comparativa con otras metodologías internacionales aplicables a praderas marinas si hubiese

Volumen de acreditación

Cuantificar el rango de emisión de crédito en diferentes escenarios (económicos y ambientales) de emisiones utilizando la metodología del VCS y su comparativa con otras metodologías internacionales aplicables a praderas marinas si hubiese

Factores de riesgo

Identificar los riesgos actuales de crédito y venta del crédito

Mitigación de riesgos

Proponer acciones para mitigar los factores de alto riesgo

Costo de desarrollo

Estimar los costos de diseño y desarrollo incluyendo las acciones de mitigación de riesgos

Flujo de ingresos

Calcular el rango de ingresos de proyectos propuestos de ventas de crédito a largo plazo

Las siguientes secciones describen la aplicación de la metodología a los casos de estudio sobre praderas marinas y humedales costeros.

ESTUDIO DE VIABILIDAD EN LAS PRADERAS MARINAS DE CABO DE GATA





INTRODUCCIÓN

Las praderas de *Posidonia oceanica*, especie endémica única en el Mediterráneo, constituyen un ecosistema marino importante y complejo, y las poblaciones de la especie del litoral andaluz representan su límite de distribución más occidental. Su distribución en la región se estima cerca de 6.700 hectáreas en aguas someras hasta los 30-40 m de profundidad.

Desde 1950, la costa andaluza afronta un desarrollo urbanístico, turístico, agrícola e industrial que se ha mantenido hasta recientemente cuando relantizó por las consecuencias por la pandemia del Covid-19. A pesar de la importancia de las praderas en los fondos marinos andaluces, la distribución y estado de *Posidonia oceanica* han diezmado como consecuencia de factores como la abrasión de la pesca de arrastre, las actividades del litoral y el desarrollo costero (Arroyo *et al.*, 2015). La destrucción y fragmentación de estos hábitats naturales puede generar cuantiosos efectos ecológicos cambiando de forma importante la biodiversidad y el mantenimiento de la integridad de estos ecosistemas, así como su capacidad de almacenamiento y secuestro de gases de efecto invernadero.

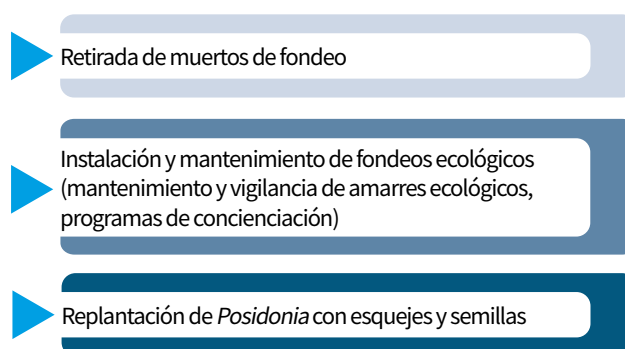
El Paraje Natural Marítimo-Terrestre de Cabo de Gata-Níjar es un espacio natural protegido situado en la provincia de Almería, Andalucía, creado en 1987 para conservar sus ecosistemas naturales y valores paisajísticos, atendiendo a intereses educativos, culturales, científicos, recreativos y socio-económicos. Es uno de los espacios naturales españoles con un mayor número de figuras de protección, tanto de carácter natural como cultural. La fauna y flora del parque incluyen un nutrido grupo de especies especialmente interesantes debido a ser endémicas o de distribución geográfica restringida a áreas próximas, estar amenazadas de extinción, ser esenciales para el desarrollo normal de los ecosistemas o constituir un recurso económico considerable. El catálogo de especies vegetales está formado por más de 1000 especies terrestres y hasta 250 marinas, entre las que se cuentan algunas de suma importancia ecológica como la *Posidonia oceanica*.

Zona de actuación en Agua Amarga con las embarcaciones de recreo.



En el Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar, con una importancia presencia de habitats en los fondos costeros de praderas de *Posidonia*, uno de factores causantes de su degradación a lo largo de su litoral es el fondeo libre (Arroyo *et al.*, 2015), el cual utiliza sistemas de anclajes que dañan las praderas marinas. La zona de estudio se encuentra en Agua Amarga, pequeña población del Parque Natural donde se ha identificado el campo de boyas libres para anclaje de barcos más extenso del parque (Lampreave et Barrajón, 2016). Este es causado por pequeñas embarcaciones de recreo, especialmente durante la temporada de verano. Las boyas con muertos de hormigón y cadenas se arrastran con el movimiento del mar, generando una degradación y emisiones de GEI que va aumentando con el tiempo.

Considerando que algunas de estas praderas, como las encontradas en zonas someras de Agua Amarga pueden almacenar hasta 4530,6 tCO₂e (Mateo *et al.*, 2019) se hace imperativo establecer acciones encaminadas a restaurar y proteger estos ecosistemas tan ricos en carbono y otros servicios ecosistémicos. Las acciones de restauración propuestas a realizar en esta zona son:



Para la preparación del estudio de viabilidad, la información disponible de la zona incluye información de los stocks y secuestro de carbono en su primer metro de sedimento en praderas en tres profundidades medias así como stocks y secuestro en praderas de otras zonas bajo distintas condiciones de estado de conservación y presiones (degradación por acción mecánica, impacto por contaminantes, recolonizando, etc). También se tiene información sobre la tasa media de acreción de sedimento y una cartografía temática de las praderas.

1. APLICABILIDAD DE LA METODOLOGÍA Y VIABILIDAD

1.1. Aplicabilidad de la metodología VM0033

La metodología del Estándar Verificado de Carbono (VCS²) VM0033 para la *Restauración de Humedales Mareales y Praderas Marinas*, Versión 1.0, parte de la categoría de *Conservación y Restauración de Humedales* (WCR³) del ámbito sectorial N° 14 relativo a la agricultura, silvicultura y otros usos del suelo (AFOLU⁴). Esta metodología es aplicable bajo una serie de condiciones que de acuerdo con la información se puede concluir que las acciones del proyecto cumplen con los requisitos (Tabla 1, Anejo 1).

Tabla 1. Resultados del estudio de viabilidad según la metodología VM0033.

Además se deben cumplir también los requerimientos metodológicos de proyectos AFOLU que apliquen para la categoría del proyecto. En este caso, la categoría de referencia es la de “Conservación y Restauración de Humedales (WCR)”.

VIABILIDAD	REQUISITOS	COMENTARIOS
Condición 1	Requisitos VCS	Para restaurar el hábitat de las praderas, se planea la eliminación de los agentes perturbadores como muertos, cadenas garreando y boyas asociadas. En si, aquellos que aun estén aumentando la degradación y evitando la recuperación natural del ecosistema. Los muertos que ya estén integrados a la pradera de <i>Posidonia oceanica</i> se dejen ahí, pero sin uso. También se instalarán fondeos ecológicos para evitar la instalación de nuevos fondeos libres. Estos poseen un sistema de agarre al suelo con espiral o tornillo que genera un impacto mínimo, ya que se instalan en los claros de las praderas. El flotador intermedio impide el arrastre de las cadenas y el desplazamiento del bloque de hormigón por tirones fuertes, evitando así la pérdida mecánica de las plantas y emisiones de GEI asociadas. También se planificó un sistema de vigilancia y educación para los usuarios que están generando la degradación.
Condición 2	Requisitos VCS	Las causas de la degradación del hábitat de <i>Posidonia oceanica</i> y las correspondientes actividades para contrarrestarlas están relacionadas a los enunciados d, e y f por tanto, a, b y c no aplican. Las praderas degradadas por los fondeos libres son mas susceptibles a las especies invasoras (Tecnoambiente, 2017). Por tanto, eliminar la amenaza de perdida del hábitat evita la llegada de nuevas especies invasoras. También se evita la liberación de sedimentos de la mata muerta y por ende el aumento de la turbidez del agua. Aunque inicialmente, los esfuerzos se concentrarán en realizar actividades de restauración por retiro de agentes perturbadores del hábitat (como esta descrito en la condición N° 1), el Proyecto contempla actividades de replantación de <i>Posidonia oceanica</i> por esquejes y/o por semillas. La instalación de los fondeos ecológicos es producto de estudios y planes de manejo minuciosos de las zonas afectadas. También, su instalación es más segura y práctica que el anclaje libre, lo cual incita a los usuarios a preferir su uso cuando los encuentran disponibles. Las actividades de vigilancia y especialmente de educación de los usuarios de los barcos, también contribuye a evitar pérdidas por nueva degradación.
Condición 3	Requisitos VCS	Las actividades del Proyecto están diseñadas para que la restauración y conservación de las praderas de <i>Posidonia oceanica</i> sean compatibles con las actividades náuticas y pesqueras, que son de gran atractivo turístico y valor económico para la región. Al reemplazar los fondeos libres por el sistema ecológico en Agua Amarga y en Carboneras, se garantiza una continuidad del uso del suelo y nivel de servicios ofrecidos antes de la fecha de inicio del Proyecto. Inclusive, se podría inferir que el proyecto ayudará a asegurar la continuidad de dichos servicios, a través de la conservación del hábitat, valor paisajístico y estético del lugar.
Condición 4	NA	No hay árboles en el área del proyecto.
Condición 5	NA	No se realizarán actividades de quema dirigida de biomasa durante las actividades de este proyecto.

² Verified Carbon Standard

³ Wetlands Conservation and Restoration

⁴ Agriculture, Forestry and Other Land Uses

VIABILIDAD	REQUISITOS	COMENTARIOS
Condición 6	NA	No se reclamarán reducciones de este tipo con las actividades de este proyecto.
Condición 7	NA	No hay incendios reportados en el área del proyecto (es un área submarina).
Condición 8	Requisitos VCS	El área del proyecto está humectada en permanencia <i>Posidonia oceanica</i> es una planta submarina que vive entre 1 y 40 metros de profundidad en el litoral almeriense. Esta característica garantiza que las actividades de re-vegetación estarán cumpliendo esta condición.
Condición 9	NA	Las actividades del proyecto no califican como IFM o REDD porque el área del proyecto no tiene vegetación leñosa o forestal.
Condición 10	NA	No hay actividades de silvicultura en el área del proyecto porque no hay árboles.
Condición 11	Requisitos VCS	Las actividades del proyecto se llevan a cabo en un área submarina, por tanto no se afecta ningún nivel freático.
Condición 12	Requisitos VCS	No se planearon actividades del proyecto relacionadas con este enunciado, por tanto no se conlleva al incremento de GEI fuera del área del proyecto.
Condición 13	Requisitos VCS	Las actividades del proyecto en Agua Amarga no incluyen ningún tipo de quemas.
Condición 14	Requisitos VCS	No se planea la aplicación de este tipo de fertilizantes para las actividades de re-plantación del proyecto. Se utilizará un método para la replantación donde se asegure la exclusión del uso de fertilizantes nitrogenados.
AFOLU WCR, Condición 1	Requisitos VCS	Las actividades del proyecto se desarrollarán en total cumplimiento con la legislación nacional vigente. Dentro del <i>Plan Rector de Uso y Gestión</i> (PRUG) del Parque Cabo de Gata-Níjar (sección de actividades náuticas, numeral 3), se prohíbe fondear en áreas que alberguen comunidades de fanerógamas marinas, ni en lugares donde existan puntos fijos de fondeo. Así mismo, en el <i>Plan de Ordenamiento de los Recursos Naturales</i> (PORN) del parque, se plantea la necesidad de armonizar las actividades de conservación con actividades turísticas y económicas en la zona, aunque también se exalta la falta de instrumentos para aplicar las normas (personal de vigilancia y fondeos permanentes).
AFOLU WCR, Condición 2	Requisitos VCS	Las actividades náuticas que han degradado las praderas, se han venido realizando desde hace aproximadamente 15 años, como puede observarse en las fotografías satelitales de la zona con una simple navegación histórica sobre Google Earth. También, dentro del último PORN (sección 2.3.2.6) publicado el 5 de febrero de 2008, se describe como las actividades pesqueras tradicionales y deportivas se han venido realizando en el área del parque desde antes de su publicación. Agua Amarga es una de las principales zonas de anclaje y varado para actividades de pesca tradicional y especialmente deportiva. Aunque la instalación o anclado con boyas libres es ilegal desde el año 1994, el crecimiento de la demanda por actividades náuticas, además de la falta de un sistema de fondeo acorde con los intereses de conservación, ha generado que los usuarios con embarcaciones lleguen e improvisen fondeos libres (Consejería de Medio Ambiente de Andalucía, 2008).
AFOLU WCR, Condición 3	Requisitos VCS	El área del proyecto es submarina y no se evidencia ningún tipo de drenado en el área del proyecto.
AFOLU WCR, Condición 4	Requisitos VCS	El área del proyecto en Agua Amarga es considerada un dominio público, marino-terrestre. La Constitución Española en su artículo 132.2 establece que son bienes de dominio público estatal los que determine la ley y, en todo caso, la zona marítimo-terrestre, las playas, el mar territorial y los recursos naturales de la zona económica y de la plataforma continental. Asimismo el artículo 149.1.23 ^a establece la competencia exclusiva del Estado de la legislación básica sobre protección del medio ambiente, sin perjuicio de las facultades de las comunidades autónomas de establecer normas adicionales de protección. El área del proyecto es administrada por la Junta de Andalucía y regida por el PORN y PRUG del Parque Natural Cabo de Gata-Níjar. Esta condición garantiza la facultad del proponente del proyecto a realizar las actividades de conservación y restauración en el largo plazo.
AFOLU WCR, Condición 5	Requisitos VCS	Las praderas marinas están incluidos dentro de la definición de humedal de la Convención RAMSAR ⁵ . La clasificación RAMSAR, incluye las praderas marinas dentro de la categoría de <i>Humedales Marinos y Costeros</i> , más específicamente, dentro del numeral B denominada <i>Lechos Marinos Submareales</i> .

⁵ Se entiende por humedales: "las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros". Además, "podrán comprender sus zonas ribereñas o costeras adyacentes, así como las islas o extensiones de agua marina de una profundidad superior a los seis metros en marea baja, cuando se encuentren dentro del humedal".

1.2. Límites del Proyecto

Ámbito del proyecto

Las reservas de carbono incluidas y excluidas del ámbito del proyecto, así como las fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) consideradas para el cálculo de emisiones/remociones tanto en la línea base como en el proyecto se presentan en la tabla 2 y la tabla 3 respectivamente.

Tabla 2. Definición del límite del proyecto e identificación de las fuentes, sumideros y depósitos de GEI relevantes para el proyecto y los escenarios de referencia.

RESERVA DE CARBONO		INCLUIDA	JUSTIFICACIÓN/EXPLICACIÓN
Línea Base	Biomasa aérea arbórea	No	No hay biomasa aérea arbórea en el área del proyecto.
	Biomasa aérea no arbórea	Si	El crecimiento de <i>Posidonia oceanica</i> es lento sin embargo se incluye esta reserva de carbono.
	Biomasa subterránea	Si	Este sumidero solo representa 0.3% del carbono orgánico (Fourqurean <i>et al.</i> , 2019) y por tanto no es una porción significativa de carbono, sin embargo se cuantificara en conjunto con la biomasa aérea no arbórea.
	Hojarasca	No	La hojarasca se excluye de manera conservadora debido a la rápida descomposición de las hojas de <i>Posidonia oceanica</i> y al desplazamiento de las mismas por las corrientes de las mareas. (Fourqurean <i>et al.</i> , 2019).
	Madera muerta	No	No hay biomasa arbórea en el área del proyecto, por tanto se excluye de manera conservadora.
	Suelo	Si	El suelo es el reservorio de carbono mas importante en el hábitat de las praderas marinas (Fourqurean <i>et al.</i> , 2019) especialmente en las praderas de <i>Posidonia oceanica</i> .
	Productos de madera	No	No hay biomasa aérea arbórea en el área del proyecto.
Proyecto	Biomasa aérea arbórea	No	El escenario del proyecto no generará biomasa aérea arbórea, por tanto se excluye.
	Biomasa aérea no arbórea	Si	Las actividades del proyecto buscan evitar la pérdida de biomasa (no arbórea) por degradación mecánica y remover carbono de la atmosfera por replantación, por tanto se espera una pequeña variación de este sumidero en comparación con la línea base.
	Biomasa subterránea	Si	Este sumidero solo representa 0.3% del carbono orgánico (Fourqurean <i>et al.</i> , 2019) y por tanto no es una porción significativa de carbono, sin embargo se cuantificará en conjunto con la biomasa aérea no arbórea.
	Hojarasca	No	La hojarasca se excluye de manera conservadora, porque las hojas de <i>Posidonia oceanica</i> se descomponen muy rápidamente o son desplazadas por las corrientes de las mareas (Fourqurean <i>et al.</i> , 2019).
	Madera muerta	No	No hay biomasa arbórea en el área del proyecto y las actividades del mismo no alteraran este sumidero, por tanto se excluye.
	Suelo	Si	Se incluye, se espera que las actividades del proyecto eviten la pérdida de GEI de este sumidero en relación con la línea base.

Tabla 3. Fuentes de Emisión.

FUENTE DE EMISIÓN		GAS	INCLUIDO	JUSTIFICACIÓN/EXPLICACIÓN
Línea Base	Producción de CH ₄ por microbios	CH ₄	No	En general, las actividades que implican la re-humectación de áreas con sistemas de agua dulce drenados son mas susceptibles de generar incrementos de metano. (Fourqurean <i>et al.</i> , 2019). Por tanto, este gas no se incluye porque no se realizarán actividades de este tipo en el proyecto de Agua Amarga.
	Nitrificación/Denitrificación	N ₂ O	No	Las emisiones de N ₂ O son generalmente insignificantes, excepto que el ecosistema esté expuesto a una fuente de nitratos, como la escorrentía de fertilizantes (Fourqurean <i>et al.</i> , 2019), lo cual no es el caso del proyecto de Agua Amarga. Los proyectos de restauración de praderas marinas no requieren contabilidad de emisiones de N ₂ O (Restore Americas Estuaries y Silvestrum, 2015).
	Quema de biomasa y suelo orgánico	CO ₂	No	La quema de biomasa y suelo orgánico no es una práctica común dentro del ámbito del proyecto ya que es una zona submarina.
		CH ₄	No	
		N ₂ O	No	
	Quema de combustibles fósiles	CO ₂	No	La quema de combustibles fósiles no es una práctica común dentro del ámbito del proyecto.
		CH ₄	No	
		N ₂ O	No	
Proyecto	Producción de CH ₄ por microbios	CH ₄	No	En general, las actividades que implican la re-humectación de áreas con sistemas de agua dulce drenados son mas susceptibles de generar incrementos de metano. (Fourqurean <i>et al.</i> , 2019). Por tanto, este gas no se incluye porque no se realizarán actividades de este tipo en el proyecto Agua Amarga. La producción de CH ₄ guarda relación directa con la salinidad (Poffenbarger, Needelman y Megonigal, 2011). Para sistemas con niveles de salinidad por encima de 18 ppt se puede suponer un valor de cero para las emisiones de CH ₄ . Por tanto, siendo el área del proyecto, un área marina, el nivel de salinidad está por encima de 30 ppt, y se asumirá un valor de cero para el CH ₄ .
	Nitrificación/Denitrificación	N ₂ O	No	Las emisiones de N ₂ O son generalmente insignificantes, excepto que el ecosistema esté expuesto a una fuente de nitratos, como la escorrentía de fertilizantes (Fourqurean <i>et al.</i> , 2019). Agua Amarga no esta expuesto a este tipo de contaminantes, por tanto se excluye. Los proyectos de restauración de praderas marinas no requieren contabilidad de emisiones de N ₂ O (Restore Americas Estuaries y Silvestrum, 2015). Además, en las actividades de replantación se plantea específicamente evitar el uso de fertilizantes que puedan afectar este sumidero.
	Quema de biomasa y suelo orgánico	CO ₂	No	No se contempla la quema de biomasa y suelo orgánico durante las actividades del Proyecto.
		CH ₄	No	
		N ₂ O	No	
	Quema de combustibles fósiles	CO ₂	No	La quema de combustibles fósiles durante el transporte y maquinaria para las actividades del proyecto puede ser considerado <i>de minimis</i> . El retiro de muertos y la instalación de fondeos ecológicos son actividades que se realizan una sola vez al principio del proyecto. El mantenimiento se realiza en dos o tres días con mínimo uso de combustible.
		CH ₄	No	
		N ₂ O	No	

Exclusión del Oxido Nitroso y Metano

Para las estimaciones de carbono del proyecto de Agua Amarga se han excluido 2 gases que contempla la metodología para el sumidero del suelo; oxido nitroso (N_2O) y metano (CH_4). Las emisiones provenientes de estas fuentes tienen fuerte relación con el nivel de salinidad y se consideran despreciables. Especialmente en el caso del metano, este puede excluirse si el nivel de salinidad es mayor a 18 ppt. Para el área del proyecto, la salinidad es de aproximadamente 37 ppt.

El óxido nitroso es más dependiente de fuentes de fertilizantes nitrogenados y ya que según los responsables del parque, en el área del proyecto no se usan (ni se usarán estos fertilizantes) también se ha excluido este gas de los cálculos.



© M.OTERO / IUCN

Límite temporal del proyecto

El límite temporal del proyecto coincide con el periodo para el cual el proyecto es elegible para reclamar reducciones de emisiones por restauración. Este periodo se fija a través del “Soil organic carbon Depletion Time” (SDT), el cual se calcula como:

$$t_{SDT-BSL,i} = C_{i,t0} / Rate_{Closs-BSL,i}$$

Donde:

- $t_{SDT-BSL,i}$ = SDT en el escenario base del estrato i (en años desde la fecha de puesta en marcha del proyecto)
- $C_{i,t0}$ = Contenido promedio de carbono en el suelo mineral del estrato i a la fecha de puesta en marcha del proyecto (tCO_2/ha)
- $Rate_{Closs-BSL,i}$ = Ratio de emisiones de carbono por oxidación del escenario base para el estrato i ($tCO_2/ha-año$)
- i = 1, 2, 3 ... M_{BSL} estratos en definidos para el escenario base

1.3. Determinación de la línea base y adicionalidad

La selección de la línea base se realizó siguiendo las indicaciones de la herramienta “*Herramienta combinada para identificar el escenario de la línea y demostrar adicionalidad en las actividades del proyecto CDM –Combined tool to identify the baseline scenario and demonstrate additionality in A/R CDM Project activities–*”. Los pasos 0 y el sub-paso 2b fueron ignorados, siguiendo los lineamientos de la metodología VM0033.

No se tuvieron en cuenta las condiciones de aplicabilidad de esta herramienta porque están relacionadas con actividades de forestación y reforestación (A/R).

1.4. Selección de la línea base

A continuación se presentan los pasos para seleccionar la línea base según esta herramienta:



© ANDREA MUSCATELLO / DREAMSTIME

Paso 1. Selección de escenarios

Aquí se plantean una serie de escenarios alternativos a la actividad de proyecto VCS aquí propuesta.

Escenario 1

Continuación del uso del suelo previo al proyecto, es decir el área del proyecto continuará con usos náuticos y de pesca deportiva donde se instalan ilegalmente fondeos libres y muertos que seguirán degradando las praderas de *Posidonia oceanica* y por tanto generando emisiones de GEI.

Escenario 2

Revegetación de las áreas degradadas del proyecto (o parte de ellas) sin aplicar a proyecto de carbono con el VCS.

Escenario 3

Restauración natural de las áreas degradadas. Todos los escenarios propuestos están dentro del marco legal vigente.

Paso 2. Análisis de barreras

Este paso sirve para identificar barreras realistas y creíbles de los escenarios alternativos al proyecto VCS planteado. No deben ser específicas para los participantes del proyecto, sino que deben aplicarse a la actividad de proyecto propuesta. Estas barreras pueden ser de inversión (excepto retornos financieros insuficientes), tecnológicas, institucionales y otros como puede observarse en la breve descripción incluida aquí debajo. La Tabla 4 resume los resultados de este análisis.

Tabla 4. Barreras identificadas en Agua Amarga

	ESCENARIO 1 Continuación del uso del suelo previo al proyecto	ESCENARIO 2 Revegetación de áreas degradadas sin proyecto VCS	ESCENARIO 3 Regeneración natural
Inversión		●	
Institucionales		●	●
Tecnológicas		●	
Tradiciones locales		●	
Prácticas habituales			
Condiciones ecológicas		●	●
Condiciones sociales			
Propiedad de la tierra			

Escenario 1: Continuación del uso del suelo previo al proyecto (*Statu Quo*)

Conciliar el desarrollo económico y la sostenibilidad de los recursos naturales continúa siendo un desafío, como se puede comprobar en Agua Amarga, donde la economía local reposa en gran medida en las actividades pesqueras, turísticas y náuticas, que desde hace aproximadamente 15 años se vienen incrementando. La presión y malas prácticas de algunas de estas actividades son las que han generado la dinámica de degradación de las praderas de *Posidonia oceanica* de la zona.

Posidonia oceanica se encuentra altamente protegida por leyes nacionales, regulaciones y diferentes acuerdos nacionales e internacionales. Por tanto, el PRUG del parque prohíbe el fondeo libre, específicamente sobre fanerógamas marinas (numeral 4.2.8 sobre uso público, educación ambiental y actividades turísticas). No obstante, existe una limitación en la aplicación de la legislación para impedir los fondeos libres. Esto se da porque no hay presupuesto ni regional ni nacional para realizar el manejo requerido, el cual requiere control, vigilancia y alternativas como fondeos ecológicos. Estas actividades de manejo tienen altos costes tanto iniciales como de mantenimiento a largo plazo. Este problema de fondeos libres afecta muchas áreas, no solo Agua Amarga, y está bien documentado. Numerosos organismos de gestión de áreas marinas protegidas (AMP) o administraciones locales carecen de recursos para hacer cumplir sus regulaciones de anclaje (Milazzo *et al.*, 2004).

Es por todo lo anterior, que sin los fondos alternos como los del mercado de carbono, no se podrían implementar las actividades necesarias para conservar las fanerógamas en Agua Amarga. Es decir, de momento no existe ninguna barrera para evitar el actual escenario, donde la dinámica de degradación aumenta la pérdida de praderas de *Posidonia oceanica* cada año.

Escenario 2: Revegetación de áreas degradadas sin proyecto VCS

En los últimos años se han realizado nuevos esfuerzos en la replantación de praderas marinas de *Posidonia oceanica* algunos de ellos con resultados prometedores aunque sin asegurar la garantía a largo plazo (más allá de los 5 años)⁶. Se conocen indicios de los costes de revegetación (especialmente más elevados por ser un medio marino) y existen publicaciones de algunos métodos, el porcentaje de supervivencia de tales esfuerzos y el costo (alrededor del 90% con esquejes en primeros años)⁶. Un ejemplo de los costes se encuentra en el estudio reciente realizado por el la RED Eléctrica Española (REE), que demuestra que en el caso de plantar 10.000 m²/ campaña, el coste total sería 158.720,00€ para revegetación por fragmentos o esquejes y de 104.576,00€ para revegetación con semillas de *Posidonia oceanica*. (Los costes incluyen materiales, recursos humanos, recursos técnicos y logística asociada (REE, 2018). Las plantas de *Posidonia oceanica* tienen un crecimiento lento, los rizomas crecen solamente entre 1-6 cm por año (Marba *et al.*, 1996). Esto dificulta otras posibilidades de inversión además de requerir en la inversión la ayuda de personal profesional que guíe la implementación de las acciones.

También, la idea actual, desde lo público, es promover que las empresas sean más responsables y que participen en la protección del medio ambiente en conjunto con las administraciones locales. Las barreras institucionales incluyen:

- a) la falta de presupuesto y generación de restricciones que pueden complicar la administración de la zona;
- b) la necesidad de coordinar las diferentes administraciones implicadas en la materia y las posibles restricciones derivadas de ellas y
- c) el desconocimiento de este tipo de proyectos ya que no hay ni cultura ni precedente.

En muchas ocasiones no es evidente para los usuarios de las embarcaciones (e.g. pescadores recreativos o turistas) que existen comunidades de plantas que son vulnerables al uso de anclas o muertos, como es el caso en Agua Amarga. Por tanto, así si se revegetara la zona, se correría el riesgo de que el daño a las praderas de *Posidonia oceanica* continúe aumentando.

El hábitat se encuentra ocupado y degradado por un campo de muertos y fondeos libres en donde se genera cada vez más degradación. Esto impediría la instalación de una revegetación, ya que se correría el riesgo de perder el esfuerzo a causa de los nuevos muertos o fondeos arrojados que podrían remover las áreas replantadas. Es por este motivo que se prevén varias acciones de implementación en el escenario con proyecto para evitar daños adicionales y de ahí considerar una revegetación.



© M. OTERO / IUCN

⁶ 2017-21: Restauración de pradera de *Posidonia oceanica*. Bosque Marino de Red Eléctrica

Escenario 3: Regeneración natural

Aunque las áreas de *Posidonia oceanica* se encuentran altamente protegidas por diferentes regulaciones y leyes, existe la necesidad de ampliar o crear algunas para impedir los fondeos libres, sin solucionar este problema, es poco probable que un proceso de regeneración natural pueda suceder con éxito.

La dinámica actual impediría un proceso de regeneración natural porque se continuaría arrojando nuevos muertos o se arrastrarían las cadenas de las boyas. Aunque *Posidonia oceanica* es una especie que logra inclusive colonizar los muertos de hormigón como se ha observado en algunas localidades, la liberación de la presión sobre el hábitat de la pradera es necesaria para cualquier proceso exitoso de regeneración natural.

Con ello se concluye que el escenario de la línea base es el 1, donde se continuarán las actividades como hasta la fecha, con usuarios de actividades náuticas instalando fondeos libres indiscriminadamente, que continuarán generando la degradación de la pradera de *Posidonia oceanica*.

1.5. Descripción de la línea base

Como ya se había mencionado anteriormente, en Agua Amarga la economía local reposa en gran medida en las actividades pesqueras, turísticas y náuticas. Desde hace aproximadamente quince años se viene incrementando en la zona el número de fondeos libres usados por embarcaciones pequeñas (4-9 m de eslora) que siempre tienden a situarse en la misma área de la playa de Agua Amarga, como puede observarse en las siguientes imágenes:



En las imágenes 1A de 2004 y 1B de 2018, pueden observarse las embarcaciones (puntos en blanco dentro de la línea roja) que fondean y generan la degradación de las praderas marinas en Agua Amarga. Nótese que siempre tienden a fondear en la misma área, hacia el costado derecho. (Fuente de las imágenes satelitales: Google Earth; Fuente del área de Fondeos: equipo del Life Blue Natura, 2019).

Éstas actividades náuticas son las que han generado la dinámica de degradación de las praderas de *Posidonia oceanica* en la localidad. Aunque el PRUG del parque prohíbe el fondeo libre sobre las praderas marinas de *Posidonia oceanica* (numeral 4.2.8 sobre uso público, educación ambiental y actividades turísticas) hasta la fecha el problema se sigue presentado y el daño a las praderas se incrementa.

Entonces, en Agua Amarga, el escenario de la línea base evoluciona de tal forma que las zonas de *Posidonia oceanica* degradadas aumentan en detrimento de las zonas sanas (debido a la instalación de fondeos libres), por tanto, el modelo reposa sobre el cambio de las áreas en cada estrato. Una explicación más amplia y detallada de cómo se genera y expande la degradación en la línea base puede verse en la sección 1.6.2.

Pradera de *Posidonia oceanica* degradada (área en colores más claros) por fondeo libre con muerto de hormigón y cadena de arrastre. Imagen tomada en abril de 2016 en Agua Amarga, Parque Natural Cabo de Gata-Níjar, Almería. (Fuente: Lampreave y Barrajón, 2016).



1.6. Estimación de las emisiones y reducciones de GEI en la línea base

1.6.1. Metodología

Cuantificación de reducciones y remociones de emisiones de GEI en la línea base

Las emisiones de GEI (GHG) en el escenario de referencia (línea base) se atribuyen a los cambios en las reservas de carbono en los depósitos de carbono de la biomasa, los procesos del suelo o una combinación de estos. Además, donde sea relevante, las emisiones del uso de combustibles fósiles pueden cuantificarse. Las emisiones en el escenario de referencia se estiman como:



$$GEI_{base} = GEI_{base-biomasa} + GEI_{base-suelo} + GEI_{base-combustibles}$$

Donde:

- GEI_{base} = Emisiones netas de CO₂e de la situación de base hasta el año t , en tCO₂e
- $GEI_{base-biomasa}$ = Emisiones netas de CO₂e de los reservorios de biomasa de carbono en la situación de base hasta el año t , tCO₂e (*)
- $GEI_{base-suelo}$ = Emisiones netas de CO₂e de las reservas de carbono de los suelos orgánicos en la situación de base hasta el año t , tCO₂e (**)
- $GEI_{base-combustibles}$ = Emisiones netas de CO₂e procedentes del uso de combustibles fósiles en la situación de base hasta el año t , tCO₂e

(*): Hace referencia a los cambios en los reservorios de carbono almacenados en la biomasa viva de plantas entre el momento actual (t) y un momento pasado (por ejemplo, $t = 2020$ y 2010).

(**): Hace referencia a los cambios en los reservorios de carbono almacenados en el suelo entre el momento actual (t) y un momento pasado. Si el cambio es negativo, el fenómeno se denomina «captura».

Cambio neto en las existencias de carbono en sumidero de carbono de biomasa en el escenario de la línea base

El cambio neto de existencias de carbono en los depósitos de carbono de la biomasa en el escenario de referencia se estima como sigue:

$$\Delta C_{BSL-biomass,i,t} = \Delta C_{BSL-tree/shrub,i,t} + \Delta C_{BSL-herb,i,t}$$

Donde:

- $\Delta C_{BSL-biomass,i,t}$ = Cambios netos de carbono almacenado en el sumidero de la biomasa, escenario de referencia en el estrato i, año t; t C yr⁻¹
- $\Delta C_{BSL-tree/shrub,i,t}$ = Cambios netos de carbono almacenado en los árboles y arbustos, en el escenario de referencia en el estrato i, año t; t C yr⁻¹. **Para estos cálculos, esta variable es igual a cero porque no hay ni árboles ni arbustos en la zona del proyecto.*
- $\Delta C_{BSL-herb,i,t}$ = Cambio neto de las reservas de carbono en las reservas de carbono de hierbas en el escenario de referencia en el estrato i en el año t; t C año⁻¹
- i** = 1, 2, 3 ... M_{BSL} estrato en el escenario de la línea base
- t** = 1, 2, 3 ... t* años transcurridos desde la fecha de inicio del proyecto

Extracción de un core en una pradera marina de Andalucía. CSIC-Life Blue Natura.



Cambio neto en las existencias de carbono en el sumidero de la biomasa de la vegetación herbácea

El cambio neto de existencias de carbono en la vegetación herbácea en el escenario de referencia se estima utilizando un enfoque de cambio de existencias de carbono de la siguiente manera:

$$\Delta C_{BSL-biomass,i,t} = (C_{BSL-herb,i,t} - C_{BSL-herb,i,(t-T)}) / T$$

Donde:

- $\Delta C_{BSL-biomass,i,t}$ = Cambios netos de carbono almacenado en el sumidero de la biomasa, escenario de referencia en el estrato i, año t; t C yr⁻¹
- $C_{BSL-herb,i,t}$ = Existencias de carbono en la vegetación herbácea en el escenario de referencia en el estrato i en el año t; t
- i** = 1, 2, 3 ... M_{BSL} estrato en el escenario de la línea base
- t** = 1, 2, 3 ... t* años transcurridos desde la fecha de inicio del proyecto
- T** = Tiempo transcurrido entre dos estimaciones sucesivas (T = t2 - t1)

La metodología utilizada propone varias formas de calcular las emisiones de la biomasa. Para las estimaciones de este proyecto se utilizó un proxy que consiste en hacer la diferencia entre el stock de carbono en el tiempo t y el stock en t⁻¹ (cambio de existencias de carbono). Para los datos de contenido de la biomasa aérea y subterránea utilizados se ha utilizado el default factor que sugiere la metodología que es de 3 t C/ha.

Las emisiones de CO₂ de la biomasa se obtuvieron multiplicando el área de cada estrato por este factor. De acuerdo a la metodología, solo en el año 1 se puede tener la primera estimación de CO₂ emitido de la biomasa tanto en el escenario base como el del proyecto. Aunque el aporte al modelo de carbono de la biomasa es ínfimo, se contabilizó en este estudio, pero se sugiere obviar este sumidero a futuro para el proyecto a gran escala en Andalucía.

La metodología sugiere utilizar técnicas de campo para realizar las observaciones de cobertura. Sin embargo, de la información disponible para este estudio, solo se ha logrado intuir el estado de la cobertura de cada estrato del área del proyecto, realizando una inspección visual de las fotografías submarinas contenidas en el informe de campos de boyas (Lampreave y Barrajón, 2016). Luego, y según estas observaciones para ésta estimación se asumió que los estratos sanos de *Posidonia oceanica* tenían una cobertura del 100 % y los estratos degradados no tenían cobertura.

Emisiones netas de GEI del suelo en el escenario de la línea base

Las emisiones de la situación de base se estiman de la siguiente manera:

$$GEI_{\text{base-suelo},i,t} = A_{i,t} \times (GEI_{\text{base-suelo-CO}_2,i,t} - \text{Deduction}_{\text{alloch}} + GEI_{\text{base-suelo-CH}_4,i,t} + GEI_{\text{base-suelo-N}_2\text{O},i,t})$$

Para suelos orgánicos $t > t_{\text{PDT-base},i}$

$$GEI_{\text{base-suelo},i,t} = 0$$

Para suelos minerales donde $t > t_{\text{SDT-base},i}$

$$GEI_{\text{base-suelo},i,t} = 0$$

Donde:

$GEI_{\text{base-suelo},i,t}$ = Emisiones de GEI del sumidero de carbono orgánico del suelo, en el escenario de referencia en el estrato i , año t ; $t\text{CO}_2\text{e año}^{-1}$

$GEI_{\text{base-suelo-CO}_2,i,t}$ = Emisiones de CO_2 del carbono orgánico del suelo en el escenario de referencia en el estrato i , año t ; $t\text{CO}_2\text{e ha}^{-1}\text{ año}^{-1}$

$\text{Deduction}_{\text{alloch}}$ = Deducción de las emisiones de CO_2e del sumidero del carbono orgánico del suelo para tener en cuenta el porcentaje de carbono derivado del carbono orgánico alóctono del suelo; $t\text{CO}_2\text{e ha}^{-1}\text{ año}^{-1}$

$GEI_{\text{base-suelo-CH}_4,i,t}$ = Emisiones de CH_4e del sumidero de carbono orgánico del suelo en el escenario de referencia en el estrato i en el año t ; $t\text{CO}_2\text{e ha}^{-1}\text{ año}^{-1}$

$GEI_{\text{base-suelo-N}_2\text{O},i,t}$ = Emisiones de N_2O del sumidero de carbono orgánico del suelo en el escenario de referencia en el estrato i , año t ; $t\text{C año}^{-1}$

$A_{i,t}$ = Área del estrato i en el año t ; ha

$t > t_{\text{PDT-base},i}$ = Tiempo de agotamiento de la turba en el escenario de referencia en el estrato i y en los años transcurridos desde la fecha de inicio del proyecto; año * esta condición no aplica porque no hay turba en la zona del proyecto

$t > t_{\text{SDT-base},i}$ = Tiempo de agotamiento del carbono orgánico en el escenario de referencia en el estrato i y en los años transcurridos desde la fecha de inicio del proyecto; año

i = 1, 2, 3 ... M_{base} estrato en el escenario de la línea base

t = 1, 2, 3 ... t^* años transcurridos desde la fecha de inicio del proyecto

1.6.2. Datos de CO₂ usados para el cálculo de emisiones de GEI en el escenario de la línea base

Los datos de base utilizados para estos cálculos de las emisiones de CO₂ del suelo, son producto de observaciones realizadas por el proyecto Life Blue Natura (Mateo *et al.* 2019).

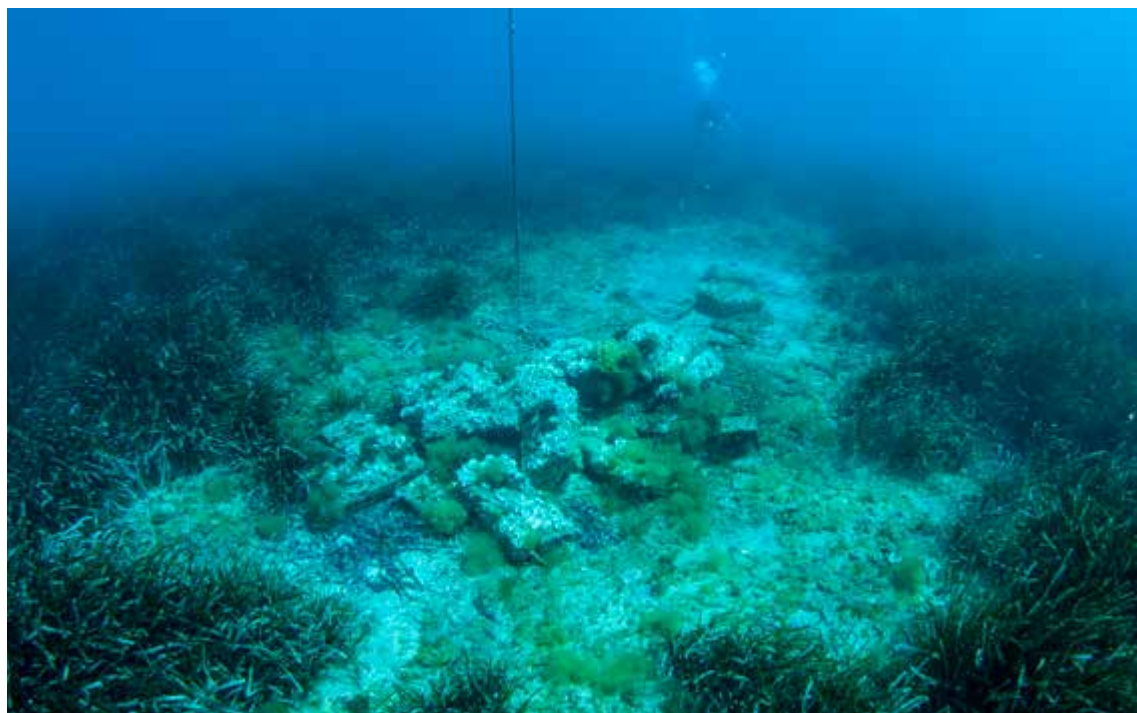
Los datos de contenido de carbono en el suelo se recolectaron usando cores de 1 m de largo a tres diferentes profundidades (4,8 m; 10,8 m y 18 m), todos en áreas sanas de *Posidonia oceanica* en el área de Agua Amarga. Este estudio midió no solo el contenido de carbono a cada una de las profundidades, sino también los flujos de CO₂ durante los últimos 100 años usando la técnica de datación por plomo (²¹⁰Pb) y radiocarbono (¹⁴C).

Estos datos fueron usados como factores de emisión de CO₂ aplicado al correspondiente estrato cada año para obtener la masa de CO₂ emitida por año y por el estrato en cuestión. Por ende, este cálculo del suelo difiere levemente del método usado para estimar la biomasa (la cual utiliza el método de diferencia de existencias de un año al otro con el factor por defecto que da la metodología). Para el sumidero del suelo pueden obtenerse datos desde tiempo cero (t_0) a diferencia de la biomasa donde puede obtenerse un resultado de CO₂ solo desde el año 1.

Estimación del tamaño de las áreas degradadas

Este dato es una estimación realizada por el equipo de estudio de campo de boyas del parque Cabo de Gata-Níjar (Lampreave y Barraón, 2016). De acuerdo a estas observaciones en terreno, el daño medio de cada fondeo libre producido únicamente por la cadena (excluyendo la superficie afectada por el propio muerto en sí) es muy variable, pero estaría entre 12 y 20 m² aproximadamente. Para este estudio se utilizó un valor promedio de este daño 16 m² más 1 m² de área ocupada por el muerto, para un total de 17 m² de área degradada por punto de fondeo registrado.

Visual de la superficie afectada por el fondeo libre sobre las praderas marinas en la zona del proyecto en Agua Amarga, Cabo de Gata.



La variabilidad se presenta porque los usuarios van arrojando muertos de acuerdo a sus necesidades. Los usuarios usan cualquier tipo de muerto, que puede estar fabricado con dimensiones variables, aunque en la zona son pequeños y relativo al tamaño de las embarcaciones (generalmente pequeñas). Evidentemente no existe un estándar de durabilidad ni para el muerto, las cadenas o grilletes. Cuando se rompe la cadena, simplemente sumergen un nuevo muerto en lugar de buscar o reutilizar el muerto que ya estaba en el fondo.

También se presenta el caso, que en un mismo punto de fondeo se arrojan varios muertos para prevenir posibles desplazamientos de las embarcaciones, y de éstos habría que cuantificar únicamente el daño causado por la superficie del propio muerto. Sin embargo, no se tiene el dato exacto de cuantos son solo muertos, ya que se han instalado nuevos puntos desde el último estudio de campo de boyas en 2016. Estos números varían constantemente, especialmente en la época estival.

Número de fondeos libres o puntos donde se ha generado pérdida de área de pradera

A la fecha no existe un programa que realice una valoración cuantitativa y metódica de fondeos libres o de muertos abandonados en el área del proyecto por los gestores. Durante el estudio de campo de boyas de 2016, se identificaron 136 puntos de amarre en la playa de Agua Amarga, la mayoría en el área de profundidad somera (113) y unos pocos en la profundidad intermedia (18). Además, existen muchos muertos “abandonados” sin boya en superficie. Solo algunos de estos muertos tienen boyarín a media agua para facilitar la localización. Una vez que se pierde la boya en superficie, antes de buscar el muerto para volver a utilizarlo, se arroja un nuevo muerto al fondo con una nueva boya, de forma que el número de muertos es más elevado que el de boyas, lo que afecta considerablemente a la pradera.

Para localizar los límites de profundidad se utilizaron datos de batimetrías publicados en la Red de Información Ambiental de Andalucía. Para las áreas degradadas (factor determinante de las emisiones de éste modelo) se utilizaron los datos geográficos de los fondeos libres localizados en terreno durante el estudio campo de boyas (Lampreave y Barrajón, 2016). Se utilizó el software QGIS 3.4.6 Madeira para tratar los datos geográficos. Después con estos datos se realizó el conteo de puntos con daño en cada estrato para luego multiplicarlo por el tamaño aproximado del área degradada (17 m²). Las áreas sanas son resultado de medir el área en hectáreas del proyecto en cada estrato y descontar las áreas degradadas igualmente de cada estrato. Las áreas con *Posidonia oceanica* son del mapa de fanerógamas marinas en la bahía de Agua Amarga de la Junta de Andalucía.

Tabla 5. Número de fondeos observados en el tiempo con monitoreo no-exhaustivo.

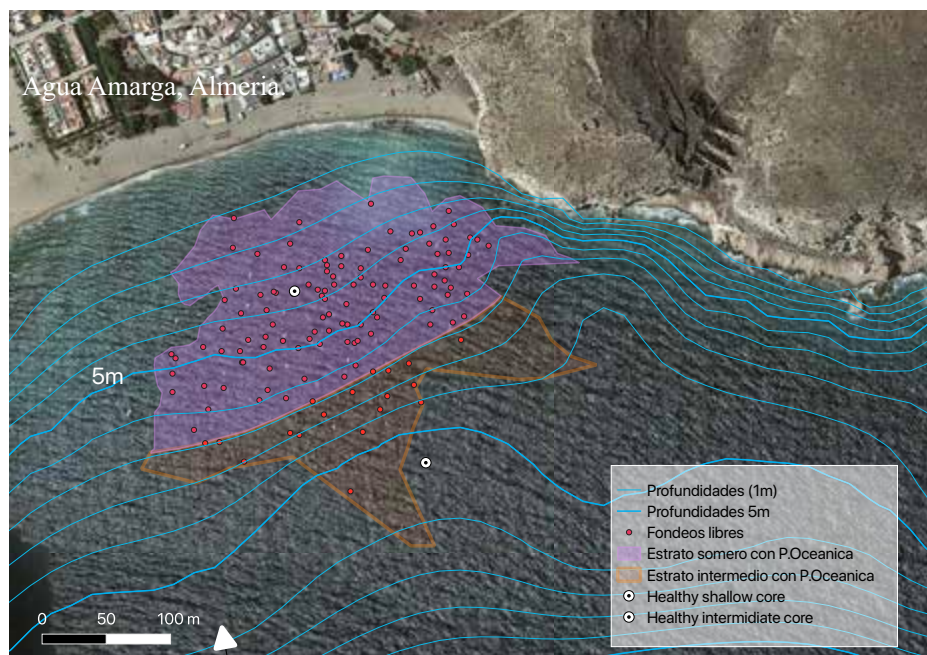
Fuente: Datos suministrados por agentes públicos de la zona

Año	Nº de Fondeos
2011	85
2012	100
2013	90
2014	105
2015	102
2016	90
2017	101
2018	105
Promedio	97

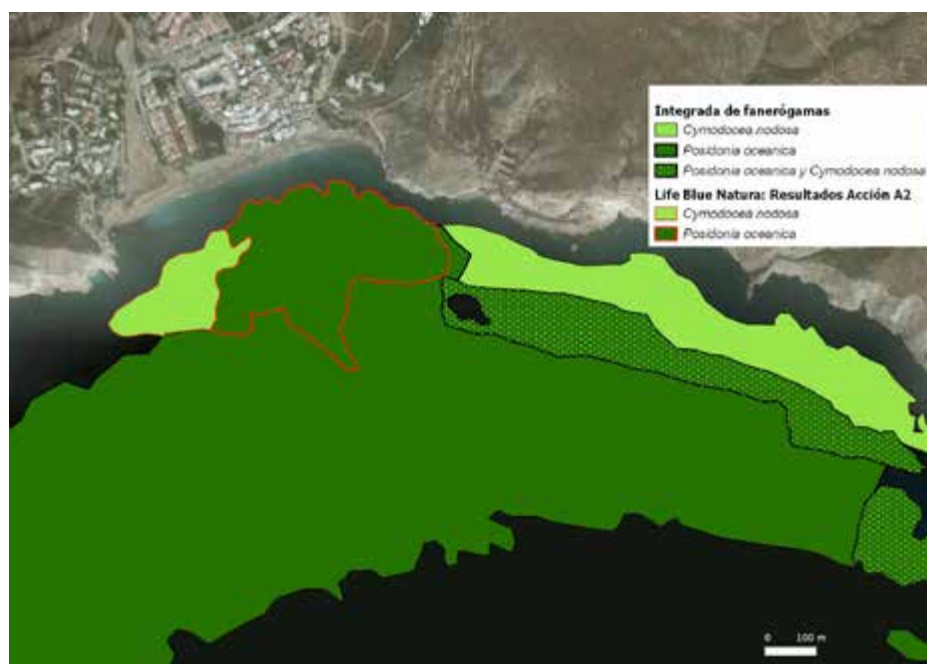
Los datos de esta tabla indican:

- Que el daño no se estaría expandiendo fuera del área ya bien identificada donde siempre se sitúan los barcos.
- Aunque el número de fondeos es relativamente estable (alrededor de 100), el daño o degradación aumenta cada vez que se lanza un nuevo muerto sobre una pradera sana y parece que aumentará por lo menos hasta el límite que se observa las imágenes donde se ve el área donde siempre fondean los barcos y que constituiría en este caso los límites de área del proyecto.

Mapa 2. Área del proyecto en Agua Amarga. Para localizar los límites de profundidad se utilizaron datos de batimetrías publicados en la Red de Información Ambiental de Andalucía. Las áreas sanas son resultado de medir el área en hectáreas del proyecto en cada estrato y descontar las áreas degradadas igualmente de cada estrato.



Mapa 3. Mapa de praderas marinas mixtas o mono-específicas (*Posidonia oceanica* y *Cymodocea nodosa*) en Agua Amarga. Fuente: Rediam (Red de Información Ambiental de Andalucía) y Resultados Acción A2. Life Blue Natura.



1.6.3. Definición de los estratos de la línea base

Los estratos se definieron teniendo en cuenta la cobertura del suelo, en este caso áreas con cobertura de praderas *Posidonia oceanica* sanas y degradadas. Como el contenido de carbono en las zonas de praderas marinas puede ser muy variable con la profundidad (Fourqurean *et al.*, 2019), esta variable también se consideró para la definición de los estratos.

Los límites de profundidad de las praderas marinas de Agua Amarga (sugeridas por los expertos del estudio de flujos de carbono en Andalucía) se definieron de la siguiente manera:

- El área somera que presenta la mayor concentración de CO_2 (4530,6 $\text{tCO}_2\text{e/ha}$) está entre 1 y 6,9 m. Así mismo, esta zona es la más afectada por los fondeos libres (113 puntos registrados).
- El área de profundidad intermedia que tiene un stock de CO_2 muy inferior al somero (336,4 $\text{tCO}_2\text{e/ha}$) se localiza entre los 7 y 15 m de profundidad. Aunque esta franja presenta un contenido de carbono inferior al somero está incluida dentro de los cálculos, porque también se encuentra afectada por los fondeos libres (18 puntos registrados), es decir tiene dinámica de degradación y puede generar bonos, aunque en menor proporción ya que no hay tantos puntos de degradación.
- Las áreas más profundas (> 15 m) se excluyeron completamente del análisis ya que no se observaron ningún punto de fondeo por tanto no habría pérdida de áreas degradadas y la subsecuente generación de emisiones o bonos de carbono.

Estimación de la erosión de la mata

De las observaciones de los biólogos marinos en la zona, solo se obtuvo un indicativo, por ejemplo, se sabe que las áreas degradadas tienen “mata muerta” y la erosión de la misma es aún muy pequeña, mas no se tiene un valor exacto de cuanta mata podría haberse erosionado por el arrastre de la cadena, porque no se realizaron mediciones como tal, es decir no se tomó una muestra con un núcleo o core en las áreas degradadas de Agua Amarga. No obstante, esta medición es clave para determinar la cantidad emisiones de GEI reducidas ya que es en la mata de posidonia donde se encuentra almacenado la mayor acumulación del carbono.

Tabla 6. Modelo lineal de porcentaje de stocks remanente de *Posidonia oceanica* a través de los años.

t (años)	% de stock de CO_2 remanente en mata de <i>Posidonia oceanica</i>
10	89%
20	76%
30	63%
40	50%
50	37%
60	24%
70	11%

Por tanto, para este estudio de viabilidad, se derivó un valor de emisión usando los datos de CO_2 de las áreas sanas y las indicaciones del estudio *Carbon Stocks And Fluxes Associated to Andalusian Seagrass meadows*, donde se sugiere el uso del modelo lineal de porcentaje de stocks remanente de *Posidonia oceanica* a través de los años (tabla 6). Según este modelo, en la mata muerta se pierde alrededor de 11% durante 10 años y 24% durante 20 años (Mateo *et al.*, 2019) por tracción mecánica.

Por ende, en los aproximadamente 15 años de uso masivo de fondeos libres, el modelo lineal indica que el porcentaje de stock perdido en este caso sería de 17,5%. Este valor fue generado para los estratos degradados (2 y 4) donde 0,11666 es la proporción anual de CO_2 liberado de la mata muerta y 4530.6 es la reserva de CO_2e a 1 m en el estrato somero.

Sin hacer unas mediciones con los cores (recomendada por la metodología) en las áreas con erosión mecánica, y saber cuanto se emite en realidad por año, no se pueden producir resultados totalmente concluyentes sobre la cantidad de bonos producidos por el proyecto y por ende estos resultados de producción de bonos deben ser considerados como una aproximación, ya que el modelo linear de porcentaje de stocks remanente de *Posidonia oceanica* está generado para mata muerta pero sin erosión mecánica y es posible que la erosión mecánica genere más bonos pero no se tiene una medición o indicación de cuanto podría ser.

Tasa de pérdida de área

En la línea base se hace la hipótesis de que los daños observados tienen una tasa anual de pérdida de área idéntica a la tasa promedio observada durante los últimos 15 años. Este dato es una aproximación ya que no se disponía de una fuente más certera, es decir acceso a las imágenes satelitales de alta resolución para poder observar la evolución. En el caso de Agua Amarga, la evolución de la degradación sucede en una misma área, ya bien identificada y no hay indicios de que el daño pueda propagarse a las zonas más profundas o hacia las áreas laterales del litoral donde se encuentran las praderas.



2. ESCENARIO DEL PROYECTO

2.1. Descripción del escenario con proyecto

En el escenario con proyecto, la degradación de las áreas sanas no tiene evolución gracias a las actividades implementadas. Además, se considera una replantación en el tiempo 1 (t_1) en las áreas degradadas. Por tanto, la cuantificación de GEI se ha desarrollado basado en este cambio de dinámicas que es el que genera el diferencial en los resultados entre la línea base y el proyecto. A continuación, se presenta una breve descripción de las actividades de implementación en el escenario con proyecto.



Retirada de muertos de fondeo

La retirada de muertos consiste en extraer los fondeos libres de hormigón que están generando el daño a las praderas. Para Agua Amarga se han estimado 5 jornadas de trabajo para retirar los muertos y/o boyas que estén sobre las praderas de *Posidonia oceanica*, considerando que aquellos muertos que se encuentren completamente integrados en mata de *Posidonia oceanica* se dejarían, pero sin uso. Esta acción de 5 jornadas de trabajo sería implementada solo el primer año (es decir en el t_0 del presupuesto).



Instalación de fondeos ecológicos

El fondeo ecológico consta de dos partes bien diferenciadas, una primera fijada al fondo (el sistema de anclaje o fijación) y una segunda formada por varios elementos, que va desde la parte fijada al fondo hasta la superficie llamada tren de fondeo que consta de grillete, cadena y boyas (intermedia y superficial). La instalación de la parte fijada al fondo se realiza normalmente en los claros de la pradera.

El número de fondeos ecológicos reflejará la capacidad de la zona y el ordenamiento del parque, pero también garantizará que no se añadan nuevos fondeos libres en otras áreas para que no haya impacto de embarcaciones en otros sitios. El número de fondeos ecológicos que se ha estimado para esta primera fase de trabajos es de 50. Esta propuesta se irá implementando durante los próximos años, considerando la planificación del Parque Natural y alineando objetivos con otros programas. Los fondeos ecológicos se irán instalando de 10 en 10 empezando en el año t_0 y se continuará hasta t_4 y así lograr el objetivo máximo de 50 fondeos instalados en Agua Amarga.

Al valorar la posibilidad que existe de desplazar el impacto a otros lugares del Parque, es decir generar lo que se denomina fugas según la VCS, la administración del Parque en conjunto con la Junta de Andalucía, ha planeado desviar todo lo que no se pueda fondear en la zona de Agua Amarga o aquello que no esté ordenado dentro del Parque, hacia el *Puerto de Carboneras* que está en pleno proceso de ordenación hacia puerto deportivo y tendrá 200 amarres en los próximos años. Por tanto, el plan es que en Agua Amarga los barcos fondeen para pasar el día (la pernocta no estará permitida y deberá hacerse en *Carboneras*) siendo el límite por el momento 50 barcos; el resto de embarcaciones deberán fondear en el *Puerto de Carboneras*. Con ésta medida y considerando que se instalarán suficientes fondeos para suplir la demanda actual, se mantiene el supuesto de que no se generarán fugas.

Mantenimiento de fondeos ecológicos

De la parte fijada al fondo, el mantenimiento es mínimo. Para el tren de fondeo ecológico permanente se realiza un mantenimiento cada seis meses y unas revisiones adicionales en caso de temporal fuerte. La realización del mantenimiento es una cosa ágil. Por ejemplo, un campo como Agua Amarga se puede revisar en dos o tres días. Sin embargo, considerando que los fondeos tienen una utilización primordialmente estival, se planificó en este caso, solo 1 mantenimiento por año.

Re-plantación por esquejes o por semillas

Se planificó una replantación de *Posidonia oceanica* para todas las áreas que presentan degradación en el año 1 con esquejes siguiendo algunas guías existentes (Castejón *et al.*, 2018). La replantación es costosa y en si ésta no es la actividad más relevante a implementar para evitar futuras emisiones de GEI con el proyecto, aunque a nivel local pueda tener cierta relevancia.





Vigilancia de la zona y educación de los usuarios

Para reducir riesgos de pérdidas de pradera y GEI, se ha planificado un sistema de vigilancia y educación durante los meses estivales para los 5 primeros años del proyecto. En si, mas que vigilancia se planea que el personal encargado de ésta labor oriente y eduque a los usuarios sobre la importancia de las praderas marinas y su conservación. Según varios estudios (Diedrich et al. 2013; Milazzo *et al.*, 2004), los usuarios que conocen el impacto sobre las praderas marinas actuarán en el futuro de forma más respetuosa, colocando la instalación sobre arena, usando boyas intermedias, etc.

Otros escenarios del modelo de carbono

Se pueden construir otros modelos escenarios variando el tamaño del daño en área, el área misma por estrato para recalcular el modelo y generar iteraciones o las emisiones del suelo según la información que se tenga. Algunos de estos escenarios se examinan en el capítulo final para evaluar la posibilidad de modificar los resultados.

2.2. Estimación de las emisiones y reducciones de GEI en el escenario con proyecto

Utilizando la metodología VM0033, las emisiones de la situación que propicia el proyecto se atribuyen a las modificaciones en las reservas de carbono en los reservorios de biomasa de carbono o en los procesos del suelo (o una combinación de estos factores).

Las emisiones se estiman de la siguiente manera:

$$GEI_{SP} = GEI_{SP-biomasa} + GEI_{SP-suelo} + GEI_{SP-quema} + GEI_{SP-combustibles}$$

Donde:

- GEI_{SP} = Emisiones netas de CO₂e de la situación del proyecto hasta el año t ; tCO₂e
- $GEI_{SP-biomasa}$ = Emisiones netas de CO₂e de los reservorios de biomasa de carbono en la situación del proyecto hasta el año t ; tCO₂e
- $GEI_{SP-suelo}$ = Emisiones netas de CO₂e de las reservas de carbono de los suelos orgánicos en la situación del proyecto hasta el año t ; tCO₂e
- $GEI_{SP-quema}$ = Emisiones netas de CO₂e procedentes de las quemaduras previstas en la situación del proyecto hasta el año t ; tCO₂e
- $GEI_{SP-combustibles}$ = Emisiones netas de CO₂e procedentes del uso de combustibles fósiles en la situación del proyecto hasta el año t ; tCO₂e

2.3. Resultados del cálculo de emisiones reducidas durante la vida del proyecto

Las reducciones de GEI netas totales procedentes de actividades de proyectos de restauración de humedales (RH) se calculan según la siguiente fórmula:

$$RNE_{RH} = GEI_{base} - GEI_{SP} + PRQ - GEI_{EF}$$

Donde:

- RNE_{RH}** = Reducción neta de emisiones de CO₂e procedente de las actividades del proyecto de RH, en tCO₂e
- GEI_{base}** = Emisiones netas de CO₂e de la situación de base, en tCO₂e
- GEI_{SP}** = Emisiones netas de CO₂e de la situación del proyecto, en tCO₂e
- PRQ** = Prima de reducción por quemas (emisiones netas de CO₂e procedentes de la combustión de suelos orgánicos debida a procesos de remojado y gestión de incendios), en tCO₂e
- GEI_{EF}** = Emisiones fugitivas netas de CO₂e en tCO₂e

La siguiente tabla ofrece los resultados del cálculo de emisiones reducidas incluyendo resultados de los cálculos de la línea base. Según las estimaciones de este modelo, con la implementación del proyecto de carbono azul en Agua Amarga se reducirían un 51% las emisiones de CO₂e con el proyecto de carbono azul en Agua Amarga.

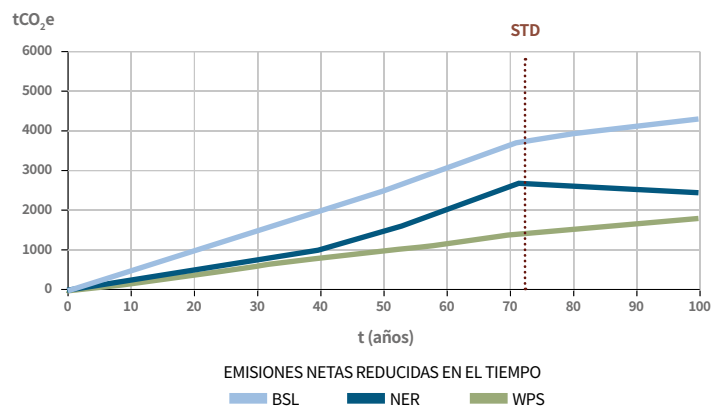
Tabla 7. Reducción de emisiones estimadas durante la vida del proyecto.

BSL se refiere a la línea base y WPS indica las emisiones en el escenario con proyecto.

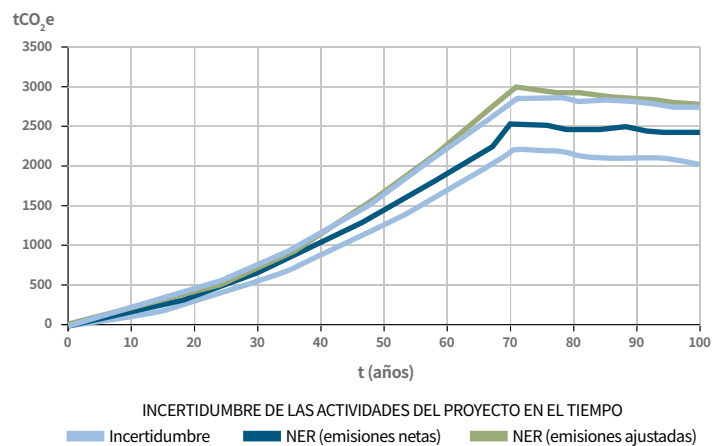
Año	Emisiones BSL (tCO ₂ e)	Emisiones WPS (tCO ₂ e)	Reducción emisiones (tCO ₂ e)
2	60,8	35,6	25,2
4	124,3	73,4	50,9
6	190,6	111,2	79,4
8	259,6	149,0	110,6
10	331,4	186,8	144,6
12	405,9	224,6	181,3
14	483,2	262,4	220,8
16	563,2	300,2	263,0
18	646,0	338,0	308,0
20	731,5	375,8	355,7
30	1200,4	564,8	635,6
40	1738,0	753,9	984,2
50	2344,4	942,9	1401,5
60	3019,5	1131,9	1887,6
70	3763,3	1320,9	2442,4
80	3979,4	1509,9	2469,4
90	4128,1	1698,9	2429,2
100	4272,8	1887,9	2384,8

Gráfico 4. Emisiones reducidas en el tiempo

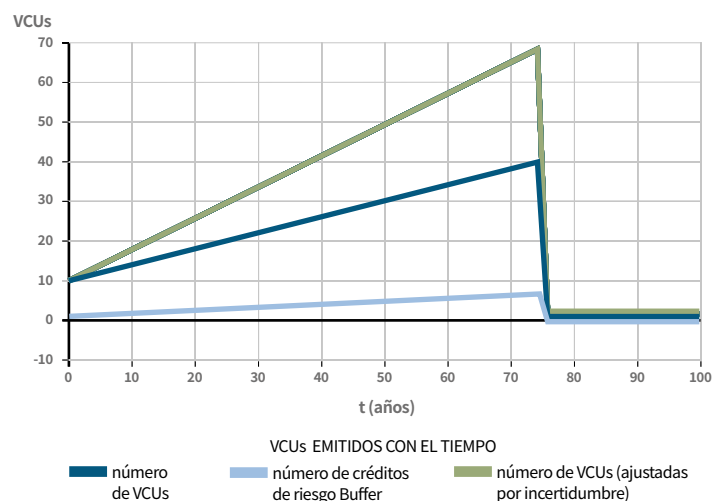
En el año 73, se encuentra el SDT (Soil Depletion Time) que es el tiempo durante el cual el proyecto de Agua Amarga sería elegible a reclamar la reducción de emisiones de las actividades de restauración y conservación. NER o Emisiones Netas Reducidas son obtenidas restando los resultados de las emisiones del escenario con proyecto a las emisiones de la línea base.

**Gráfico 5. Incertidumbre de las actividades del proyecto en el tiempo**

En si solo hay una fuente de incertidumbre cuantificable dentro de este modelo y es el que viene de las observaciones del carbono utilizadas aquí, porque se tenían las medidas puntuales y la desviación estándar. En este caso se obtuvieron unas reducciones de emisiones netas (NER's) inferiores a las ajustadas por la incertidumbre, porque había muy pocos datos de muestreo del carbono y además, fue necesario el uso de varios factores por defecto de la metodología.

**Gráfico 6. Unidades de carbono verificadas en el tiempo**

Los VCU's o unidades de carbono verificados representan los bonos de carbono que se podrían vender una vez certificado el proyecto. Se calculan con la diferencia entre los GEI del proyecto y la línea base, pero de manera agrupada y descontando el riesgo o buffer. El número de VCU's se genera hasta el año 73, año en el cual se presenta el SDT, el cual marca el límite temporal del proyecto. En este caso, el ajuste por la incertidumbre es poco útil, porque hay un número de VCU's mucho más conservador sin esta.



3. ANÁLISIS DE COSTES

3.1. Metodología

Los costes en el presupuesto se segmentaron en: **implementación, cuantificación y monitoreo del carbono y ciclo del proyecto de carbono azul.**

3.2. Costes de implementación

Son los costes relacionados con las acciones o actividades para conservar y restaurar el área del proyecto. Los costes considerados en las actuaciones incluyen los ítems descritos en la tabla 8.

Tabla 8. Costes de las actividades de implementación

Nº	Actividad
1	Retirada de muertos y/o agentes perturbadores
2	Instalación de fondeos ecológicos
3	Mantenimiento de fondeos ecológicos (cadenas cabos y grilletes)
4	Reemplazo de cadenas o cabos y grilletes, etc.
5	Demarcación del área del proyecto
6	Vigilancia y educación durante meses estivales (*3 personas)
7	Lancha pequeña (usada)
8	Combustible
9	Mantenimiento lancha
10	Replantación de Posidonia con esquejes (campaña de 2500 m ²)
11	Replantación de Posidonia con semillas (campaña de 2500 m ²)

Como en la zona no se ha encontrado una embarcación equipada con grúa (lo cual agilizaría cualquier operación de extracción), el número máximo de muertos a retirar por día será más limitado y se tendrán que extraer por la playa, por la zona que se usa como rampa para entrar y sacar las barcas. Bajo estas condiciones y en base a la consultas realizadas⁷, se podrían retirar al día 30 muertos de fondeo que equivalen a 20 boyas o puntos de fondeo. El precio de la gestión de residuos es variable en función de lo que pesen los muertos.

El presupuesto estimado para ésta retirada de muertos incluye así mismo las horas de un coordinador. De acuerdo a todo lo anterior, el presupuesto por jornal para retirada de muertos es de aproximadamente 9.000 € (retirando 20 puntos de fondeo que de acuerdo a observaciones previas equivaldría a unos 30 muertos).

El precio de instalación de los fondeos ecológicos es de 800 €/unidad, este valor incluye, buceadores profesionales (5), embarcación autorizada, maquinaria hidráulica y demás. No se incluye el tren de fondeo (cadena, grilletes, boya intermedia y boya de superficie) ya que varía en función de la profundidad en la que se instalen los fondeos. Sin embargo, en los costos de este estudio, se utilizó el precio aproximado del tren de fondeo de 400 € la unidad.

⁷ Fuente: Submon

De la parte fijada al fondo el mantenimiento es mínimo. Para el tren de fondeo ecológico permanente, se realiza un mantenimiento cada seis meses y unas revisiones adicionales en caso de temporal fuerte. La realización del mantenimiento para un campo como Agua Amarga se puede realizar en dos o tres días. Sin embargo, considerando que en si los fondeos tienen una utilización netamente estival, se presupuestó en este caso un mantenimiento anual.

3.2.1. Costes para la cuantificación y monitoreo del carbono

Estos costes contemplan el esfuerzo y materiales necesario para medir el carbono desde la toma de muestras hasta la producción del “Project Description Document” (PDD). Los ítems considerados se pueden ver en la siguiente tabla:

Tabla 9. Costes de cuantificación y monitoreo de GEI

Nº	Actividad
1	Profesional en modelamiento de carbono y escritura de PDD completo para VM0033 hasta certificación (1)
2	Re-evaluación de PDD para monitoreo y ajuste del modelamiento (1)
Equipo para medir los stocks de carbono en suelo y biomasa	
3	Profesionales buzos experimentados en recolectar este tipo de muestras dive master o superior (2 buzos)
4	Buzos para determinar el área degradada (4 días de inmersión estimación de Agustín, 2 buzos)
5	Técnicos de laboratorio: el sub-muestreo para procesar unos 4 m de core al día (requiere de 2 técnicos)
7	Transporte personal (buzo experimentado)
8	Transporte buzo determinación área degradada
9	Dietas (hospedaje más alimentación para 2 buzos experimentados)
10	Dietas (hospedaje más alimentación para 2 buzos medición área degradada)
11	Transporte de muestras (de Agua Amarga al laboratorio local y de ahí al laboratorio para carbono organico Hawai)
12	Transporte (toma de cores) embarcación con una neumática adecuada (6m de eslora) con patrón
Materiales muestreo del suelo	
13	Tubo pvc de presión de 1.5 - 3m de largo y 5 -7 cm de luz, con dos orificios enfrentados en parte de arriba
14	Cabos, mazas, cinta aislante, etc
15	Sondeos (de 1.5 m para sacar de 80 a 100 cm) PVC ‘mecanizados’ para hacerlos reutilizables (con agujeros pre-perforados).
16	Botes pre-pesados y numerados para las sub-muestras
17	GPS Garmin (1)
18	Crosstour videocámara de acción 4K 20MP. Impermeable cámara sumergible agua hasta 40m 170 gran angular anti-vibración sony sensor plus 2 baterías de 1350 mah cargador kit de accesorios
19	Cargador de solar 20000 Mah, inalámbrico power bank portátil de Powobest, impermeable batería externa con 3 paneles solares plegables.
Análisis de laboratorio	
20	Contenido carbono de orgánico total partiendo de sub-muestra seca intacta de sedimento
21	Contenido de carbono en pradera y rizoma

3.2.2. Costes del ciclo del carbono

Estos costes incluyen todas las gestiones, inscripciones y registros para certificar el proyecto con la VCS y hacer las transacciones de ventas de los bonos. Los ítems considerados se pueden ver en la siguiente tabla:

Tabla 10. Costes del ciclo del proyecto de carbono azul

Nº	Actividad
1	Validación (Audit PDD)
2	Ajuste del monitoreo y modelamiento del carbono
3	Verificación (Audit monitoring reports)
4	Registro (€/tCO ₂ e)
5	Mercadeo y venta de bonos
6	VCS (VERRA) apertura de cuenta y listado (1 pago) más mantenimiento anual
7	Certificación

En estos costes no se tomaron en cuenta:

- Costes de administración del proyecto, oficinas para el manejo del mismo ya que será la administración regional de la Junta de Andalucía y el parque Cabo de Gata-Níjar.
- Los costes del primer monitoreo de carbono, porque para esta parte se utilizarían las muestras y datos generados en el estudio *Carbon stocks and fluxes in Andalusian seagrasses* (Mateo *et al.*, 2019). Este estudio también se utilizó como base para determinar la cantidad de muestras por estrato, considerando que, en últimas, el área del proyecto sería más extensa y allí ya se había realizado una estrategia de muestreo del carbono, de otra manera, muy posiblemente hubiera sido necesario planificar una toma de muestras más elevada por tanto más costosa.



3.2.3. Viabilidad financiera

Para la viabilidad financiera se plantearon 2 escenarios donde varían los tiempos de monitoreo de las validaciones/verificaciones: en la Opción 1 se hacen cada 5 años y en la Opción 2 las validaciones/verificaciones suceden cada 10 años (la opción validada y verificada cada 10 años es, ciertamente, menos costosa). Después del año 20, las validaciones y verificaciones se planearon cada 20 años para los dos escenarios. Con ello se realizó el cálculo de herramientas financieras normalmente usadas para la evaluación de este tipo de proyectos, tal como la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Valor Actual Neto (VAN).

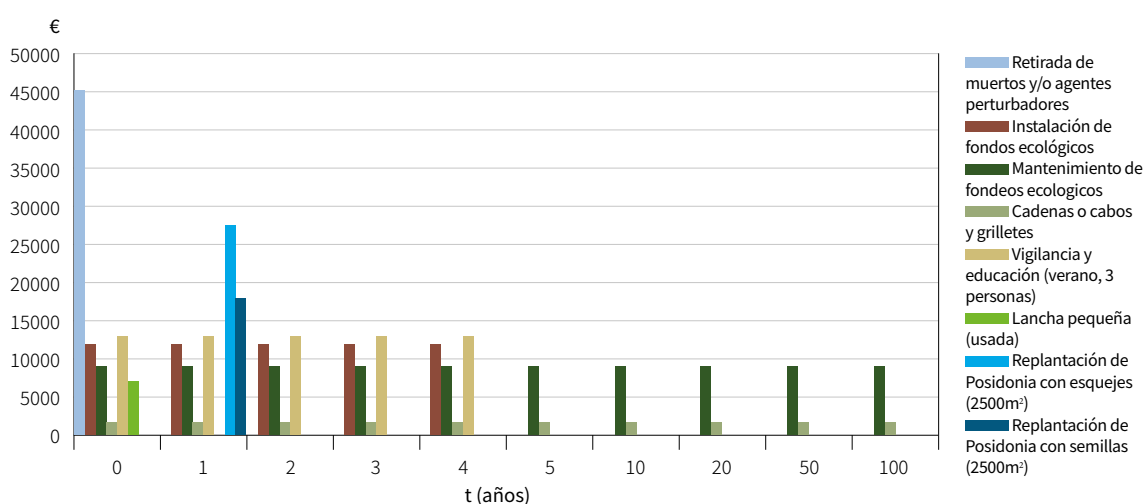
Tabla 11. Parámetros usados en el análisis financiero

Descripción	Valor	Explicación	Fuente
Precio de venta de los créditos en Euros año 0- 4 (€)	€8,82	Precio estimado en el momento de la venta	Everland Marketing
Precio de venta después del año 5 (€)	€30,00		World Bank
Mercadeo y venta de los bonos (%)	15,00%	Coste de comercialización	Everland Marketing
Tasa de descuento	7,8%		
Tasa de inflación	2%	Inflación media durante los últimos 20 años	World Inflation Data
Registro en Euros (€/tCO ₂ e)	€0,05	Coste del registro	Markit Registry
Certificación en Euros (€/tCO ₂ e) y transfer	€0,17	Costes del estándar (VCS/VERRA)	https://verra.org/oprfeeschedule/
Impuestos de venta de bonos (si fuere aplicable) (%)	0,00%		
Impuesto al ingreso neto (si fuere aplicable %)	35,00%		

3.3. Resultados de costes

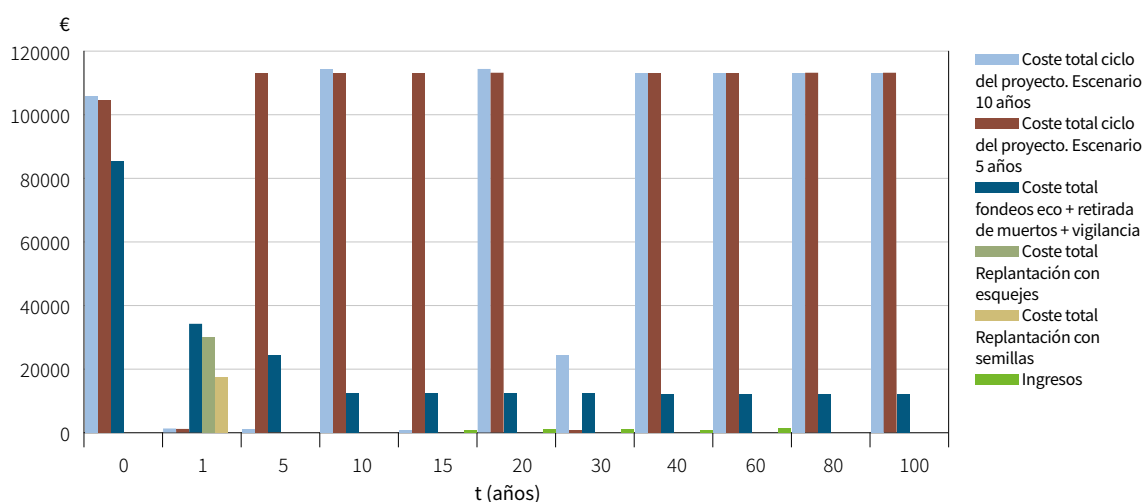
Los costes iniciales y constantes de las actividades de implementación. Nótese que de los 0-5 años se concentran los costes más elevados, siendo la actividad de retirada de muertos la más costosa con €45000. Las actividades de replantación también presentan un coste elevado. El mantenimiento de los fondeos ecológicos es bastante costoso y además debe realizarse cada año. Solo en esta actividad por año se deben gastar por lo menos €10000. Sin considerar las replantaciones, el coste medio anual de las actividades de implementación es de €11992,6.

Gráfico 7. Costes de implementación de actividades para el proyecto de carbono azul en Agua Amarga



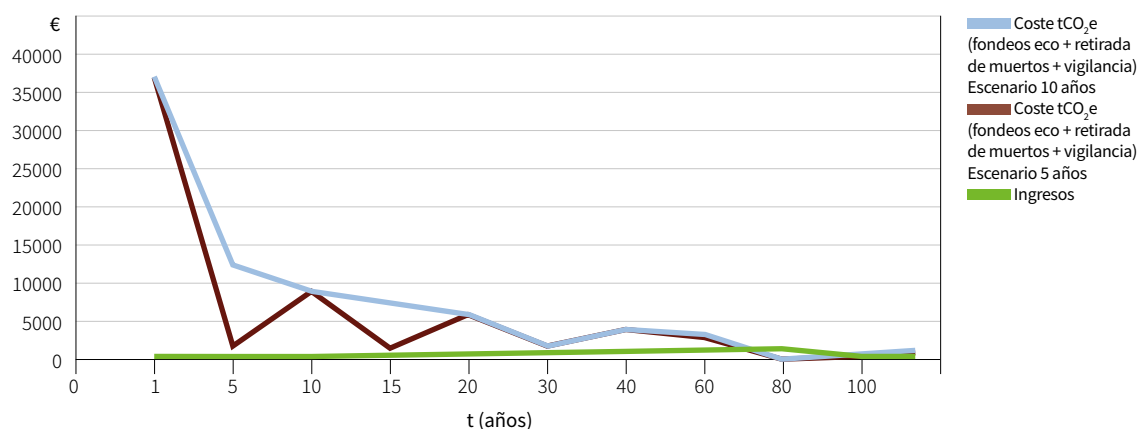
Realizar las validaciones y verificaciones cada 10 años reduce los costes en un 22% comparado con el escenario opcional donde las verificaciones y validaciones ocurren cada 5 años. Se observa claramente que los ingresos son muy bajos comparados con los costes de implementación y ciclo del proyecto, lo cual es de esperarse para este tamaño de proyecto. Además, hay que considerar que los monitoreos y todas las acciones de implementación submarinas son especialmente costosas. Para este estudio utilizamos un precio de venta de bono relativamente alto (€30) comparado con el precio de venta actual que oscila entre 2 y 6 €/tCO₂ aunque igualmente en precios superiores a más de 100 euros los ingresos seguirían resultando sumamente bajos en comparación a los costes de implementación.

Gráfico 8. Costes totales del proyecto de carbono azul en Agua Amarga



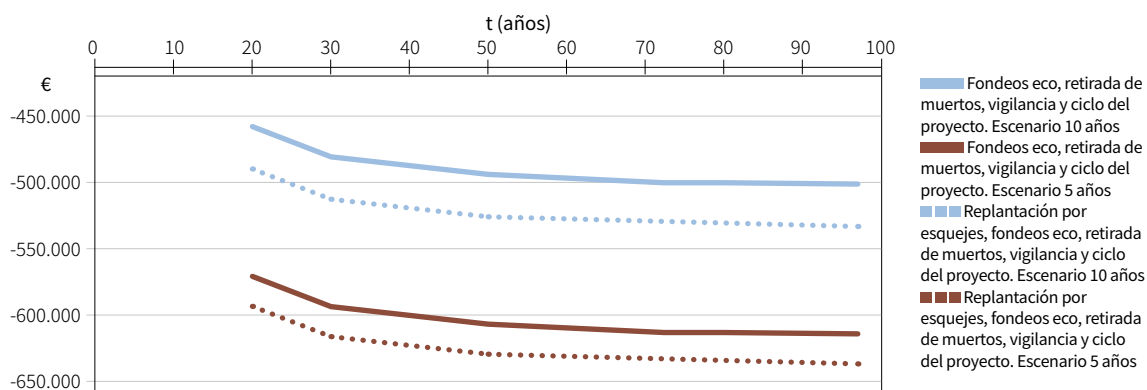
Desde el año 20 las verificaciones y validaciones son cada 20 años para las dos opciones de escenarios y es por esto que se sobreponen las curvas de costes. En el escenario con verificaciones cada 10 años y considerando la implementación de fondeos ecológicos, retirada de muertos, vigilancia y el ciclo del proyecto el coste en el año 0 es de €193665 y en el año 1 es de €36128,4 y luego desde el año 2 hasta el final del proyecto el coste promedio/tCO₂ es de € 7516,9.

Gráfico 9. Costes por tCO₂e para los dos escenarios (verificaciones cada 5 y 10 años)



El Valor Actual Neto (VAN) ha sido aquí evaluado para las 2 opciones de escenarios de validación/verificación (cada 5 y 10 años) y también para dos escenarios de implementación; uno donde se instalan los fondeos ecológicos, se retiran los muertos, se hace la vigilancia de la zona y se incluyen los costes de certificación del proyecto. En el otro escenario, además de lo anterior, se realiza la replantación por esquejes. Todos los escenarios presentan VPN negativo, es decir, que están generando pérdidas netas y que por ende el proyecto no es rentable bajo la configuración de costes e ingresos previstos. La tasa interna de retorno no generó ningún resultado porque no se obtuvo ninguna cifra positiva en el balance debido a los altos costes de proyecto y a los bajos ingresos.

Gráfico 10. Valor presente neto (VPN) a diferentes años de finalización del proyecto



4. ANÁLISIS DE RIESGO Y ADICIONALIDAD

4.1. Adicionalidad

El proyecto debe demostrar que la venta de los bonos de carbono es necesaria para asegurar la viabilidad del proyecto y que las actividades del proyecto no hubieran ocurrido en la ausencia del financiamiento de carbono.

Este análisis se hizo en de forma simultánea a la selección del escenario de línea base en el numeral anterior, bajo los lineamientos de la herramienta metodológica CDM “Combined tool to identify the baseline scenario and demonstrate additionality in A/R CDM Project activities”.

4.2. Análisis de riesgo y determinación del buffer

Los proyectos de restauración y conservación de humedales deberán demostrar que se mantendrán la permanencia de sus existencias de carbono en el suelo y realizar una evaluación de riesgo de no permanencia. Los proyectos que demuestren longevidad, sostenibilidad y capacidad de mitigación de riesgos, podrán optar a emitir créditos de reserva compartida (créditos “buffer”). En los proyectos AFOLU, el riesgo de no permanencia se evalúa a través de la Herramienta de Riesgo de no Permanencia “AFOLU Non-permanence risk tool: VCS Versión 3).

En el momento de realización de este trabajo, no puede realizarse esta evaluación ya que no se dispone de la información necesaria. El análisis de riesgo requiere que se identifiquen los desarrolladores de cada proyecto y su equipo de trabajo, las fuentes de financiación precisa una definición de la longevidad del proyecto, entre otros. Es recomendable conocer los riesgos considerados para este análisis antes de hacer la planeación completa del “Project Description Document” (PDD) y así poder mitigar los riesgos en el diseño mismo del proyecto. De acuerdo a la metodología se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones para el análisis del riesgo:

- Las posibles pérdidas transitorias y permanentes en las reservas de carbono se evaluarán durante un periodo de 100 años y se basarán en las condiciones presentes y la información disponible en el momento del análisis de riesgo.
- La calificación del riesgo de no permanencia se realiza teniendo en cuenta factores de riesgo internos, externos y naturales y más adelante en subcategorías como gestión de proyectos, viabilidad financiera y participación de la comunidad. El proyecto se evaluará contra cada uno de los factores de riesgo en cada categoría y subcategoría como se establece en las Secciones 2.2 de la herramienta.
- Cada uno de ellos está dividido en subcategorías a las que se debe asignar un puntaje. La calificación de riesgo total para cada categoría (interna, externa y natural) se determinará sumando las calificaciones para cada subcategoría. Si bien algunas subcategorías pueden tener valores negativos, la calificación total para cualquier categoría no puede ser inferior a cero.
- Cuando no existen sinergias de mitigación de riesgos, las tablas establecen una calificación mínima de cero, incluso en los casos en que el cálculo determinaría una calificación inferior a cero. Cuando un factor de riesgo no aplica para el proyecto, el puntaje debe ser cero para ese factor.

Una lista completa de los riesgos tanto internos, externos como naturales se ha incluido en el anejo 2. Cuando se realice la arquitectura del proyecto y se tenga toda la información completa se podrá realizar el análisis de riesgo como lo exige la VCS siguiendo las herramientas indicada para ello.

Calificación general del riesgo de no permanencia y determinación del buffer

La determinación del buffer es el resultado de ejecutar el análisis de riesgos de la mencionada herramienta. La calificación general se calcula sumando el puntaje de los riesgos internos, externos y naturales. El puntaje mínimo debe ser 10, y el máximo 60. Por encima de este valor el riesgo del proyecto se considera inaceptablemente alto y el proyecto no será elegible para acreditación hasta que los riesgos sean abordados adecuadamente o se implementen medidas de mitigación suficientes para que el proyecto no sea evaluado como “reprobado”. Adicionalmente, donde la suma de las calificaciones de riesgo para cualquier categoría de riesgo supere los siguientes umbrales, el proyecto falla todo el análisis de riesgo y no es elegible para acreditación.

4.3. Incertidumbres y consideraciones adicionales

Ya se han mencionado las incertidumbres calculadas en el modelo de carbono en la sección de resultados. Solo se podían efectuar cálculos de incertidumbre de los datos de CO₂, sin embargo cabe resaltar que solo había 1 punto de observación de carbono por estrato.

También hay incertidumbre en cuanto a las emisiones de CO₂ de las áreas degradadas ya que el modelo utilizado para derivar este dato no toma en cuenta la pérdida por la acción mecánica de la cadena. En sí, el modelo podría estar subestimado por este factor, el cual es determinante para la generación de las emisiones.

Asimismo, hay incertidumbre sobre el tamaño de las áreas degradadas y su evolución durante los últimos 15 años. No se pudo acceder a las imágenes de alta resolución requeridas para estas observaciones.

Por lo anterior, las emisiones del modelo deben ser consideradas como una mera aproximación y evidentemente si se fuera a perseguir una certificación no sería posible con las incertidumbres actuales.



5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En conclusión, el proyecto en Agua Amarga, con su configuración de factores actual, no es viable debido a su tamaño, baja producción de bonos, altos costes tanto variables como fijos y al bajo precio promedio de los bonos de carbono. Si todos los factores permanecen iguales (producción de bonos, tasas de degradación y erosión, precio de venta de bono promedio, costes, etc), el proyecto no puede ser rentable y esto es independiente de su superficie, porque los costes variables totales anuales son más elevados que las ganancias totales anuales, tanto en el escenario de verificación cada 5 años como cada 10 años.

Aunque realizar las validaciones y verificaciones cada 10 años permite reducir los costes variables en un 22%, esto no es suficiente para generar valores de rentabilidad satisfactorios en el área del proyecto. Los costes, que en su mayoría son variables, siguen siendo demasiado altos y a medida que se extendiese el área del proyecto, así mismo crecerían éstos costes.

Sería necesario producir aproximadamente 2324 VCU's a € 8,82 o 683 VCU's a € 30 por año, para cubrir los costes medios anuales del proyecto en Agua Amarga. Esto considerando solo los costes de implementación y del ciclo del proyecto con validaciones y verificaciones cada 10 años, sin las replantaciones.

Para lograr rentabilidad bajo los factores utilizados en este estudio (la misma tasa de degradación de área, erosión de mata, costes de implementación, tamaño de proyecto) en Agua Amarga se necesitaría, un precio de venta de bono muy superior (aproximadamente €900/bono para el escenario con verificaciones cada 10 años sin replantación). Este rango de precio no se ha manejado en el mercado voluntario del carbono hasta el momento, por tanto el proyecto no sería competitivo en el mercado.

Las metodologías de la VCS como la utilizada para realizar este estudio, están de alguna manera diseñadas para grandes proyectos, porque tan solo en gastos iniciales de validación, verificación y certificación pueden tener un coste de aprox. €50000 euros, lo cual limita la posibilidad de encontrar rentabilidad a un tamaño de proyecto muy pequeño. La metodología VM0033 permite que el área del proyecto tenga áreas discontinuas y si esta problemática es extensible a otras zonas (presentes o futuras justificadas), es posible que se pudiese generar alguna rentabilidad, sin embargo, habría que re-evaluar el proyecto a la escala apropiada para establecer cualquier conclusión.

Aunque hay un gran reservorio de carbono en el suelo (especialmente en el área somera), la dinámica de pérdida de CO₂ de la mata muerta parece lento y solo un área muy pequeña de Agua Amarga presenta amenaza verificable de degradación. Los fondeos libres siempre ocurren en una pequeña zona bien identificada del área somera e intermedia y no hay indicios de que el área degradada pueda crecer fuera de los límites ya determinados.

Para ubicar las áreas de proyectos en las otras zonas de Andalucía, con praderas que puedan generar "rentabilidad" en términos de compensación de carbono (bajos los mismos factores usados en esta estimación) sería necesario encontrar zonas donde la tasa de degradación sea mucho más elevada, tanto en superficie como en profundidad o erosión de la mata, aguas someras con mayor acumulación de stocks y donde la amenaza se extienda sobre áreas más grandes (esto debe ser verificable). Sin embargo, si se mantienen los mismos costes de implementación y ciclo de proyecto es difícil que se pueda obtener rentabilidad de proyectos muy pequeños. El uso de otras herramientas también podría ayudar en la labor de observación de los impactos.

Los mercados voluntarios y sus standards siguen evolucionando, y el nuevo standard que se cree en Andalucía podrá incorporar algunas de las observaciones realizadas en el presente estudio y valorar algunas medidas alternativas a estas primeras aplicaciones. Aunque el secuestro y las emisiones evita-

das de estas acciones en praderas de *Posidonia oceanica* son relativamente de pequeña cuantía por este tipo de amenazas, preservar y restaurar el papel de estos ecosistemas como sumideros de carbono es, de hecho, crucial en la lucha contra las emisiones de gases de efecto invernadero.

El objetivo central de esta área de trabajo es aprovechar las sinergias entre la conservación de las praderas y la conservación de la biodiversidad, y entre la mitigación de emisiones y la adaptación a los efectos del cambio climático, pueden ofrecer oportunidades para financiar acciones de conservación que ayuden a la preservación de los ecosistemas de carbono azul. Sin paralelos, para poder limitar el aumento de temperatura por debajo del límite de los 2°C, y evitar mayores impactos en el medio marino, es necesario la construcción de un modelo energético menos intensivo en carbono y el fomento de una actividad industrial y una movilidad más sostenible a nivel tanto regional como local.



6. BIBLIOGRAFÍA

-
- Arroyo, M. C. et al. (2015). *Praderas de angiospermas marinas de Andalucía*. Disponible en: <https://www.iucn.org/km/node/26123>.
-
- Bayraktarov, E. et al. (2016). *The cost and feasibility of marine coastal restoration*, Ecological Applications, 26(4), pp. 1055-1074. doi: 10.1890/15-1077.
-
- Campagne, C. S. et al. (2015). *The seagrass Posidonia oceanica: Ecosystem services identification and economic evaluation of goods and benefits*, Marine Pollution Bulletin, 97(1), pp. 391-400. doi: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.05.061>.
-
- Castejón, I., Álvarez, B., Terrados, J. (2018). *Guía práctica: El plantado de Posidonia*. Red Eléctrica, 35 pp.
-
- Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía (2008). *Plan de Ordenación de los Recursos Naturales y el Plan Rector de Uso y Gestión del Parque Natural Cabo de Gata-Níjar*. Boletín Oficial de la Junta de Andalucía.
-
- Emmett-Mattox, S. y Crooks, S. (2014). *Coastal Blue Carbon as an Incentive for Coastal Conservation, Restoration and Management: A Template for Understanding Options What Is Coastal Blue Carbon? Market and Non-Market Incentives The Science and Management of Coastal Blue Carbon*, p. 6.
-
- Fourqurean, J. et al. (2019). *Carbono Azul. Métodos para evaluar las existencias y los factores de carbono en manglares, marismas y praderas marinos*.pdf
-
- Hamrick, K. y Brotto, L. (2017). *State of European Markets 2017 Voluntary Carbon*.
-
- Lampreave, D. M. y Barrajón, A. (2016). *Informe de campo de boyas y su impacto sobre las praderas de Posidonia oceanica en el Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar (Almería)*. Programa de gestión sostenible del medio marino Andaluz.
-
- Marba, N. et al. (1996). *Growth and population dynamics of Posidonia oceanica on the Spanish Mediterranean coast: elucidating seagrass decline*, Marine Ecology Progress Series, 137, pp. 203-213. Disponible en: <https://www.int-res.com/abstracts/meps/v137/p203-213/>.
-
- Mateo, M. et al. (2019). *Carbon stocks and fluxes associated to Andalusian seagrass meadows*. Deliverable c1: results report Group of Aquatic Macrophyte Ecology Centre for Advanced Studies of Blanes Spanish Council for Scientific Research, (December).
-
- Milazzo, M. et al. (2004). *Boat anchoring on Posidonia oceanica beds in a marine protected area (Italy, western Mediterranean): Effect of anchor types in different anchoring stages*, Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 299(1), pp. 51-62. doi: 10.1016/j.jembe.2003.09.003.
-
- Poffenbarger, H. J., Needelman, B. A. y Megonigal, J. P. (2011). *Salinity Influence on Methane Emissions from Tidal Marshes*, Wetlands, 31 (5), pp. 831-842. doi: 10.1007/s13157-011-0197-0.
-
- REE (2018). *Guía Práctica. El plantado de Posidonia oceanica. Técnica desarrollada en el proyecto. Uso de semillas y fragmentos de Posidonia oceanica en la restauración de zonas afectadas por la actividad de Red Eléctrica de España*.
-
- Restore Americas Estuaries y Silvestrum (2015). *VM0033-Tidal-Wetland-and-Sea-grass-Restoration-v1.0-3*.pdf, p. 101.
-
- Soukissian, T. et al. (2017). *Marine Renewable Energy in the Mediterranean Sea: Status and Perspectives*, Energies, 10. doi: 10.3390/en10101512.

ESTUDIO DE VIABILIDAD EN BAHÍA DE CÁDIZ Y EN LAS MARISMAS DEL ODIEL





INTRODUCCIÓN

Los humedales costeros con marismas y llanuras intermareales son importantes ecosistemas costeros que frecuentemente bordean el interior de estuarios y bahías. Durante la última década, diversos estudios han proporcionado estimaciones de la capacidad de almacenamiento y sumidero de carbono en algunos de estos humedales y muestran su alta eficacia en secuestro y acumulación de carbono. Solo en el metro superior de suelo, el almacenamiento de carbono en marismas se ha estimado en aproximadamente 250 t C ha^{-1} para las marismas, un valor promedio que puede ser 10 veces superior a los bosques templados y 50 veces superior a bosques tropicales (Pendleton *et al.*, 2012).

Sin embargo, las marismas también sufren graves pérdidas debido al dragado, relleno, drenaje y construcción fruto de diversas actuaciones y están amenazadas también por el aumento del nivel del mar como resultado de la “compresión del litoral”.

El suministro reducido de sedimentos costeros y la modificación de la hidrodinámica del agua también son impulsores frecuentes del declive de estos ecosistemas. Su degradación y pérdida puede conducir a la liberación de las reservas de carbono que estos ecosistemas han almacenado durante milenios.

El presente estudio se centra en estudiar la viabilidad de incorporar proyectos de restauración de humedales andaluces en la Bahía de Cádiz y las Marismas del Odiel a los Mercados Voluntarios de carbono, teniendo en cuenta los requisitos para su certificación tomando como referencia la metodología VM0033 del Verified Carbon Standard (VCS) y recomendaciones adicionales de la Guía VCS de requerimientos AFOLU.

Río San Pedro. Cádiz



Bahía de Cádiz

La Bahía de Cádiz se encuentra situada en el extremo sur peninsular, en el centro de la costa atlántica de la provincia gaditana. Se trata de un paraje constituido en gran medida por entornos de humedales, estuarios y marismas mareales que se extienden a lo largo de los municipios de Cádiz, San Fernando, Puerto Real, Chiclana de la Frontera y El Puerto de Santa María.

El característico paisaje de la Bahía es, en parte, fruto de las transformaciones que ha sufrido a lo largo de la historia, principalmente a través de los aprovechamientos salineros tradicionales realizados en los humedales, creados por la dinámica de intercambio de flujos de aguas salobres y dulces que se producen en el entramado hídrico de esta bahía, siendo la desembocadura del río Guadalete y San Pedro sus redes fluviales más importantes.

Declarada Parque Natural de la Bahía de Cádiz según la Ley 2/1989, de 18 de julio, por la que se aprueba el Inventario de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía, se protege una superficie de 10.522 ha, bajo la cual encontramos los Parajes Naturales de la Isla del Trocadero, las Marismas de Sancti Petri y el Monumento Natural Punta del Boquerón.

Para garantizar la conservación de los recursos, así como para regular los usos y actividades del territorio, se crearon los instrumentos de ordenación y planificación PORN y PRUG, aprobados por el Decreto 99/1994, de 3 de mayo.

Este Parque está incluido dentro de la Lista de Humedales de Importancia Internacional por el Convenio Ramsar de 2002, así como en la Red Natura 2000: Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA) desde el 2003.



Dentro del parque encontramos 8 Hábitats de Interés Comunitario declarados por la Directiva Hábitats (Directiva 92/43/CEE, del Consejo de 21 de mayo), la mayoría de los cuales se engloban dentro del “Hábitats costeros y vegetación halofítica”, predominando los asociados a “Marismas y Pastizales”, incluyendo el hábitat prioritario “Dunas con bosque de *Pinus pinea* y/o *Pinus pinaster*”.

Aquí se hallan más de 58 especies de aves no paseriformes, de las cuales 36 se encuentran dentro del Anexo I de la Directiva 79/409/CEE, del Consejo, de 2 de abril. De acuerdo con los criterios que establece el Convenio Ramsar se han identificado diversas aves migratorias de interés internacional, siendo lugar de tránsito para especies de la vía de vuelo del Atlántico Oriental, existiendo alrededor de 64 migratorias que tienen presencia regular.

Por otra parte, se han identificado 9 especies de vertebrados incluidos dentro del Anexo II de la Directiva 92/43/CEE, del Consejo, de 21 de mayo.

La sucesión de los ecosistemas, que transcurren desde los marinos hasta los terrestres, da lugar a la presencia de especies muy especializadas, identificando a 2 que se incluyen dentro del el Anexo II de la Directiva 92/43/CEE, del Consejo de 21 de mayo. Los criterios de zonificación establecidos por el PORN diferencian 3 aéreas fundamentales de protección: Zona de Reserva, Zona de Regulación Especial y Zona de Regulación Común. Las Zonas de Reserva son aquellas que merecen el mayor grado de protección debido a sus valores ambientales excepcionales y grado de conservación. Cubre un 4.48%, por lo que se trata de áreas poco extendidas del Parque, en las que se incluyen los Parajes Naturales de la Isla de Trocadero y Marisma de Sancti Petri.

Las Zonas de Regulación Especial se caracterizan por ser zonas de elevado interés ambiental, paisajístico, de conservación o bien por su necesidad de restauración. Dentro de esta se incluyen las Zonas Húmedas de Elevado Interés Ecológico, Zonas Costeras de Singular Valor Paisajístico y Naturalístico, Zonas Húmedas de Conservación Activa y Cursos de Agua y Planicies Mareales.

Por último, las Zonas de Regulación Común, son áreas de interés ecológico que soportan un uso intensivo, con leves transformaciones del paisaje o alteraciones ambientales. En esta se incluyen Zonas de Playas, Zonas Húmedas Transformadas, Zonas Degradadas, Zonas de Equipamiento Universitario.

Marismas del Odiel

Las Marismas del Odiel se encuentran situadas en la franja sureste de la costa de Huelva, formando un sistema estuarino que ocupa 7.185 ha repartidas entre los municipios de Huelva, Punta Umbría y Gibralfuente.

El estuario está formado por la desembocadura de los ríos Tinto y Odiel, destacando como una de las marismas mareales más importantes del litoral de Andalucía que, pese al uso industrial soportado, mantiene una gran abundancia biológica donde destacan las comunidades vegetativas y de avifauna.

Se declaró Paraje Natural de Interés según la Ley 12/1984 de 19 octubre y Reserva de la Biosfera en abril de 1983. Además de pertenecer al Convenio Ramsar desde 1989 y ser ZEPA.

La importancia ecológica de este Paraje viene determinada por varios factores. Por un lado, se trata de un área de gran acumulación de nutrientes, la mayoría procedentes de la sedimentación que se ha producido en el tramo bajo de los dos ríos que allí confluyen, y que sirven como alimento para un gran número de especies, destacando la colonia de cría de Espátula y de numerosas aves que aquí invernán. Por otro lado, la influencia que las mareas del océano atlántico ejercen sobre ésta da lugar a diversos

Dentro del Paraje se encuentran 11 Hábitats de Interés Comunitario y 4 Hábitats Prioritarios, que son: “2130. Dunas costeras fijas con vegetación herbácea (dunas grises)”; “2250. Dunas litorales con *Juniperus* spp.”; “2270. Dunas con bosques de *Pinus pinea* y/o *Pinus pinaster*”; “3170. Estanques temporales mediterráneos”. Declarados por la Directiva Hábitats (Directiva 92/43/CEE, del Consejo de 21 de mayo). Los criterios de zonificación establecidos por el PORN marcan un régimen de protección y una normativa diferenciada para las Reservas Naturales y para el Paraje Natural.

Las Áreas de Regulación Común se conforman por todo el espacio no contemplado en las descripciones anteriores. Un total del 44,23 % en el que se incluye la carretera del Dique de Juan Carlos I, caminos accesorios y balsas de cristalización.

1. CAUSAS DE DEGRADACIÓN DE LOS HUMEDALES

Los usos y aprovechamientos históricos desarrollados en las costas andaluzas han generado una importante alteración en los humedales que, en algunos casos, han supuesto la degradación de los ecosistemas y paisajes endémicos de sus costas.

La degradación sufrida por estos espacios, como en otras regiones, se puede determinar a través de las alteraciones ocasionadas sobre el régimen hidrológico, la colmatación de las cubetas, la disminución de la calidad de las aguas y en la pérdida de comunidades biológicas.

Bahía de Cádiz

La desembocadura del río Guadalete en la Bahía de Cádiz genera un sistema de marismas cuyo hábitat más degradado son las salinas, ecosistemas donde se alimentan y reproducen un gran número de aves. Sin embargo, en general la superficie ocupada por las marismas se encuentra afectada por los siguientes elementos que producen alteraciones en su estado de conservación:

- Contaminación hídrica: la contaminación de los cursos fluviales tiene origen en los vertidos urbanos situados en torno a sus cuencas, así como la lixiviación de productos derivados de las actividades agrarias que aceleran los procesos de eutrofización.
- Deforestación del entorno: como método para crear superficies de cultivo lo que da lugar a una pérdida de productividad del suelo y al incremento de la susceptibilidad a la erosión hídrica.
- Explotación de acuíferos: el uso de aguas subterráneas para el abastecimiento urbano y de cultivos de regadío crea problemas de sobreexplotación e intrusión marina.
- Alteración del régimen hídrico: la construcción de infraestructuras y obras viarias suponen una alteración y obstrucción del flujo natural de las aguas, además de suponer una disminución en la superficie de humedales.
- La ocupación de suelos encharcados con fines agrícolas a través del drenaje de los suelos mediante diversas infraestructuras ha sido otra de las alteraciones que ha modificado el régimen hídrico.
- Alteración de las comunidades biológicas: ocasionadas a través de diversas actividades como la implantación de especies exóticas, el desarrollo de actividades que no son compatibles con la conservación del entorno o el vertido de residuos entre otras.

Marismas del Odiel

Uno de los principales agentes causantes de degradación del espacio ha sido la contaminación hídrica. A lo largo de los últimos siglos la riqueza mineral existente entorno las cuencas hidrográficas de los ríos Odiel y Tinto han generado una importante actividad minera en sus superficies. El carácter de los minerales, unido al vertido de residuos, ha generado una importante acumulación de metales pesados y sulfuros en los sedimentos de las Marismas del Odiel así como la acidificación de sus aguas que generan la precipitación de metales disueltos, al entrar en contacto con la salinidad marina, pudiendo llegar a incorporarse en las cadenas tróficas.

La actividad potencialmente contaminante se ha ido reduciendo. Actualmente solo existe una instalación industrial en la isla de Saltés, consistente en un muelle de atraque que, aunque se encuentra situado fuera de los límites del Paraje Natural, realiza ciertas actividades industriales y de acopio dentro del área protegida. A esto hay que añadir la proximidad del Polo Químico de Huelva, que procesa productos químicos y genera un intenso tráfico marítimo de carácter industrial y recreativo.

Al problema de la minería se le añade el del uso de fertilizantes y pesticidas en los cultivos agrícolas, donde la contaminación es causada por el lavado de suelos que incrementa los procesos de eutrofización. También hay otros elementos que causan la degradación del espacio, fundamentalmente los siguientes:

- **Deseccación de superficies:** la deseccación de zonas de inundación de las marismas se ha empleado para la posterior ocupación por cultivos y para la ganadería intensiva.
- **Dragado de sedimentos:** la pesca junto con la necesidad de acceder en barco a las zonas portuarias e industriales son causa habitual del dragado de los fondos marismenos cuyos sedimentos, con elevadas concentraciones de metales pesados, son acopiados en recintos colindantes al dique Juan Carlos I.
- **Deforestación:** muchas de las superficies forestales de este lugar fueron ocupadas con el fin de implantar cultivos monoespecíficos, como el eucalipto o el pino piñonero, para la producción intensiva de madera y de otros recursos no maderables. Además de la presencia de especies exóticas y de carácter invasor.
- **Salinas industriales:** en la actualidad únicamente se mantienen las marismas industriales situadas en la Isla de Bacuta, además de otras en las Marismas de El Burro que están abandonadas y en la de Astur que se han reconvertido para fines piscícolas.
- **Agricultura intensiva:** las pérdidas de suelo causadas por la agricultura intensiva, la deforestación, los dragados o el deterioro de los márgenes de los cauces, dan lugar a un flujo de sedimentos que pueden llegar a colmatar las cubetas de los humedales. Estos mismos humedales son en ocasiones desecados con el fin de ocupar su espacio para un uso agrícola que, junto con la sobre explotación de acuíferos y la creación de barreras estructurales, causan alteraciones en el flujo de las redes hídricas, a la vez que la calidad de sus aguas se reduce por la eutrofización, el vertido de sustancias contaminantes o la salinización.

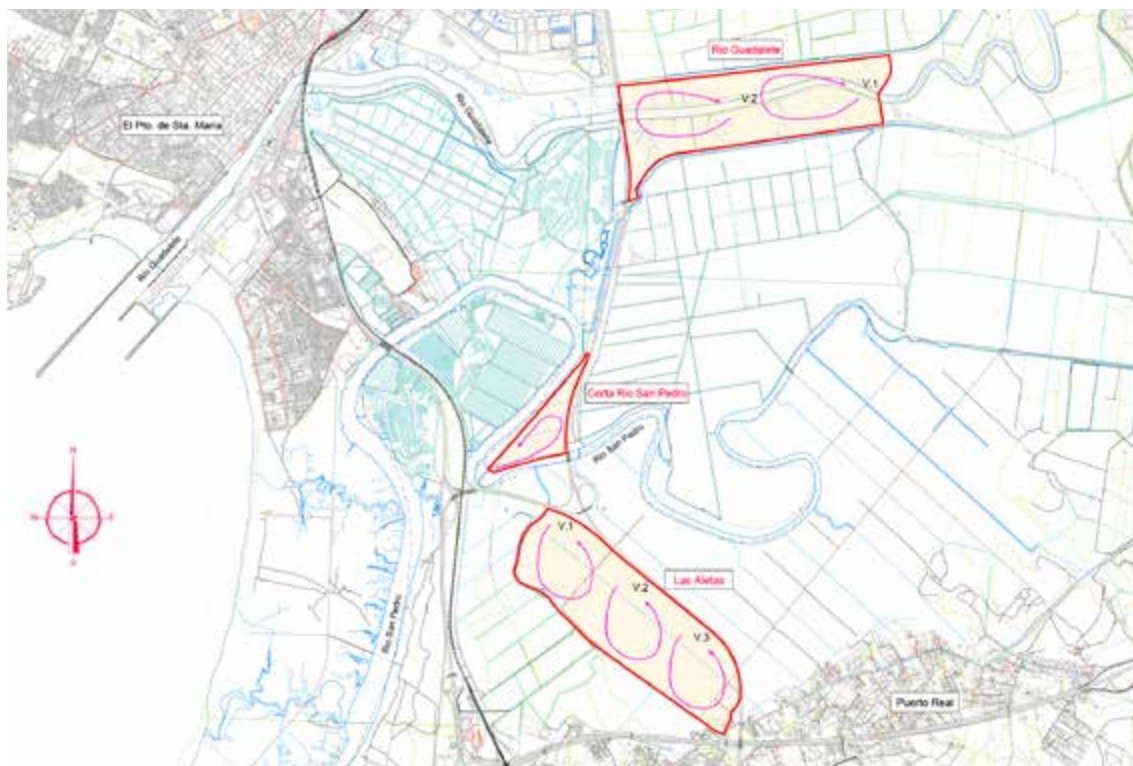
Por otro lado, la presión del turismo con el desarrollo de actividades no totalmente compatibles con la conservación genera problemas como la destrucción de vegetación, molestias a la fauna y acumulación de residuos.

Objetivos de restauración

Cada una de estas áreas tienen zonas degradadas por distintas actuaciones realizadas en el pasado que han llevado principalmente a la alteración del hidrodinamismo natural de las marismas, decrecimiento de cobertura vegetal y las condiciones de calidad del ecosistema. El estudio se focaliza en 3 zonas de la Bahía de Cádiz y 3 zonas de las Marismas del Odiel, todas pertenecientes, excepto una, a los espacios protegidos, con un total de 443,59 ha. Las acciones de restauración propuestas tienen como objetivo principal la restauración de la vegetación de marisma en cada una de las zonas, maximizando en la medida de lo posible las condiciones que posibiliten la fijación de carbono a través de la vegetación natural (ver tabla 12). Para cumplir con este objetivo, se actuará fundamentalmente sobre aquellos factores que alteran las condiciones relativas a la mejora de la conexión hídrica e hidrodinámica de las zonas de actuación.

Trabajos preliminares también incluyeron la valoración de repoblación con *Spartina marítima* en la Bahía de Cádiz. Esta especie ha sido objeto de implantación en zonas similares en experiencias previas con buenos resultados. Este tipo de actuaciones tienen un valor social añadido, que se podría valorar a posteriori en mayor detenimiento, pero se espera que la restauración del hidrodinamismo natural sea el mejor precursor para esta recolonización. Con ello, la presente valoración se concentra en este objetivo.

Zonas de actuación en la Bahía de Cádiz



Zonas de actuación en las Marismas del Odiel

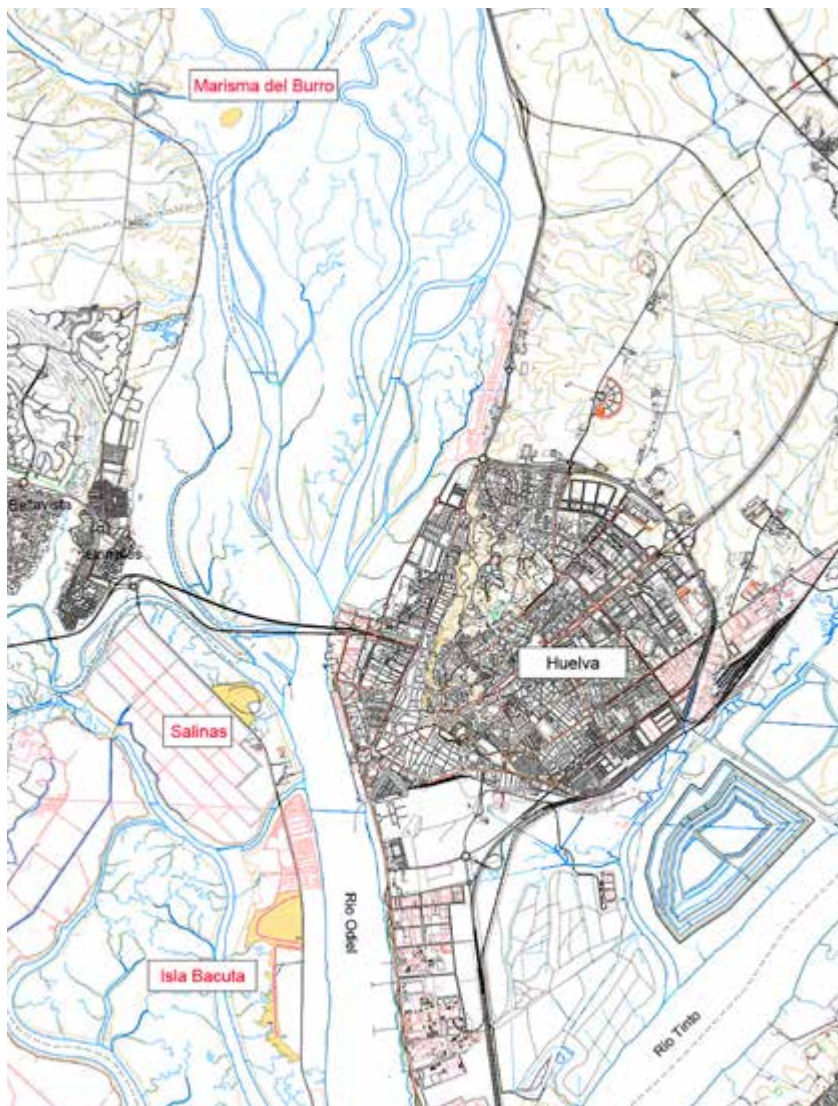


Tabla 12. Zonas de actuación en la Bahía de Cádiz y en las Marismas del Odiel

Zonas de Actuación	Área	Condición/tipo de presión
Bahía de Cádiz		
Z1. Margen norte del río Guadalete	154,99 ha.	Alterado régimen hídrico por cubetas y barreras con fines acuícolas y salineros
Z2. Corta del río San Pedro	25,89 ha.	Alterado régimen hídrico por barreras y canales. Antiguas salinas
Z3. Las Aletas	209,86 ha.	Modificado el perfil del terreno por cambio de uso del suelo para el desarrollo de cultivos
Marisma del Odiel		
Z1. Bacuta	38,31 ha.	Acumulación de dragados bloquean hidrodinamismo
Z2. Marismas del Burro	2,8 ha.	Pérdida de calidad de agua por agricultura colindante
Z3. Salinas industriales	211,70 ha.	Salinas industriales abandonadas

1.1. Aplicabilidad de la metodología y viabilidad

1.1.1. Metodología VM0033

A continuación, se presenta una descripción de las ocho condiciones de aplicabilidad de la metodología del Standard de Carbono VMS (VM0033), y cinco condiciones adicionales para las cuales no aplica la metodología (condiciones 9-14, ver Anejo 1). Este análisis en detalle sobre los condicionantes de aplicabilidad en el área de estudio se resumen en la tabla 13, de forma separada para ambas áreas del proyecto y teniendo en cuenta la información disponible. El color verde indica que la condición de aplicabilidad de la metodología se cumple en su totalidad; el color amarillo indica que hace falta información para determinar si la condición se cumple o si se puede cumplir en el futuro y el color rojo indica el no cumplimiento de la condición. La columna de comentarios detalla el tipo de información adicional requerida y algunas recomendaciones.

Tabla 13. Resultados del estudio de viabilidad según la metodología VM0033.

VIABILIDAD	REQUISITOS		COMENTARIOS
	CÁDIZ	ODIEL	
Condición 1	Cumple con Requisitos VCS		Las actividades del proyecto aumentan las tasas de secuestro de carbono o remoción neta de GEI mediante la restauración de zonas degradadas. Tales actividades incluyen la restauración de las condiciones hidrológicas a través de generación de caños artificiales y la eliminación de obstáculos que impiden el flujo mareal. Tales actuaciones mejorarían el aporte sedimentario, la profundidad del nivel freático y las características de salinidad.
Condición 2	Cumple con Requisitos VCS		De acuerdo con lo expuesto en la <i>Condición 1</i> , las actividades del proyecto están diseñadas para restaurar las condiciones hidrológicas mediante la eliminación de diques y generación de caños artificiales, lo cual disminuye el nivel freático en humedales estancados y mejora las características de salinidad en las zonas desconectadas. Adicionalmente se alterará el suministro de sedimentos mediante el perfilado del terreno para generar condiciones de marisma media, debido a su elevada tasa de fijación de CO ₂ .
Condición 3	Cumple con Requisitos VCS		De acuerdo con el Plan Rector de Uso y Gestión (<i>PRUG</i>) del Parque Natural Bahía de Cádiz, las salinas representan casi el 50 % del total del Parque. Aunque acogen diversos usos y aprovechamientos como la explotación salinera tradicional o los cultivos marinos, el 35% de la superficie ocupada por las salinas se encuentra en estado de abandono debido a la falta de rentabilidad de ambos aprovechamientos tradicionales que han propiciado el abandono progresivo. En el interior del espacio protegido, la acuicultura constituye la principal actividad económica, seguido de las salinas y el marisqueo. Por otro lado, el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales (<i>PORN</i>) del Paraje Natural Marismas del Odiel establece que los usos del suelo corresponden en su gran mayoría a los propios de un estuario, no existe actividad agrícola y una considerable proporción de las marismas ha sido transformada en explotaciones salineras. Sin embargo, en el área de actuación específica del proyecto (Bacuta y Marisma de El Burro) existen salinas abandonadas reconvertidas a una explotación piloto de acuicultura. Demostrando la situación de abandono de las áreas del proyecto y teniendo en cuenta que los usos actuales de la tierra (acuicultura y marisqueo) continuarán en un nivel similar de servicio durante las actividades del proyecto y el periodo de acreditación, se da cumplimiento a las condiciones 3.a.i y 3.c de la metodología. Se realizó un análisis detallado para determinar el estado de abandono de las áreas del proyecto (Anejo 4). Adicionalmente, la Ley 2/1989 (por la que se aprueba el Inventario de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía y se establecen medidas adicionales para su protección) y los instrumentos de Planificación mencionados (<i>PORN</i> y <i>PRUG</i>), tanto en las marismas del Odiel como en la Bahía de Cádiz, prohíben toda actividad susceptible de alterar los elementos y la dinámica de los sistemas naturales de las Reservas y cualquier actuación que implique la transformación o degradación de la marisma natural existente, dando cumplimiento a la condición 3.a.iii.

VIABILIDAD	REQUISITOS		COMENTARIOS
	CÁDIZ	ODIEL	
Condición 4	Cumple con Requisitos VCS		Actualmente, la carga de biomasa viva tanto en las marismas del Odiel como en la Bahía de Cádiz no es muy alta y no representa una reserva significativa de carbono. La movilidad del sustrato impide que estas zonas presenten una cobertura vegetal importante. Por otro lado, los usos agro-ganaderos tienen una escasa importancia dentro de los límites del proyecto, por lo que no se esperan cambios significativos en las reservas de carbono por cosechas u otras actividades relacionadas.
Condición 5	NA		No se tiene prevista la quema dirigida de ningún tipo de biomasa durante las actividades del proyecto en la Bahía de Cádiz y en las Marismas del Odiel.
Condición 6	NA		El proponente del proyecto no tiene la intención de reclamar reducción de emisiones de GEI por reducción en la frecuencia de incendios.
Condición 7	NA		El proponente del proyecto no tiene la intención de reclamar reducción de emisiones de GEI por reducción en la frecuencia de incendios.
Condición 8	Cumple con Requisitos VCS		La revegetación de las zonas de actuación es previsible que se genere de forma natural una vez reestablecida la conexión hídrica y re-humectación de las zonas de actuación.
Condición 9	Cumple con Requisitos VCS		Las actividades del proyecto no califican como IFM o REDD porque el área de actuación no se encuentra en tierras forestales. El proyecto está enfocado a la restauración de humedales y por lo tanto califica como WRC.
Condición 10	Cumple con Requisitos VCS		En el interior del espacio protegido de la Bahía de Cádiz, el aprovechamiento de los recursos naturales se limita a la acuicultura, el marisqueo y la actividad salinera. Adicionalmente, el <i>PRUG</i> del Parque supone dentro de sus criterios para la conservación de los recursos naturales, mantener la ausencia de aprovechamiento forestal (Capítulo 3.1, parágrafo C). En el Paraje Natural de Odiel se realiza aprovechamiento forestal. El recurso tradicional de piñones, madera y miel se encuentra perfectamente integrado con los fines de conservación, pero el cultivo de especies forestales para aprovechamiento maderero, como el eucalipto, produce un empobrecimiento de las comunidades naturales. Sin embargo, en el área específica para el desarrollo de actividades no se desarrollan actividades de silvicultura, pues las zonas de actuación se caracterizan por ausencia de vegetación.
Condición 11	NA		Dentro de las actividades del proyecto se incluye la eliminación de barreras que impiden la inundación mareal y la creación de caños artificiales en zonas determinadas. Las acciones en ambas zonas del proyecto tienen como objetivo restaurar la dinámica mareal y mejorar la conexión hidrológica de humedales confinados o aguas aisladas por barreras artificiales. Consideramos que no es necesario determinar si las actividades del proyecto bajan el nivel freático porque habrá mejoras en la conexión hidrológica.
Condición 12	Cumple con Requisitos VCS		Las actuaciones previstas en las distintas áreas de actuación se encuentran orientadas a la mejora de la conectividad hidrológica. Estas actuaciones comprenden distintos tipos de actuaciones como la mejora de la conectividad de las áreas de actuación con las zonas adyacentes mediante la eliminación de barreras hidrológicas; la mejora de la conectividad hidrológica en el interior de las zonas mediante la construcción de canales de irrigación y optimizar la captura del carbono atmosférico. Estas alteraciones puntuales del régimen hidrológico ampliarán las zonas que se ven inundadas por el régimen mareal estableciendo una conectividad directa con el resto de zonas que conforman la marisma y que tienen conexión directa con la salida al mar a través de la red de drenaje de la marisma. La influencia de estas alteraciones sobre el régimen hidrológico de las zonas adyacentes se considera despreciable. Es necesario definir si hay conectividad hidrológica con áreas adyacentes, que pueda aumentar las emisiones de GEI fuera del área del proyecto. Según la guía, hay 3 formas de demostrarlo. Revisar Anexo 1.
Condición 13	Cumple con Requisitos VCS		No se prevé la quema de suelo orgánico durante las actividades del proyecto en las Marismas del Odiel y en la Bahía de Cádiz.
Condición 14	Cumple con Requisitos VCS		En el área delimitada para la ejecución de proyectos, no se desarrollan actualmente actividades de agricultura y no se tienen previstas durante el periodo de acreditación. Por lo tanto, no se aplican ni se aplicarán fertilizantes nitrogenados en la zona del proyecto. Adicionalmente, de acuerdo con la Ley 2/1989 está prohibido "cualquier tipo de actuación y/o intervención que pueda suponer una transformación o modificación del medio y comporte degradación de sus ecosistemas".

REQUERIMIENTOS AFOLU			
VIABILIDAD	REQUISITOS		COMENTARIOS
	CÁDIZ	ODIEL	
Sección 3.1.3	Cumple con Requisitos VCS		En la fase de elaboración del PDD, presentar una lista de las leyes y reglamentos aplicables, aprobadas por las comunidades autónomas y el gobierno central.
Sección 3.1.6	Cumple con Requisitos VCS		Las actividades de transformación de las marismas en ambas zonas de actuación se han ejecutado por más de 60 años con fines industriales y urbanos, y no para generar créditos de carbono.
Sección 3.1.7	Cumple con Requisitos VCS		Existe suficiente evidencia de la condición de transformación y degradación de las marismas desde los años 40 como consecuencia de las actividades industriales, urbanas y agrícolas.
Sección 3.4.2	Cumple con Requisitos VCS		En la fase de elaboración del PDD, presentar soportes de régimen de propiedad/tenencia de la tierra en las áreas específicas del proyecto.
Sección 4.2.16	Cumple con Requisitos VCS		La Bahía de Cádiz y las Marismas del Odiel pertenecen al grupo de las marismas mareales, con una clara influencia y dependencia del régimen de oscilación del mar. El Acuerdo del Consejo de Ministros de 27 de septiembre de 2002 incluyó a la Bahía de Cádiz en la Lista de Humedales de Importancia Internacional, conforme al «Convenio relativo a Humedales de Importancia Internacional especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas», hecho en Ramsar el 2 de febrero de 1971. Las Marismas del Odiel fueron declaradas sitio Ramsar desde el año 1989. Más detalles sobre la clasificación de ambos humedales se pueden encontrar en las Fichas Informativas de los Humedales Ramsar.

ADICIONALIDAD Y ANÁLISIS DE RIESGO			
VIABILIDAD	REQUISITOS		COMENTARIOS
	CÁDIZ	ODIEL	
¿El proyecto es adicional?	Cumple con Requisitos VCS		
¿El proyecto es permanente?	Falta información		No se cuenta con información suficiente para realizar el análisis de riesgo según la metodología.

1.1.2. AR-TOOL14 “Estimation of Carbon Stocks and Change in Carbon Stocks of Trees and Shrubs in A/R CDM Project Activities”

Esta herramienta no tiene condiciones internas de aplicabilidad.



© GIMÉNEZ CUENCA SL / UICN

Las Aletas. Cádiz

1.1.3. CDM TOOL “Combined tool to identify the Baseline Scenario and demonstrate additionality in A/R CDM Project Activities”

Aunque la metodología VM0033 se refiere a esta herramienta metodológica para evaluar los escenarios de línea base y demostrar adicionalidad, no se tuvieron en cuenta las condiciones de aplicabilidad porque estas están relacionadas con actividades de forestación y reforestación (A/R).

Conclusiones de aplicabilidad

De acuerdo con esta información se puede concluir de forma preliminar que las acciones de restauración propuestas son viables para el registro en el estándar VCS, tanto en la Bahía de Cádiz, como en las Marismas del Odiel.

Sin embargo, se recomienda tener en cuenta las siguientes consideraciones: el análisis de riesgo de no permanencia se debe realizar siguiendo los lineamientos de la tercera versión de la *Herramienta de Riesgo de no Permanencia AFOLU*. Con la información presente no se puede realizar el análisis debido a que no se tiene información suficiente sobre la gestión del proyecto, viabilidad financiera, costo de oportunidad, longevidad, propiedad de la tierra, participación comunitaria, gobernabilidad y probabilidad de ocurrencia de riesgos naturales en la zona de los proyectos. Este análisis se puede incluir en la fase de elaboración del PDD, junto con la lista de leyes y reglamentos nacionales y locales aplicables (sección 3.1.3 de los requerimientos AFOLU), y los soportes de régimen de propiedad/tenencia de la tierra en las áreas específicas del proyecto (sección 3.4.2 de los requerimientos AFOLU).

1.2. Límites del Proyecto

1.2.1. Ámbito del Proyecto

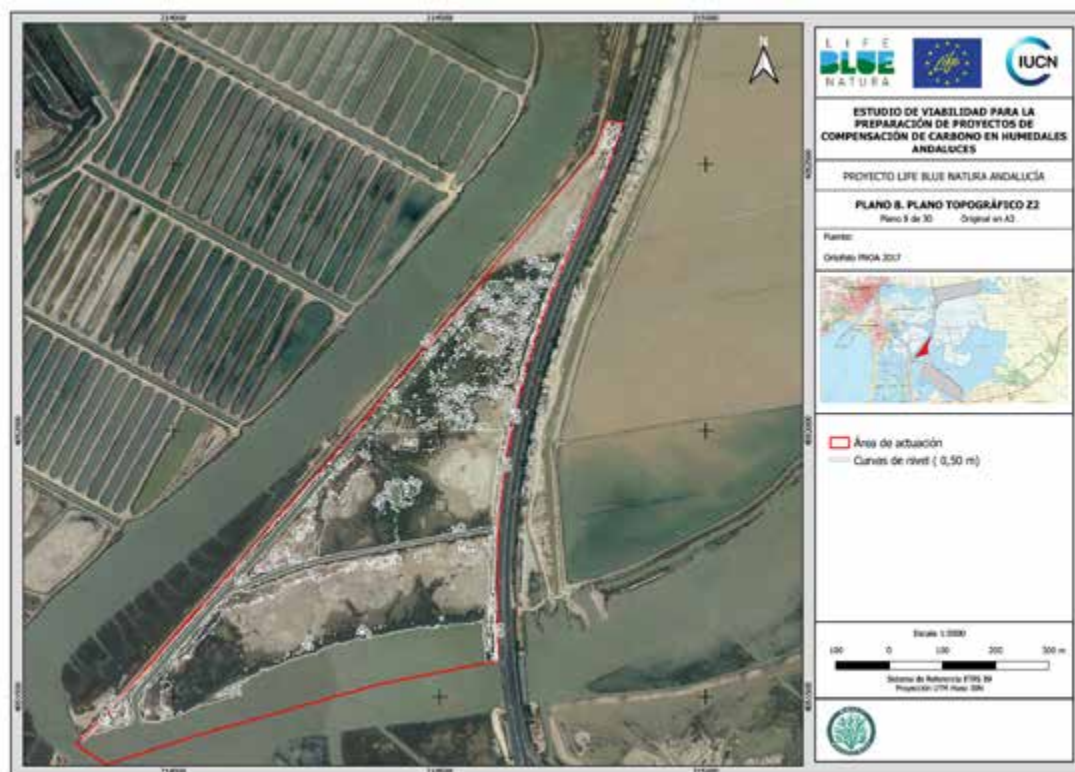
El estudio se centra en el análisis de diferentes actuaciones previstas en 3 zonas de la Bahía de Cádiz, incluidas, con la salvedad de la denominada “Las Aletas”, dentro del espacio protegido del mismo nombre, y 3 zonas de las Marismas del Odiel, pertenecientes todas ellas al espacio declarado Paraje Natural, representadas en los planos 1, 2, 16 y 17 de la cartografía, con un total de 443,59 ha de acuerdo (Tabla 12).

Todas las zonas pertenecen a terrenos públicos, de carácter demanial, cuya gestión depende de la administración correspondiente en función de la distribución de competencias vigente en cada caso.

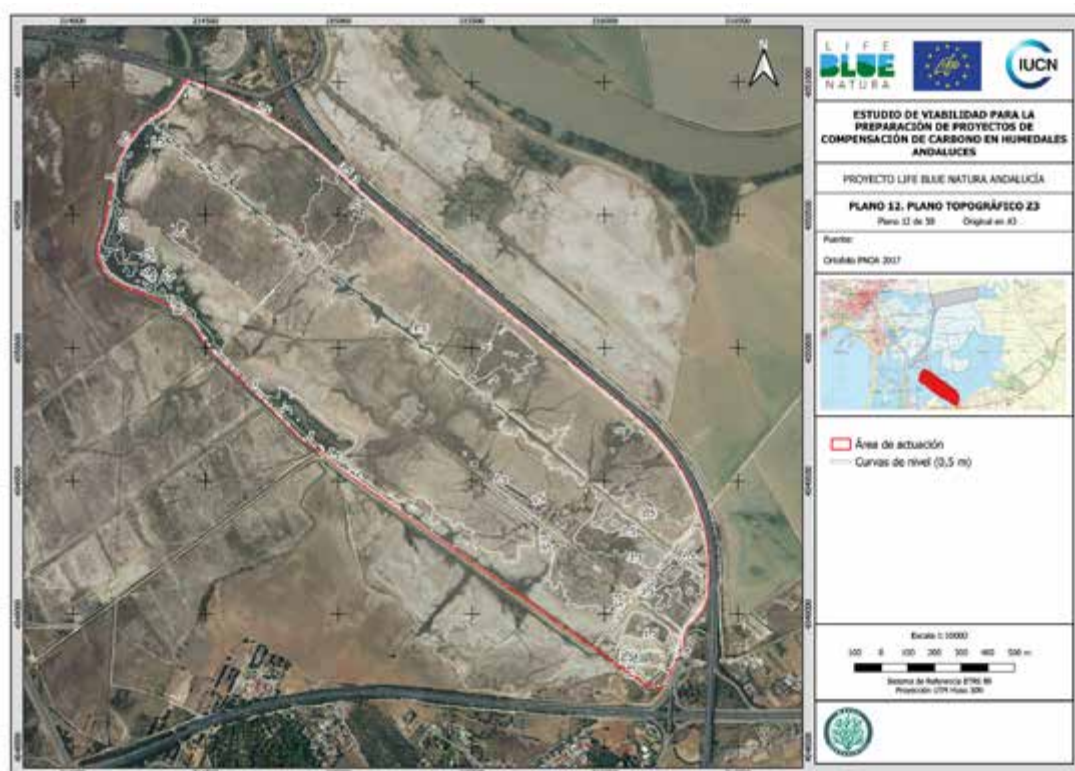
Bahía de Cádiz. Margen norte y sur del río Guadalete



Bahía de Cádiz. Corta del río San Pedro



Bahía de Cádiz. Las Aletas



Marismas del Odiel. Isla de Bacuta



Marismas del Odiel. Marismas del Burro



Marismas del Odiel. Antiguas salinas industriales



1.2.2. Estratificación

Se ha llevado a cabo la estratificación del ámbito del proyecto para cada una de las zonas, de acuerdo a la cobertura de vegetación existente y su estado de degradación, siguiendo, en este último caso, las categorías establecidas en el estudio de Almela *et al.* (2019), a saber: *Odiel wild*, *Cádiz bay wild*, *Odiel dry*, *Odiel rewetted*, *Cádiz salina*, *Cádiz wet abandoned salina*, *Cádiz dry abandoned salina* y *Odiel planted*, considerando en todos los casos su posición desde el punto de vista de la dinámica de mareas, distinguiendo marisma baja, media, alta o continentalizada.

1.2.3. Límite temporal

El límite temporal del proyecto coincide con el periodo para el cual el proyecto es elegible para reclamar reducciones de emisiones por restauración. Este periodo se fija a través del “Soil organic carbon Depletion Time” SDT (página 22).

Bajo un enfoque conservador y teniendo en cuenta la disponibilidad de datos para el ámbito del estudio, se ha tomado como referencia una profundidad para la determinación del contenido de carbono en el suelo de 1 m, coincidente con la obtenida de la fórmula propuesta en el estándar:

$$C_{i,t0} = \text{Depth}_{\text{soil},i,t0} \times VC \times 10$$

Donde:

- $C_{i,t0}$ = Contenido promedio de carbono en el suelo mineral del estrato i a la fecha de puesta en marcha del proyecto (tCO₂/ha)
- $\text{Depth}_{\text{soil},i,t0}$ = Profundidad del suelo considerada para el estrato i a la fecha de puesta en marcha del proyecto (m)
- VC = Contenido promedio de carbono en el suelo mineral (kgCO₂/m³)

A cada una de las zonas de actuación se les ha asignado el valor de los stocks de carbono correspondiente al estrato más representativo de cada una de ellas de acuerdo con la información disponible.

Bahía de Cádiz

• Z1.	Margen norte y sur del río Guadalete:	199,20 tCO ₂ /ha (SL-CW)
• Z2.	Corta del río San Pedro:	199,20 tCO ₂ /ha (SL-CW)
• Z3.	Las Aletas:	199,20 tCO ₂ /ha (SL-CW)

Marismas del Odiel

• Z1.	Isla de Bacuta:	609,50 tCO ₂ /ha (ODB.Z)
• Z2.	Marismas del Burro:	216,80 tCO ₂ /ha (ODND-C)
• Z3.	Salinas industriales:	216,80 tCO ₂ /ha (ODND-C)

La tasa de emisión por oxidación empleada en el cálculo es la estimada en el apartado 4.1. y toma un valor de 12,80 tCO₂/ha año, igual para todos los estratos. De esta manera, el SDT para cada una de las zonas queda establecido en:

Bahía de Cádiz

• Z1.	Margen norte y sur del río Guadalete:	15,56 años
• Z2.	Corta del río San Pedro:	15,56 años
• Z3.	Las Aletas:	15,56 años

Marismas del Odiel

• Z1.	Isla de Bacuta:	47,62 años
• Z2.	Marismas del Burro:	16,94 años
• Z3.	Salinas industriales:	16,94 años

A este respecto, es preciso mencionar que el estándar establece la recomendación de fijar el SDT en 0 cuando los terrenos hayan estado drenados por un periodo superior a los 20 años o cuando la erosión sea significativa. En cuanto a la primera de las condiciones, se comprueba como todas las zonas poseen influencia mareal, por lo que no cumpliría con este criterio de forma estricta, siendo su estado actual fruto de una alteración en la hidrodinámica más que de una desconexión hídrica. Respecto de la segunda, siguiendo el estudio de referencia, no se han identificado pérdidas de suelo por erosión en los estratos seleccionados.

1.2.4. Reservas de Carbono

Las reservas de carbono incluidas y excluidas del ámbito del proyecto, así como las fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) consideradas para el cálculo de emisiones/remociones tanto en la línea base como en el proyecto se presentan en la tabla 14 y la tabla 15 respectivamente.

Tabla 14. Remociones de GEI por sumideros en la línea base y el proyecto.

RESERVA DE CARBONO		INCLUIDA	JUSTIFICACIÓN/EXPLICACIÓN
Línea Base	Biomasa aérea arbórea	No	La vegetación característica en ambas zonas del proyecto es arbustiva y herbácea, por lo tanto, no se incluye la biomasa aérea arbórea en el estudio.
	Biomasa aérea no arbórea	Si	Se incluye aunque se espera que el aumento de esta reserva de carbono en la línea base sea insignificante.
	Biomasa subterránea	No	Se considera insignificante.
	Hojarasca	No	Es una opción conservadora excluir este reservorio del cálculo porque la actividad del proyecto no disminuirá su tasa de acumulación. Adicionalmente, puede estar incluida indirectamente en las reservas de carbono de vegetación herbácea.
	Madera muerta	No	En un enfoque conservador, no se prevé aumento o disminución de esta reserva de carbono en el escenario de línea base.
	Suelo	Si	Es la mayor reserva de carbono en el área del proyecto. Aunque no se prevén cambios significativos en las reservas de carbono en el escenario de línea base, este reservorio ha sido considerado porque se espera que las actividades del proyecto generen un aumento en dichas reservas.
Proyecto	Biomasa aérea arbórea	No	La vegetación característica en ambas zonas del proyecto es arbustiva y herbácea, por lo tanto, no se incluye la biomasa aérea arbórea en el estudio.
	Biomasa aérea no arbórea	Si	Se incluye, aunque se espera que el aumento de esta reserva de carbono en el escenario con proyecto no sea tan significativo como las reservas en suelo.
	Biomasa subterránea	No	No se incluye, se espera que el aumento de esta reserva de carbono en el escenario con proyecto no sea tan significativo como las reservas en suelo.
	Hojarasca	No	Es una opción conservadora excluir este reservorio del cálculo porque la actividad del proyecto no disminuirá su tasa de acumulación. Adicionalmente, puede estar incluida indirectamente en las reservas de carbono de vegetación herbácea.
	Madera muerta	No	En un enfoque conservador, no se prevé aumento o disminución de esta reserva de carbono durante las actividades del proyecto y el periodo de acreditación.
	Suelo	Si	Es la mayor reserva de carbono en el área del proyecto. Se espera que las actividades del proyecto generen un aumento en dichas reservas.

Tabla 15. Fuentes de emisión

FUENTE DE EMISIÓN		GAS	INCLUIDO	JUSTIFICACIÓN/EXPLICACIÓN
Línea Base	Producción de metano por microbios	CH ₄	Si	Se espera que las emisiones disminuyan con las actividades del proyecto. A falta de datos más fiables se han empleado estimaciones de referencia.
	Nitrificación/Denitrificación	N ₂ O	Si	En un enfoque conservador se pueden excluir las emisiones de N ₂ O del escenario de línea base. En este caso, se incluyen en el cálculo de la línea base para estimar un posible cambio en las emisiones en el escenario con proyecto. A falta de datos más fiables se han empleado estimaciones de referencia.
	Quema de biomasa y suelo orgánico	CO ₂	No	La quema de biomasa y suelo orgánico no es una práctica común dentro del ámbito del Proyecto.
		CH ₄	No	
		N ₂ O	No	
	Quema de combustibles fósiles	CO ₂	No	La quema de combustibles fósiles no es una práctica común dentro del ámbito del proyecto.
		CH ₄	No	
		N ₂ O	No	
Proyecto	Producción de metano por microbios	CH ₄	Si	Se espera que las emisiones disminuyan con las actividades del proyecto al aumentar la salinidad del suelo por la reconexión con la dinámica mareal. A falta de datos más fiables se han empleado estimaciones de referencia.
	Nitrificación/Denitrificación	N ₂ O	Si	Se espera que las emisiones disminuyan con las actividades del proyecto al aumentar la salinidad del suelo. A falta de datos más fiables se han empleado estimaciones de referencia.
	Quema de biomasa y suelo orgánico	CO ₂	No	No se contempla la quema de biomasa y suelo orgánico durante las actividades del Proyecto.
		CH ₄	No	
		N ₂ O	No	
	Quema de combustibles fósiles	CO ₂	No	La quema de combustibles fósiles durante el transporte y maquinaria para el movimiento de tierras durante las actividades del Proyecto puede ser considerado <i>de minimis</i> .
		CH ₄	No	
		N ₂ O	No	

Isla de Bacuta. Huelva



1.3. Determinación de la línea base

Para identificar el escenario de línea base y demostrar adicionalidad de las actividades del proyecto se ha tomado como referencia la herramienta metodológica CDM “Combined tool to identify the baseline scenario and demonstrate additionality in A/R CDM Project activities”. Los pasos 0 y 2b fueron ignorados, siguiendo los lineamientos de la metodología VM0033.

Para cada uno de los ámbitos de estudio han sido definidas tres zonas de actuación descritas en el apartado 2.2. sobre “Evaluación de las condiciones de los humedales”.

Paso 1. Selección de escenarios

Bahía de Cádiz y Marismas del Odiel. Se evaluarán los siguientes escenarios alternativos:

Escenario 1.

Statu Quo: El área del proyecto continuará en su condición de salinas abandonadas y marisma degradada.

Escenario 2.

Regeneración natural de la marisma.

Escenario 3.

Actividades de restauración de la conectividad hidráulica de la marisma se realizan sin estar registradas como proyecto VCS.

Paso 2. Análisis de barreras

El segundo paso consiste en identificar las barreras de inversión, institucionales, tecnológicas, culturales, ecológicas, sociales y de propiedad de la tierra que impiden el desarrollo de los tres escenarios planteados. La Tabla 16 resume las barreras identificadas en la Bahía de Cádiz y en las Marismas del Odiel ambas similares:

Tabla 16. Barreras identificadas en la Bahía de Cádiz y Marismas del Odiel.

	ESCENARIO 1	ESCENARIO 2	ESCENARIO 3
Inversión			
Institucionales			
Tecnológicas			
Tradiciones locales			
Prácticas habituales			
Condiciones ecológicas			
Condiciones sociales			
Propiedad de la tierra			

Escenario 1: Statu Quo

De acuerdo con las tablas anteriores, tanto en la Bahía de Cádiz como en las Marismas del Odiel no se identificó ninguna barrera para el desarrollo de este escenario. Las áreas del proyecto clasifican como salinas abandonadas, zonas desnudas carentes de vegetación donde se ha interrumpido el flujo mareal y zonas con escasas especies arbustivas. A pesar de ser terrenos protegidos bajo la Ley 2/1989 y otros instrumentos de planificación, los procesos de urbanización y la alta dependencia de la población a las actividades de acuicultura y marisqueo en la zona, podría representar una elevada presión antrópica sobre los recursos naturales. En la justificación del Escenario 2 se presenta un análisis de los últimos 17 años en la Bahía de Cádiz donde se evidencia una tendencia estable en el índice de vegetación. Por lo tanto, se espera que las condiciones actuales en las áreas de ejecución del proyecto se mantengan en el futuro si no se registran las actividades del proyecto bajo el estándar VCS.

Adicionalmente, según la metodología VM0033, el escenario de línea base más plausible para proyectos de restauración de marismas debe identificarse como zonas degradadas cuyas condiciones ecológicas no mejorarían en ausencia del proyecto.

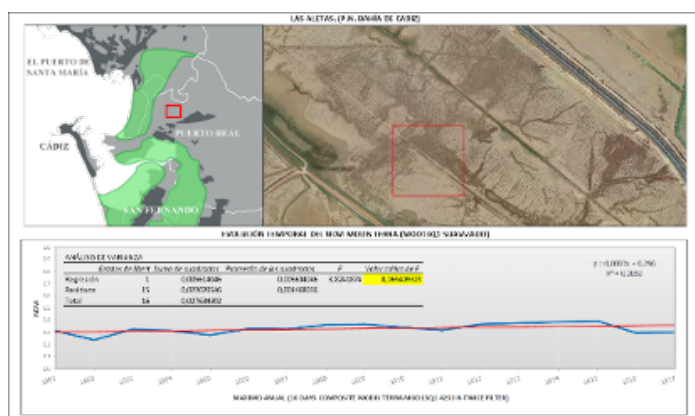
Escenario 2: Regeneración natural

A continuación, se muestra una figura correspondiente al análisis del periodo 2001-2017 para el índice de vegetación NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada) correspondiente al área de estudio “Las Aletas” en la Bahía de Cádiz. Los datos de NDVI proceden de los datos tomados por el satélite de observación de la tierra MODIS TERRA de la NASA. Los datos han sido procesados a partir del producto estándar de MODIS MOD13Q1 a los que se ha aplicado un filtro de suavizado no paramétrico (4253H-Twice) tal y como se muestra en el Anejo 3. Debido a las condiciones de inundación periódica que sufren estas zonas, los valores de NDVI se ven fuertemente influenciados por los terrenos inundados (presentando valores bajos no representativos de las condiciones de cobertura vegetal de marisma). Por este motivo se han tomado los valores máximos anuales, correspondientes a la situación estacional de máxima cobertura vegetal asociada a cada una de las zonas de referencia analizadas. Esto permite minimizar el ruido generado por los valores no representativos de la cobertura vegetal asociados a las condiciones de encharcamiento o inundación de las áreas objeto de análisis.

La progresión de los valores del índice muestra una tendencia estable (pendiente de la recta de ajuste inferior a $\pm 1\%$) aunque poco significativa (con valores de $R^2 = 0,2$ y $p > 0,05$) durante el periodo de análisis relacionada con la cobertura vegetal de la superficie. Los valores del índice son muy bajos, presen-

tando valores promedio de 0,23 y máximos menores a 0,4, correspondiéndose con zonas con muy baja cobertura vegetal.

Gráfico 11. Índice de Vegetación NDVI, “Las Aletas” en la Bahía de Cádiz, años 2000-2017.



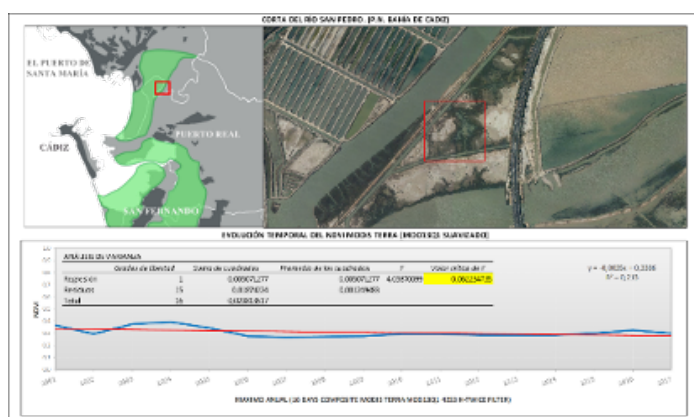
Los datos analizados durante un periodo de 17 años indican una deficiente recuperación natural del área de estudio, mostrando una posible necesidad de cambio de la dinámica natural mediante la aplicación de las correspondientes medidas de restauración y correctivas.

A continuación, se muestran los resultados del análisis correspondiente a la zona ubicada en las proximidades de la Corta del Río San Pedro (Bahía de Cádiz). En el gráfico 12 se representan los resultados obtenidos.

La progresión de los valores del índice muestra una tendencia estable durante el periodo de análisis (pendiente de la recta de ajuste inferior a $\pm 1\%$) aunque poco significativa (con valores de $R^2 = 0,2$ y $p > 0,05$) relacionada con la cobertura vegetal de la superficie. Los valores del índice son muy bajos, presentando

valores promedio de 0,23 y máximos menores a 0,4, correspondiéndose con zonas con muy baja cobertura vegetal.

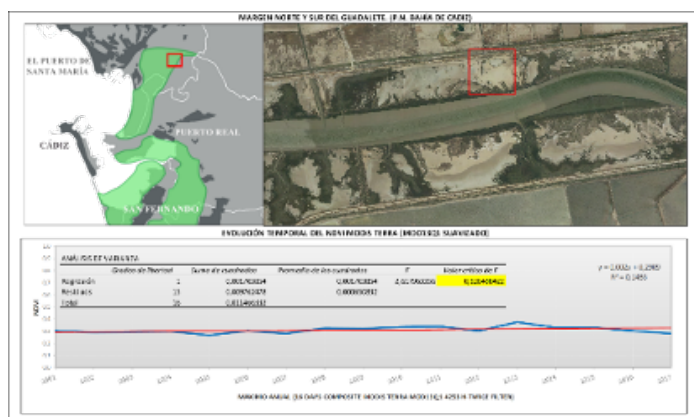
Gráfico 12. Índice de Vegetación NDVI, “Corta del río San Pedro” en la Bahía de Cádiz, años 2000-2017.



Los datos analizados durante un periodo de 17 años indican una deficiente recuperación natural del área de estudio, mostrando una posible necesidad de cambio de la dinámica natural mediante la aplicación de las correspondientes medidas de restauración y correctivas

Se realiza el mismo análisis en la zona ubicada en el margen norte y sur del río Guadalete (Bahía de Cádiz). En el gráfico 13 se muestran los resultados obtenidos.

Gráfico 13. Índice de Vegetación NDVI, “Margen norte y sur del Guadalete” en la Bahía de Cádiz, años 2000-2017.



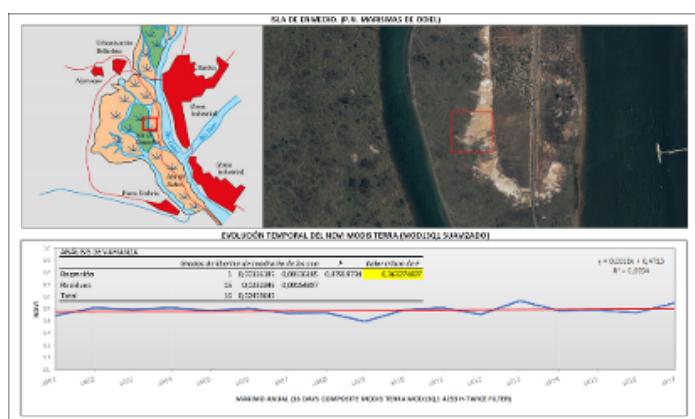
La progresión de los valores del índice muestra una tendencia estable aunque poco significativa (con valores de $R^2 = 0,14$ y $p > 0,05$) durante el periodo de análisis (pendiente de la recta de ajuste inferior a $\pm 1\%$) relacionada con la cobertura vegetal de la superficie. Los valores del índice son muy bajos, presentando valores promedio de 0,23 y máximos menores a 0,38, correspondiéndose con zonas con muy baja cobertura vegetal.

Los datos analizados durante un periodo de 17 años indican una deficiente recuperación natural del área de estudio, mostrando una posible necesidad de cambio de la dinámica natural mediante la aplicación de las correspondientes medidas de restauración y correctivas.

A continuación, se muestran los resultados del análisis correspondiente a la zona ubicada en la Isla de Enmedio (Marismas del Odiel). En el gráfico 14 se representan los resultados obtenidos.

La progresión de los valores del índice muestra una tendencia estable, aunque poco significativa (con valores de $R^2 = 0,05$ y $p > 0,05$) durante el periodo de análisis (pendiente de la recta de ajuste inferior a $\pm 1\%$) relacionada con la cobertura vegetal de la superficie. Los valores del índice son bajos, presentando valores promedio de 0,38 y máximos menores a 0,57, correspondiéndose con zonas con baja cobertura vegetal.

Gráfico 14. Índice de Vegetación NDVI, “Isla de Enmedio” en las Marismas del Odiel, años 2000-2017.



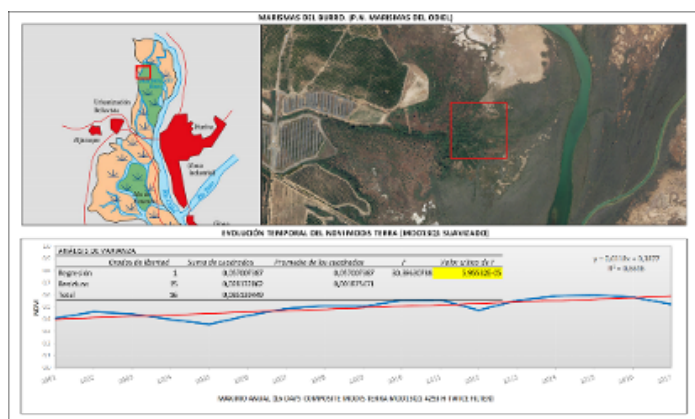
Debido a la resolución espacial del dato empleado (250 metros), el pixel contiene mezcla de espectros provenientes de área rasa y área con vegetación.

Los datos analizados durante un periodo de 17 años indican una deficiente recuperación natural del área de estudio, mostrando una posible necesidad de cambio de la dinámica natural mediante la aplicación de las correspondientes medidas de restauración y correctivas.

A continuación, se muestran los resultados del análisis correspondiente a la zona ubicada en las Marismas del Burro (Marismas del Odiel). En el gráfico 15 se representan los resultados obtenidos.

La progresión de los valores del índice muestra una tendencia estable y significativa (con valores de $R^2 = 0,6$ y $p < 0,05$) durante el periodo de análisis (la pendiente de la recta de ajuste es muy baja, de entorno al $\pm 1\%$, por lo que se considera similar a condiciones de estabilidad) relacionada con la cobertura vegetal de la superficie. Los valores del índice son medios, presentando valores promedio de 0,42 y máximos menores a 0,6, correspondiéndose con zonas con media cobertura vegetal.

Gráfico 15. Índice de Vegetación NDVI, “Marismas del Burro” en las Marismas del Odiel, años 2000-2017.



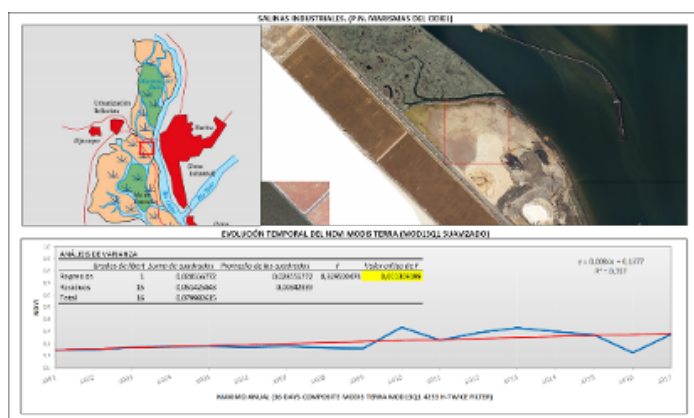
Los datos analizados durante un periodo de 17 años indican un incremento paulatino de la cobertura vegetal de la zona. Este incremento de los valores del índice podría estar relacionado con un progresivo cambio del tipo de vegetación. Por tanto, en este caso, este incremento observado se podría deber a un cambio en el tipo de vegetación asociado a las condiciones de degradación que son consecuencia de factores externos como el aterramiento por aporte de sedimentos de los cauces circundantes durante los periodos de avenidas.

Aunque en las Marismas del Burro se evidencia regeneración natural de la vegetación durante el periodo analizado, la zona de actuación se corresponde con zonas discontinuas con una superficie de baja cobertura vegetal.

A continuación, se muestran los resultados del análisis correspondiente a la zona de salinas industriales (Marismas del Odiel). En el gráfico 16 se representan los resultados obtenidos.

La progresión de los valores del índice muestra una tendencia estable y significativa (con valores de $R^2 = 0,35$ y $p < 0,05$) durante el periodo de análisis (pendiente de la recta de ajuste inferior al +1 %), con

Gráfico 16. Índice de Vegetación NDVI, “Salinas industriales” en las Marismas del Odiel, años 2000-2017.



valores muy bajos correspondientes a zonas desprovistas de vegetación. A partir del año 2010 se observa cierto incremento de los valores del índice probablemente asociados a un pequeño incremento de la cobertura vegetal de la zona. Sin embargo, a partir del año 2016 los valores se tornan negativos durante ciertos periodos, probablemente asociado a un nuevo régimen de inundación de la zona, que vuelve a un valor promedio en el año 2017.

Por tanto, los datos analizados durante un periodo de 17 años indican una deficiente recuperación natural del área de estudio, mostrando una posible necesidad de cambio de la dinámica natural mediante la aplicación de las correspondientes medidas de restauración y correctivas.

Escenario 3: Actividades de revegetación y de restauración de la conectividad hidráulica de la marisma se realizan sin estar registradas como proyecto VCS.

A continuación, se presenta un análisis detallado de todas las barreras identificadas:

Barreras de inversión

El objetivo del proyecto tanto en la Bahía de Cádiz como en las Marismas del Odiel es restaurar las zonas degradadas en las marismas para mantener un ecosistema manejado de manera sostenible para aumentar las tasas de absorción de carbono. Sin embargo, no se espera un ingreso directo de las actividades de restauración y conservación. La recolección de madera o aprovechamiento forestal no se han considerado en las actividades del proyecto y los beneficios son indirectos y a largo plazo. No hay crédito ni financiamiento para este tipo de actividades y por lo tanto no se consideran rentables. Las actividades de restauración de las condiciones hidráulicas y revegetación solo serán posibles debido a los beneficios que proporcione el proyecto al ser registrado en el estándar VCS.

Barreras Institucionales

Escasa coordinación entre las instituciones públicas para coordinar y promover actuaciones relacionadas con la gestión del Parque/Paraje Natural.

- Excesiva burocracia en el funcionamiento de las administraciones.
- Lentitud y complejidad en la tramitación de permisos y autorizaciones en el Parque/Paraje Natural.
- Falta de recursos económicos públicos.
- Ausencia de iniciativas supramunicipales sobre el desarrollo sostenible del Parque/Paraje Natural.
- Disparidad de criterios entre administraciones sectoriales.
- Deficiencias en la gestión y cooperación institucional para el desarrollo.

Barreras tecnológicas

La asistencia técnica es fundamental para el desarrollo de actividades de restauración de humedales. Las comunidades locales de la zona no están en capacidad de desarrollar un proyecto exitoso de restauración de esta escala sin apoyo logístico, conocimiento y experiencia técnica especializada para definir las acciones, áreas críticas de actuación, tipo de vegetación, entre otros. Adicionalmente, es necesario contar con maquinaria pesada para la eliminación de diques y para la extracción/corte, acopio y relleno de material de excavación.

Condiciones sociales

- Ausencia de identidad territorial en relación con el Parque/Paraje Natural.
- Escasa implicación de la población local en la gestión del Parque/Paraje Natural.
- Cómoda tendencia a pensar que es la Administración la que debe resolver todos los problemas.
- Dependencia excesiva de las ayudas y subvenciones que explica la dificultad para promover actitudes emprendedoras entre la población local.
- Acceso limitado a asistencia técnica y organizacional.

Paso 3. Análisis de práctica común

Según el Informe “Recopilación e identificación de acciones de restauración ecológica en humedales españoles”, promovido por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, durante los últimos 20 años diferentes Administraciones españolas, tanto de ámbito nacional, como autonómico y local, así como distintas organizaciones y otros grupos interesados, han puesto en marcha alrededor de 685 proyectos de restauración y rehabilitación de humedales, pero en general actuando de forma independiente y raramente aprovechando la experiencia adquirida en otros proyectos, especialmente por la restringida divulgación de los resultados y métodos empleados en caso de proyectos exitosos y la evidente falta de planificación general. En el informe se seleccionaron y analizaron 78 proyectos, cuya fuente de financiación más frecuente procede de las Administraciones públicas (europeas, nacionales, autonómicas y locales, en ese orden) y cuyo objetivo de restauración estaba encaminado a la recuperación de hábitats o especies concretas y la adaptación al cambio climático.

Como se mencionó en el paso 2, las actividades de restauración de humedales de escala y objetivo similar a la del proyecto se enfrentan a cuatro barreras principales: financieras, institucionales, tecnológicas y sociales. Todos los proyectos de restauración en España han tenido fuentes de financiación diferentes y no han tenido que superar las barreras identificadas en este análisis. Adicionalmente, ningún proyecto de restauración de marismas mareales en España ha sido registrado bajo el estándar VCS hasta la fecha. Por lo tanto, se concluye que las actividades del proyecto no pueden ser consideradas como el escenario de línea base.

Conclusión (escenario de línea base): El escenario que aplica para la línea base en la Bahía de Cádiz y las Marismas del Odiel es el *Statu Quo* (Escenario 1).

Vista aérea de grupo de flamencos sobrevolando en la Parque Natural de Bahía de Cádiz.





Bahía de Cádiz

2. ESCENARIOS DEL PROYECTO

2.1. Identificación de las condiciones de referencia

A pesar de la variabilidad de factores que definen y caracterizan cada marisma existen ciertas condiciones básicas que hacen de ellas uno de los ecosistemas más productivos que se conocen en la naturaleza.

Las marismas se forman gracias al aporte de arena procedente del mar, que es transportada por las corrientes mareales y depositadas en forma de pequeñas islas donde los materiales procedentes de los ríos, como limos y arcillas, se van acumulando. El éxito de la productividad de las marismas reside en la transferencia de energía y nutrientes que llegan a estos depósitos sedimentarios donde, a través de los canales, caños y esteros, la materia orgánica y nutrientes se distribuyen gracias a la energía proporcionada por las fluctuaciones del agua.

Estos sedimentos y biomasa actúan como sumideros donde las bacterias juegan un importante papel liberando nutrientes que son aprovechables por los productores primarios (organismos autótrofos), mientras que los secundarios (heterótrofos) se alimentan de la materia orgánica.

Pero a pesar de que los sedimentos son la base de la abundancia biológica, hay muchos otros que determinan su variabilidad, ya que a menudo desarrollan adaptaciones fisiológicas, metabólicas o de comportamiento para adaptarse a las condiciones que suponen la convergencia del mar con el agua dulce.

La amplitud de las mareas (diferencia de niveles de pleamar y bajamar) hace que los procesos de marismas estén en mayor o menor medida condicionados por el mar, influyendo en la deposición y erosión de sedimentos, y en la salinidad, que presenta un gradiente que aumenta con la distancia al mar. Este gradiente condiciona la distribución de las comunidades biológicas.

La estratificación de las aguas, proveniente del gradiente de densidad entre el agua dulce y el agua salada, condiciona de igual forma a las comunidades biológicas, las cuales se desarrollarían más en las orillas, es decir en agua dulce. Mientras que la radiación lumínica limita el crecimiento de los productores primarios, por lo que la exposición solar y turbidez influyen en la producción, así como la temperatura influye en los procesos de respiración.

En las Marismas del Odiel los sustratos están fundamentalmente compuestos por arenas, limos y arcillas, procedentes del transporte del río principal que da nombre a la marisma, además de los propios procedentes del mar, que transporta los materiales que erosiona de las áreas litorales.

En particular esta dinámica ha sido alterada tras la construcción del dique de retención de arenas situado en el Canal del Padre Santo, en la desembocadura del Odiel, para mitigar la gran acumulación de materiales procedentes del mar, que dificultaban las labores de navegabilidad de la ría, y que ha causado el desarrollo de nuevos ganchos arenosos en la Isla Saltés. Del mismo modo el crecimiento del gancho de Punta Umbría afecta en la dinámica del régimen hidrológico, y su desarrollo favoreció al de las Islas de Enmedio, Saltés y Bacuta, actuando como barrera natural.

La bahía de Cádiz se divide en dos partes. La primera, en la que desemboca el río Guadalete, se trata de una bahía abierta, bien conectada con el mar abierto y mayor intercambio energético en la que predominan los fondos arenosos. Por otro lado, el área de la bahía situada más al suroeste se encuentra más protegida, predominando los caños mareales y los sedimentos fangosos.

En las marismas naturales, la altitud actúa como un limitante a la hora de definir las características sedimentarias, ya que esta determina los puntos hasta los cuales las mareas son capaces de llegar. Los niveles medios son cubiertos por agua durante varias horas en cada pleamar, creando lechos compuestos principalmente por limos. En las zonas más elevadas, donde solamente llegan las aguas del mar en sus episodios de mareas vivas, los suelos son predominantemente duros, con arenas, limos y arcillas más compactas.

La distribución hídrica y sedimentaria se realiza a través de una red de caños que se distribuyen a lo largo del caño de Sancti Petri como su eje principal, alimentando a la marisma y comunicando las aguas del atlántico con las de la bahía.

Pese a su escasa representatividad cabe destacar las zonas encharcadas hipersalinas del pastizal en la Algaida, la Laguna pluvial temporal de la Vega, cuya baja concentración salina la hace destacar en el contexto de la Bahía.

2.2. Evaluación de las condiciones de los humedales

Bahía de Cádiz

Actualmente el espacio cuenta con superficies consideradas de alto valor ecológico, coincidentes con las **Zonas de Reserva del Parque Natural**, en las que se localizan hábitats vulnerables y críticos. Su importancia reside en que se trata de áreas de importancia para la alimentación, refugio y cría de aves, fauna marina y otro gran número de especies biológicas. Los Parajes Naturales de Isla del Trocadero y Marismas de Sancti Petri poseen buen grado de conservación con presencia de hábitats de interés comunitario prioritarios. Aquellas zonas establecidas como de **Regulación Especial** presentan características con elevados valores ambientales, geomorfológicos y paisajísticos, además de estar en buen estado de conservación o precisar de ser restaurados.

La Regulación Especial se divide en 4 subzonas. Las **Zonas Húmedas de Elevado Interés Ecológico** que están constituidas por marismas naturales y salinas tradicionales activas o abandonadas, en las se ha incluido el Entorno de Arillo, la laguna de Camposoto, la salina del Vicario, Patrocinio y salinas tradicionales del entorno del Parque Natural.

Las **Zonas Costeras de Singular Valor Paisajístico y Natural** presentan formaciones con una gran diversidad de hábitats, con especies vulnerables y en peligro de extinción. Es el caso de la Península de los Toruños, el último tramo del río San Pedro, el pinar de la Algaida y pastizales de alrededor, la punta del Boquerón (playa de Camposoto) y sistema dunar asociado, así como los caños y marisma natural y salinera, desde la salina San Nicolás hasta el final de la flecha de Sancti Petri, las zonas de la playa de Camposoto no considerada C1, el Pinar de Las Mogarizas y el islote de Sancti Petri.

Zonas Húmedas de Conservación Activa son las salinas tradicionales abandonadas o explotadas por cultivos marinos que no están incluidas en las otras Zonas. El interés de estos hábitats es fundamentalmente por su importancia en la nidificación, alimentación y reposo de aves costeras.

Los **Cursos de Agua y planicies mareales** constituyen medios de alta importancia para la alimentación de aves y el alevinaje y cría de peces. En esta clasificación se han incluido las planicies mareales de la Bahía de Cádiz, los cursos de agua principales y sus márgenes, el río Guadalete, parte del río San Pedro, el caño de Sancti Petri, el río Iroel río Zurraque, el caño Madre, el caño Molino Nuevo, el caño Rubial, el caño San Fernando, el caño de la Merced, el caño del Rosario y el canal de Bartivás.

El siguiente rango de protección corresponde a las **Zonas de Regulación Común**, áreas del Parque con un alto estrés a causa de su uso intensivo que han sufrido de ciertas alteraciones. Es el caso de las **Zonas de Playa**, que sufren una presión por el turismo y la gente local, causando un decaimiento en los ecosistemas presentes en las playas. Como en las de Cachucha, parte de Camposoto y la playa de Levante. Las salinas que han sufrido grandes transformaciones en su morfología y estructuras para la implantación de cultivos marinos se incluyen dentro de **Zonas Húmedas Transformadas**.

Por último las infraestructuras, zonas muy alteradas y equipamientos con un elevado interés de ser objeto de restauración se incluyen dentro de las **Zonas Degradadas**, como es el caso de la salina Nuestra Señora de los Dolores ocupada por la EDAR Cádiz-San Fernando, la salina Santa Leocadia rellena y la antigua almadraba, zonas de eucaliptos de Santibáñez, la zona de contacto entre la salina San Rafael de Monte, San Patricio, San José del Palmar, el Pópulo y la N-IV a la altura del barrio Jarana incluido el parque de vehículos existente y el coto de pesca, zonas degradadas de la margen derecha del río Guada-

Gráfico 17. Zonas de actuación en la Bahía de Cádiz.

lete, de la salina Nuestra Señora de la Ó, espacios adyacentes a carreteras y vías férreas, los aparcamientos y viarios de la playa de Camposoto, y el entorno de la urbanización Los Gallos.

En cuanto a las condiciones particulares de las áreas de actuación:

La zona de actuación 1 (margen norte del río Guadalete) está englobada dentro de lo que en el PORN Parque Natural Bahía de Cádiz se considera como Cursos de Agua y Planicies Mareales. Este grado de protección se debe a su valor ambiental como zona prioritaria para la cría y alevinaje de peces o esencial para la alimentación de aves litorales. Integra los principales cursos de agua que determina la regulación hídrica de la marisma, así como el transporte de biomasa y nutrientes al sistema.

La importancia de las planicies mareales reside en su capacidad de producir un elevado número de algas y fanerógamas marinas, cuyo hábitat se ve amenazado por el vertido de productos peligrosos procedentes de la agricultura y de actividades humanas, la construcción de barreras para la creación de cubetas con fines acuícolas y salineros, el incremento de los aprovechamientos pesqueros y marisqueros.

Actualmente la superficie se encuentra desprovista de vegetación en buena parte de su superficie, encontrándose el régimen de inundación procedente del efecto de las mareas alterado debido a la transformación del medio físico adyacente.





© GIMENEZ CUENCA SL / UIICN

La zona 2 (Corta del río San Pedro) se encuentra en las inmediaciones de los límites del Parque Natural. Esta zona mantiene cierto grado de degradación debido al mantenimiento de antiguos usos de la marisma. Actualmente, el medio físico se encuentra alterado, presentando estructuras y canales de derivación que modifican la dinámica del flujo mareal. Presenta una incipiente colonización vegetal sobre algunas de las superficies.



© GIMENEZ CUENCA SL / UIICN

La zona 3 (Las Aletas), correspondiente al paraje de Las Aletas, se sitúa fuera de los límites del Parque Natural. Esta zona actualmente mantiene un estado de degradación y alteración del régimen mareal muy alto, derivado de antiguas obras de modificación del perfil del terreno con la finalidad de establecer un cambio de uso del suelo para el desarrollo de cultivos.

En todas las zonas seleccionadas como objeto de actuación no se realizan actividades de aprovechamiento forestal

Marismas del Odiel

Dentro del Paraje Natural de las Marismas del Odiel se encuentran áreas que mantienen un elevado nivel de conservación. Las zonas establecidas como **Reserva natural** correspondientes con la Isla de Enmedio y la Marisma del Burro. La Isla de En medio se encuentra situada en pleno sistema marismeño, presenta una buena red de drenaje, con suelos predominantemente limosos donde los pequeños cambios topográficos determinan la duración de las inundaciones, salinidad y, por tanto, composición de la vegetación. La Marisma de El Burro, situada en la zona norte, se trata de una marisma madura y con una red de drenaje consolidada formada por canales anchos que separan islas y cubetas hipersalinas. En esta zona destaca la elevada densidad de *Spartina densiflora*.

Las zonas determinadas como **Núcleos de alto valor ambiental** son zonas declaradas de alto valor ambiental por su singularidad y elevado grado de conservación. Corresponden a la Isla de Saltés, La Cascajera, la Isla de La Liebre y la Laguna marítima en la zona de El Manto. La Isla Saltés, situada en el sur del Paraje, ha sido fuertemente influenciada por la construcción del dique de contención del Puerto, el espigón de Punta Umbría y la carretera de las islas, experimentando un aumento en la velocidad de crecimiento debido a la alteración en las dinámicas de sedimentos producidas.

Existe una amplia variedad de comunidades vegetales pertenecientes a cada uno de los ecosistemas que presenta esta isla, pudiendo observar comunidades pertenecientes a planicies intermareales, marismas, zonas dunares, lagunas litorales y ganchos arenosos evolucionados en los que encontramos especies forestales, como es el caso de La Cascajera, donde se halla un bosque litoral formado por pino piñonero, sabinas, coscoja, labiérnago, acebuche, etc. La Marisma de La Liebre está transformada por el aprovechamiento extensivo salinero, en la que se han creado barreras de contención que afecta a la red de drenaje y al hidropereodo natural, pasando a ser una laguna con afloramiento de islotes que aún conservan la vegetación original.

Área de Reserva 2: Marismas sin transformar.

Aquellas zonas establecidas como Marismas sin transformar se corresponden con zonas marismeñas que no han sufrido grandes alteraciones, conservando aún su valor ecológico y de conservación, siendo compatible los aprovechamientos sostenibles que permitan la renovación de los recursos.

Los **ecosistemas dunares** mantienen un buen estado de conservación, pero se encuentran sometidos a una gran presión y fragilidad debido a la construcción urbanística que se asienta a lo largo del litoral. Se consideran zonas compatibles con actividades de aprovechamiento que no comprometan la regeneración de los recursos. Estos sistemas dunares del litoral han sufrido un incremento en la deposición de arenas a raíz de la construcción del espigón que alteró la dinámica sedimentaria a su favor. Esta acumulación suscita la proliferación de bajos arenosos y planicies intermareales que alimentan las dunas y sirven de sustento a las especies adaptadas a las condiciones específicas que el sustrato y la marea crean.

En cuanto a los **sistemas forestales** presentes en el Paraje Natural, en La Marisma de Gibrleón, se halla una superficie forestal asentada sobre terrenos que perdieron la influencia mareal debido a la construcción de barreras para su aprovechamiento forestal, donde se han implantado especies de eucalipto. Perteneciente al municipio de Gibrleón, al oeste del Paraje Natural, se halla una extensa superficie de monte con especies forestales autóctonas a las que se asocian de forma espontánea otras de carácter invasor, y superficies destinadas a la plantación de eucaliptos. En Punta Umbría se encuentra una importante masa relictica de enebros desarrollados sobre los sistemas dunares y avanza hasta el casco urbano. Declarado como Paraje Natural Enebrales de Punta Umbría por la Ley 27/1989, de 18 de julio, es uno de los pocos bosques mixtos de sabinas y enebro de todo el litoral de Andalucía.

Gráfico 18. Zonas de actuación en las Marismas del Odiel



En cuanto a los sistemas de caños, esteros y rías, su estado de conservación es variable. Los cauces de agua han sido alterados a través de dragados, relleno y colmatación de los regímenes hidrológicos naturales por motivos diversos, como la agricultura, los aprovechamientos forestales, los usos salineros y la construcción, entre otros.

El Paraje Natural ha sido transformado también por la creación de infraestructuras. El caso más visible de impacto por infraestructuras es el del poblado de Corrales, situado al noreste de la marisma. En la Isla de Bacuta se encuentra una de las principales áreas de marisma transformada. Para su aprovechamiento tradicional como salina, se crearon una red de muros que cercan el agua y facilitan la desecación. Sin embargo, estas han sido colonizadas por numerosas especies que se benefician de este estado, como es el caso de aves limícolas que se alimentan de los invertebrados que viven en los fondos.

En cuanto a las condiciones particulares de las áreas de actuación:

La zona de actuación 1 (Isla de Bacuta) se trata de una antigua zona de marisma que ha sido utilizada como área de relleno para los dragados de acceso portuario. Estos vertidos fueron cubiertos por una capa de suelo sobre la que se plantaron especies forestales como pino piñonero, enebro marítimo, acebuche etc. Como se explicó con anterioridad, la acumulación de metales pesados en los fondos y sedimentos ha supuesto un problema de relevancia en las Marismas del Odiel que se ha visto ampliado debido a su arrastre por efecto de la erosión y su posterior vertido en zonas adyacentes.



La zona de actuación 2 (Marisma del Burro) se sitúa en la Marisma del Burro encontrándose parcialmente en los límites del Paraje Natural. Esta zona se determina como Área de Reserva 2 Marisma sin transformar. El estado actual de su régimen hidrológico se ha visto alterado por las actividades agrarias colindantes, ya que parte de las pérdidas de suelo ciegan los cauces de circulación de las aguas, aportando gran cantidad de sedimentos provenientes de los arrastres de materiales de las zonas de cultivo aledañas ocasionado por la escorrentía superficial, además de contribuir a la contaminación de la zona por la presencia de productos tóxicos y fertilizantes que aceleran la eutrofización.



© JIMÉNEZ CUENCA SL / LICIN

La zona de actuación 3 (antiguas salinas industriales), se corresponde con una superficie que fue utilizada históricamente para el aprovechamiento industrial de sal. Recientemente se han efectuado acciones de implantación vegetal mediante el aporte de lodos y diversas especies vegetales en las zonas colindantes. La zona objeto de las actuaciones se corresponde con un área desprovista de cobertura vegetal.

En todas las zonas seleccionadas como objeto de actuación no se realizan actividades de aprovechamiento forestal.



© ERNESTO JIMÉNEZ / DREAMSTIME



© ANDREW MORRISON FROM PIXABAY

2.3. Vegetación

La vegetación de las marismas está fuertemente condicionada, entre otros factores, por la frecuencia de inundaciones, la salinidad y la estructura del suelo. Es por ello que en los distintos tramos de las marismas, la vegetación varía junto con las diferentes condiciones del medio, presentando en ocasiones una especialización que las hace exclusivas de ese ecosistema.

Las áreas de marisma baja del Parque Natural de la Bahía de Cádiz se caracterizan por las comunidades de vegetación acuática formadas por algas clorófitas (verdes), feófitas (marrones) y rodófitas (rojas), además de fanerógamas marinas como la *Cymodocea nodosa*, *Zostera noltii* o la *Zostera marina* y plantas adaptadas a altas concentraciones de sal (*Spartina maritima*). En los fangos mareales de la marisma baja aparecen clorófitas como *Caulerpa prolifera* y *Ulva lactuca*. Además de otras rodófitas y, en menor medida, feofitas como *Fucus spiralis*.

En las zonas más bajas de estas marismas son características las praderas de *Zostera noltii* y *Zostera marina*, así como otro gran número de especies vegetales que las usan como soporte (epífitas), destacando a *Enteromorpha linza*, *Ulva lactuca* y *Codium tomentosum*.

Las elevaciones suelen mantener zonas con franjas sin plantas enraizadas, pero sí con algas microscópicas que actúan como productores primarios.

Los cambios de marisma media a alta no son drásticos, se caracterizan por estar más alejados del flujo de marea y se empiezan a hallar comunidades vegetales más desarrolladas, como es el caso de la *Spartina densiflora*, una gramínea capaz de reducir la energía mareal y la erosión gracias a su estructura

rizomas. Los Toruños es el mejor ejemplo de estas marismas, en las que aparecen especies terrestres como la *Salicornia ramosissima*, que ayuda a la fijación del suelo y su elevación, permitiendo que otras plantas se asienten.

En la parte alta de las marismas donde el nivel topográfico es mayor y la presencia de agua salada es apenas puntual, aparecen especies como la *Sarcocornia perennis* y *Sarcocornia fruticosa*. Esta es la zona más estable de toda la marisma, que caracteriza al Parque Natural de la Bahía de Cádiz, con especies como *Limoniastrum monopetalum*, *Arthrocnemum macrostachyum*, *Inula chrithmoides*, *Suaeda splendens*, *Limonium ferulaceum*.

En las áreas marismeñas que han sufrido mucha transformación para la extracción de sal cabe destacar la presencia de *Arthrocnemum macrostachyum*, *Salsola vermiculata*, *Inula crithmoides*, *Limoniastrum monopetalum* y pastizales de especies ruderales.

De igual forma que las distintas partes de la marisma presentan una vegetación en función de su régimen mareal, los bordes de los caños experimentan un efecto parecido a pequeña escala que depende del gradiente topográfico.

En el Paraje Natural de Odiel, los fangos frecuentemente inundados por las mareas, pertenecientes a las marismas bajas, son habitualmente colonizados por fanerógamas marinas como la *Zostera noltii* y *Cymodocea nodosa*. Otras comunidades de *Salicornia ramosissima* y *Spartina maritima* son de elevada importancia por su papel en la estabilización de estos fondos inestables.

La menor frecuencia de inundación de las marismas medias da paso a otras especies como el *Halimione portulacoides* o la *Sarcocornia perennis*, una especie rastrera que tapiza los sustratos.

Los tramos altos, con suelos elevados más estables, son raramente afectados por las mareas, aun así, las comunidades vegetales tienen que adaptarse a suelos salinos. Son comunes las especies arbustivas como el *Arthrocnemum macrostachyum* acompañado, entre otras, por *Suaeda vera* y *Atriplex halimus*, además de *Tamarix canariensis* que puede llegar al porte arbóreo.

Pese a la escasa frecuencia marítima pueden hallarse cubetas hipersalinas donde el matorral anteriormente descrito no logra sobrevivir, solamente lo hacen aquellas especies altamente tolerantes, como es el caso de la *Triglochin barrelieri* y la *Cotula coronopifolia*.

2.4. Estimación de la tasa de aumento del nivel del mar a partir de la serie histórica detectada por los mareógrafos

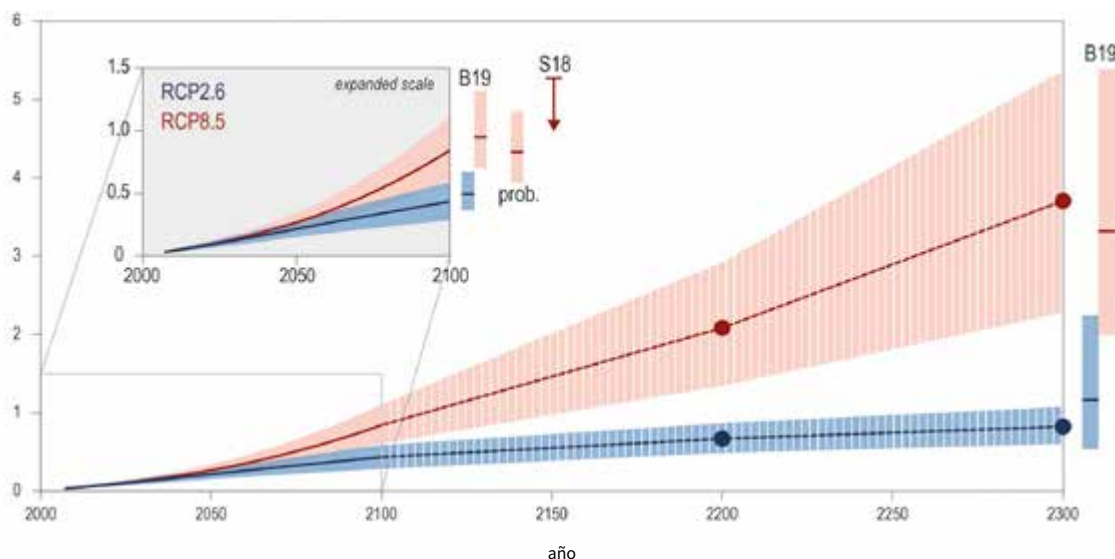
Tal y como se deriva de los informes emitidos por el IPCC, la influencia humana sobre el clima ha sido la causa dominante del calentamiento global desde mediados del siglo XX. Este aumento a escala global y regional de la temperatura ha dado lugar a profundas alteraciones en los sistemas naturales, incluyendo fenómenos como aumento de las sequías, inundaciones, algunos otros fenómenos asociados al clima extremo y el aumento del nivel del mar.

El incremento del nivel del mar tiene graves repercusiones a nivel global y regional sobre determinados territorios que pueden ver alterados su dinámica de forma drástica. Los ecosistemas ligados a las zonas costeras, con influencia directa de la dinámica mareal, son ámbitos que resultan afectados de forma directa por la variación del nivel del mar.

Gráfico 19. Elevación proyectada del nivel del mar (SLR) hasta las 2300.

El recuadro muestra una evaluación del rango probable de las proyecciones para RCP2.6 y RCP8.5 hasta 2100 (confianza media). Las proyecciones para escalas de tiempo más largas son muy inciertas, pero se proporciona un rango (4.2.3.6; confianza baja). Oppenheimer *et al.* en prensa. IPCC-SROCC report, 2019.

Subida del nivel medio
global del mar (m)



Desde finales del siglo XX, las observaciones efectuadas a través de sensores específicos sobre satélites de observación de la tierra han permitido tomar medidas de los rangos altimétricos de la superficie global de los océanos con gran precisión. El resultado de estas observaciones ha demostrado una gran variabilidad de tasas de incremento alrededor del planeta. Por ejemplo, en el Océano Pacífico oeste, se han detectado incrementos de en torno a 30 veces superiores que la media global, que se sitúa en torno a 3 mm por año para el periodo 1993 a 2012. En otras zonas del planeta se han detectado, por el contrario, tasas inferiores a la tasa de incremento promedio global.

A nivel nacional se han realizado estudios de la evolución del nivel del mar a partir de reconstrucciones de las observaciones consistentes en datos de los últimos 60 años. Los resultados de estos trabajos muestran una tendencia ascendente generalizada, con valores que oscilan espacialmente entre los 1,5 mm/año del Mar Mediterráneo, los 2 mm/año en el Mar Cantábrico y 2,5 mm/año de las inmediaciones de las Islas Canarias. Sin embargo, las tendencias observadas del nivel del mar a nivel local pueden estar afectadas por distintos factores con variaciones a distintas escalas de tiempo como los movimientos de la corteza terrestre, el ajuste isostático glaciar, los vientos marinos locales o la variación de la densidad del agua de mar, entre otros. Por este motivo, la interpretación de las tendencias locales debe tener en consideración dichos efectos.

Con el objeto de determinar la tasa anual del incremento del nivel del mar observado en las zonas de actuación se ha efectuado un análisis de los datos observados por los mareógrafos empleados en el área de estudio. En este sentido, Puertos del Estado ofrece un informe *“Resumen de parámetros relacionados con el nivel del mar y la marea que afectan a las condiciones de diseño y explotación portuaria”*. En dicho informe se efectúa un análisis de la tendencia de los datos observados por los mareógrafos sobre distintos periodos temporales. En el caso del mareógrafo Huelva 5 la serie analizada en el informe se corresponde con el periodo 1997-2013, estimando una tendencia anual creciente del nivel del mar de $0,333 \pm 0,099$ cm. En el caso del mareógrafo empleado para el análisis de la dinámica de la Bahía de Cádiz correspondiente a Bonanza 2, con el periodo de análisis 1992-2013, la tendencia anual observada se estima en $0,497 \pm 0,073$ cm.

Sin embargo, debido a que la emisión de dichos informes se corresponde con el año 2014, estas estimaciones no han tenido en cuenta en el análisis los datos observados por los mareógrafos en años posteriores. Por tanto, se ha procedido a efectuar el análisis de toda la serie histórica disponible para ambos mareógrafos con el objetivo de estimar la tendencia del nivel de la mar observada.

En el Anejo 5 se incluye una descripción de los datos y la metodología empleada para la estimación de la tasa anual del incremento del nivel del mar en ambas zonas. A continuación, se muestran los resultados obtenidos:

La incertidumbre de la pendiente obtenida se considera demasiado elevada en ambos casos, por lo que los resultados del análisis no se consideran válidos. Por tanto, los valores de referencia para cada una de las zonas son los facilitados por el informe, mencionados con anterioridad.

Tabla 17. Estimación de la tasa anual del incremento del nivel del mar para cada zona

ZONA DE ESTUDIO	MAREÓGRAFO	PERIODO DE ANÁLISIS	TASA ANUAL INCREMENTO (cm)	INCERTIDUMBRE
Bahía de Cádiz	Bonanza 2	1992-2016	0,384	0,119
Marismas del Odiel	Huelva 5	1996-2016	0,222	0,153

2.5. Análisis de los sedimentos

En el estudio realizado bajo el proyecto Life Blue Natura, se muestrearon diferentes puntos de las marismas en sus tramos bajos (influenciadas por las mareas regulares), medios (inundadas en mareas vivas y temporales) y altos (fuera de las inundaciones mareales) para determinar cuáles son las zonas más productivas a la hora de retener carbono.

Se analizó, entre otros parámetros, la cantidad de materia orgánica y las texturas del suelo a diferentes profundidades, obteniendo una posible correlación positiva entre el contenido de limos y arcillas, con la cantidad de materia orgánica presente en el sedimento. Los resultados indican que el perfil sedimentario es variante en función del tramo de la marisma y de la profundidad de la muestra.

En Odiel se observó que los porcentajes más elevados de materia orgánica se encuentran en la marisma media (9,1 % MO), en la zona de El Manto. Seguido a este registro se encuentra la marisma baja, donde las zonas con vegetación (6,8 % MO) y sin ella (5,6 % MO) presentan valores similares. Cabe destacar también el tramo de marismas reconectadas con las dinámicas mareales, ya que su porcentaje (6,8 % MO) es muy parecido al de los tramos bajos.

Por otro lado, los valores más bajos de materia orgánica fueron detectados en la zona revegetada de marisma baja (0,8 % MO) y en el tramo norte, concretamente en las zonas sin vegetación que corresponden a zonas de salinas desarrolladas en los 40s (1,0 % MO).

En la Bahía de Cádiz el muestreo se hizo en Los Toruños, donde de nuevo los valores más altos se registraron en la marisma media (8,6 % MO). Por otra parte, en la marisma baja (5,7 % MO) y alta, los valores son muy parecidos entre sí, sin alejarse mucho a los de la marisma media. Los porcentajes de materia orgánica sirvieron para establecer una relación entre esta y la cantidad de carbono orgánico una vez medido de forma directa en una serie de muestras por testigo de sedimento, con la que se estimaron las toneladas de CO₂ por hectárea que es capaz de secuestrar cada marisma.

En Odiel, los datos de mayor cantidad de materia orgánica se encuentran en los tramos de marisma media, el stock de CO₂ presenta resultados más altos en el área de la marisma degradada re-humectada (609,5 tCO₂·ha⁻¹) que se encontró seca y sin vegetación desde al menos 1956 (la primera fecha de la que se tiene constancia a través de fotografía aérea) hasta el año 2004. En el año 2004 se produjo el derribo accidental de uno de los muros que impedían la conectividad hídrica de la zona y a partir de esta fecha la zona ha sido recolonizada por vegetación representada por especies correspondientes a la marisma media. Este dato es superior al obtenido para la marisma media inalterada colonizada por *Sarcocornia* spp. (424,4 tCO₂·ha⁻¹) situada en el El Manto. Este mayor valor se puede deber en parte a la compactación del perfil sufrida por la desecación, aunque no explicaría el total de la diferencia que pudiera deberse al stock de esa zona previo a su desecación. Este valor correspondiente a marisma media es superior al obtenido para marisma alta (492,8 tCO₂·ha⁻¹) y baja (450,8 tCO₂·ha⁻¹), aunque similar al obtenido en la marisma media inalterada situada en El Manto (424,4 tCO₂·ha⁻¹).

Los resultados obtenidos en la Bahía de Cádiz indican que los mayores stocks de carbono se producen en la marisma media (573,2 tCO₂·ha⁻¹), con valores dos veces superiores a los registrados en la marisma alta (286,8 tCO₂·ha⁻¹) y baja (232,3 tCO₂·ha⁻¹).

Tras estimar la cantidad de carbono de cada zona, se estudiaron las toneladas de CO₂ por hectárea y año que se intercambian de la atmósfera al sedimento de la marisma, y viceversa. Las tasas de flujo de CO₂ analizadas en Odiel revelan que en la marisma media es donde se produce el mayor secuestro de CO₂, si se tiene en cuenta la zona en la que se produce la re-humectación a partir del año 2004, antes comentada.

Al observar los datos correspondientes a la tasa de secuestro de CO₂ en estas marismas se llega a la conclusión que el tramo medio “marisma intermedia” es el más productivo en cuanto a absorción, con valores que vuelven a ser significativamente mayores a los que presentan los tramos altos y bajos.

Las reservas y flujos de carbono están dentro del rango descrito en otras marismas, con diferentes tasas de flujo de carbono de la atmósfera al suelo, en donde resalta la marisma media como el tramo más productivo.

Tabla 18. Datos de flujo de CO₂ obtenidos en los distintos puntos de muestreo de Odiel y Cádiz en marismas transformadas por diferentes usos del suelo. Fuente: DELIVERABLE C2. 2, september 2019

TIPOLOGÍA MUESTREADA	VEGETACIÓN	TIPO MARISMA	ESPECIES PREDOMINANTES	Biomasa aérea TOC Stock 1 m (tCO ₂ ha ⁻¹)	TOC Stock 1 m (tCO ₂ ha ⁻¹)	Flujo TOC Stock 1 m (tCO ₂ ha ⁻¹)
Odiel. Marisma altamente continentalizada sin vegetación, degradada (estéril)	Estéril	Alta	—	0	216,8	0,59
Odiel. Marisma intermedia, vegetada y re-humectada	Medio vegetado	Intermedia	<i>Sarcocornia spp.</i>	4,2	609,5	1,04
Cádiz. Salina abandonada húmeda	—	Todas	—	0	142,8	0
	—	Estero	—	0	60,4	0
	—	Cristalizador	—	0	225,18	0
Salina desecada abandonada	—	Todas	—	0	148,8	—
	—	Caño	—	0	182,1	—
Plantación en Odiel	Marisma baja revegetada (living shoreline)	Marina	<i>Sarcocornia spp.</i>	21,2	56,1	6,64
	Marisma baja revegetada	Marina-intermedia	<i>Spartina maritima</i>	—	242,5	3,61

Tabla 19. Datos de flujo de CO₂ obtenidos en los distintos puntos de muestreo de Odiel y Cádiz en marismas sin transformar. Fuente: DELIVERABLE C2. 2, september 2019

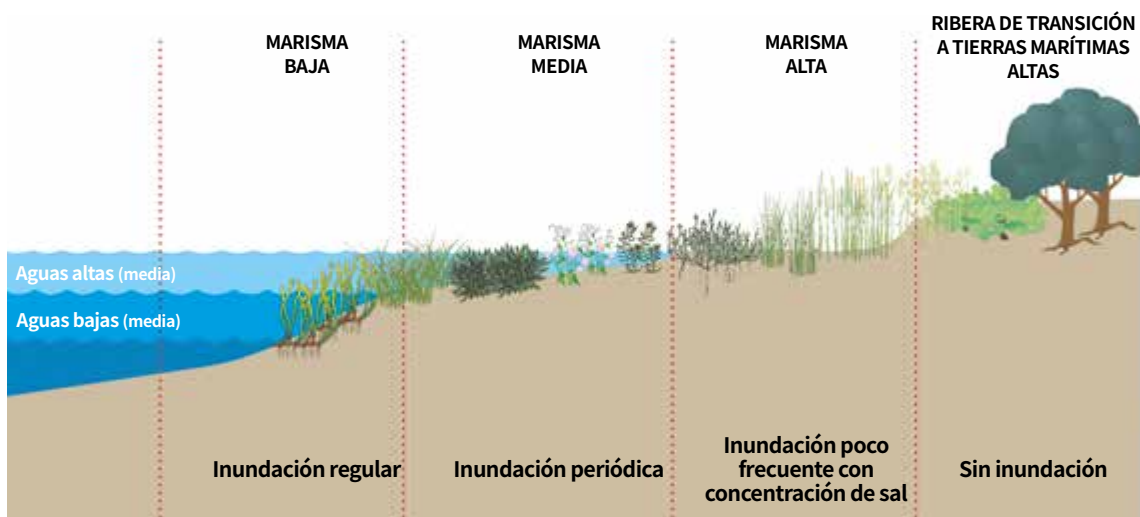
TIPOLOGÍA MUESTREADA	VEGETACIÓN	TIPO MARISMA	ESPECIES PREDOMINANTES	Biomasa aérea TOC Stock 1 m (tCO ₂ ha ⁻¹)	TOC Stock 1 m (tCO ₂ ha ⁻¹)	Flujo TOC Stock 1 m (tCO ₂ ha ⁻¹)
Odiel inalterado	Alta continentalizada	Continentalizada	Varias + <i>Spartina densiflora</i>	37,2	492,8	0,89
	Medio vegetado	Continentalizada	<i>A. macrostachyum</i>	21,5	209,1	0,72
	Muy vegetado	Intermedia	Varias, igualdad	19,0	264,4	0,66
	Muy vegetado	Intermedia	<i>Spartina densiflora</i>	44,8	243,9	—
	Medio vegetado	Intermedia	<i>Sarcocornia sp.</i>	—	177,5	—
	Medio vegetado	Marina	<i>Sarcocornia sp.</i>	13,1	424,4	4,58
	Poca o no vegetado	Marina	—	0	450,8	1,10
	Poco vegetado	Marina	<i>Spartina maritima</i>	24,7	217,6	0,38
	Canal submareal	Media	—	0	256,6	—
Bahía de Cádiz inalterado	Muy vegetado	Marina	Varias, igualdad	9,9	286,8	—
	Medio vegetado	Marina	<i>Sarcocornia spp.</i>	18,8	573,2	1,98
	Poca o no vegetado	Marina	—	0	297,5	—
	Poco vegetado	Marina	<i>Spartina maritima</i>	6,0	232,3	0,49

2.6. Determinación actual de las distintas clases de marismas en las zonas de actuación

La distribución actual de las tres diferentes tipologías de marisma, caracterizadas en función de las formaciones vegetales que las componen, se han determinado a través de los resultados de los estudios de “Caracterización de la marisma mareal de la Bahía de Cádiz” y “Cartografía temática de marismas del Odiel” que se enmarcan en el Proyecto LIFE 14 CCM/ES/000957 “Blue Natura Andalucía”.

Esta cartografía se dispone en formato digital y comprende la clasificación para las diferentes tipologías de marisma alta, media o baja.

Gráfico 20: Esquemas de clasificación de cinco zonas de vegetación en marismas saladas a lo largo del gradiente vertical de exposición a agua marina (frecuencia de inundación). Los símbolos de los diagramas son cortesía de la Red de Integración y Aplicación del Centro de Ciencias Medioambientales de la Universidad de Maryland.



2.7. Determinación de la distribución potencial de las distintas clases de marismas en las zonas de actuación

Como se ha visto con anterioridad, las marismas mareales se pueden clasificar en tres clases en función del tipo de formaciones vegetales que las conforman. Estas son, de forma general: marisma baja, marisma media, marisma alta. En cada tipo de marisma se encuentran representadas especies vegetales adaptadas a las condiciones ecológicas específicas que los diferencian, donde se ha resaltado la importancia de las pertenecientes a marismas media por su alta capacidad en el secuestro de CO₂. La distribución de estas clases en el espacio se encuentra relacionada con diversos factores, destacando entre ellos la dinámica del flujo de mareas bajo la que se desarrollan.

Con el fin de determinar la ubicación y la naturaleza de las acciones a proponer en las áreas de actuación y con el objetivo de mejorar las condiciones de conservación y el desarrollo de las especies marismeñas y su optimización para la fijación de CO₂, se han realizado una serie de simulaciones en base a la información disponible que permitan estimar la distribución potencial de cada uno de los tipos de marisma en cada una de las áreas objetivo.

Para la determinación del desarrollo potencial de las diferentes tipologías de marisma se realizará un análisis de inundación de las diferentes zonas de actuación basado en su régimen altitudinal, determinado por los modelos digitales del terreno disponibles. Los valores empleados para determinar la distribución potencial de los diferentes tipos de marismas se han basado en los niveles altimétricos determinados en los estudios “Caracterización de la marisma mareal de la Bahía de Cádiz” y “Cartografía temática de marismas del Odiel” y son los siguientes:

Tabla 20. Determinación de los niveles altimétricos para cada tipología de marisma.

Detección de incoherencia a los modelos altitudinales del terreno disponibles para cada una de las zonas de actuación asumidas en Anejo 6.

TIPOLOGÍA MUESTREADA	TIPOLOGÍA DE MARISMA	VALOR MÍNIMO ALTITUDINAL (m)	VALOR MÁXIMO ALTITUDINAL (m)
Bahía de Cádiz	Marisma baja	-0,659	1,331
	Marisma media	1,331	1,811
	Marisma alta	1,811	Sin influencia marina
Marismas del Odiel	Marisma baja	-0,65	1,56
	Marisma media	1,56	2,05
	Marisma alta	2,05	Sin influencia marina





3. ESCENARIO DEL PROYECTO

Las acciones de restauración propuestas tienen como objetivo principal la restauración de la vegetación de marisma en cada una de las zonas, maximizando en la medida de lo posible las condiciones que posibiliten la fijación de carbono a través de la vegetación. Para cumplir con este objetivo, se actuará fundamentalmente sobre aquellos factores que alteran las condiciones relativas a la mejora de la conexión hídrica e hidrodinámica de las zonas de actuación.

Las actuaciones a realizar para la restauración de las zonas son las siguientes:

- a)** Recuperación y/o apertura de nuevos caños mareales principales y secundarios mediante excavación mecánica en zanja con retroexcavadora con acopio a pie de máquina.
- b)** Recuperación y/o apertura de nuevos caños mareales terciarios mediante excavación manual en zanja, incluyendo picado, paleo y acopio a pie de tajo.
- c)** Transporte de materiales sobrantes procedentes de dragado de caños obra con camión basculante a zonas de acopio.
- d)** Restitución manual de zona de actuación alterada, debido a movimientos de tierras y paso de vehículos pesados, con materiales procedentes de excavación, incluso limpieza y recogida de residuos existentes.
- e)** Rotura de vuelta de fuera en antiguas salinas, correspondiente apertura de canal de drenaje, con pendiente 1:1, tanto en el talud exterior como en el interior y una profundidad máxima de 40 cm. El movimiento de tierras es, exclusivamente, el correspondiente a la actuación manual.
- f)** Ejecución de caño salvacaminos de caño doble de tubo de hormigón machihembrado de 0,80 m de diámetro interior colocado, según obra tipificada.
- g)** Eliminación de elementos singulares existentes como antiguo canal de riego en la marisma de Las Aletas (Bahía de Cádiz).



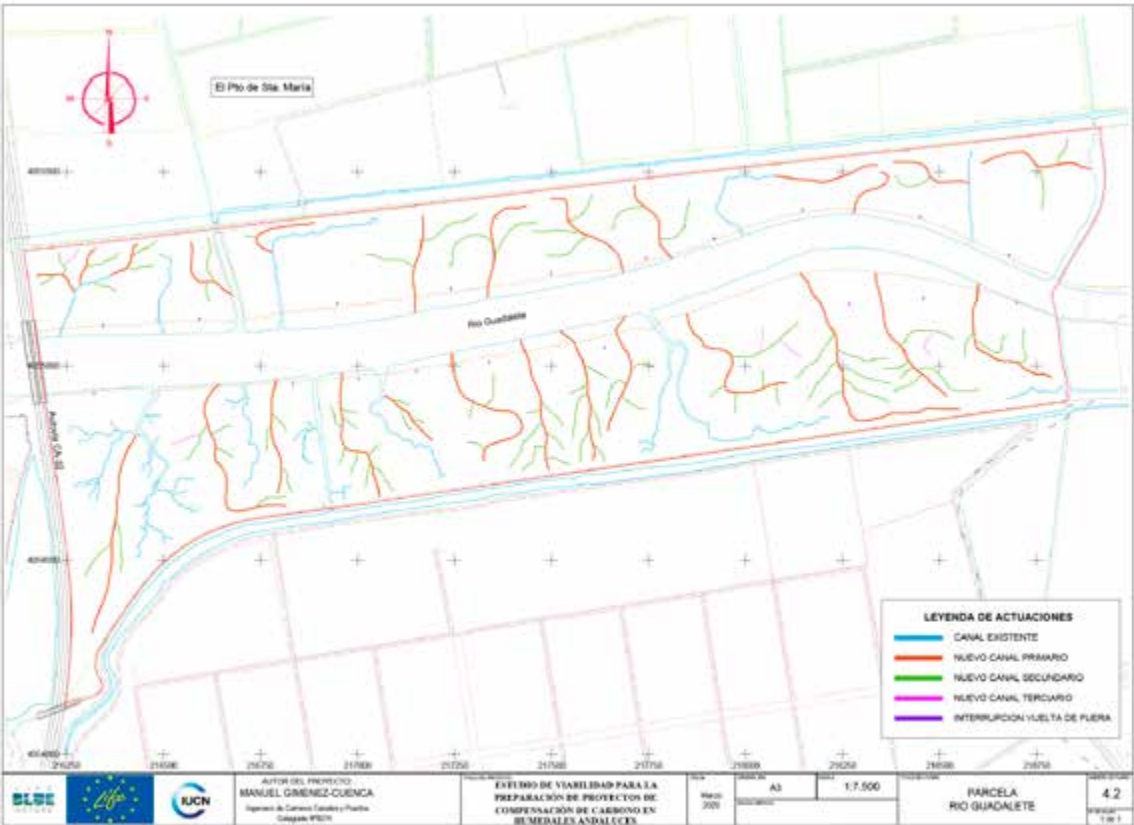
El diseño de las actuaciones y el procedimiento constructivo de cada una de las acciones se realizó con inspecciones en las zonas y valoraciones técnicas que tomaban en cuenta también el transporte de equipos y maquinaria al lugar de actuación, replanteo de nuevos canales y labores previas, la limpieza de canales primarios existentes y los remates finales y limpieza general de la zona.

Hay que destacar que todos los materiales procedentes de la ejecución de los nuevos canales secundarios y terciarios permanecerían en el lugar de actuación, siendo depositados/esparcidos a ambos lados de los mismos mediante el procedimiento de “rotores”. En el caso de los canales primarios y la rotura de las vueltas de fuera, cuyo movimiento de tierras se realiza mediante mini retroexcavadora, los materiales extraídos serían depositados a pie de tajo y posteriormente empleados en la restitución de las áreas afectadas por el paso de la maquinaria pesada; así mismo, dicho material podrá ser empleado en la generación de pequeños montículos a modo de “islas”, dentro de la propia marisma o zonas de inundación, al objeto de favorecer la diversificación de nichos ecológicos que puedan ser ocupados por la ornitofauna propia del lugar (correlimos, archibebes, cigüeñuelas, etc).

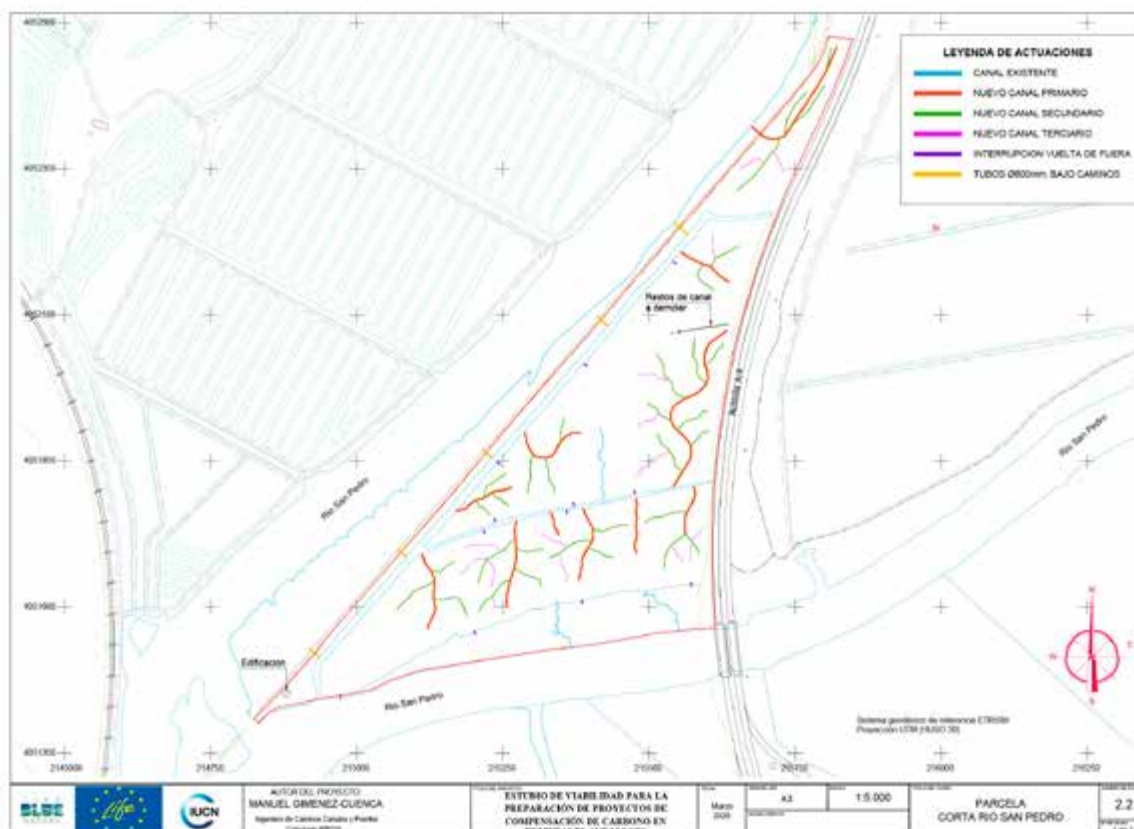
Por otro lado, únicamente aquellos materiales procedentes de la demolición de las infraestructuras existentes, actualmente carentes de uso, tales como los antiguos canales de riego de la marisma de Las Aletas, deberán ser destinados a vertedero autorizado, siendo gestionados de acuerdo a su caracterización.

Con este análisis de medidas de actuación se realizó la valoración económica de las intervenciones en cada área de actuación (ver Anejo 7 para detalles).

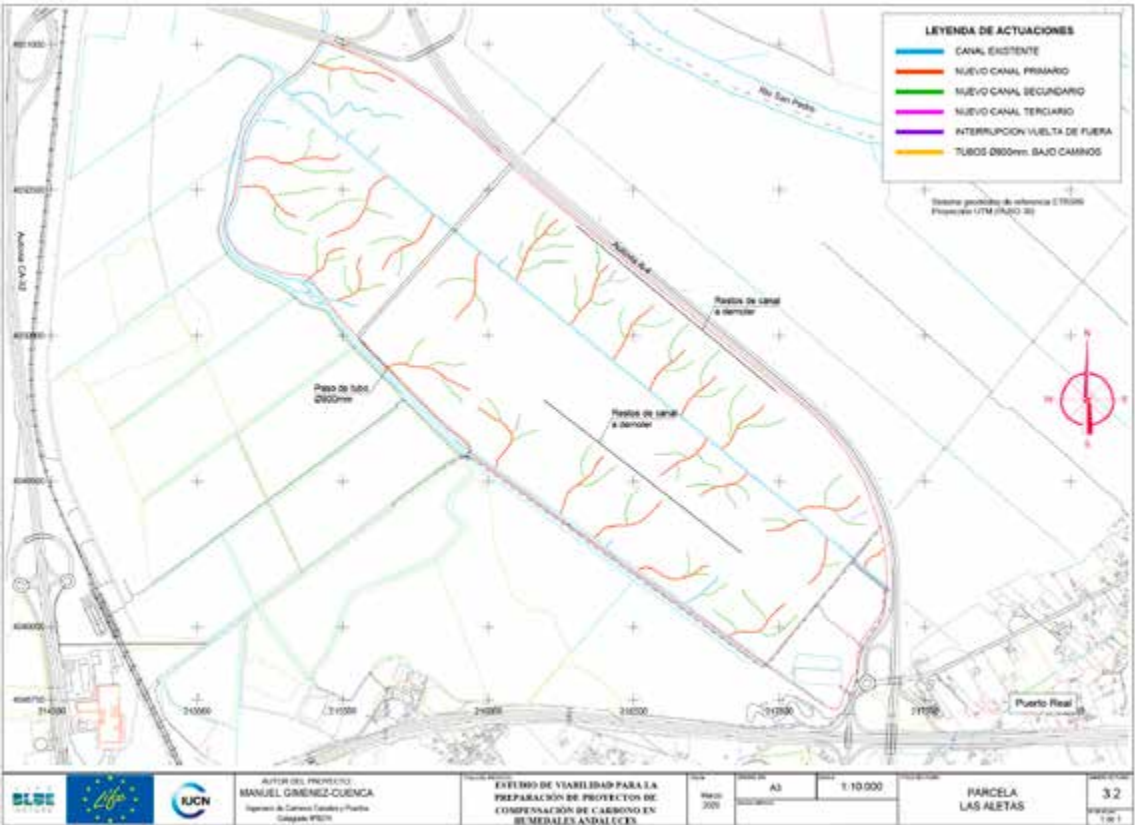
BAHÍA DE CÁDIZ. Actuación en margen norte del río Guadalete.



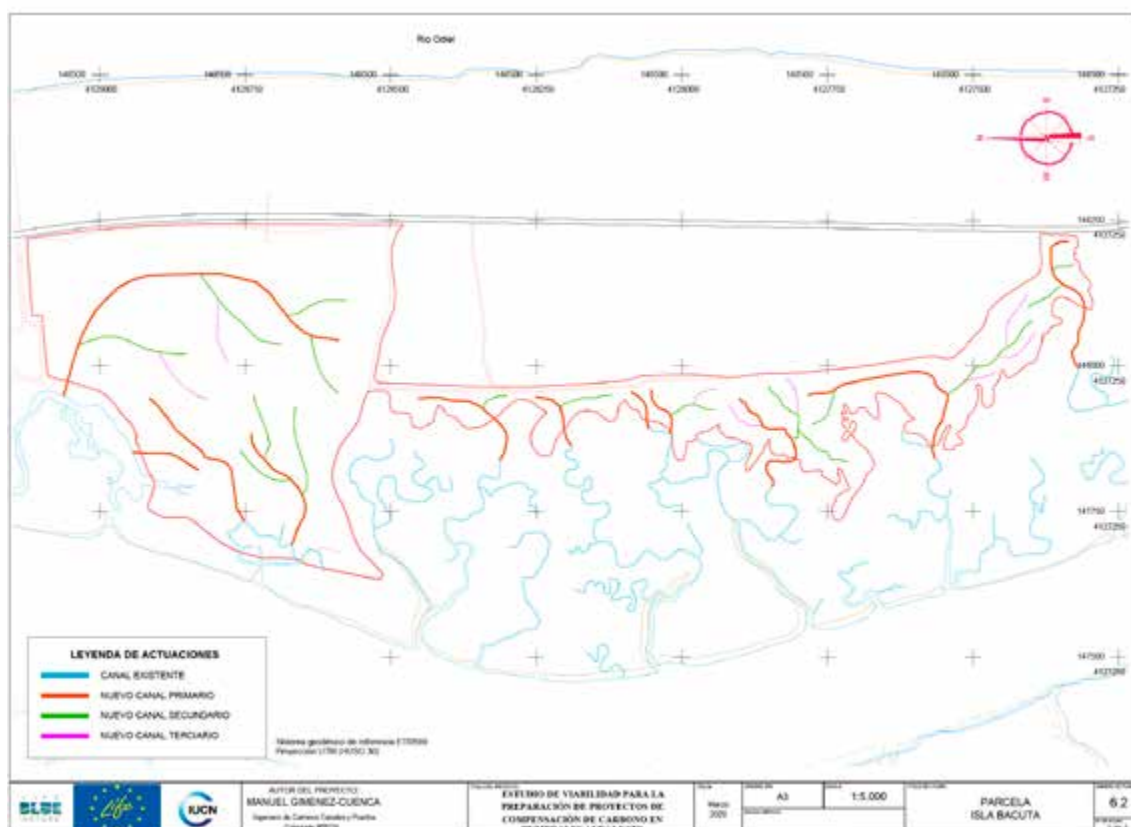
BAHÍA DE CÁDIZ. Actuación en Corta de río San Pedro.



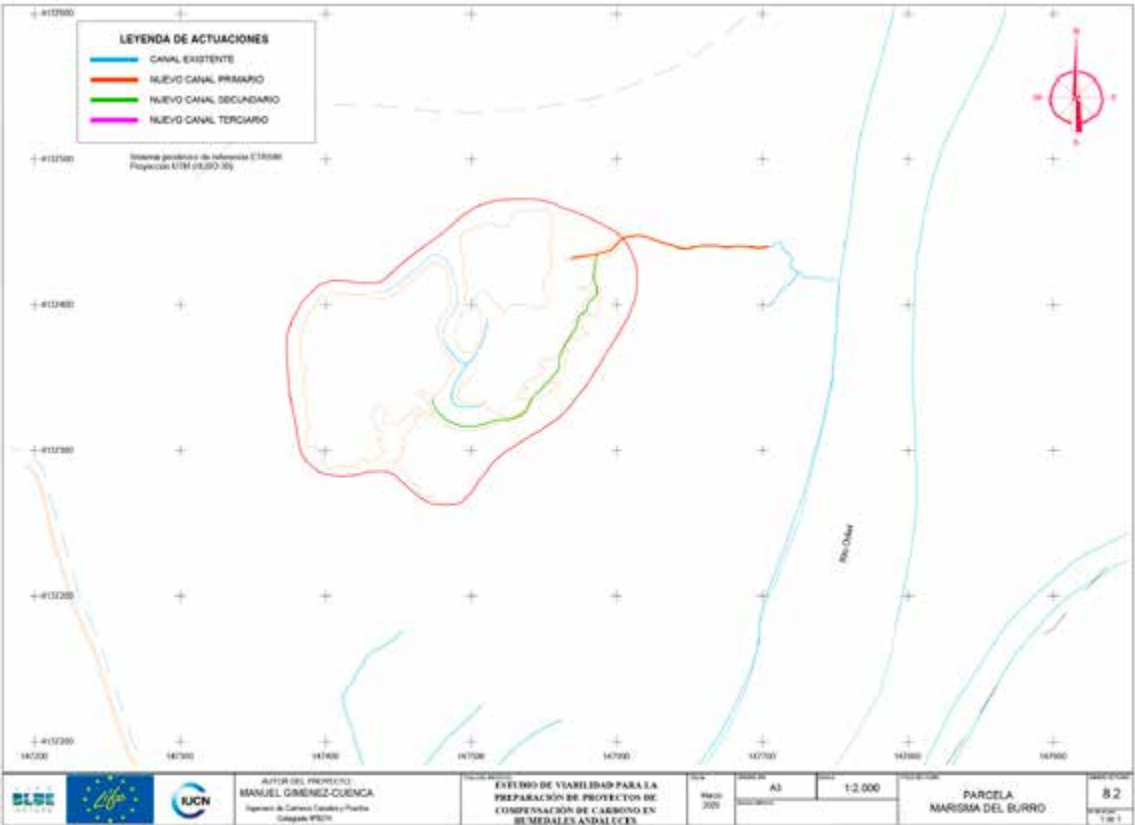
BAHÍA DE CÁDIZ. Actuación en Las Aletas.



MARISMAS DEL ODIEL. Actuación en Isla de Bacuta.



MARISMAS DEL ODIEL. Actuación en Marisma del Burro.



MARISMAS DEL ODIEL. Actuación en antiguas salinas industriales.

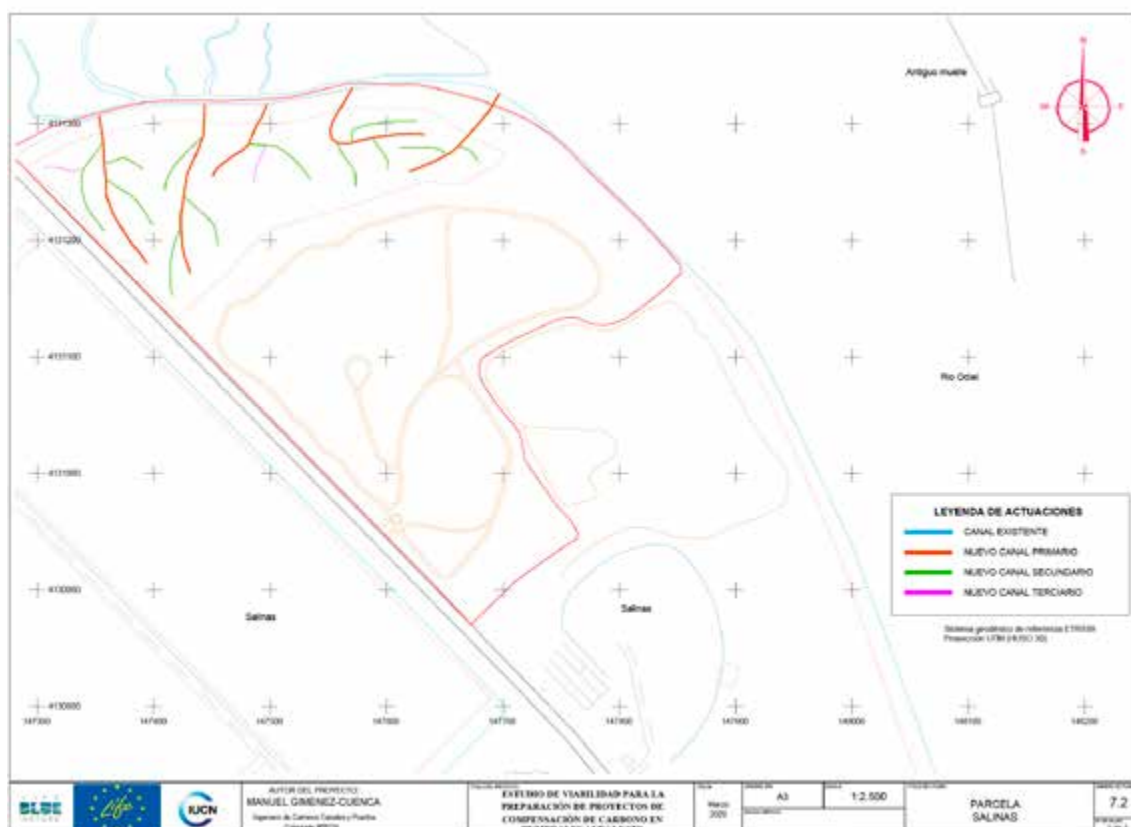


Tabla 21. Presupuesto de las actuaciones previstas en el para la elaboración de planos, mediciones y presupuestos complementarios en el estudio de viabilidad para la preparación de proyectos de compensación de carbono en humedales andaluces. Resumen de Presupuesto (Euros), 2020

RESUMEN DE PRESUPUESTO	
Corta del río San Pedro	48493,36
Las Aletas	146658,9
Río Guadalete	140877,4
Isla de Bacuta	50031,39
Salinas	11869,79
Marisma del Burro	4002,09
PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL (P.E.M.)	401932,93
Gastos Generales (14 %)	56270,6102
Beneficio Industrial (6 %)	24115,9758
VALOR ESTIMADO (V.E.)	482319,516
IVA (21 %)	101287,1
PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN (P.B.L.)	583606,616



4. CUANTIFICACIÓN DE REDUCCIÓN DE EMISIONES

De acuerdo con la Guía VCS de requerimientos para proyectos AFOLU, no se requieren proyecciones de línea base ex-ante para periodos superiores a 10 años. En este caso, el escenario de línea base seleccionado es el *statu quo*. Los gráficos 11-16, presentados en el capítulo 1.3 analizan la progresión del índice de vegetación NDVI en las diferentes zonas de actuación. La tendencia estable (las tendencias crecientes estimadas son menores o iguales al 1 %) durante los últimos 17 años permite suponer que las condiciones actuales en las marismas se mantendrán constantes en el tiempo.

Por lo tanto, en este capítulo se cuantificarán las emisiones/remociones de GEI con datos del año 2016, suponiendo que no habrá cambios significativos de las reservas de carbono en el futuro.

4.1. Estimación de las emisiones en el Escenario Base

Siguiendo el enfoque general de la metodología VM0033, las emisiones en la línea base, el cambio neto en las reservas de carbono en biomasa y los cambios de las reservas de carbono en la vegetación herbácea son calculadas como se explica en el apartado 4.2.

El capítulo 5 de la herramienta metodológica AR-14 “*Estimation of carbon stocks and change in carbon stocks of trees and shrubs in A/R CDM project activities*”, establece las siguientes condiciones por las cuales se puede suponer que la tasa de cambio en la reserva de carbono es igual a cero:

a) Los árboles antes de proyecto no se cosechan, ni se eliminan durante el periodo de acreditación de la actividad del proyecto;

En las áreas del proyecto en la Bahía de Cádiz y las Marismas del Odiel no existe vegetación arbórea y no se prevén actividades de cosecha durante el periodo de acreditación debido a que los usos agrícolas y las actividades de silvicultura comercial tienen una escasa importancia dentro de los límites del proyecto.

b) Los árboles antes del proyecto no sufren mortalidad debido a la competencia de los árboles plantados en el proyecto, ni sufren daños debido a la implantación de la actividad del proyecto, en cualquier momento durante el periodo de acreditación de la actividad del proyecto;

Las actividades de revegetación de especies arbustivas no provocarán impactos negativos sobre la vegetación existente.

c) Los árboles antes del proyecto no son inventariados junto con los árboles del proyecto en el monitoreo de las reservas de carbono, pero su existencia continua es monitoreada durante el periodo de acreditación, consistente con el escenario de referencia.

Existen inventarios sobre el tipo de vegetación presente en las áreas de proyecto, tanto en la Bahía de Cádiz como en las Marismas del Odiel (Deliverable Life BlueNatura A1).

Adicionalmente, los cambios en la reserva de carbono en árboles y arbustos pueden ser estimados igual a cero para aquellas tierras en las que se aplica uno o más de los siguientes indicadores:

a) Reducción en la profundidad de la capa superficial del suelo (observable por exposición de la raíz, presencia de pedestales, horizontes del subsuelo expuestos).

- b) Presencia de barrancos, erosiones en láminas o surcos, derrumbes u otras formas de erosión por movimiento de masas.
- c) Presencia de especies de plantas conocidas localmente como indicadores de tierras infértiles.
- d) La tierra se compone de dunas de arena desnuda, u otras tierras desnudas.
- e) La tierra contiene suelos contaminados, despojos de minas o suelos altamente alcalinos o salinos.
- f) La tierra se somete a ciclos periódicos de modo que la biomasa oscila entre un valor mínimo y un máximo en la línea base (por ejemplo, ciclos de tala y quema, ciclos de regeneración/remoción).

Los indicadores de degradación identificados en las áreas del proyecto mediante visitas de campo, documentación de la Junta de Andalucía e imágenes satelitales corresponde a los literales *b*, *d* y *e*. En el pasado ha habido movimiento de tierras artificial, existen tierras desnudas donde se ha interrumpido el flujo mareal y las descargas industriales en zonas aledañas al proyecto constituyen un foco de contaminación que afecta también al suelo.

Por lo tanto, en cumplimiento de las condiciones anteriores, se prevé que los cambios en las reservas de carbono en biomasa sea igual a cero en ausencia de las actividades del proyecto. Información más detallada sobre las causas y condiciones de degradación de los humedales tanto en la Bahía de Cádiz como en las Marismas del Odiel, se presentan en el capítulo 1.

Para los cambios de las reservas de carbono en la vegetación herbácea, teniendo en cuenta la estabilidad del índice de vegetación NDVI en los últimos 17 años, se ha considerado que esta variable es igual a cero para la línea base, y sólo se tendrá en cuenta en el cálculo de los escenarios futuros en los que se prevé un incremento de las reservas de carbono en biomasa.

Emisiones netas de GEI en el suelo ($GEI_{base-suelo}$)

Las emisiones netas de GEI en el suelo, en el escenario de línea base se calculan con la siguiente ecuación:

$$GEI_{base-suelo,i,t} = A_{i,t} \times (GEI_{base-suelo-CO_2,i,t} - Deduction_{alloch} + GEI_{base-suelo-CH_4,i,t} + GEI_{base-suelo-N_2O,i,t})$$

Donde:

- $GEI_{base-suelo,i,t}$ = Emisiones de GEI del sumidero de carbono orgánico del suelo, en el escenario de referencia en el estrato *i*, año *t*; tCO_2e año⁻¹
- $A_{i,t}$ = Área del estrato *i* en el año *t*; ha
- $GEI_{base-suelo-CO_2,i,t}$ = Emisiones de CO_2 del carbono orgánico del suelo en el escenario de referencia en el estrato *i*, año *t*; tCO_2e ha⁻¹ año⁻¹
- $Deduction_{alloch}$ = Deducción de las emisiones de CO_2e del sumidero del carbono orgánico del suelo para tener en cuenta el porcentaje de carbono derivado del carbono orgánico alóctono del suelo; tCO_2e ha⁻¹ año⁻¹
- $GEI_{base-suelo-CH_4,i,t}$ = Emisiones de CH_4 del sumidero de carbono orgánico del suelo en el escenario de referencia en el estrato *i* en el año *t*; tCO_2e ha⁻¹ año⁻¹
- $GEI_{base-suelo-N_2O,i,t}$ = Emisiones de N_2O del sumidero de carbono orgánico del suelo en el escenario de referencia en el estrato *i*, año *t*; tC año⁻¹

Las emisiones de CO_2 del suelo se pueden estimar usando las reservas de carbono como variable proxy, con valores por defecto sugeridos en la metodología o con datos recolectados en campo. En este caso, la expresión $GEI_{base-suelo-CO_2,i,t} - Deduction_{alloch}$ de la ecuación es obtenida de los datos recolectados en campo y se presentan en la Tabla 22 como "Flujos de CO_2 ". El valor negativo indica un flujo neto de la atmósfera a la biosfera, es decir, secuestro de CO_2 .

Tabla 22. Flujos de CO₂ por estrato en la Bahía de Cádiz y en las Marismas del Odiel, año 2016

	TIPO DE HABITAT	CÓDIGO	Biomasa aérea TOC Stock1m (tCO ₂ ha ⁻¹)	TOC Stock1m (tCO ₂ ha ⁻¹)	TOC Flujo después (tCO ₂ ha ⁻¹)
Bahía de Cádiz	Salina	SL	0	142,8	0
	Salina abandonada húmeda	SL-CW	0	199,2	- 0,92
	Salina desecada abandonada	SL-CWP1	0	148,8	0
Marismas del Odiel	Marisma altamente continentalizada sin vegetación, degradada (estéril)	ODND-C	0	216,8	+ 3,2
	Marisma intermedia, vegetada y re-humectada	ODB.Z	4,2	609,5	- 1,04
	Marisma media, vegetada y plantada en 2012	ODL.R	21,2	56,1	- 6,64
	Marisma media, vegetada y plantada en 2012	OD.R	0	242,5	- 3,61

En aquellas zonas que se encuentran desconectadas del flujo mareal se ha tomado un factor de emisión correspondiente con el promedio de los siguientes tres valores de referencia:

1. Factor de emisión propuesto para ecosistemas de marismas y manglares en la tabla 4.13 del 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands. El valor del factor asciende a **7,9 t C/ha año (28,99 tCO₂/ha año)**.
2. Un factor de emisión de **6,2 tCO₂/ha año** obtenido de la comparación de los contenidos de C orgánico de los testigos de sedimento correspondientes a "Marisma alta continentalizada con comunidades vegetales de *Arthrocnemum macrostachyum* y *Spartina densiflora*" (ODN.D-V) y la "Marisma altamente continentalizada sin vegetación, degradada" (ODN.D-C), suponiendo que la degradación registrada de esta última zona data de 1956 (comprobado a través del vuelo de fotografía aérea de 1956).
3. Un factor de emisión de **3,2 tCO₂/ha año** obtenido de la comparación entre los valores obtenidos para los testigos de sedimento correspondientes a estaciones de "Marisma altamente continentalizada sin vegetación, degradada" (ODN.D-C) y "Marisma altamente continentalizada revegetada entre 1985 y 1995" (ODN.D-MID).

Este factor que toma un valor de **12,80 tCO₂/ha año** se ha aplicado a todas aquellas superficies incluidas en las áreas de actuación que se encuentran desconectadas del flujo mareal en mayor medida. Estas zonas se han asimilado a aquellas zonas desprovistas de vegetación y han sido determinadas cartográficamente para cada una de las zonas a través de las ortofotografías disponibles.

En las Marismas del Odiel en aquellas superficies en las que se detecta un grado significativo de cobertura vegetal se han tomado los valores correspondientes a ODB.Z (Odiel: "Marisma intermedia, vegetada y re-humectada"), salvo en la Zona 2 (Marismas del Burro) para la que se ha tomado como referencia el valor correspondiente a la estación de muestreo en "Marisma alta continentalizada y vegetada" (ODND-V). En la Bahía de Cádiz, para estas mismas superficies en las que se detecta una significativa cobertura vegetal se han tomado los valores de SL-CW (Cádiz Salina abandonada húmeda).

Emisiones de CH₄ en el suelo

En el caso de las zonas de actuación de la Bahía de Cádiz se han tomado los valores estimados para los diferentes ámbitos establecidos en Burgos *et al.*, 2017. Estos valores de referencia establecidos se corresponden con unos valores promedio de 240 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{d}$ en la zona del Guadalete y 371,3 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{d}$ en el resto de las zonas.

En el caso de las Marismas del Odiel, se han despreciado las emisiones en el ámbito de las zonas 1 (Isla de Bacuta) y 3 (antiguas salinas industriales). En la zona 2 (Marismas del Burro), en ausencia de mejor estimación, se ha tomado como referencia un valor estimativo calculado como el promedio de los valores para clima templado establecido para las praderas drenadas en la tabla 2.3 del 2013 *Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands*. El valor del factor asciende a **0,019 t CH₄ ha⁻¹ año⁻¹**.

Toma de cores para el muestreo de carbono orgánico



Emisiones de N₂O en el suelo

Para el cálculo de las tasas de emisión de N₂O se han empleado los valores de referencia establecidos en estudios previos publicados.

En el caso de la Bahía de Cádiz, se han empleado los valores establecidos para cada uno de los ámbitos en Burgos *et al.*, 2017. Estos valores se corresponden con un valor promedio de 69 µmol/m²d en la zona de influencia del Guadalete, aplicado a la zona 1 (Margen norte del Guadalete) y 4,5 3 µmol/m²d en el resto de las zonas con influencia del Río San Pedro.

En el caso de las Marismas del Odiel, se desprecian los valores de emisión de este gas salvo para la zona 2 (Marismas del Burro), en la que se tiene constancia de aporte de contaminantes con origen en la actividad agrícola que aporta sedimentos a la zona de actuación. En este caso, en ausencia de una mejor estimación se ha tomando como referencia un valor estimativo calculado como el promedio de los valores para clima templado establecido para las praderas drenadas en la tabla 2.5 del 2013 *Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands*. El valor del factor asciende a 4,7E-3 t N₂O-N ha⁻¹ año⁻¹.

El cálculo de emisiones en el escenario base se detalla en el Anejo 8. Las emisiones estimadas en el tiempo para el escenario base por zona son las siguientes:

Tabla 23. Emisiones de Escenario Base

		AÑOS		
Bahía de Cádiz		0	10	20
ZONA 1 Margen norte del Guadalete	Emisiones escenario base (tCO ₂ e acumuladas)	—	6.435,06	9.652,60
	Emisiones escenario base (tCO ₂ e/ha acumuladas)	—	41,52	62,28
ZONA 2 Corta del río San Pedro	Emisiones escenario base (tCO ₂ e acumuladas)	—	1.568,85	2.353,27
	Emisiones escenario base (tCO ₂ e/ha acumuladas)	—	60,60	90,89
ZONA 3 Las Aletas	Emisiones escenario base (tCO ₂ e acumuladas)	—	25.225,27	37.837,91
	Emisiones escenario base (tCO ₂ e/ha acumuladas)	—	120,20	180,30

		AÑOS					
Marismas del Odiel		0	10	20	30	40	50
ZONA 1 Isla de Bacuta	Emisiones escenario base (tCO ₂ e acumuladas)	—	3.248,42	6.496,83	9.745,25	12.993,66	15.592,40
	Emisiones escenario base (tCO ₂ e/ha acumuladas)	—	84,79	169,59	254,38	339,17	407,01
ZONA 2 Marisma del Burro	Emisiones escenario base (tCO ₂ e acumuladas)	—	172,07	292,52			
	Emisiones escenario base (tCO ₂ e/ha acumuladas)	—	60,59	103,00			
ZONA 3 Antiguas salinas industriales	Emisiones escenario base (tCO ₂ e acumuladas)	—	1.215,26	2.065,95			
	Emisiones escenario base (tCO ₂ e/ha acumuladas)	—	103,87	176,58			

4.2. Estimación de las emisiones después de la reconexión hídrica

Siguiendo el enfoque general de la metodología VM0033, las emisiones en el escenario después de las actuaciones son atribuidas a los cambios en las reservas de carbono en biomasa, suelo, o una combinación de ambas.

Las emisiones o remociones en la línea base se estiman de la siguiente forma:

$$GEI_{SP} = GEI_{SP-biomasa} + GEI_{SP-suelo} + GEI_{SP-quema} + GEI_{SP-combustibles}$$

Donde:

- GEI_{SP} = Emisiones netas de CO₂e de la situación del proyecto hasta el año t; tCO₂e
- $GEI_{SP-biomasa}$ = Emisiones netas de CO₂e de los reservorios de biomasa de carbono en la situación del proyecto hasta el año t; tCO₂e
- $GEI_{SP-suelo}$ = Emisiones netas de CO₂e de las reservas de carbono de los suelos orgánicos en la situación del proyecto hasta el año t; tCO₂e
- $GEI_{SP-quema}$ = Emisiones netas de CO₂e procedentes de las quemaduras previstas en la situación del proyecto hasta el año t; tCO₂e
- $GEI_{SP-combustibles}$ = Emisiones netas de CO₂e procedentes del uso de combustibles fósiles en la situación del proyecto hasta el año t; tCO₂e

Por tanto, para la determinación de las emisiones en el escenario futuro se ha empleado la metodología descrita en el apartado anterior. En este caso, se espera un cambio en las tasas de secuestro de Carbono, que tiene como origen el cambio de las condiciones de comunicación hídrica de las zonas de actuación.

Las actuaciones previstas para restaurar el régimen mareal de las zonas de actuación y conseguir una re-humectación de las zonas de actuación han sido diseñadas para resultar en una total restauración de las mismas. Por tanto, se parte de la premisa de que la totalidad de las superficies comprendidas dentro de las zonas de actuación y que actualmente se encuentran en situación de desconexión hídrica más o menos acusada, van a restaurarse en su totalidad. Y por tanto, van a computar como superficies restauradas para el cálculo de las emisiones de CO₂ y otros gases de efecto invernadero en los cálculos correspondientes.

Estimación de las emisiones derivadas del empleo de combustible fósil ($GEI_{sp-combustibles}$)

Las emisiones derivadas de la combustión de combustibles fósiles, producidas por el empleo de la maquinaria prevista para la ejecución de los trabajos de restauración, se va a calcular mediante la aplicación de la herramienta prevista en *VM0033 Methodology for Tidal Wetland and Seagrass Restoration* y que es la dispuesta en el Anexo 14 de *A/R Methodological Tool: Estimation of GHG emissions related to fossil fuel combustion in A/R CDM project activities*.

En este caso, al no contar con la posibilidad de medir de forma directa las emisiones producidas durante la fase de ejecución del proyecto, se va a emplear el tercer método indirecto previsto en la herramienta:

$$ETC_{FC} = MT * TD * SECKt * EF_{CO_2} * NCV$$

Donde:

- ETC_{FC}** = Emisiones de CO₂ procedentes de la combustión de combustibles fósiles en el equipamiento utilizado durante el año tCO₂/año.
- MT** = Masa total transportada por el vehículo durante un año (t).
- TD** = Distancia de desplazamiento total (incluyendo el viaje de vuelta) para el vehículo durante un año (km).
- SECKt** = Energía específica consumida por el vehículo durante un año (cantidad de combustible/t*km).
- EF_{CO₂}** = Factor de emisión de CO₂ para el tipo de combustible (tCO₂/GJ).
- NCV** = Valor calorífico neto del combustible (GJ/masa o unidad de volumen).

En el proyecto descrito en el apartado 3, en el que se establecen las actuaciones de restauración, se menciona la tipología de la maquinaria a emplear en las labores de restauración (camiones de transporte de la maquinaria, micro excavadoras y tractores dotados de diversos útiles). Sin embargo, en dicho proyecto no se especifican los rendimientos asociados a las obras para cada uno de los tipos de maquinaria a emplear. Por esta circunstancia, en ausencia de una mejor información se va a emplear una estimación del volumen de excavación que asciende a 50 m³/ha. Para estimar los rendimientos de la maquinaria durante las operaciones de apertura de zanjas se van a tomar los establecidos en las tarifas TRAGSA actuales. El cálculo se va a efectuar con los rendimientos establecidos en las tarifas TRAGSA para los trabajos de apertura de caños con microexcavadora (I03020 Excavación mecánica zanja en zonas de difícil maniobrabilidad con microexcavadora, terreno franco-ligero).

Dado que la información de consumos de la maquinaria empleada (microexcavadoras) se contabiliza en consumo por horas y no en distancia (consumo estimado de 4 l/h), la fórmula del cálculo se va a modificar con objeto de poder efectuar el cálculo con los datos disponibles, siendo el siguiente:

$$ETC_{FC} = 50 \text{ m}^3/\text{ha} * 0,12 \text{ h/ m}^3 * 4 \text{ l/h} * 2,79 \text{ kgCO}_2 = 66,96 \text{ kgCO}_2/\text{ha} = 0,067 \text{ tCO}_2/\text{ha}$$

A posteriori se obtuvieron datos de volumen mas precisos aportados por el estudio de ingeniería realizado en cada zona. Por otra parte, además de las emisiones producidas de forma directa por la maquinaria empleada en la ejecución de los trabajos de restauración, se deberá tener en cuenta las emisiones derivadas del transporte de la maquinaria mediante camiones a las zonas de actuación. En este caso se estima un valor de emisión de 717 gCO₂/km y un desplazamiento medio de 50 km para cada una de las zonas de actuación. Ascendiendo a un valor correspondiente a 0,036 tCO₂/zona.

En las siguientes tablas se resumen las emisiones derivadas del consumo de combustibles fósiles por zona:

Tabla 24. Emisiones derivadas del empleo de combustibles fósiles

EMISIONES CONSUMO DE COMBUSTIBLES FOSILES (tCO ₂)		
BAHÍA DE CÁDIZ	ZONA 1 Margen norte del Guadalete	10,42
	ZONA 2 Corta del río San Pedro	1,77
	ZONA 3 Las Aletas	14,09
MARISMAS DEL ODIEL	ZONA 1 Isla de Bacuta	2,60
	ZONA 2 Marisma del Burro	0,23
	ZONA 3 Antiguas salinas industriales	0,82

Estas emisiones se producirán de forma puntual durante el periodo de vida de los proyectos, en el año 0, ocasionados por actuaciones de restauración.

Cambio neto en las reservas de carbono en biomasa ($GEI_{SP-biomasa}$)

Las emisiones y remociones de GEI en las reservas de biomasa se basan en el cambio de las reservas de carbono. Para estimar los cambios que previsiblemente se van a producir en las reservas de biomasa, y en ausencia de datos más fiables y precisos, se van a tomar como referencia los datos estimados para la estación de Odiel con "marisma intermedia, vegetada y re-humectada" (ODB.Z) de Llanos de Bacuta, que es un caso de ejemplo conocido y bien datado de zona revegetada tras su re-humectación.

La estación ODB.Z se ha encontrado en una situación de degradación, con el flujo mareal interrumpido y con ausencia de vegetación desde al menos el año 1956 hasta el año 2004. En el año 2004, la rotura accidental de una barrera permitió la conexión hídrica de la zona de nuevo. La nueva situación de reconexión hídrica ha permitido que la vegetación se haya instalado de forma paulatina sobre esta superficie.

Por tanto, se tienen datos de la estimación de biomasa aérea que esta zona mantiene en la actualidad y se tiene constancia (a través de la ortofoto del año 1998) de que la zona se encontraba desprovista de vegetación con anterioridad al año 2004. Esto nos permite estimar una tasa de crecimiento lineal de acumulación de la biomasa aérea de 0,42 tCO₂e /ha año. Si tenemos en cuenta que la estimación de biomasa aérea en la estación ODE.M asciende a 13,1 tCO₂e /ha año, y que por sus características podría constituir una referencia de la evolución de la estación de "marisma intermedia, vegetada y re-humectada" (ODB.Z), se estima que la estación ODB.Z con la tasa de acumulación de biomasa observada, tardará aproximadamente 30 años en alcanzar la acumulación de biomasa observada en una zona relativamente inalterada y que mantiene características similares a la anterior.

De este modo, en ausencia de información más fiable y precisa al respecto de la acumulación de la biomasa aérea en las zonas desconectadas del flujo mareal y desprovistas de vegetación se emplearán las siguientes tasas en la línea temporal:

Tabla 25. Tasa de acumulación de biomasa aérea

ESCALA TIEMPO (AÑOS)	RATIO PROMEDIO DE ACUMULACIÓN (tCO ₂ e /ha año)
0 – 30	0,42
—>30	0

Emisiones netas de GEI en el suelo ($GEI_{SP-suelo}$)

Las emisiones netas de GEI en el suelo se calcularon siguiendo la metodología explicada en el apartado 4.1.

Emisiones de CO₂ en el suelo (GEI_{SP-suelo-CO₂, i, t}) y deducción

Una vez efectuadas las acciones correctivas propuestas con la finalidad fundamental de reestablecer las condiciones de re-humectación de las zonas de actuación, se prevé un cambio drástico en el flujo de CO₂ en el suelo.

En base a los datos recabados por otros estudios sobre marismas degradadas en las que se han producido acciones de restauración de similar naturaleza, se espera que el suelo comience de forma paulatina a dejar de comportarse como un emisor neto de CO₂ y comenzar a fijar CO₂. La progresión estimada de esta tasa de fijación de CO₂ en el suelo ha sido determinado por referencias científicas (Burden et al. 2019).

Tabla 26. Tasa promedio de acumulación de CO₂ y nuevo stock de C. Fuente: Burden et al., 2019

ESCALA TIEMPO (años)	RATIO PROMEDIO DE ACUMULACIÓN (tCO ₂ e /ha año)	NUEVO STOCK DE C TOTAL (tCO ₂ /ha)
0 – 20	3,82	78,91
20 – 50	2,35	149,37
50 – 100	2,39	269,38

Aunque la tasa estimada para la estación de Odiel con "marisma intermedia, vegetada y re-humectada" (ODBZ; 1,04 ± 0,19SD tCO₂e /ha año) es inferior, se espera que vaya incrementándose paulatinamente hasta llegar a valores similares en las zonas de actuación.

En ausencia de información más precisa y completa se emplearán los datos estimados (Burden et al., 2019) para todas las zonas de actuación sobre aquellas superficies determinadas como desconectadas del flujo mareal y que previsiblemente, con las actuaciones de restauración propuestas, recuperarán su conexión hídrica.

Emisiones de CH₄ en el suelo

En el caso de las zonas de actuación de la Bahía de Cádiz se han tomado los valores estimados para los diferentes ámbitos establecidos en referencias científicas (Burgos et al., 2017). Estos valores se corresponden con un promedio de 240 µmol/m²d en la zona del Guadalete y 371,3 µmol/m²d en el resto de las zonas.

En el caso de las Marismas del Odiel, se han despreciado las emisiones en el ámbito de las zonas 1 (Isla de Bacuta) y 3 (antiguas salinas industriales). En la zona 2 (Marismas del Burro), en ausencia de mejor estimación, se ha tomando como referencia un valor estimativo de 371,3 µmol/m²d derivado de esta referencia científica.

Emisiones de N₂O en el suelo

Para el cálculo de las tasas de emisión de N₂O se han empleado los valores de referencia establecidos en estudios previos publicados.

En el caso de la Bahía de Cádiz, se han empleado los valores establecidos para cada uno de los ámbitos según publicaciones científicas (Burgos et al., 2017). Estos valores se corresponden con un promedio de 69 µmol/m²d en la zona de influencia del Guadalete, aplicado a la zona 1 (Margen norte del Guadalete) y 4,53 µmol/m²d en el resto de las zonas con influencia del Río San Pedro.

En el caso de las Marismas del Odiel, se desprecian los valores de emisión de este gas salvo para la zona 2 (Marismas del Burro), en la que se tiene constancia de aporte de contaminantes con origen en la actividad agrícola que aporta sedimentos a la zona de actuación. En este caso, en ausencia de datos más fiables, se ha tomado como valor estimativo el establecido por Burgos *et al.*, 2017 para la zona del río Guadalete y que se corresponde con un valor de 69 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{d}$.

Las emisiones estimadas en el tiempo para el escenario base por zona son las siguientes:

Tabla 27. Emisiones después de las actuaciones en Marismas del Odiel (GEI_{sp})

		AÑOS						
Marismas del Odiel		0	10	20	30	40	48	50
ZONA 1 Isla de Bacuta	Emisiones escenario Proyecto (tCO_2e acumuladas)	2,60	-1465,04	-2.935,28	-3.835,57	-4.735,85	-5.456,08	-5.636,14
	Emisiones escenario Proyecto ($\text{tCO}_2\text{e}/\text{ha}$ acumuladas)	0,07	-38,17	-76,62	-100,12	-123,62	-142,42	-147,12

		AÑOS			
Marismas del Odiel		0	10	17	20
ZONA 2 Marisma del Burro	Emisiones escenario Proyecto (tCO_2e acumuladas)	0,23	-105,98	-180,56	-212,20
	Emisiones escenario Proyecto ($\text{tCO}_2\text{e}/\text{ha}$ acumuladas)	0,08	-37,24	-63,58	-74,72

		AÑOS			
Marismas del Odiel		0	10	17	20
ZONA 3 Antiguas salinas industriales	Emisiones escenario Proyecto (tCO_2e acumuladas)	0,82	-450,32	-766,94	-901,46
	Emisiones escenario Proyecto ($\text{tCO}_2\text{e}/\text{ha}$ acumuladas)	0,07	-38,42	-65,55	-77,05



Tabla 28. Emisiones después de las actuaciones en Bahía de Cádiz (GEI_{sp})

AÑOS					
Bahía de Cádiz		0	10	17	20
ZONA 1 Margen norte del Guadalete	Emisiones escenario Proyecto (tCO ₂ e acumuladas)	10,42	-5.870,93	-8.811,60	-11.752,27
	Emisiones escenario Proyecto (tCO ₂ e/ha acumuladas)	0,07	-37,81	-56,85	-75,83

AÑOS					
Bahía de Cádiz		0	10	17	20
ZONA 2 Corta del río San Pedro	Emisiones escenario Proyecto (tCO ₂ e acumuladas)	1,77	-935,07	-1.403,48	-1.871,90
	Emisiones escenario Proyecto (tCO ₂ e/ha acumuladas)	0,07	-36,05	-54,21	-72,30

AÑOS					
Bahía de Cádiz		0	10	17	20
ZONA 3 Las Aletas	Emisiones escenario Proyecto (tCO ₂ e acumuladas)	14,09	-7.549,90	-11.331,89	-15.113,88
	Emisiones escenario Proyecto (tCO ₂ e/ha acumuladas)	0,07	-35,91	-54,00	-72,02

4.3. Reducción de emisiones derivado de las actuaciones del Proyecto

Las actuaciones previstas en el proyecto/s tienen como objetivo la mejora de las condiciones ambientales de las zonas de actuación, así como la optimización de las condiciones de fijación de CO₂ atmosférico y la reducción de las emisiones de otros gases de efecto invernadero. Las actuaciones han sido diseñadas con el objetivo de reestablecer las condiciones de humectación de toda la superficie de actuación.

La reducción en las emisiones derivadas de las actuaciones propuestas en las zonas de actuación se prevé que sean causadas por la regeneración vegetal inducida por la mejora de las condiciones de comunicación hídrica y el cambio del hidropериодо. El diseño de las actuaciones de restauración se prevé que favorezca las condiciones de re-humectación sobre las superficies que actualmente se encuentran en régimen de aislamiento de la influencia mareal, posibilitando su regeneración natural.

Para efectuar la proyección en el tiempo de las emisiones estimadas correspondientes a cada una de las zonas de actuación se han tenido en cuenta las emisiones correspondientes al suelo (CO₂, CH₄ y N₂O) y la tasa de crecimiento de biomasa aérea, tal y como se ha explicado en apartados posteriores (ver Anejo 8).

A continuación, se muestran la evolución de las emisiones estimadas acumuladas en el tiempo para un periodo de años para el escenario base, el escenario derivado de la ejecución de las actuaciones y la reducción de emisiones correspondiente por zona de actuación (Niveles netos de reducción y eliminación de emisiones de GHG or GEI):

Tabla 29. Evolución emisiones en la zona 1: Isla Bacuta. Marismas del Odiel.

MARISMAS DEL ODIEL		AÑOS						
ZONA 1 Isla de Bacuta		0	10	20	30	40	48 (SDT)	50
tCO ₂ e acumuladas	Emisiones Escenario Base	0,00	3.248,42	6.496,83	9.745,25	12.993,66	15.592,40	15.592,40
	Emisiones Escenario Proyecto	2,60	-1.465,04	-2.935,28	-3.835,57	-4.735,85	-5.456,08	-5.636,14
	Reducción de Emisiones	2,60	-4.713,46	-9.432,12	-13.580,82	-17.729,52	-21.048,48	-21.228,54

Gráfico 21. Evolución emisiones en la zona 1: Isla Bacuta. Marismas del Odiel.

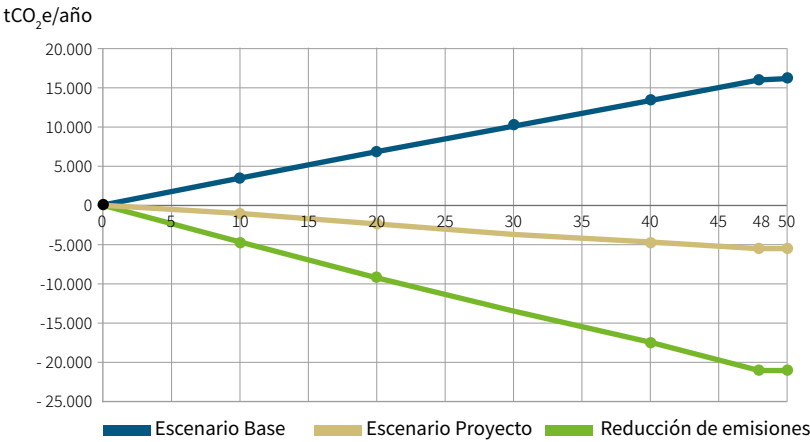


Tabla 30. Evolución emisiones en la zona 2: Marisma del Burro. Marismas del Odiel.

MARISMAS DEL ODIEL		AÑOS			
ZONA 2 Marisma del Burro		0	10	17 (SDT)	20
tCO ₂ e acumuladas	Emisiones Escenario Base	0,00	172,07	292,52	292,52
	Emisiones Escenario Proyecto	0,23	-105,98	-180,56	-212,20
	Reducción de Emisiones	0,23	-278,05	-473,08	-504,71

Gráfico 22. Evolución emisiones en la zona 2: Marisma del Burro. Marismas del Odiel.

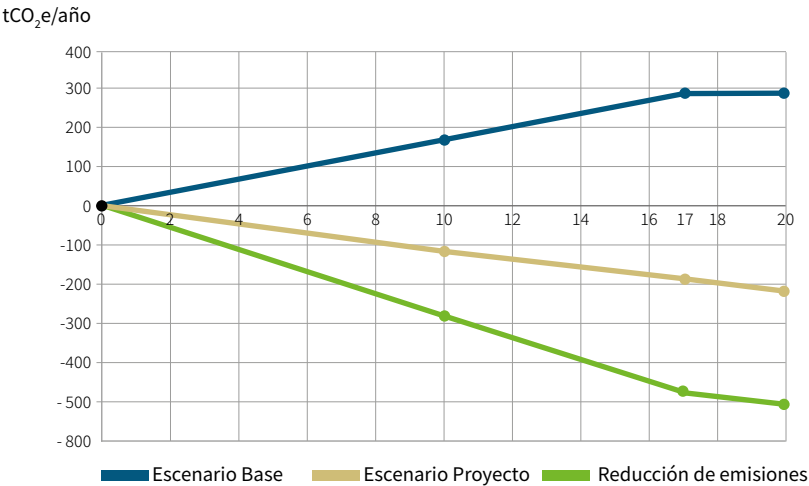
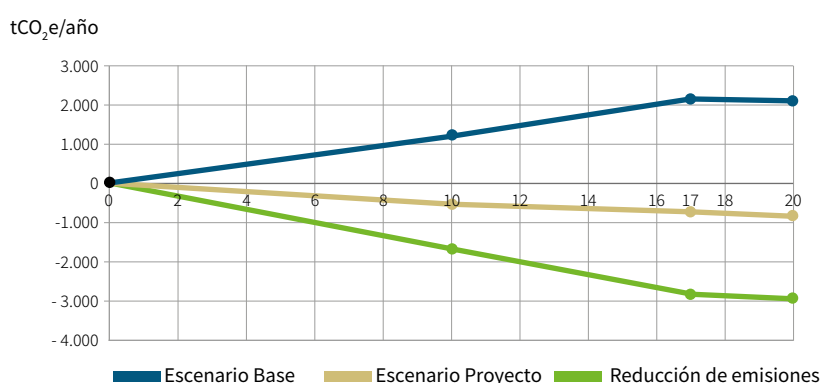


Tabla 31. Evolución emisiones en la zona 3: Antiguas salinas industriales. Marismas del Odiel.

MARISMAS DEL ODIEL		AÑOS			
ZONA 3 Antiguas salinas industriales		0	10	17 (SDT)	20
tCO ₂ e acumuladas	Emisiones Escenario Base	0,00	1.215,26	2.065,95	2.065,95
	Emisiones Escenario Proyecto	0,82	-450,32	-766,94	-901,46
	Reducción de Emisiones	0,82	-1.665,58	-2.832,89	-2.967,41

Gráfico 23. Evolución emisiones en la zona 3: Antiguas salinas industriales. Marismas del Odiel.**Tabla 32.** Evolución emisiones en la zona 1: Margen norte del río Guadalete. Bahía de Cádiz.

BAHÍA DE CÁDIZ		AÑOS			
ZONA 1 Margen norte del río Guadalete		0	10	15 (SDT)	20
tCO ₂ e acumuladas	Emisiones Escenario Base	0,00	6.435,06	9.652,60	9.652,60
	Emisiones Escenario Proyecto	10,42	-5.870,93	-8.811,60	-11.752,27
	Reducción de Emisiones	10,42	-12.305,99	-18.464,20	-21.404,87

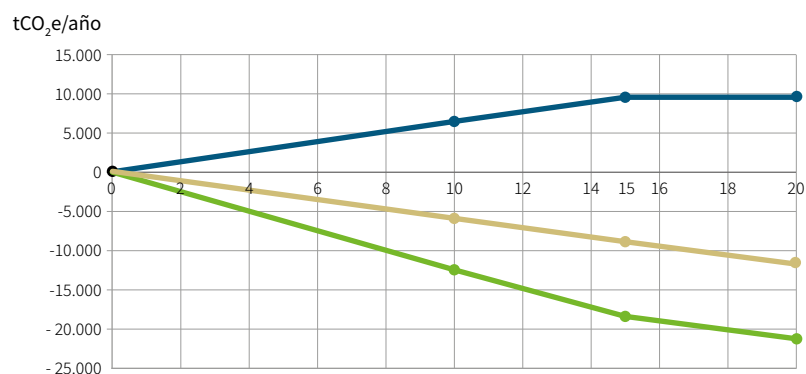
Gráfico 24. Evolución emisiones en la zona 1: Margen norte del río Guadalete. Bahía de Cádiz.

Tabla 29. Evolución emisiones en la zona 2: Corta del río San Pedro. Bahía de Cádiz.

BAHÍA DE CÁDIZ		AÑOS			
ZONA 2 : Corta del río San Pedro		0	10	15 (SDT)	20
tCO ₂ e acumuladas	Emisiones Escenario Base	0,00	1.568,85	2.353,27	2.353,27
	Emisiones Escenario Proyecto	1,77	-935,07	-1403,48	-1.871,90
	Reducción de Emisiones	1,77	-2.503,91	-3.756,75	-4.225,7

Gráfico 21. Evolución emisiones en la zona 2: Corta del río San Pedro. Bahía de Cádiz.

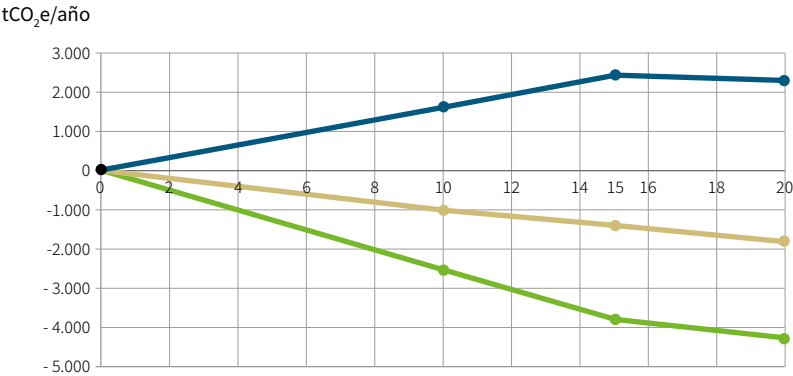
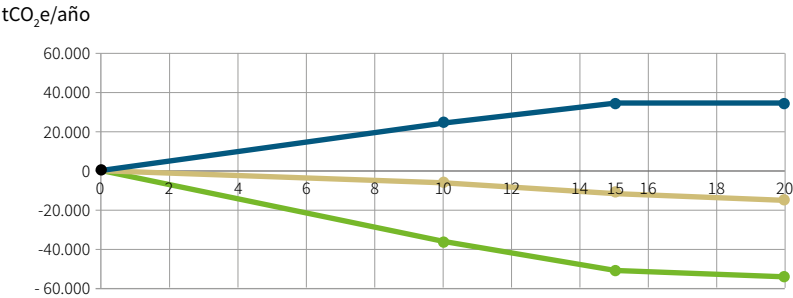


Tabla 30. Evolución emisiones en la zona 3: Las Aletas. Bahía de Cádiz.

BAHÍA DE CÁDIZ		AÑOS			
ZONA 3 : Las Aletas		0	10	15 (SDT)	20
tCO ₂ e acumuladas	Emisiones Escenario Base	0,00	25.225,27	37.837,91	37.837,91
	Emisiones Escenario Proyecto	14,09	-7.549,90	-11.331,89	-15.113,88
	Reducción de Emisiones	14,09	-32.775,17	-49.169,80	-52.951,79

Gráfico 22. Evolución emisiones en la zona 3: Las Aletas. Bahía de Cádiz.





© R. GADOMSKI / DREAMSTIME

5. ANÁLISIS DEL COSTE ECONÓMICO DE LAS ACTUACIONES

En este apartado se va a efectuar un análisis de la relación existente entre el coste correspondiente a las actuaciones y la cuantificación estimada de la reducción de emisiones para las Marismas del Odiel y la Bahía de Cádiz.

5.1. Costes de Proyecto

En la siguiente tabla se muestra el coste de las actuaciones :

Tabla 31. Distribución de costes para cada uno de los ámbitos de estudio y zona

BAHÍA DE CÁDIZ					
ZONA	CÓDIGO	TIPO DE ACTUACIÓN	MEDICIÓN	IMPORTE (€)	TOTAL (€)
ZONA 1 Margen norte del Guadalete	1.3	Reconexión hídrica zona	1	140.877,40	140.877,40
		Gastos generales (14 %)			19.722,84
		Beneficio industrial (6 %)			8.452,64
		Presupuesto ejecución material (P.E.M)			169.052,88
ZONA 2 Corta del río San Pedro	1.1	Reconexión hídrica zona	1	48.493,36	48.493,36
		Gastos generales (14 %)			6.789,07
		Beneficio industrial (6 %)			2.909,60
		Presupuesto ejecución material (P.E.M)			58.192,03
ZONA 3 Las Aletas	1.2	Reconexión hídrica zona	1	146.658,90	146.658,90
		Gastos generales (14 %)			20.532,25
		Beneficio industrial (6 %)			8.799,53
		Presupuesto ejecución material (P.E.M)			175.990,68
TOTAL BAHÍA DE CÁDIZ					403.235,59

MARISMAS DEL ODIEL					
ZONA	CÓDIGO	TIPO DE ACTUACIÓN	MEDICIÓN	IMPORTE (€)	TOTAL (€)
ZONA 1 Isla de Bacuta	1.3	Reconexión hídrica zona	1	50.031,39	50.031,39
		Gastos generales (14 %)			7.004,39
		Beneficio industrial (6 %)			3.001,88
		Presupuesto ejecución material (P.E.M)			60.037,67
ZONA 2 Marisma del Burro	1.1	Reconexión hídrica zona	1	4.002,09	4.002,09
		Gastos generales (14 %)			560,29
		Beneficio industrial (6 %)			240,13
		Presupuesto ejecución material (P.E.M)			4.802,51
ZONA 3 Antiguas marismas industriales	1.2	Reconexión hídrica zona	1	146.658,90	11.869,79
		Gastos generales (14 %)			1.661,77
		Beneficio industrial (6 %)			712,19
		Presupuesto ejecución material (P.E.M)			14.243,75
TOTAL MARISMAS DEL ODIEL					79.083,92

5.2. Costes de monitoreo

Una vez el proyecto se ponga en marcha se iniciarán las labores de monitoreo y cálculo de la reducción de emisiones con posterior traslado al informe correspondiente. Los periodos de monitoreo pueden adaptarse a las necesidades de los promotores, debiendo hacer constar el estado de implementación de las diferentes actuaciones, los valores de los parámetros de seguimiento y la magnitud de la reducción de emisiones.

Para reducir los costes en este aspecto, el monitoreo se planificará conforme a los plazos establecidos para el proceso de verificación de la reducción de emisiones, presentando en el apartado siguiente tres opciones o calendarios diferentes.

Se propone que el monitoreo se realice, al menos, una vez antes de cada verificación, con un mínimo de un año de antelación, de manera que facilite la toma de decisiones sobre la posibilidad de abordar o no la verificación planificada, en función de los resultados y las perspectivas de mercado, pudiendo alterar el calendario inicial si fuera preciso.

Por el motivo anterior, los costes de monitoreo se aplicarán en el año de cada verificación, siendo de 15.000 € por proyecto.

5.3. Costes de validación/verificación

Para el registro de los proyectos y la posterior emisión de créditos bajo el estándar VCS será necesario abordar los procesos de validación/verificación.

Ambos procesos son llevados a cabo por terceras partes independientes que evalúan el cumplimiento del proyecto de las reglas del estándar y los requerimientos de las metodologías aplicadas y tienen como documento de referencia el PDD.

El PDD podrá redactarse de forma individual para cada proyecto o zona o estar soportado por la redacción de un **“Program of Activities”** (PoA) que englobaría las metodologías y objetivos para el conjunto de los proyectos, teniendo cada una de las actuaciones o zonas incluidas en ellos la consideración de **“Component Project Activities”** (CPAs), concentrando los trabajos y reduciendo los costes asociados a esta tarea.

La validación de los proyectos AFOLU se realizará para un periodo de acreditación mínimo de 20 años y máximo de 100, pudiendo en el primero de los casos renovarse hasta en cuatro ocasiones. En este caso se ha optado por la segunda de las opciones para la simulación de costes.

Una vez superado el proceso de validación y registrado el proyecto se procederá a la verificación de las reducciones, paso previo para la emisión de los créditos, equivalentes en este caso a Verified Carbon Units (VCUs), pudiendo ser los periodos para esta verificación variables.

En cuanto a los costes, la redacción del PDD se ha estimado en 25.000 € para cada uno de los proyectos, en el caso de que las actuaciones se aborden de forma separada por zona y 30.000 € si se abordan de forma conjunta, mientras que el PoA ascenderá a 30.000 €, a los que habría que sumar otros 10.000 € por zona o CPAs.

Puesto que no existe ningún proyecto registrado bajo esta metodología, se han considerado unos costes de validación de 25.000 € y de 15.000 € para cada una de las verificaciones, cuando estas se lleven a cabo de forma simultánea el coste total será de 30.000 €.

De proceder conforme al PoA, tanto las validaciones como las verificaciones tendrán un coste de 18.000 €, para el conjunto de las CPAs.

Dadas las diferentes alternativas que contempla el estándar se han elaborado cuatro opciones que permiten analizar los resultados de forma comparativa y entre zonas.

Hay que tener en cuenta que la última verificación coincidirá con el límite establecido por el SDT, el cual fija el tiempo máximo para la generación de VCU. Cuando la opción incluya zonas con un SDT distinto, la última verificación estará fijada por el SDT más prolongado.

Opción A (2 + 5 + 10)

La opción A plantea la posibilidad de proceder a la validación del proyecto de forma simultánea con la primera verificación en el año 2, adelantando la emisión de los créditos generados, y estableciendo las siguientes verificaciones en plazos de 5 años y a partir de ahí cada 10 años.

Opción A (2 + 5 + 10) Esquema general							
Año 0	Año 2	Año 7	Año 12	Año 20	Año 30	Año 40	Año 50
Redacción del PDD	Validación/ Verificación 1	Verificación 2	Verificación 3	Verificación 4	Verificación 5	Verificación 6	Verificación 7

Opción B (5 + 10)

La opción B se caracteriza por validar el proyecto en el año 0, realizando las dos primeras verificaciones en intervalos de 5 años y, a partir de ahí, cada 10 años, realizando para el mismo periodo de tiempo, una verificación menos que en el caso de la opción A.

Opción B (5 + 10) Esquema general						
Año 0	Año 5	Año 10	Año 20	Año 30	Año 40	Año 50
Redacción del PDD/ Validación	Verificación 1	Verificación 2	Verificación 3	Verificación 4	Verificación 5	Verificación 6

Opción C (5 + 10)

La opción C describe un itinerario diferente a las anteriores, proponiendo la redacción de un PoA para las Marismas del Odiel y otro para la Bahía de Cádiz, junto con los CPAs correspondientes a cada una de las zonas. Esto simplifica los procedimientos y concentra determinadas labores, reduciendo previsiblemente los costes de redacción de los proyectos y los asociados a la validación/verificación a lo largo del periodo de emisión de créditos. Esta opción establece la validación en el año 0, verificaciones quinquenales hasta el año 20 y, a partir de ahí, decenales, coincidiendo con el número de verificaciones de la opción A, una más que para la opción B.

Opción C (/Validación 5 + 10) Esquema general							
Año 0	Año 5	Año 10	Año 15	Año 20	Año 30	Año 40	Año 50
Redacción del PoA y CPAs/Validación (1 PoA por espacio y 1 CPA por zona)	Verificación 1	Verificación 2	Verificación 3	Verificación 4	Verificación 5	Verificación 6	Verificación 7

Opción D (2 + 5 + 10)

La opción D, comparte los mismos plazos y procedimientos que la opción A, incorporando al PDD todas las zonas, independientemente de su localización, reduciendo al máximo el impacto de los costes asociados a la redacción del PDD, validación, verificación y monitoreo.

Opción D (2 + 5 + 10) Esquema general							
Año 0	Año 2	Año 7	Año 12	Año 20	Año 30	Año 40	Año 50
Redacción del PDD	Validación/Verificación 1	Verificación 2	Verificación 3	Verificación 4	Verificación 5	Verificación 6	Verificación 7

La determinación de los periodos de verificación contempla los costes asociados, por un lado, y el conocido como criterio “vintage”, por otro, bajo el cual los créditos emitidos pierden valor con el transcurso del tiempo, ya que los “compradores” se decantan por la adquisición de créditos asociados a reducciones próximas en el tiempo a las emisiones a compensar, de ahí que, en todos los escenarios, se haya aumentado la frecuencia de las verificaciones al principio.

Isla de Bataca. Huelva



5.4. Costes de registro

La emisión de créditos bajo el estándar VCS para su posterior transferencia, dentro de lo que conocemos como mercado voluntario, está sometida al alta de los proyectos en el sistema de registro de Verra (<https://registry.verra.org/app/search/VCS>), entidad responsable del programa, y se registrará por sus reglas de funcionamiento.

Las operaciones dentro del registro están sometidas a una serie de tasas de las que, en el caso que nos ocupa, resultan de aplicación las siguientes:

Tabla 32. Tasas registro Verra

TASA	IMPORTE (€)	OBSERVACIONES	APLICA
Apertura de cuenta	255	Una única vez por promotor	No
Mantenimiento de cuenta	255	Anual	No
Alta de proyecto	425	€/proyecto	Si
Emisión/Activación de créditos	0,136	€/VCUs	Si
Transferencia/Cancelación de créditos	0,0255	€/VCUs	Si

No se han aplicado los costes de apertura y mantenimiento de cuenta en el registro al considerar que son cuestiones que no conciernen de forma directa a cada proyecto y cuyo impacto en la cuenta de resultados no es significativo.

Para simplificar el análisis se ha hecho coincidir en el tiempo la emisión/activación de créditos con su transferencia/cancelación en el mismo año de la verificación de origen.

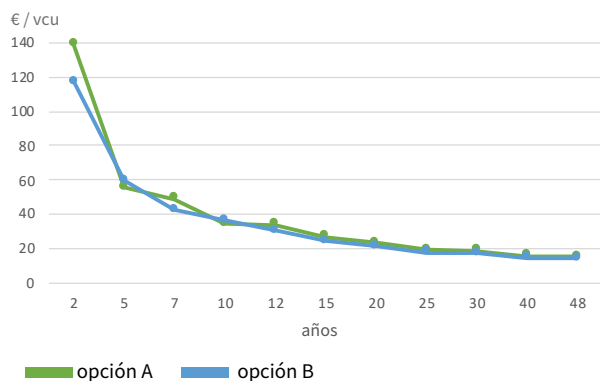
A continuación, se muestran los costes por tonelada de CO₂ correspondientes a cada una de las zonas de actuación y escenario. Estos costes se han calculado obteniendo la relación entre los costes acumulados para cada uno de los escenarios y las emisiones de CO₂ acumuladas en el año correspondiente.

Los datos propios de la opción C se incluyen de forma separada al final.

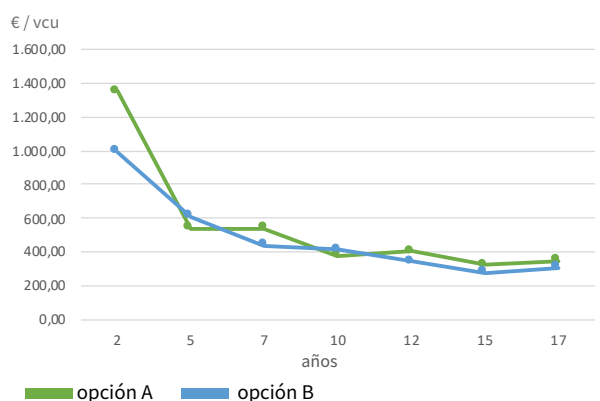
Gráfico 23. Evolución del coste

Marismas del Odiel:

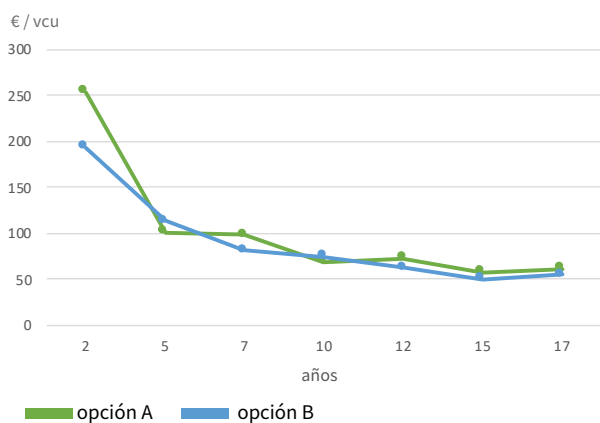
Evolución del coste (€/tCO₂) para las opciones A y B.
Zona 1: Isla Bacuta



Evolución del coste (€/tCO₂) para las opciones A y B.
Zona 2: Marismas del Burro

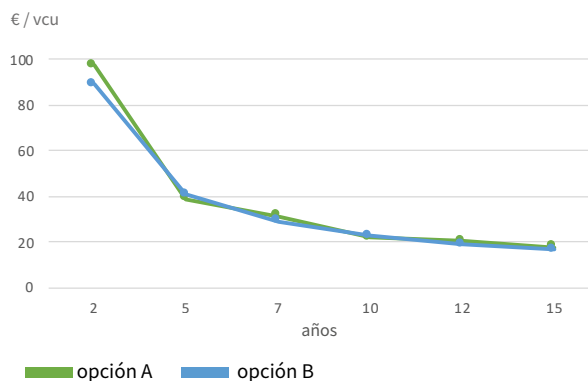


Evolución del coste (€/tCO₂) para las opciones A y B.
Zona 3: Antiguas salinas industriales

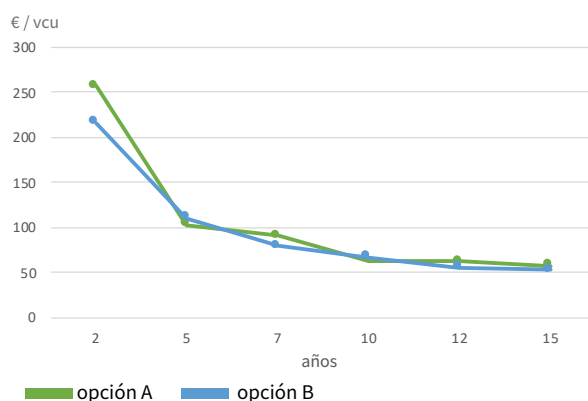


Bahía de Cádiz:

Evolución del coste (€/tCO₂) para las opciones A y B.
Zona 1: Margen norte del río Guadalete



Evolución del coste (€/tCO₂) para las opciones A y B.
Zona 2: Corta del río San Pedro



Evolución del coste (€/tCO₂) para las opciones A y B.
Zona 3: Las Aletas

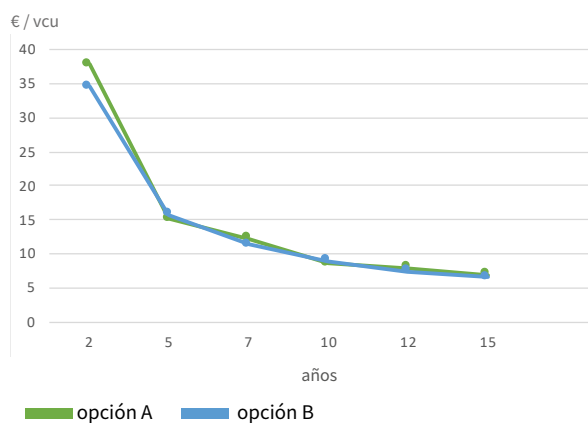
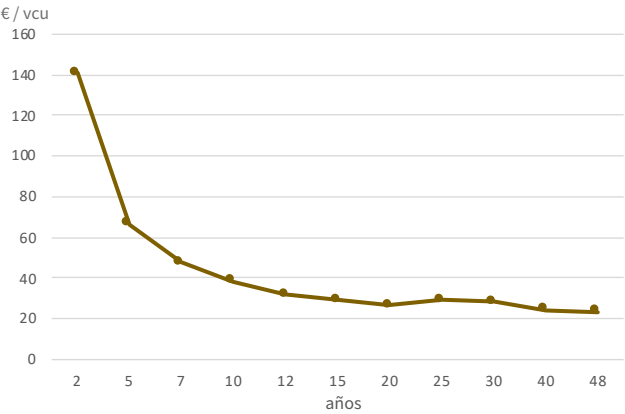


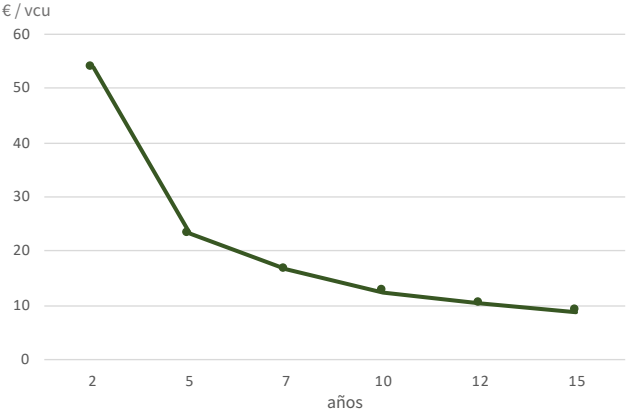
Gráfico 23 (cont.). Evolución del coste

Opción C (5 + 10)

Evolución del coste (€/tCO₂)
para el conjunto de las CPAs en Marismas del Odiel

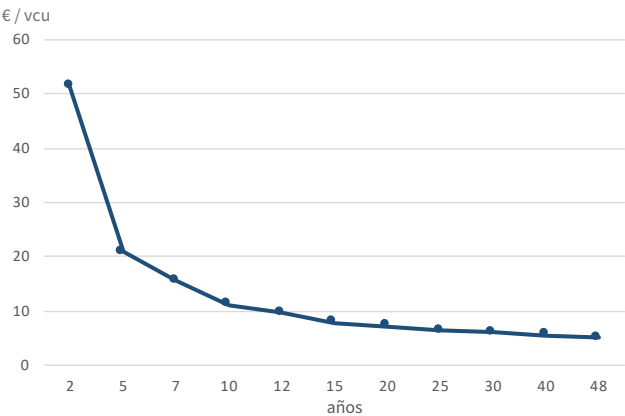


Evolución del coste (€/tCO₂)
para el conjunto de las CPAs en Bahía de Cádiz



Opción D (2 + 5 + 10)

Evolución del coste (€/tCO₂)
para el conjunto de las zonas





© M. OTERO / UCN

6. ANÁLISIS DE LA INCERTIDUMBRE

El estándar VCS requiere identificar aquellos supuestos, parámetros y procedimientos con un nivel de incertidumbre significativo y estimar esta incertidumbre con un determinado intervalo de confianza utilizando métodos reconocidos, tomando como referencia los descritos en el capítulo 6 del documento de *“Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero”*.

Las incertidumbres a las que están sometidos los resultados son las asociadas con los datos provenientes de la bibliografía seleccionada, donde se combinan fuentes asimilables a los niveles 1 y 3 (tier), sin embargo, a causa de su especificidad y falta de representatividad, su aplicación ha dependido del dictamen de expertos, siguiendo las indicaciones aportadas por el Grupo de Ecología de Macrófitos Acuáticos, perteneciente al Centro de Estudios Avanzados de Blanes (Consejo Superior de Investigaciones Científicas).

Por lo tanto, la incertidumbre reside en la correcta selección y aplicación de los datos al ámbito del estudio, por encima de los errores de estimación de las fuentes consultadas. En consecuencia, se propone recurrir al dictamen de expertos para formular juicios acerca de la incertidumbre a la vista de los resultados y siguiendo el protocolo propuesto por el IPCC.

7. EVALUACIÓN FINANCIERA

La evaluación financiera se lleva a cabo a partir de los resultados actualizados del cuadro de costes elaborado para cada zona y opción, calculando en cada caso los flujos de caja anuales, el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el periodo de recuperación de la inversión, permitiendo la comparativa de estos tres últimos índices la selección de aquellas alternativas más convenientes desde el punto de vista económico.

Teniendo en cuenta la naturaleza de la inversión y las previsiones sobre la evolución del precio del dinero, se ha utilizado una tasa de capitalización igual a la media de las obligaciones del Estado a un plazo de 30 años para los tres años anteriores al de análisis, es decir, 2017, 2018 y 2019, resultando una tasa igual a 2,21 %.

Una cuestión trascendente para la evaluación es determinar el precio de venta de las VCU emitidas para el año en cuestión que, a efectos del análisis, se ha hecho coincidir con el de verificación, suponiendo la venta de la totalidad de los créditos. Consultados los sucesivos informes emitidos por la organización Forest Trends a través de su iniciativa Ecosystem Market Place, se comprueba como existe cierto estancamiento en el volumen de las transacciones y el precio medio de venta de los derechos, con variaciones según la tipología de proyecto y el país o región donde este se desarrolle. En el año 2018, las ventas en proyectos forestales y relacionados con el uso de la tierra arrojaron una cifra de 3,2 \$/tCO₂e, el cual dista mucho del máximo alcanzando en el año 2008 de 7,34 \$/tCO₂e para el conjunto de tipologías, pero que va en sintonía con los precios registrados desde el año 2014. A nivel global, los expertos coinciden en que se trata de un precio bajo, que no estimula a los desarrolladores de proyectos y que está fuertemente influenciado por el volumen y valor de los créditos generados por los proyectos de energías renovables. Sin embargo, a pesar de la actual coyuntura económica, existe la perspectiva de que estos precios aumenten progresivamente en años sucesivos a consecuencia de un aumento en la demanda por parte de las empresas, la tendencia al alza de los derechos de emisión en el sector regulado, la limitación al registro, en el caso de VCS, a proyectos de energías renovables y la puesta en marcha de diferentes iniciativas para poner en valor otros beneficios añadidos de los proyectos, relacionados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, etc.

A nivel europeo existe mayor heterogeneidad en cuanto a la disponibilidad de información, siendo el volumen de las transacciones considerablemente inferior al del resto del mundo. Según un informe de 2015 emitido por la misma organización, el precio medio de los proyectos localizados en Europa es de 15,5 €/tCO₂e, aunque este valor procede de una muestra que cubre únicamente el 5 % de los créditos vendidos, siendo el valor medio para proyectos de reforestación/forestación de 14,7 €/tCO₂e.

Los valores derivados de proyectos de reforestación desarrollados en territorio nacional, los cuales aglutinan la gran mayoría de las ventas en nuestro país, se sitúan entre los 25-40 €/tCO₂e, siendo una referencia cercana para la fijación de un precio acorde a la evaluación, más aún si tenemos en cuenta la escasez de créditos provenientes de este tipo de actuaciones, por lo que de forma conservadora se puede fijar este precio en 20 €/tCO₂e.

Tabla 33. Resumen de costes (€/tCO₂) para el SDT

OPCIÓN	MARISMAS DEL ODIEL		
	ZONA 1 Isla de Bacuta	ZONA 2 Marisma del Burro	ZONA 3 Antiguas salinas industriales
A	15,41	349,45	61,84
B	14,43	307,17	54,78
C	23,19		
OPCIÓN	BAHÍA DE CÁDIZ		
	ZONA 1 Margen norte del Guadalete	ZONA 2 Corta del río San Pedro	ZONA 3 Las Aletas
A	18,00	58,35	7,00
B	16,89	53,00	6,57
C	8,74		
D	4,94		

Bajo las premisas anteriores, a la vista de los costes obtenidos y que se resumen en la tabla 33, resultan los siguientes resultados para los indicadores de referencia propios de la evaluación financiera (Tabla 34).

Tabla 34. Resultados de la evaluación financiera

OPCIÓN	VALOR	MARISMAS DEL ODIEL		
		ZONA 1 Isla de Bacuta	ZONA 2 Marisma del Burro	ZONA 3 Antiguas salinas industriales
A	VAN	135.902	- 141.759	- 101.729
	TIR	15 %	—	—
	PERIODO	48	17	17
B	VAN	153.331	- 124.332	- 84.301
	TIR	16 %	—	—
	PERIODO	48	17	17
C	VAN	43.505		
	TIR	6 %		
	PERIODO	48		

OPCIÓN	VALOR	BAHÍA DE CÁDIZ		
		ZONA 1 Margen norte del Guadalete	ZONA 2 Corta del río San Pedro	ZONA 3 Las Aletas
A	VAN	72.698	- 128.759	706.988
	TIR	11 %	—	67 %
	PERIODO	15	15	15
B	VAN	84.482	- 110.947	724.685
	TIR	12 %	—	66 %
	PERIODO	15	15	15
C	VAN	901.308		
	TIR	41 %		
	PERIODO	15		

D	VAN	1100.709,84		
	TIR	51 %		
	PERIODO	48		

En el anejo 8 se incluyen los gráficos de evolución de los flujos de caja y el VAN correspondientes a las opciones con mejores resultados financieros. Los detalles de cálculo pueden resultar diferentes si las condiciones varían permitiendo así confeccionar otros escenarios diferentes a estos mostrados.

7.1. Adicionalidad y análisis de riesgo

7.1.1. Adicionalidad

El proyecto debe demostrar que la venta de las reducciones de carbono es necesaria para asegurar la viabilidad del proyecto y que las actividades del proyecto no hubieran ocurrido en la ausencia del financiamiento de carbono. Dicho análisis se realizó de forma simultánea a la selección del escenario de línea base en el capítulo 1.4, de acuerdo con lo establecido en la herramienta metodológica CDM “Combined tool to identify the baseline scenario and demonstrate additionality in A/R CDM Project activities”.

En conclusión, los proyectos de restauración de humedales en la Bahía de Cádiz y en las Marismas del Odiel son adicionales debido a que se identificaron barreras financieras, institucionales, tecnológicas y sociales que impiden la implementación de las acciones del proyecto si este no es registrado en los estándares del VCS.

7.1.2. Análisis de riesgo

Los proyectos WRC deberán demostrar que se mantendrá la permanencia de sus existencias de carbono en el suelo y realizar una evaluación de riesgo de no permanencia. En los proyectos AFOLU, el riesgo de no permanencia es abordado a través del uso de la Herramienta de Riesgo de no Permanencia AFOLU (*AFOLU Non-permanence risk tool: VCS Versión 3*). Los proyectos que demuestren longevidad, sostenibilidad y capacidad de mitigación de riesgos, podrán optar a emitir créditos de reserva compartida (créditos “buffer”).

A continuación, se presenta un resumen de la metodología para el análisis de riesgos:

PASO 1: Análisis de riesgo.

Las posibles pérdidas transitorias y permanentes en las reservas de carbono se evaluarán durante un periodo de 100 años y se basarán en las condiciones presentes y la información disponible en el momento del análisis de riesgo. La calificación del riesgo de no permanencia se realiza teniendo en cuenta factores de riesgo internos, externos y naturales. Cada uno de ellos está dividido en subcategorías a las que se debe asignar un puntaje. La calificación de riesgo total para cada categoría (interna, externa y natural) se determinará sumando las calificaciones para cada subcategoría. Si bien algunas subcategorías pueden tener valores negativos, la calificación total para cualquier categoría no puede ser inferior a cero. Cuando no existen sinergias de mitigación de riesgos, las tablas establecen una calificación mínima de cero, incluso en los casos en que el cálculo determinaría una calificación inferior a cero. Cuando un factor de riesgo no aplica para el proyecto, el puntaje debe ser cero para ese factor.

PASO 2: Calificación general del riesgo de no permanencia y determinación del buffer.

La calificación general se calcula sumando el puntaje de los riesgos internos, externos y naturales. El puntaje mínimo debe ser 10, y el máximo 60. Por encima de este valor el riesgo del proyecto se considera inaceptablemente alto y el proyecto no será elegible para acreditación hasta que los riesgos sean abordados adecuadamente o se implementen medidas de mitigación suficientes para que el proyecto no sea evaluado como “REPROBADO”. Adicionalmente, donde la suma de las calificaciones de riesgo para cualquier categoría de riesgo supere los siguientes umbrales, el proyecto falla todo el análisis de riesgo y no es elegible para acreditación.

Riesgos internos: 35 / Riesgos externos: 20 / Riesgos naturales: 35

En la fase de elaboración del PDD se deberá recopilar toda la información necesaria para hacer un análisis de riesgo completo, siguiendo la metodología expuesta en el Paso 1 de este capítulo.

Riesgos internos

Se deben evaluar los riesgos asociados a las subcategorías de gestión del proyecto, viabilidad financiera, costo de oportunidad y longevidad del proyecto (Tablas 35-39).

Tabla 35. Gestión del proyecto

GESTIÓN DEL PROYECTO (PM)		
a)	Las especies sembradas (cuando corresponda) asociadas con más del 25% de las poblaciones en las que se han emitido créditos de GEI no son nativas o se ha demostrado que están adaptadas a la misma zona o zonas agroecológicas similares en las que se encuentra el proyecto.	2
b)	Se requiere continuidad en la ejecución para prevenir la intromisión por parte de actores externos para proteger más del 50 % de las acciones en las que se han emitido créditos de GEI anteriormente.	2
c)	El equipo de gestión no incluye a individuos con experiencia significativa en todas las habilidades necesarias para llevar a cabo con éxito todas las actividades del proyecto (es decir, cualquier área de experiencia requerida no está cubierta por al menos un individuo con al menos 5 años de experiencia en el área).	2
d)	El equipo de gestión no tiene presencia en el país o está ubicado a más de un día de viaje desde el sitio del proyecto, considerando todas las parcelas o polígonos en el área del proyecto.	2
e)	Mitigación: el equipo de gestión incluye a personas con experiencia significativa en el diseño e implementación de proyectos de AFOLU, contabilidad e informes de carbono (por ejemplo, personas que han gestionado proyectos con éxito mediante la validación, verificación y emisión de créditos de GEI) en el marco del Programa VCS u otros programas de GEI aprobados.	-2
f)	Mitigación: Plan de manejo adaptativo implementado.	-2
Total Gestión del Proyecto [a+b+c+d+e+f] *Suma no debe ser menor a cero		

Tabla 36. Viabilidad financiera

VIABILIDAD FINANCIERA (FV)		
a)	El punto de equilibrio (o umbral de rentabilidad) del flujo de caja del proyecto es superior a 10 años desde la evaluación de riesgo actual.	3
b)	El punto de equilibrio del flujo de caja del proyecto es mayor a 7 y hasta 10 años desde la evaluación de riesgo actual.	2
c)	El punto de equilibrio del flujo de caja del proyecto es superior a 4 y hasta 7 años desde la evaluación de riesgo actual.	1
d)	El punto de equilibrio del flujo de caja del proyecto es de 4 años o menos a partir de la evaluación de riesgo actual.	0
e)	El proyecto ha asegurado menos del 15 % del financiamiento necesario para cubrir el retiro total antes de que el proyecto alcance el punto de equilibrio.	3
f)	El proyecto ha asegurado del 15 % a menos del 40 % del financiamiento necesario para cubrir el total de retiros necesarios antes de que el proyecto alcance el punto de equilibrio.	2
g)	El proyecto ha asegurado del 40 % a menos del 80 % del financiamiento necesario para cubrir el retiro total requerido antes de que el proyecto alcance el punto de equilibrio.	1
h)	El proyecto ha obtenido el 80 % o más de los fondos necesarios para cubrir el total de la retirada antes de que el proyecto alcance el punto de equilibrio.	0
i)	Mitigación: el proyecto tiene disponibles como recursos financieros exigibles al menos el 50 % del total del retiro antes de que el proyecto alcance el punto de equilibrio.	-2
Total Viabilidad Financiera [(a, b, c o d) + (e, f, g o h) + i] *Suma no debe ser menor a cero		

Tabla 37. Costo de oportunidad

COSTO DE OPORTUNIDAD (OC)		
a)	Se espera que el Valor Presente Neto (VPN) de la actividad de uso de suelo alternativo más rentable sea al menos un 100% más que el asociado con las actividades del proyecto; o cuando las actividades de línea de base son impulsadas por la subsistencia, no se demuestran los impactos netos positivos en la comunidad.	8
b)	Se espera que el VPN de la actividad de uso de suelo alternativo más rentable esté entre el 50 % y hasta el 100 % más que en las actividades del proyecto.	6
c)	Se espera que el VPN de la actividad de uso de suelo alternativo más rentable esté entre el 20 % y hasta un 50 % más que en las actividades del proyecto.	4
d)	Se espera que el VPN de la actividad de uso de suelo alternativo más rentable esté entre un 20 % más y hasta un 20 % menos que de las actividades del proyecto; o cuando las actividades de línea de base son impulsadas por la subsistencia, se demuestran los impactos netos positivos en la comunidad.	0
e)	Se espera que el VPN de las actividades del proyecto sea entre un 20 % y hasta un 50 % más rentable que la actividad de uso de suelo alternativo más rentable.	-2
f)	Se espera que el VPN de las actividades del proyecto sea al menos un 50 % más rentable que la actividad de uso de la tierra alternativa más rentable.	-4
g)	Mitigación: el proponente del proyecto es una organización sin fines de lucro.	-2
h)	Mitigación: el proyecto está protegido por un compromiso legal para continuar con las prácticas de gestión que protegen las reservas de carbono acreditadas durante el período de acreditación del proyecto.	-2
i)	Mitigación: el proyecto está protegido por un compromiso legal para continuar las prácticas de gestión que protegen las reservas de carbono acreditadas durante al menos 100 años.	-8
Total Costo de Oportunidad [(a, b, c, d, e o f) + (g, h o i)] * Suma no debe ser menor a cero		

Tabla 38. Longevidad del proyecto

LONGEVIDAD DEL PROYECTO (PL)		
a)	Sin acuerdo legal o requisito para continuar con la práctica de gestión.	=24 – (Longevidad del proyecto/5)
b)	Con acuerdo legal o requisito para continuar con la práctica de gestión.	=30 – (Longevidad del proyecto/5)
Total Longevidad del Proyecto [(a, b, c o d) + (e, f, g o h) + i] * Suma no debe ser menor a cero		

Tabla 39. Riesgo Interno total

RIESGO INTERNO TOTAL	
Total Riesgo Interno (PM + FV + OC + PL) * Suma no debe ser menor a cero	



Riesgos externos

Se deben evaluar los riesgos asociados a las subcategorías de tenencia de la tierra, acceso a recursos e impactos, participación comunitaria y riesgo político (Tablas 40-43):

Tabla 40. Tenencia de la tierra y acceso a recursos / impactos

TENENCIA DE LA TIERRA Y ACCESO A RECURSOS / IMPACTOS (LT)		
a)	La propiedad y los derechos de acceso / uso de los recursos son propiedad de la misma entidad o entidades.	0
b)	La propiedad y los derechos de acceso / uso de los recursos son propiedad de diferentes entidades (por ejemplo, la tierra es propiedad del gobierno y el proponente del proyecto tiene un contrato de arrendamiento o concesión)	2
c)	En más del 5% del área del proyecto, existen disputas sobre la tenencia o la propiedad de la tierra.	10
d)	Existen disputas sobre los derechos de acceso / uso (o derechos superpuestos)	5
e)	Los proyectos del WRC no pueden demostrar que los impactos potenciales en el mar y en el río que podrían socavar los créditos emitidos en los próximos 10 años son irrelevantes o se espera que sean insignificantes, o que existe un plan para mitigar dichos impactos de manera efectiva.	5
f)	Mitigación: el área del proyecto está protegida por un compromiso legalmente vinculante (por ejemplo, una servidumbre de conservación o área protegida) para continuar con las prácticas de manejo que protegen las reservas de carbono durante el período de acreditación del proyecto.	-2
g)	Mitigación: donde existen disputas sobre la tenencia de la tierra, la propiedad o los derechos de acceso / uso, se proporciona evidencia documentada de que los proyectos han implementado actividades para resolver las disputas o aclarar reclamos superpuestos.	-2
Total Tenencia de la Tierra [(a o b) + c + d + e + f + g] * Suma no debe ser menor a cero		

Tabla 41. Participación de la comunidad

PARTICIPACIÓN DE LA COMUNIDAD (CE)		
a)	Se ha consultado a menos del 50 por ciento de los hogares que viven en el área del proyecto que dependen del área del proyecto.	10
b)	Se ha consultado a menos del 20% de hogares que viven dentro de los 20 km del límite del proyecto fuera del área del proyecto y que dependen del área del proyecto	5
c)	Mitigación: El proyecto genera impactos netos positivos en el bienestar social y económico de las comunidades locales que obtienen medios de subsistencia del área del proyecto	-5
Total Participación de la Comunidad [a+ b + c] * Suma no debe ser menor a cero		

Tabla 42. Riesgo Político

RIESGO POLÍTICO (PC)		
a)	Puntaje de gobernabilidad de menos de -0.79	6
b)	Puntaje de gobernabilidad de -0.79 a menos de -0.32	4
c)	Puntaje de gobernabilidad de -0.32 a menos de 0.19	2
d)	Puntaje de gobernabilidad de 0.19 a menos de 0.82	1
e)	Puntaje de gobernabilidad de 0.82 o más	0
f)	Mitigación: el país está implementando la preparación para REDD + u otras actividades.	-2
Total Riesgo Político [(a, b, c, d o e) + f] * Suma no debe ser menor a cero		

Tabla 43. Riesgo Externo total

RIESGO INTERNO TOTAL
Total Riesgo Externo (LT + CE + PC) * Suma no debe ser menor a cero

Riesgos naturales

Todos los riesgos naturales ocurridos durante los últimos 100 años deben ser evaluados de acuerdo con la tabla 44 teniendo en cuenta su probabilidad de ocurrencia y nivel de importancia.

Tabla 44. Riesgos naturales

RIESGOS NATURALES					
IMPORTANCIA	PROBABILIDAD				
	Menos de cada 10 años	Cada 10 a menos de 25 años	Cada 25 a menos de 50 años	Cada 50 a menos de 100 años	Una vez cada 100 años o más, o el riesgo no aplica para el área del proyecto
CATASTRÓFICO (70 % o más de pérdida de reservas de carbono)	REPRO-BADO	30	20	5	0
DEVASTADOR (50 % a menos del 70 % de pérdida de reservas de carbono)	30	20	5	2	0
CONSIDERABLE (25 % a menos del 50 % de pérdida de las reservas de carbono)	20	5	2	1	0
LEVE (5 % a menos del 25 % de pérdida de reservas de carbono)	5	2	1	1	0
INSIGNIFICANTE (menos del 5 % de pérdida de las reservas de carbono) o transitoria (recuperación total de la pérdida de las existencias de carbono prevista dentro de los 10 años posteriores a cualquier evento)	2	1	1	0	0
SIN PÉRDIDA	0	0	0	0	0
PUNTAJE LS					
MITIGACIÓN (M)					
Se implementan medidas de prevención aplicables al factor de riesgo.					0.5
El proponente del proyecto tiene antecedentes comprobados de haber contenido efectivamente el riesgo natural.					0.5
Los dos anteriores					0.25
Ninguno de los anteriores					1
Puntaje por cada riesgo natural aplicable al proyecto (Multiplicando LS x M)					
Fuego (F)					
Brotes de plagas y enfermedades (PD)					
Clima extremo (W)					
Riesgo geológico (G)					
Otros riesgos naturales (ON)					
Total Riesgos naturales (F + PD + W + G + ON)					

7.2. Actuaciones complementarias

Además de las actuaciones previstas y que resultan imprescindibles para la consecución de los objetivos de restauración establecidos en cada una de las zonas, en este apartado se plantean algunas actuaciones que si bien, a priori, no son necesarias para la consecución de dichos objetivos, si pueden favorecer la dinámica del restablecimiento de las condiciones naturales y minimizar los riesgos derivados de la situación de partida de dos de las zonas propuestas. Por otra parte, este tipo de actuaciones posibilitará distintas acciones de voluntariado que potenciará la implicación y participación de las posibles empresas interesadas.

Estas actuaciones se plantean para dos de las zonas propuestas en cada uno de los ámbitos de actuación del estudio.

En la Bahía de Cádiz, la actuación prevista comprende a las actuaciones necesarias para la implantación artificial de vegetación propia de la marisma. Si bien, a partir de las actuaciones contempladas en el apartado 3, que tienen como objetivo la restauración de la dinámica hídrica de la zona, se espera que la regeneración natural de la vegetación de marisma trascorra con éxito, se debe tener en cuenta el riesgo asumido sobre un posible déficit o retraso de dicha implantación natural en parte de la superficie y el valor social añadido de una actuación en este sentido con las comunidades locales. Sobre la valoración de dicho riesgo actúan numerosas variables, algunas de las cuales son difíciles de medir e incluso de determinar y es por este motivo por lo que se prevé como una actuación complementaria. El ámbito espacial de esta actuación se prevé sobre una superficie de 7,3 ha.

En estas zonas se propone la plantación de *Spartina spp.*, la especie nativa que ha sido objeto de implantación en zonas similares en experiencias previas. La *Spartina spp.* se tiene que obtener de poblaciones naturales debido a que no produce semillas y no se produce en viveros. Con el objeto de minimizar los impactos derivados de su extracción sobre las poblaciones naturales y para aumentar la biodiversidad en las zonas a restaurar la extracción de las plantas de *Spartina spp.* se dispersará espacialmente en la medida de lo posible. Si en la zona de extracción de *Spartina spp.* propuesta se encuentran ejemplares de *Sarcocornia perennis* se trasplantarán fragmentos de esta junto con *Spartina spp.*





© GIMÉNEZ CUENCA SL / UCN

Marisma del Burro. Huelva

La zona prevista para la extracción de la *Spartina spp.* se encuentra situada en el extremo este de la zona de actuación y previsiblemente proporcionará los ejemplares necesarios para la actuación de implantación vegetal. El método de extracción se efectuará de forma dispersa en la medida de lo posible facilitando la posterior regeneración de los mechones. Los mechones extraídos se fragmentarán en grupos de aproximadamente 20 macizos y se transportarán al área de implantación. Se estima una extracción media de aproximadamente 80 grupos por metro cuadrado sobre la población natural.

La implantación en las zonas previstas se efectuará con una densidad de 1 grupo por metro cuadrado, empleando la siembra al tresbolillo para maximizar la fijación de los sedimentos. La plantación se debe planificar teniendo en cuenta la previsión del nivel de las mareas. Iniciando los trabajos unas horas antes del horario previsto para la marea baja y finalizando cuando el nivel de la marea impida la ejecución de las actuaciones. Se ha previsto repoblar 7 zonas distribuidas por las zonas desprovistas de vegetación seleccionadas, ocupando una superficie total de 7,3 ha. El número de grupos a implantar será de 73.000 lo que requiere una superficie de extracción de 912,5 m². Teniendo en cuenta que la superficie objeto de extracción ocupa una superficie de 2.968,4 m², la extracción de los ejemplares se puede realizar de forma dispersa sobre toda su superficie. El coste derivado de estas actuaciones asciende a 42.553,48 € (Distribución de la planta: 902,54 €; Plantación: 38.730,94 €; Extracción in situ: 2.920,00 €).

En Odiel, se plantea como actuación complementaria la extracción de los materiales acumulados por el arrastre de los arroyos colindantes durante los periodos de avenida. Estos materiales proceden de zonas de cultivo, aguas arriba de la zona de actuación, y que previsiblemente contienen ciertas concentraciones de contaminantes procedentes de la agricultura intensiva.

Estos materiales serán extraídos de la zona de actuación y trasladados a una zona de acopio, situada en las inmediaciones de la pista de acceso más cercana, donde serán puestos a disposición para su retirada y valorización. La ejecución de la actuación se efectuará mediante pala de bulldozer para su acopio y posterior carga mediante pala cargadora y transporte mediante camión hasta el lugar definitivo de acopio.

Los costes estimados para esta actuación ascienden a 115.929,57 €.

En la tabla 45 se muestran los resultados de la evaluación financiera en el caso de realizarse las actuaciones complementarias previstas:

Tabla 45. Resultados de la evaluación financiera con las actuaciones complementarias previstas

OPCIÓN	VALOR	MARISMAS DEL ODIEL		
		ZONA 1 Isla de Bacuta	ZONA 2 Marisma del Burro	ZONA 3 Antiguas salinas industriales
A	VAN	135.902	-260.822	- 101.729
	TIR	15 %	-	-
	PERIODO	48	17	17
B	VAN	153.331	-243.010	- 84.301
	TIR	16 %	—	—
	PERIODO	48	17	17
C	VAN	-69.917		
	TIR			
	PERIODO	48		

OPCIÓN	VALOR	BAHÍA DE CÁDIZ		
		ZONA 1 Margen norte del Guadalete	ZONA 2 Corta del río San Pedro	ZONA 3 Las Aletas
A	VAN	31.752	- 128.759	706.988
	TIR	6 %	—	67 %
	PERIODO	15	15	15
B	VAN	43.796	- 110.947	724.685
	TIR	7 %	—	66 %
	PERIODO	15	15	15
C	VAN	859.675		
	TIR	37 %		

Como se observa en los resultados financieros de la aplicación de las medidas complementarias previstas, los datos relativos al Valor Actual Neto (VAN), y la Tasa Interna de Retorno (TIR) se ven alterados de distinto modo en cada una de las zonas afectadas y para las diferentes opciones previstas.

En el caso de Odiel, este cambio es más acusado, incluso haciendo desaparecer la rentabilidad asociada al proyecto en su conjunto para el ámbito general de actuación (Opción C, -2 %). Esta caída tan acusada se debe al elevado coste estimado que suponen estas actuaciones sobre los ingresos previstos del global del proyecto. En Cádiz, aunque se produce un descenso acusado de la TIR correspondiente a la zona en la que se aplicaría la actuación planteada, reduciéndose a la mitad, el cómputo general en el ámbito de actuación baja su rentabilidad en cuatro puntos porcentuales, pasando a obtenerse una TIR del 37 %, suponiendo una bajada del 9,7 %.



© JUAN GARCIA

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo con la información analizada, se puede concluir de forma preliminar que las acciones de restauración propuestas son viables para el registro en el estándar VCS, tanto en la Bahía de Cádiz, como en las Marismas del Odiel.

En el inicio del proyecto se ha partido de la selección de las distintas zonas de actuación, sobre las que se requería el estudio de viabilidad en cuestión. Por tanto, para acometer este estudio ha sido necesario contar con las acciones de restauración de las condiciones de conexión hídrica más adecuadas para cada una de las zonas propuestas bajo la premisa general consistente en mejorar las condiciones ecológicas y ambientales de las zonas con el objetivo principal de maximizar las previsiones de captura de CO₂ atmosférico.

Para ello, por un lado, se contaba con la información previa aportada referente a la capacidad de almacenamiento de carbono en los distintos tipos de marisma derivada del estudio efectuado con anterioridad, y por otro, se requería determinar el potencial de cada una de las zonas en cuanto al desarrollo de las diferentes tipologías de marisma estudiados.

Y es, por tanto, en esta parte del estudio en la que más se ha hecho necesaria la consulta de información referente a estudios previos de características similares u otras experiencias que permitiesen soportar la toma de decisiones en la fase de desarrollo del proyecto. También, y de forma muy destacada, la información cartográfica juega un papel determinante en la toma de decisiones del proyecto, participando de forma directa en la determinación de las condiciones de partida y potenciales de cada uno de los escenarios del Estudio.

Por otra parte, una vez aplicada la metodología definida en el estudio para la determinación de las condiciones potenciales de cada una de las zonas, se determinan las actuaciones óptimas elegidas en función de su relación coste-beneficio. En esta parte del proyecto, y con la finalidad de determinar el alcance de las actuaciones propuestas, se requiere información referente a la evolución estimada de cada una de las zonas de actuación una vez se acometiesen las actuaciones. Por otra parte, esta información también se requiere para la determinación de las condiciones futuras de emisión de cada una de las zonas, que a su vez es requerida por el estándar VCS y condicionan sus resultados. Debido a la metodología aplicada, el análisis de la incertidumbre deberá ser objeto adicional del dictamen de expertos.

El coste de las actuaciones propuestas para cada una de las zonas de actuación es variable y dependiente de las condiciones de partida para cada una de las zonas. Estas condiciones de partida determinan la intensidad y por ende el coste de las actuaciones necesarias para alcanzar un escenario en el que la conexión mareal de las zonas sea restablecida.

Es por este motivo, que la selección de las zonas de actuación influye de forma determinante sobre la relación coste-beneficio, condicionando su posible viabilidad económica. En este sentido, algunas zonas seleccionadas de forma estratégica pueden maximizar el rendimiento económico de las actuaciones. Es decir, mediante un estudio previo que aborde el análisis de las actuaciones requeridas para posibles zonas de actuación, puede identificar aquellas zonas que, mediante la ejecución de actuaciones puntuales de bajo coste, puedan repercutir de forma drástica sobre la reducción de emisiones.

Por otra parte, Los costes de los procesos de validación/verificación, así como los de monitoreo, tienen una alta incidencia en el precio. Estos costes son elevados, más aún si tenemos en cuenta la escasa experiencia en proyectos de esta tipología, lo que elevaría la carga de trabajo de los equipos responsables de llevarlos a cabo. Según los escenarios planteados, estos costes suponen aproximadamente entre el 30 y el 160% del importe de las obras, cifra que podría ser revisada a la baja prolongando los intervalos entre verificaciones, lo que supondría el retraso en la emisión de los créditos generados. Estos costes influyen de forma más determinante en el coste final sobre aquellos proyectos en zonas de menor superficie, por mantener unos costes fijos relativamente más altos.

Siguiendo estos criterios se obtienen las siguientes conclusiones:

- Las zonas con mayor reducción de emisiones son la Isla de Bacuta (Marismas del Odiel) y la Margen norte del río Guadalete y Las Aletas (Bahía de Cádiz).
- La zona con mayor rentabilidad es la de Las Aletas (Bahía de Cádiz).
- El resultado de la Isla de Bacuta está determinado por el SDT y este a su vez por el dato de stock de carbono seleccionado a partir de la identificación de un estrato homólogo de los estudios de referencia.
- Los resultados, en el caso de las zonas de menor superficie se ven excesivamente lastrados por los costes fijos.
- De forma individual, los resultados correspondientes a la Marisma del Burro (Marismas del Odiel) la sitúan fuera de mercado, mientras que la inversión de las Antiguas salinas industriales (Marismas del Odiel) y la Corta del río San Pedro (Bahía de Cádiz) dependerá de la puesta en valor de otros beneficios ambientales.
- Las opciones A y B no reportan diferencias significativas en cuanto a la rentabilidad final, sin embargo, la opción A permite realizar una verificación más y, por lo tanto, adelantar la emisión de créditos de carbono.

- Las opciones C y D resultan ser las más ventajosas desde el punto de vista financiero y permiten compensar los resultados de las zonas de menor superficie.
- La opción C permite concentrar las labores de validación/verificación e integrar tantas nuevas zonas como se desee, una vez ejecutadas las actuaciones pretendidas, reduciendo los costes asociados a la redacción de documentación, monitoreo y auditoría.
- La opción D reduce los costes fijos en comparación con la opción C, sin embargo, se trata de un planteamiento que impediría la ampliación posterior mediante la inclusión de nuevas zonas y acciones.
- La selección de zonas y actuaciones con un mayor impacto superficial resulta esencial en la rentabilidad de las inversiones.
- Los resultados más favorables resultan competitivos dentro del mercado voluntario a nivel internacional. A nivel nacional, la rentabilidad de los créditos generados supera la comprobada para proyectos basados en la reforestación aunque el valor de mercado para los proyectos de “carbono azul” pueden ser superiores.
- La incorporación de las actuaciones complementarias previstas, si bien reduciría los riesgos asociados a la consecución de los objetivos de restauración planteados, aumentaría de forma significativa los costes derivados de las actuaciones disminuyendo de forma sensible la rentabilidad de los proyectos en cada una de las zonas previstas y ámbitos generales de actuación. Este cambio es más acusado en Odiel, donde la ejecución de las actuaciones complementarias previstas haría disminuir la Tasa Interna de Retorno (TIR) hasta valores negativos para el ámbito general de actuación (Opción C). En Cádiz, este descenso es menos acusado, suponiendo un descenso del 9,7 % sobre la TIR.

La restauración de los ecosistemas de carbono azul en marismas, además de reconstruir los sumideros de carbono naturales, ayudarán a revertir su declive y recuperar el área perdida proporcionando una mejora del estado ecológico de los entornos costeros (Nelleman et al., 2009). Su restauración utilizando mercados de carbono y standards como el VCS parecen ser una opción viable en ciertas tipologías y condiciones de proyectos y pueden ser utilizadas por administraciones de forma estratégica para curvar la tendencia actual sin obviar que deben ser asistidas con acciones paralelas que minimicen las presiones que causaron la pérdida anterior. El marco narrativo que se genere tiene que reforzar principalmente la reducción de las emisiones asegurando también que la compensación se realiza desde un contexto adecuado de transparencia, eficiencia y equidad social.

La primera generación de proyectos de compensación de carbono azul querrá así mismo dar un valor social añadido donde las comunidades puedan participar en los programas de restauración o integrarse y directamente beneficiarse de los resultados. Esto puede ser igualmente interesante desde el punto de vista de las empresas que deseen invertir en proyectos cerca de sus entornos de trabajo y ofrecer ese apoyo en la restauración del medio costero.



REFERENCIAS

Agencia de Medio Ambiente (AMA). *Plan de Ordenación de los Recursos Naturales y Plan Rector de Uso y Gestión del Parque Natural Bahía de Cádiz*. Junta de Andalucía, 1994.

Agencia de Medio Ambiente (AMA). *Plan Rector de Uso y Gestión del Paraje Natural de las Marismas del Odiel y de la Isla de En medio y La Marisma del Burro*. Junta de Andalucía, 1988.

Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU) Requirements. VCS Versión 3.6, 21 Junio 2017.

Burden A, Garbutt A, Evans CD. 2019. *Effect of restoration on saltmarsh carbon accumulation in Eastern England*. Biol. Lett. 15: 20180773. <http://dx.doi.org/10.1098/rsbl.2018.0773>

CDM AR-TOOL14. Methodological tool: *Estimation of carbon stocks and change in carbon stocks of trees and shrubs in A/R CDM project activities*. Versión 4.2.

CDM A/R Methodological tool: *Combined tool to identify the baseline and demonstrate additionality in A/R CDM project activities*. Versión 1. 15 Abril 2011.

Díaz-Almela, E., Piñeiro-Juncal, N., Marco-Mendez, C., Giralt, S., Leiva-Dueñas, C., Mateo, A. 2020. *Carbon Stocks And Fluxes Associated To Andalusian Saltmarshes and estimates of impact in stocks and fluxes by diverse land-use changes*. Deliverable C2.2 (a C2.1 update). http://life-bluenatura.eu/wp-content/uploads/2020/02/Deliverable_C2.2_LBN_low.pdf.

Ficha Informativa de los Humedales Ramsar. Bahía de Cádiz. Disponible en: https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques_Tematicos/Patrimonio_Natural_Uso_Y_Gestion/Espacios_Protegidos/Ramsar/bahiacadiz_ris_45.pdf.

Ficha Informativa de los Humedales Ramsar. Marismas del Odiel. Disponible en: https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques_Tematicos/Patrimonio_Natural_Uso_Y_Gestion/Espacios_Protegidos/Ramsar/odiel_ris_6.pdf.

Garbutt, Angus, and Mineke Wolters. *The natural regeneration of salt marsh on formerly reclaimed land*. Applied Vegetation Science, vol. 11, no. 3, 2008, p. 335+. Gale OneFile: Health and Medicine, Accessed 25 Sept. 2020.

IPCC 2014, 2013. Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands. Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M. and Troxler, T.G. (eds). Published: IPCC, Switzerland.

UICN (2021). *Manual para la creación de proyectos de carbono azul en Europa y en el Mediterráneo*. Otero, M. (Ed.), 144 páginas.

Klein, R. Molina, F. Agencia de Medio Ambiente (AMA). *Estudio de la gestión integrada de las Marismas del Odiel*. Capítulo VI: Valoración ambiental de las zonas húmedas. Marismas del Odiel. Sevilla, 1991. Disponible en: http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/consolidado/publicacionesdigitales/40-295_estudio_de_la_gestion_integrada_de_las_marismas_del_odiel/40-295/7_valoracion_ambiental_de_las_zonas_humedas.pdf

Pendleton, L., Donato, D.C., Murray, B.C., Crooks, S., Jenkins, W.A., Sifleet, S., et al., 2012. *Estimating global 'Blue Carbon' emissions from conversion and degradation of vegetated coastal ecosystems*. PLoS One 7 (9), e43542.

Poffenbarger, H.J., Needelman, B.A. & Magonigal, J.P. (2011). *Salinity Influence on Methane Emissions from Tidal Marshes*. Wetlands, 31, 831-842.

Terra Naturalis, 2011. *Recopilación e identificación de acciones de restauración ecológica en humedales españoles*. Promotor: Servicio de Conservación e Inventariación de Humedales. Subdirección General de Medio Natural. Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

Unlocking Potential-State Of Voluntary Carbon Markets 2017. May 2017. Forest Trends.

Velleman, Paul F. 1975, *Robust Nonlinear Data Smoothers; Theory, Definitions, and Applications*, PhD thesis, Princeton University, Dept. of Statistics.

VCS Methodology for Tidal Wetland and Seagrass Restoration. Versión 1. 20 Noviembre 2015.

VCS AFOLU Non-Permanence Risk Tool. Versión 3.3. 19 Octubre 2019.

Oppenheimer, M., B.C. Glavovic, J. Hinkel, R. van de Wal, A.K. Magnan, A. Abd-Elgawad, R. Cai, M. Cifuentes-Jara, R.M. DeConto, T. Ghosh, J. Hay, F. Isla, B. Marzeion, B. Meyssignac, and Z. Sebesvari, 2019: *Sea Level Rise and Implications for Low-Lying Islands, Coasts and Communities*. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. In press.

ANEJO 1

CONDICIONES VCS

Condición 1

Son elegibles los proyectos con actividades de restauración de humedales mareales.

Condición 2

Las actividades del proyecto pueden incluir cualquiera de los siguientes, o combinaciones de los siguientes:

- a) Crear, restaurar y/o gestionar las condiciones hidrológicas (por ejemplo, eliminar las barreras de las mareas, mejorar la conectividad hidrológica, restablecer el flujo de las mareas en los humedales o reducir los niveles de agua en los humedales incautados).
- b) Alterar el suministro de sedimentos (por ejemplo, el uso beneficioso del material de dragado o desviar los sedimentos de los ríos a áreas hambrientas de sedimentos).
- c) Cambio de las características de salinidad (p. ej., restauración del flujo de mareas en áreas restringidas a los datos)
- d) Mejorar la calidad del agua (por ejemplo, reducir las cargas de nutrientes que conducen a una mayor claridad del agua para expandir las praderas de praderas marinos, recuperar las inundaciones e intercambios de mareas y otros hidrológicos, o reducir el tiempo de residencia de los nutrientes).
- e) Re-introducción de comunidades de plantas nativas (por ejemplo, resiembra o replantación).
- f) Mejorar la(s) práctica(s) de manejo (por ejemplo, eliminar especies invasoras, reducir el pastoreo).

Condición 3

Antes de la fecha de inicio del proyecto, el área del proyecto:

- a) Está libre de cualquier uso de suelo que pueda ser desplazado fuera del área del proyecto, como lo demuestra al menos uno de los siguientes, cuando sea relevante:

- El área del proyecto ha sido abandonada por dos o más años antes de la fecha de inicio del proyecto; o
- El uso del área del proyecto para fines comerciales (es decir, comercio) no es rentable como resultado de la intrusión de salinidad, las fuerzas del mercado u otros factores. Además, no se produce la extracción de madera en el escenario de referencia dentro del área del proyecto; o
- La degradación de humedales adicionales para nuevos sitios agrícolas dentro del país no ocurrirá o está prohibida por la ley impuesta.

- b) Tiene un uso del suelo que podría ser desplazado fuera del área del proyecto (por ejemplo, la extracción de madera), aunque en tal caso las emisiones de este uso del suelo no se contabilizarán.

- c) Tiene un uso del suelo que continuará en un nivel similar de servicio o producción durante el período de acreditación del proyecto (por ejemplo, cosecha de caña o heno, recolección de leña, recolección de subsistencia).

Condición 4

La vegetación de árboles vivos puede estar presente en el área del proyecto y puede estar sujeta a cambios en las reservas de carbono (por ejemplo, debido a cosechas) tanto en la línea base como en los escenarios del proyecto.

Condición 5

La quema dirigida de biomasa herbácea y arbustiva sobre el suelo (quema cubierta) puede ocurrir como actividad del proyecto.

Condición 6

Cuando el proponente del proyecto tiene la intención de reclamar reducción de emisiones debido a la reducción de la frecuencia de los incendios de turba, las actividades del proyecto deben incluir una combinación de re-humectación y manejo de incendios.

Condición 7

Cuando el proponente del proyecto pretende reclamar reducciones de emisiones debido a la

frecuencia disminuida de los incendios de turba, debe demostrarse que existe una amenaza de incendios frecuentes en el sitio, y la causa abrumadora de ignición del suelo orgánico es antropogénica (por ej., drenaje de la turba, el incendio provocado).

Condición 8

En los estratos con suelo orgánico, las actividades de forestación, reforestación y revegetación (ARR) deben combinarse con re-humectación.

Condición 9

Las actividades del proyecto califican como IFM o REDD (reducción de emisiones por deforestación y degradación de los bosques).

Condición 10

Las actividades de la línea base incluyen silvicultura comercial.

Condición 11

Las actividades del proyecto bajan el nivel freático, a menos que el proyecto convierta las aguas de inundación permanente (aguas abiertas) a marismas mareales, o mejore la conexión hidrológica de humedales confinados (áreas inundadas localizadas detrás de barreras artificiales que impiden el drenaje natural).

Condición 12

La conectividad hidrológica del área del proyecto con áreas adyacentes conlleva a un incremento de GEI fuera del área del Proyecto.

Condición 13

Las actividades del proyecto incluyen quema de suelo orgánico.

Condición 14

Fertilizantes nitrogenados (químicos o estiércol) se aplican en el área del proyecto durante el periodo de acreditación.

REQUERIMIENTOS AFOLU PARA LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE HUMEDALES

Según la metodología VM0033, se deben cumplir también los requerimientos metodológicos de

proyectos AFOLU que apliquen para la categoría del proyecto. En este caso, la categoría de referencia es la de “Conservación y Restauración de Humedales (WCR)”, para la cual presentamos los siguientes requerimientos:

Condición 1

La implementación de las actividades del proyecto no conducirán a la violación de ninguna ley vigente.

Condición 2

Las actividades que transforman ecosistemas nativos con el fin de generar créditos de carbono no son elegibles bajo el programa VCS. En la descripción del proyecto se debe aportar evidencia de que en las áreas de proyecto no fueron eliminados ecosistemas nativos para generar créditos de GEI. Dicha prueba no se exigirá cuando la desaparición o conversión haya ocurrido como mínimo 10 años antes de la fecha de inicio del proyecto.

Condición 3

Las actividades que drenen ecosistemas nativos o degraden funciones hidrológicas para generar créditos de carbono no son elegibles bajo el programa VCS. En la descripción del proyecto se debe proveer evidencia de que el área de proyecto AFOLU no fue drenada o convertida con el fin de generar créditos de GEI. Dicha evidencia no es requerida cuando tal drenaje o conversión ocurrió antes del 1 de enero de 2008.

Condición 4

El proponente de proyecto deberá demostrar control sobre la totalidad del área de proyecto mediante evidencia documental que permita determinar de manera concluyente, uno o más derechos de uso otorgados al proponente del proyecto.

Condición 5

El área del proyecto cumplirá con alguna de las definiciones de humedal aceptadas internacionalmente como la del IPCC, la de la Convención Ramsar de humedales, las establecidas por legislaciones o políticas nacionales, o aquellas que gocen de mayor aceptación por parte de la literatura científica revisada, de acuerdo al país o al tipo de humedal.

ANEJO 2

FACTORES DE RIESGO

Se deben evaluar los riesgos asociados a las subcategorías de gestión del proyecto, viabilidad financiera, costo de oportunidad y longevidad del proyecto de acuerdo a los siguientes parámetros

RIESGOS RELACIONADOS A LA GESTIÓN DEL PROYECTO (PM)		
a)	Las especies sembradas (cuando corresponda) asociadas con más del 25% de las poblaciones donde han emitido créditos de GEI no son nativas o se ha demostrado que están adaptadas a la misma zona o zonas agroecológicas similares en las que se encuentra el proyecto.	0
b)	Se requiere continuidad en la ejecución para prevenir la intromisión por parte de actores externos para proteger más del 50% de las acciones en las que se han emitido créditos de GEI anteriormente.	2
c)	El equipo de gestión no incluye a individuos con experiencia significativa en todas las habilidades necesarias para llevar a cabo con éxito todas las actividades del proyecto (es decir, cualquier área de experiencia requerida no está cubierta por al menos un individuo con al menos 5 años de experiencia en el área).	2
d)	El equipo de gestión no tiene presencia en el país o está ubicado a más de un día de viaje desde el sitio del proyecto, considerando todas las parcelas o polígonos en el área del proyecto.	0
e)	Mitigación: el equipo de gestión incluye a personas con experiencia significativa en el diseño e implementación de proyectos de AFOLU, contabilidad e informes de carbono (por ejemplo, personas que han gestionado proyectos con éxito mediante la validación, verificación y emisión de créditos de GEI) en el marco del Programa VCS u otros programas de GEI aprobados.	0
f)	Mitigación: Plan de manejo adaptativo implementado.	-2
Total Gestión del Proyecto [a+b+c+d+e+f]		2

RIESGOS RELACIONADOS A LA VIABILIDAD FINANCIERA (FV)		
a)	El punto de equilibrio (o umbral de rentabilidad) del flujo de caja del proyecto es superior a 10 años desde la evaluación de riesgo actual.	0
b)	El punto de equilibrio del flujo de caja del proyecto es mayor a 7 y hasta 10 años desde la evaluación de riesgo actual.	2
c)	El punto de equilibrio del flujo de caja del proyecto superior a 4 y hasta 7 años desde la evaluación de riesgo actual	0
d)	El punto de equilibrio del flujo de caja del proyecto es de 4 años o menos a partir de la evaluación de riesgo actual.	0
e)	El proyecto ha asegurado menos del 15% del financiamiento necesario para cubrir el retiro total antes de que el proyecto alcance el punto de equilibrio.	3
f)	El proyecto ha asegurado del 15% a menos del 40% del financiamiento necesario para cubrir el total de retiros necesarios antes de que el proyecto alcance el punto de equilibrio	0
g)	El proyecto ha asegurado del 40% a menos del 80% del financiamiento necesario para cubrir el retiro total requerido antes de que el proyecto alcance el punto de equilibrio.	0
h)	El proyecto ha obtenido el 80% o más de los fondos necesarios para cubrir el total de la retirada antes de que el proyecto alcance el punto de equilibrio.	0
i)	Mitigación: el proyecto tiene disponibles como recursos financieros exigibles al menos el 50% del total del retiro antes de que el proyecto alcance el punto de equilibrio.	0
Total Viabilidad Financiera [(a, b, c o d) + (e, f, g o h) + i] *Suma no debe ser menor a cero		5

RIESGOS RELACIONADOS AL COSTO DE OPORTUNIDAD (OC)		
a)	Se espera que el Valor Presente Neto (VPN) de la actividad de uso de suelo alternativo más rentable sea al menos un 100% más que el asociado con las actividades del proyecto; o cuando las actividades de línea de base son impulsadas por la subsistencia, no se demuestran los impactos netos positivos en la comunidad.	0
b)	Se espera que el VPN de la actividad de uso de suelo alternativo más rentable esté entre el 50% y hasta el 100% más que en las actividades del proyecto.	0
c)	Se espera que el VPN de la actividad de uso de suelo alternativo más rentable esté entre el 20% y hasta un 50% más que en las actividades del proyecto.	0
d)	Se espera que el VPN de la actividad de uso de suelo alternativo más rentable esté entre un 20% más y hasta un 20% menos que de las actividades del proyecto; o cuando las actividades de línea de base son impulsadas por la subsistencia, se demuestran los impactos netos positivos en la comunidad.	0
e)	Se espera que el VPN de las actividades del proyecto sea entre un 20% y hasta un 50% más rentable que la actividad de uso de suelo alternativo más rentable.	0
f)	Se espera que el VPN de las actividades del proyecto sea al menos un 50% más rentable que la actividad de uso de la tierra alternativa más rentable.	0
g)	Mitigación: el proponente del proyecto es una organización sin fines de lucro.	0
h)	Mitigación: el proyecto está protegido por un compromiso legal para continuar con las prácticas de gestión que protegen las reservas de carbono acreditadas durante el periodo de acreditación del proyecto.	0
i)	Mitigación: el proyecto está protegido por un compromiso legal (ver Sección 2.2.4) para continuar las prácticas de gestión que protegen las reservas de carbono acreditadas durante al menos 100 años.	2
Total Costo de Oportunidad [(a, b, c, d, e o f) + (g, h o i)] *Suma no debe ser menor a cero		2

RIESGOS RELACIONADOS A LA LONGEVIDAD DEL PROYECTO (PL)		
a)	Sin acuerdo legal o requisito para continuar con la práctica de gestión.	No
b)	Con acuerdo legal o requisito para continuar con la práctica de gestión.	= 30 – (Longevidad del proyecto/5)
Total Longevidad del Proyecto [(a, b, c o d) + (e, f, g o h) + i]		

RIESGO INTERNO TOTAL	
Total Riesgo Interno (PM + FV + OC + PL)	

Factores de riesgo externos

Se deben evaluar los riesgos asociados a las subcategorías de tenencia de la tierra, acceso a recursos e impactos, participación comunitaria y riesgo político:

RIESGOS RELACIONADOS A LA TENENCIA DE LA TIERRA Y ACCESO A RECURSOS / IMPACTOS (LT)		
a)	Si la propiedad y los derechos de acceso / uso de los recursos son propiedad de la misma entidad o entidades	2
	Si la propiedad y los derechos de acceso / uso de los recursos son propiedad de la administración de Andalucía	0
b)	La propiedad y los derechos de acceso / uso de los recursos son propiedad de diferentes entidades (por ejemplo, la tierra es propiedad del gobierno y el proponente del proyecto tiene un contrato de arrendamiento o concesión)	0
c)	En más del 5% del área del proyecto, existen disputas sobre la tenencia o la propiedad de la tierra	0
d)	El equipo de gestión no tiene presencia en el país o está ubicado a más de un día de viaje desde el sitio del proyecto, considerando todas las parcelas o polígonos en el área del proyecto.	0
e)	Si existen disputas sobre los derechos de acceso / uso (o derechos superpuestos)	0
	No Existen disputas sobre los derechos de acceso / uso (o derechos superpuestos)	5
f)	Mitigación: el área del proyecto está protegida por un compromiso legalmente vinculante (por ejemplo, una servidumbre de conservación o área protegida) para continuar con las prácticas de manejo que protegen las reservas de carbono durante el período de acreditación del proyecto. (La población del Parque)	-2
g)	Mitigación: donde existen disputas sobre la tenencia de la tierra, la propiedad o los derechos de acceso / uso, se proporciona evidencia documentada de que los proyectos han implementado actividades para resolver las disputas o aclarar reclamos superpuestos.	-2
Total Tenencia de la Tierra [(a o b) + c + d + e + f + g]		

RIESGOS RELACIONADOS A LA PARTICIPACIÓN DE LA COMUNIDAD (CE)		
a)	Se ha consultado al menos al 50 por ciento de los hogares que viven en el área del proyecto que dependen del área del proyecto	10
	No, se hizo un taller de los fondeos en el parque. Como estudio de viabilidad no hace falta pero cuando se presente la necesidad para el proyecto si se va a consultar con la población de la zona	
b)	Menos del 20 por ciento de los hogares que viven dentro de los 20 km del límite del proyecto fuera del área del proyecto, y que dependen del área del proyecto, han sido consultados	5
c)	Mitigación: El proyecto genera impactos netos positivos en el bienestar social y económico de las comunidades locales que obtienen medios de subsistencia del área del proyecto.	-5
	Si	
Total Participación de la Comunidad [a+ b + c]		

RIESGO POLÍTICO (PC)		
a)	Puntaje de gobernabilidad de menos de -0.79	6
b)	Puntaje de gobernabilidad de -0.79 a menos de -0.32	4
c)	Puntaje de gobernabilidad de -0.32 a menos de 0.19	2
d)	Puntaje de gobernabilidad de 0.19 a menos de 0.82	1
e)	Puntaje de gobernabilidad de 0.82 o más	0
f)	Mitigación: el país está implementando la preparación para REDD + u otras actividades.	0
Total Riesgo Político [(a, b, c, d o e) + f]		

RIESGO EXTERNO TOTAL	
Total Riesgo Externo (LT + CE + PC)	

Riesgos naturales

Todos los riesgos naturales ocurridos durante los últimos 100 años deben ser evaluados de acuerdo con la siguiente tabla, teniendo en cuenta su probabilidad de ocurrencia y nivel de importancia.

GUÍA PARA DETERMINAR LOS RIESGOS NATURALES					
IMPORTANCIA	PROBABILIDAD				
	Menos de cada 10 años	Cada 10 a menos de 25 años	Cada 25 a menos de 50 años	Cada 50 a menos de 100 años	Una vez cada 100 años o más, o el riesgo no aplica para el área del proyecto
CATASTRÓFICO (70 % o más de pérdida de reservas de carbono)	REPRO-BADO	30	20	5	0
DEVASTADOR (50 % a menos del 70 % de pérdida de reservas de carbono)	30	20	5	2	0
CONSIDERABLE (25 % a menos del 50 % de pérdida de las reservas de carbono)	20	5	2	1	0
LEVE (5 % a menos del 25 % de pérdida de reservas de carbono)	5	2	1	1	0
INSIGNIFICANTE (menos del 5 % de pérdida de las reservas de carbono) o transitoria (recuperación total de la pérdida de las existencias de carbono prevista dentro de los 10 años posteriores a cualquier evento)	2	1	1	0	0
SIN PÉRDIDA	0	0	0	0	0
MITIGACIÓN (M)					
Se implementan medidas de prevención aplicables al factor de riesgo.					
El proponente del proyecto tiene antecedentes comprobados de haber contenido efectivamente el riesgo natural.					
Los dos anteriores					
Ninguno de los anteriores					1
Total Riesgos Naturales (F + PD + W + G + ON)					
Puntaje por cada riesgo natural aplicable al proyecto (Multiplicando LS x M)					
Fuego (F)					
Brotos de plagas y enfermedades (PD)					
Clima extremo (W)					
Riesgo geológico (G)					
Otros riesgos naturales (ON)					
Total Riesgos Naturales (F + PD + W + G + ON)					

ANEJO 3

ANÁLISIS DE LA REGENERACIÓN NATURAL EN LAS ZONAS DE ESTUDIO

Para determinar la evolución de la dinámica de la vegetación observada en las zonas objeto del proyecto se debe efectuar un seguimiento de estas durante un periodo histórico lo suficientemente amplio. Con esta finalidad se han empleado los datos detectados por un satélite de observación de la tierra.

Los datos empleados han sido capturados por el satélite de observación de la tierra de la *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) TERRA que lleva instalado el instrumento *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS). Este instrumento toma datos diarios de la superficie terrestre sobre 36 bandas espectrales mejorando nuestra comprensión de la dinámica global y los procesos que ocurren en la tierra, los océanos y la atmósfera inferior. MODIS está desempeñando un papel vital en el desarrollo de modelos de sistemas de la Tierra interactivos, globales y validados, capaces de predecir el cambio global con la suficiente precisión para ayudar a los responsables de las políticas a tomar decisiones acertadas con respecto a la protección de nuestro medio ambiente.

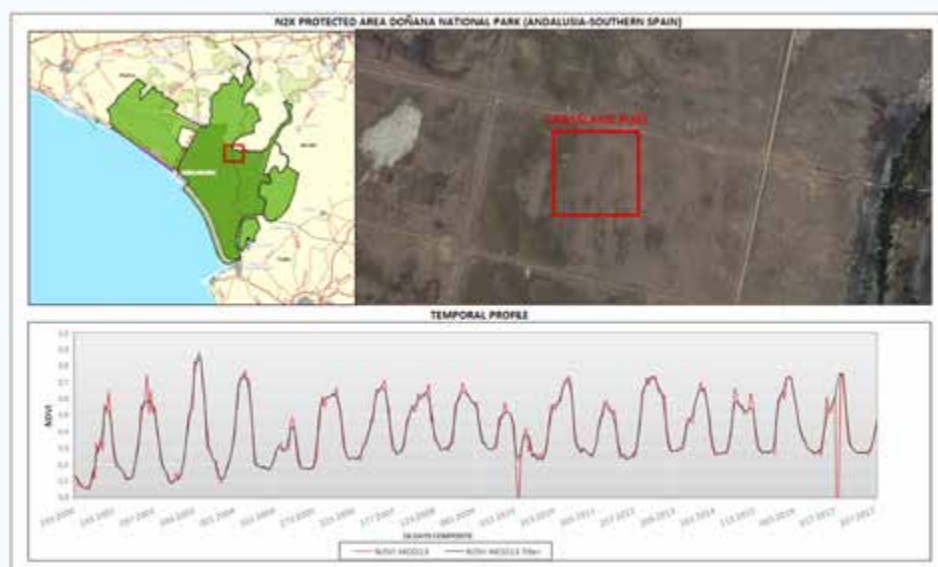
Disponemos de datos diarios del instrumento MODIS TERRA de la superficie del planeta desde finales del año 2000 hasta la actualidad. Por tanto, supone una serie de datos de incalculable valor desde el punto de vista científico. Los datos tomados por este sensor abarcan distintos rangos del espectro electromagnético que van desde el espectro visible hasta el infrarrojo térmico. Algunas de las bandas espectrales son especialmente útiles para el seguimiento de la vegetación, como los canales del visible e infrarrojo cercano. A través de esta información se pueden obtener índices como el *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), que establecen correlaciones significativas con el contenido de biomasa, el grado de cobertura vegetal y el vigor de la vegetación.

Los índices de vegetación del MODIS global están diseñados para proporcionar comparaciones espaciales y temporales consistentes de las condiciones de la vegetación. Para determinar los índices de vegetación diaria de MODIS se utilizan reflectancias azules, rojas y de infrarrojo cercano, centradas en 469 nanómetros, 645 nanómetros y 858 nanómetros, respectivamente.

El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) de MODIS complementa el Radiómetro Avanzado de Muy Alta Resolución (AVHRR) de NOAA que brinda continuidad a las aplicaciones de series de tiempo en este rico archivo histórico. El producto MODIS NDVI se calcula a partir de reflectancias de superficie bidireccionales corregidas atmosféricamente que se han enmascarado para agua, nubes, aerosoles pesados y sombras de nubes.

Los datos globales de MOD13Q1 se proporcionan cada 16 días a una resolución espacial de 250 metros como un producto de nivel 3 cuadriculado en la proyección sinusoidal. La cobertura global libre de nubes se logra al reemplazar las nubes con el histórico registro de climatología de las series temporales MODIS. Los índices de vegetación se utilizan para el monitoreo global de las condiciones de la vegetación y se utilizan en productos que muestran cambios en la cobertura del suelo. Estos datos se pueden usar como información para modelar los procesos biogeoquímicos e hidrológicos globales y el clima global y regional. Estos datos también se pueden utilizar para caracterizar las propiedades y procesos biofísicos de la superficie terrestre, incluida la producción primaria y la conversión de la cubierta terrestre.

Se han procesado los datos de NDVI obtenidos a partir del producto MOD13Q1 correspondientes al periodo 2000-2017 para el área de estudio. Con el objeto de eliminar el ruido aleatorio asociado al dato y obtener una serie histórica consistente, se ha aplicado el filtro de suavizado no paramétrico 4253H Twice (Velleman, 1975).



ANEJO 4

DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE ABANDONO DE LAS ÁREAS DEL PROYECTO

Una de las condiciones impuesta por la metodología VM0033 para su aplicabilidad se refiere a las condiciones que tiene que cumplir el área del proyecto respecto a los usos de la tierra que sean susceptibles de ser desplazados fuera del área del proyecto debido al propósito del mismo.

En este sentido, el criterio exigido por la metodología se refiere al abandono del área del proyecto respecto a los usos de la tierra por más de dos años.

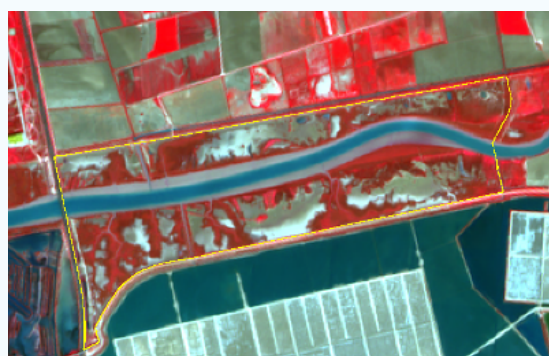
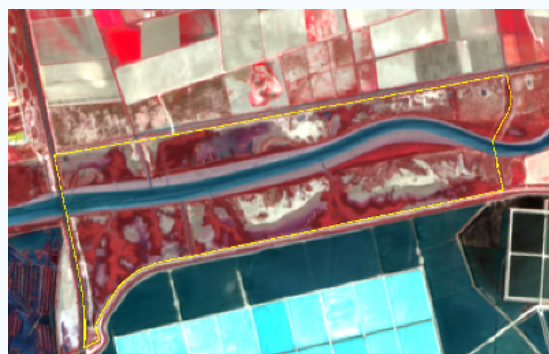
Por tanto, se debe demostrar que el área objeto del proyecto no ha mantenido ningún uso de la tierra específico durante al menos dos años. Es decir, que se cumple la condición de abandono del terreno respecto a los usos del suelo.

Para determinar si las áreas objeto del proyecto cumplen con esta condición se emplearon observaciones efectuadas por satélites de observación de la tierra. Estos datos nos permitieron evaluar las condiciones de cada una de las áreas del proyecto en distintos periodos temporales y así poder detectar si se estaba produciendo algún tipo de uso de la tierra que pudiera ser susceptible de ser desplazado del área del proyecto por causas relacionadas con los objetivos del mismo.

Para ello, se han empleado los datos observados por los satélites de observación de la tierra Sentinel 2 operativa bajo el programa de observación de la tierra Copérnico, liderado por la Comisión Europea (CE) en colaboración con la Agencia Espacial Europea (ESA). A través de estos datos se han obtenido imágenes en falso color que representan los canales espectrales correspondientes al infrarrojo cercano (842 nm), rojo (665 nm) y verde (560 nm).

A través de una comparación multitemporal de las imágenes generadas se observan posibles alteraciones debidas a posibles usos del suelo sobre la estructura del terreno y la vegetación en las zonas del proyecto.

A continuación se muestra un ejemplo de dicho análisis.



Imágenes en falso color correspondientes al día 06/06/2016 (imagen superior) y 13/03/2019 (imagen inferior) para la zona del margen norte del río Guadalete. En dichas imágenes no se observan indicios que indiquen usos del suelo que pudieran verse afectados por el objeto del proyecto. Entre ambas fechas no se detectan cambios significativos en la estructura vegetal y del terreno más allá de los cambios estacionales acusados por la propia vegetación.

ANEJO 5

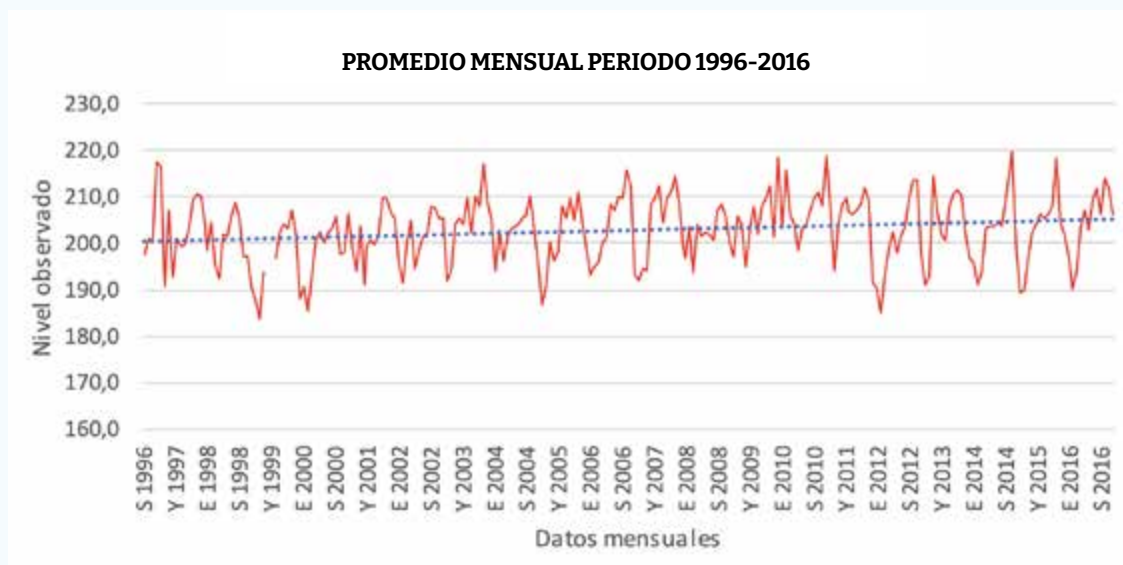
ESTIMACIÓN DE LA TASA DE INCREMENTO DEL NIVEL DEL MAR OBSERVADO POR ZONAS

Para estimar la tasa de incremento del nivel del mar observado a partir de los datos de los dos mareógrafos se ha realizado el análisis de los siguientes periodos temporales:

- Huelva 5: se ha tomado el periodo 1996 – 2016. Los datos correspondientes a fechas posteriores al año 2016 no se han empleado en el análisis por ser datos recibidos a tiempo real y no haber pasado un control de calidad exhaustivo que implique la eliminación de los valores anormales, así como el control de la estabilidad de las referencias o de los desfases del reloj.
- Bonanza 2: se ha tomado el periodo 1992 – 2016. Los datos correspondientes a fechas posteriores al año 2016 no se han empleado en el análisis por ser datos recibidos a tiempo real y no haber pasado un control de calidad exhaustivo que implique la eliminación de los valores anormales, así como el control de la estabilidad de las referencias o de los desfases del reloj.

El cálculo de la tendencia del nivel del mar se ha efectuado a partir de los datos mensuales observados. Para ello, se ha calculado el promedio de las observaciones horarias para cada uno de los meses que conforman la serie de datos establecida.

En el siguiente gráfico se representa la tendencia observada para el mareógrafo de Huelva 5:



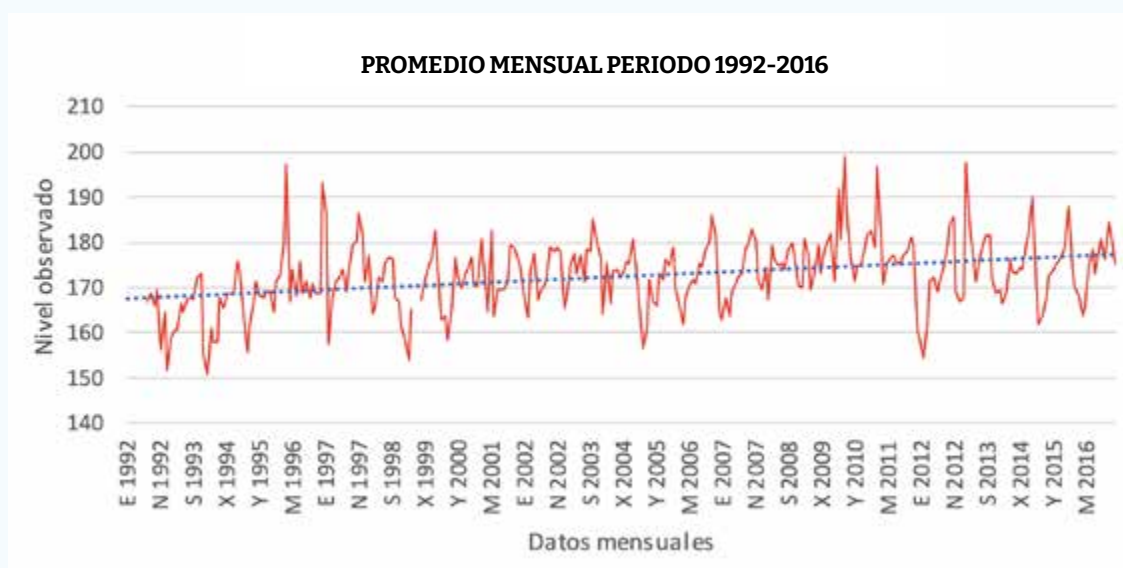
Efectuando una regresión lineal sobre la serie de datos obtenemos la siguiente recta:

$$y = 0,019x + 199,535 \quad R^2 = 0,034$$

Tasa de incremento anual = 0,222 cm/año.

Incertidumbre de la pendiente = 0,153.

En el siguiente gráfico se representa la tendencia observada para el mareógrafo de Bonanza 2:



Efectuando una regresión lineal sobre la serie de datos obtenemos la siguiente recta:

$$y = 0,032x + 167,730 \quad R^2 = 0,125$$

Tasa de incremento anual = 0,384 cm/año.

Incertidumbre de la pendiente = 0,119.

Con esta información se obtuvieron los datos promedios mensuales calculados a partir de los datos diarios observados correspondientes al mareógrafo de Huelva 5 y Bonanza 2.

ANEJO 6

DETECCIÓN DE INCOHERENCIAS EN EL MDT DISPONIBLE

Durante la fase de análisis de la información referente a los modelos altitudinales del terreno disponibles para cada una de las zonas de actuación, se han detectado errores en la distribución espacial de las altitudes de los MDT. Los MDT afectados son los correspondientes a la zona 2 de Cádiz (Marismas de San Carlos y San Jaime). Tanto en los MDT locales (resolución de 1 m) como en los procedentes del PNOA (vuelo Lidar con resolución de 5 metros) se detecta un salto lineal en el que se produce un desfase entre píxeles contiguos.

Con el objeto de corregir dicho error, se ha procedido a efectuar un análisis sobre dichas teselas de MDT que permitan estimar el valor medio del “salto” detectado.

Para ello, se han tomado como referencia dos conjuntos de píxeles (formados por 72 píxeles) situados a ambos lados del corte y localizados ambos sobre una superficie sin variación significativa de altitud. El punto de referencia tomado en este caso se corresponde con una pista situada al borde el área de análisis.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

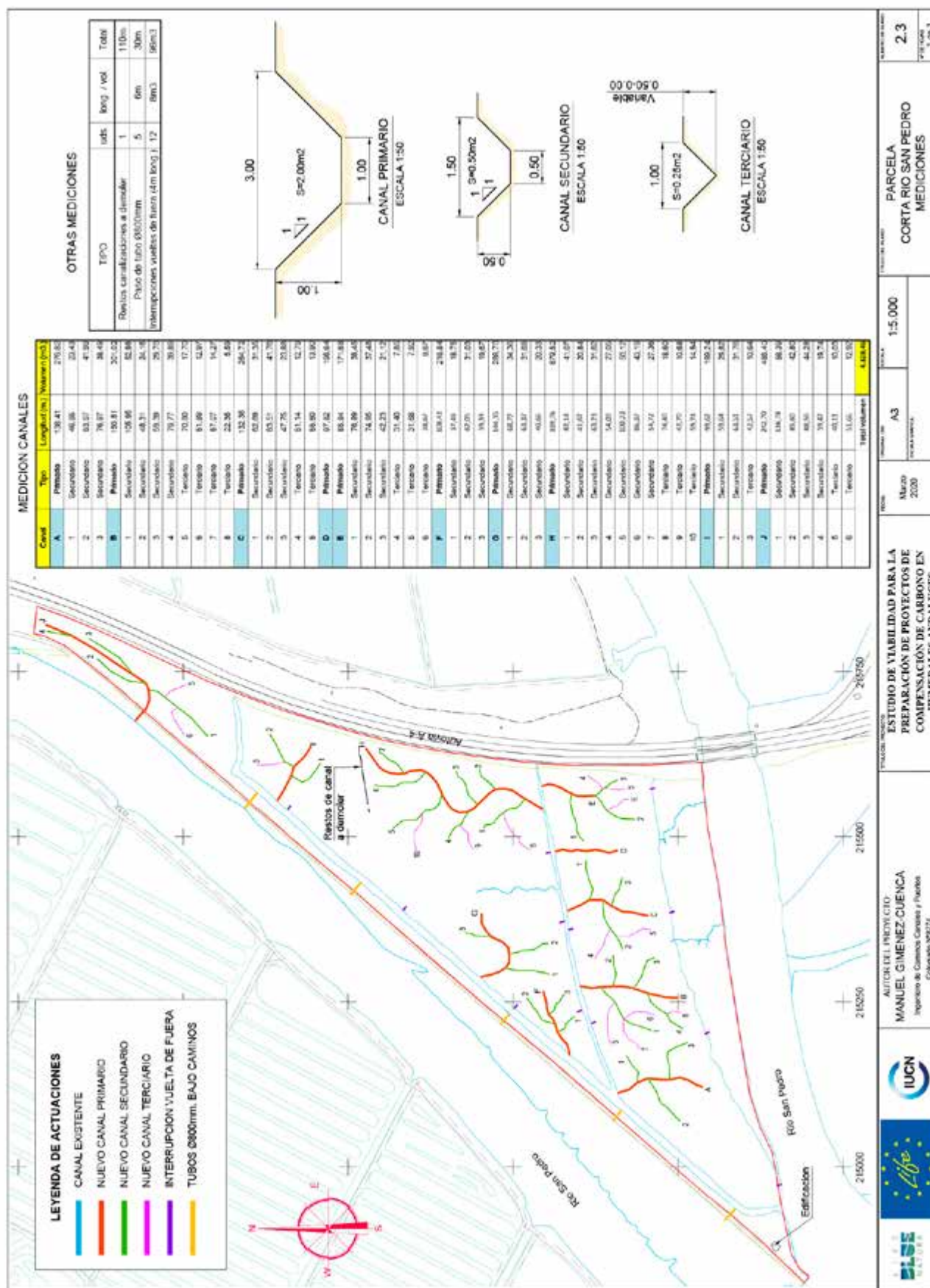
	SUR	NORTE	DIFERENCIA
Nº píxeles	48,00	48,00	—
Mínimo	2,44	2,64	—
Máximo	3,44	3,63	—
Promedio	3,18	3,35	0,16
Desviación estándar	0,23	0,22	—

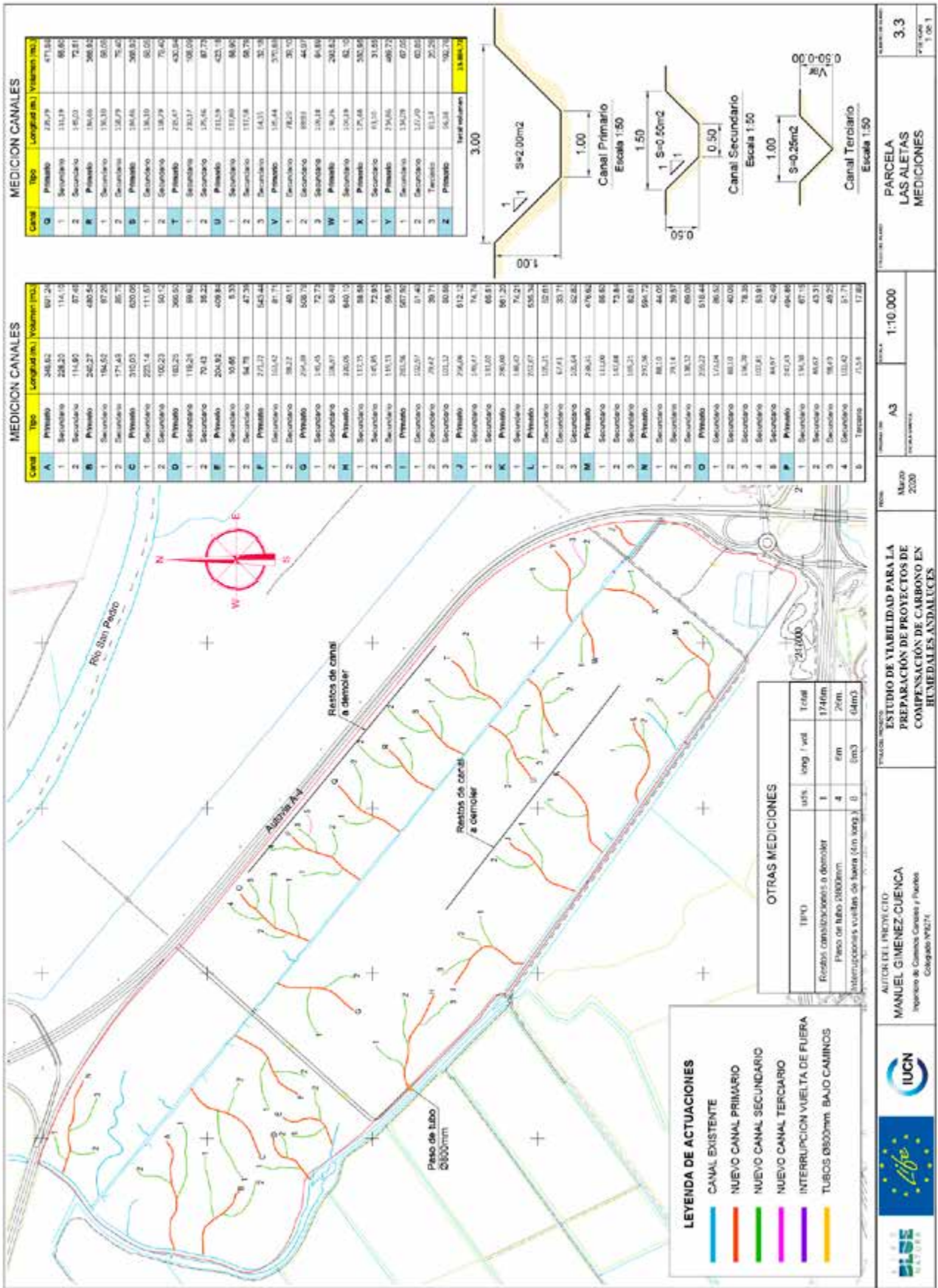
La diferencia estimada entre ambas partes del MDT es de 0,16 cm.

Una vez efectuadas las simulaciones correspondientes al análisis de la distribución potencial de los diferentes tipos de marismas no se observa una influencia significativa en el resultado debido a este error. Por tanto, y puesto que se desconoce cuál de los dos grupos de píxeles representa los valores altitudinales con mayor fiabilidad, no se ha propuesto ninguna acción para la corrección del error.

En la zona de actuación correspondiente a la Marisma del Burro, se han detectado incoherencias en el MDT procedente del PNOA LIDAR disponible. Durante la fase de trabajo de campo se observó la zona en cuestión bajo condiciones de mareas vivas, detectándose sobre ciertas zonas la inundación por el flujo mareal. Sin embargo, los valores altimétricos que constan en el MDT mantienen cotas superiores a los valores teóricos establecidos por el mareógrafo. La diferencia observada es superior a los 0,5 cm en muchos casos. Por otra parte, se observan incoherencias en el MDT debidas a la corrección del Modelo de Superficies (MDS) procedente de la detección Lidar. En este caso, se observan zonas de caño con cotas altimétricas superiores a las zonas adyacentes, con diferencias equivalentes a la altura de la vegetación. Este hecho, unido al posible error por exceso anterior, hacen que los valores del MDT sean superiores a los reales generando errores en la estimación de las superficies potenciales para los diferentes tipos de marisma.

ANEJO 7. MEDIDAS DE ACTUACIONES





MEDICION CANALES

Canal	Tipo	Longitud (m.)	Volumen (m ³)
A	Primario	120.45	240.90
1	Secundario	43.44	21.72
2	Secundario	87.05	33.53
B	Primario	59.20	118.40
1	Secundario	107.74	215.48
2	Secundario	111.22	55.61
C	Primario	115.10	230.20
1	Secundario	83.20	21.60
2	Secundario	73.44	36.72
D	Primario	207.84	415.68
1	Secundario	78.68	39.34
2	Secundario	85.15	27.58
E	Primario	172.04	344.08
1	Secundario	217.50	435.00
2	Secundario	33.33	16.67
F	Primario	254.12	508.24
1	Secundario	137.59	68.77
2	Secundario	113.16	56.58
G	Primario	302.89	605.78
1	Secundario	152.88	76.44
2	Secundario	172.18	86.07
H	Primario	361.59	723.18
1	Secundario	127.71	63.86
2	Secundario	125.52	62.76
3	Secundario	95.18	47.59

MEDICION CANALES

Canal	Tipo	Longitud (m.)	Volumen (m ³)
I	Primario	223.68	447.36
1	Secundario	141.98	70.99
2	Secundario	120.01	60.01
J	Primario	274.42	548.84
K	Primario	170.18	340.36
L	Primario	233.88	467.76
1	Secundario	110.00	55.00
M	Primario	309.15	618.30
1	Secundario	75.64	37.82
2	Secundario	109.07	54.54
N	Primario	531.28	1062.56
1	Secundario	135.28	67.64
2	Secundario	153.87	76.94
O	Primario	504.06	1008.12
1	Secundario	113.96	56.98
2	Secundario	53.62	26.81
3	Secundario	50.00	25.00
4	Secundario	88.34	44.17
5	Terciario	82.80	41.40
P	Primario	305.88	611.76
1	Secundario	64.53	32.27
2	Secundario	71.41	35.71
3	Secundario	704.2	352.1

MEDICION CANALES

Canal	Tipo	Longitud (m.)	Volumen (m ³)
Q	Primario	173.8	347.6
1	Secundario	45.3	22.7
2	Secundario	40.7	20.3
3	Secundario	69.78	34.89
4	Secundario	40.58	20.29
5	Secundario	65.58	32.79
6	Secundario	40.64	20.32
7	Secundario	65.53	32.78
8	Secundario	86.43	43.21
R	Primario	172.84	345.68
1	Secundario	46.70	23.35
2	Secundario	65.74	32.87
3	Secundario	36.33	18.17
S	Primario	453.52	907.04
1	Secundario	42.74	21.37
2	Secundario	91.87	45.94
3	Secundario	50.70	25.35
T	Primario	362.04	724.08
1	Secundario	38.44	19.22
2	Secundario	90.15	45.08
3	Secundario	143.94	71.97
4	Secundario	64.32	32.16
5	Secundario	100.53	50.26
6	Secundario	60.41	30.21

MEDICION CANALES

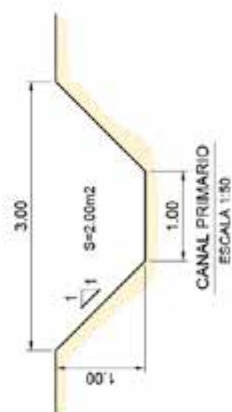
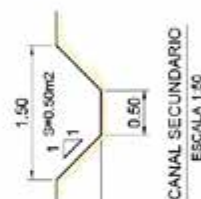
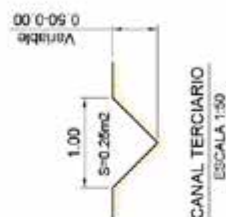
Canal	Tipo	Longitud (m.)	Volumen (m ³)
U	Primario	163.15	326.30
1	Secundario	72.90	36.45
2	Secundario	104.24	52.12
3	Secundario	125.31	62.66
4	Secundario	90.14	45.07
5	Secundario	111.10	55.55
6	Secundario	109.92	54.96
V	Primario	175.14	350.28
1	Secundario	168.88	84.44
2	Secundario	104.59	52.29
3	Secundario	70.36	35.18
W	Primario	429.18	858.36
1	Secundario	209.61	104.81
2	Secundario	48.38	24.19
3	Secundario	55.00	27.50
4	Secundario	46.90	23.45
5	Secundario	55.77	27.89
6	Terciario	66.38	33.19
7	Terciario	75.41	37.71

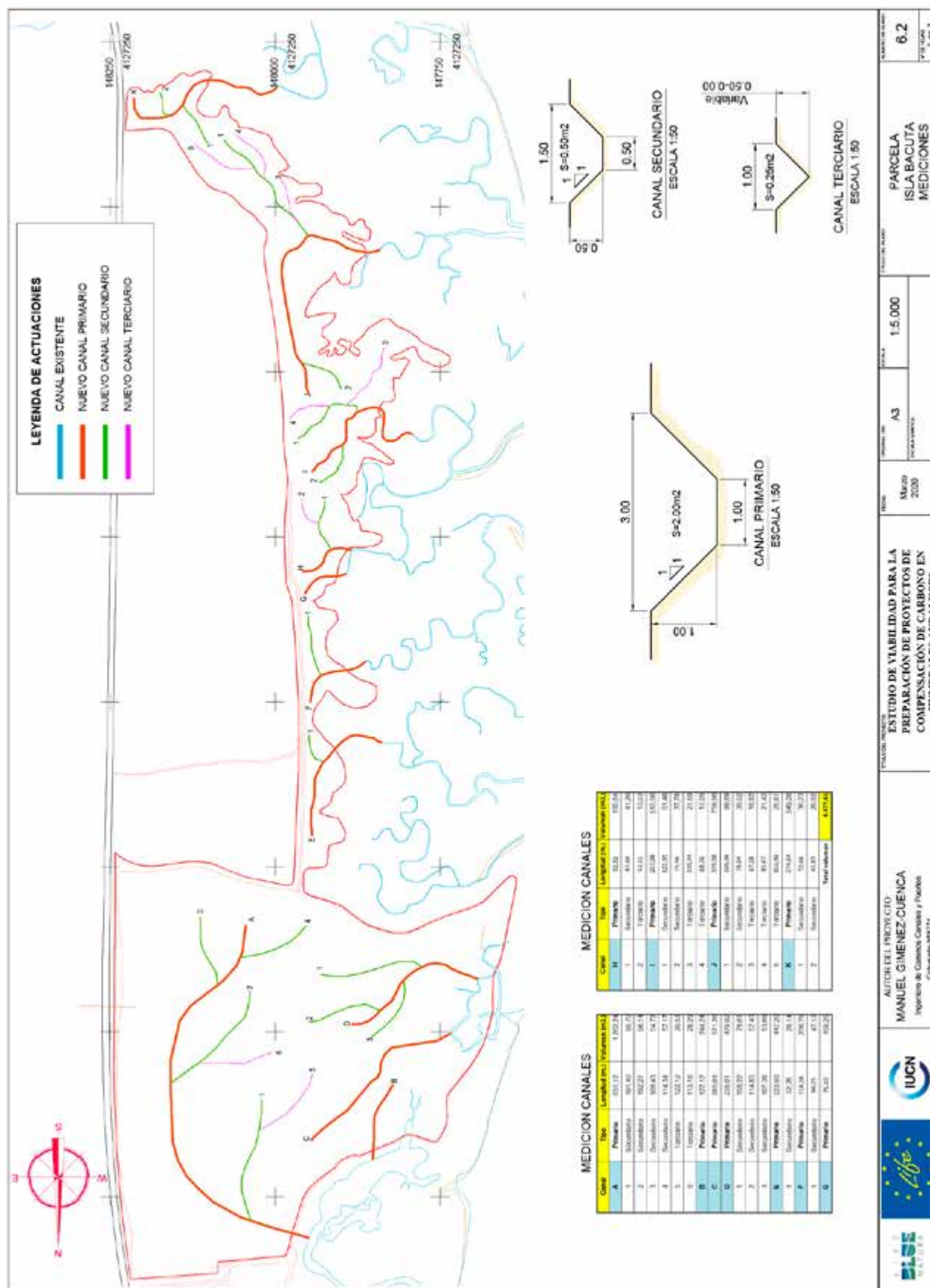
MEDICION CANALES

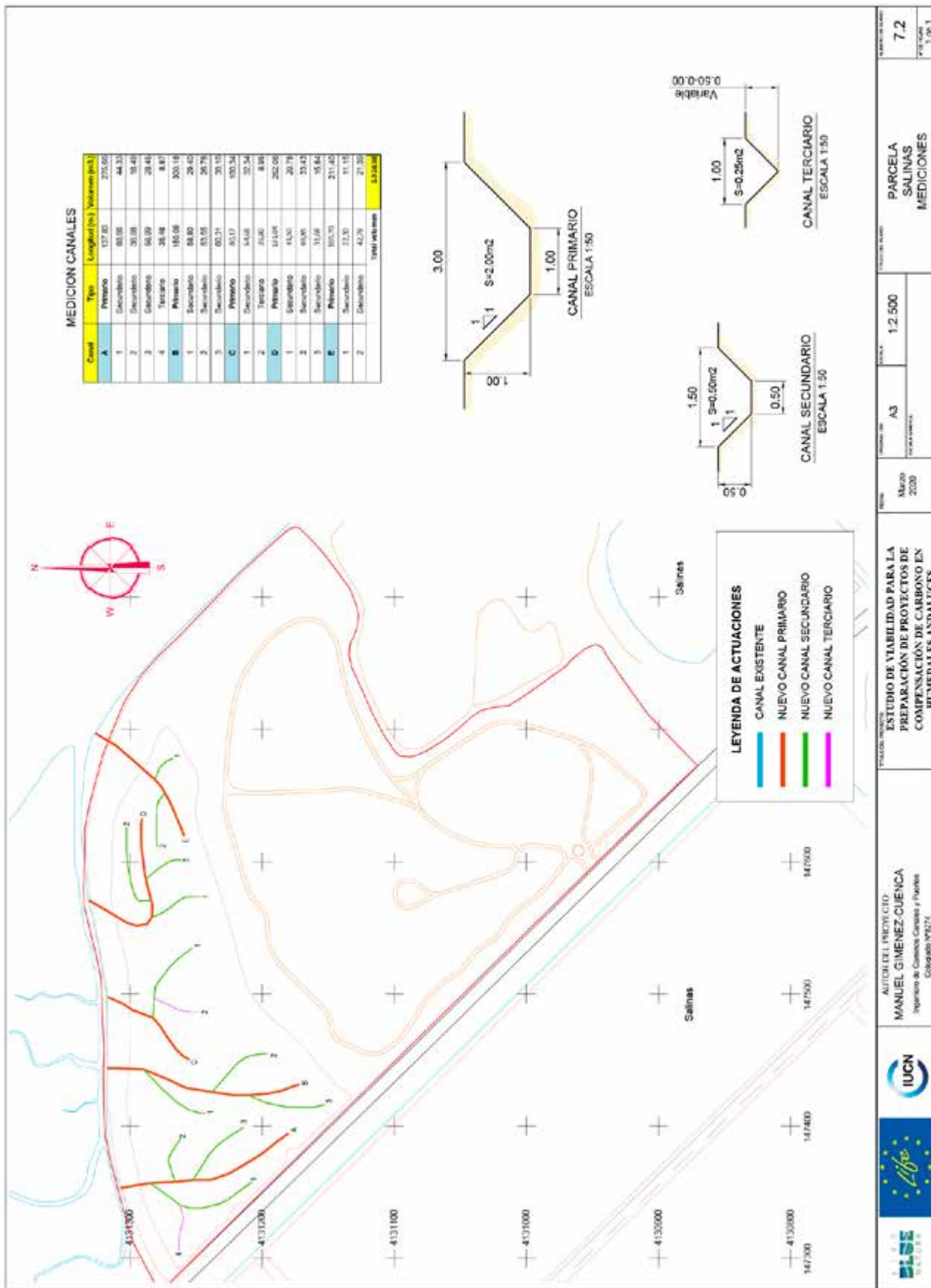
Canal	Tipo	Longitud (m.)	Volumen (m ³)
X	Primario	692.81	1385.62
1	Secundario	138.57	69.29
2	Secundario	189.79	94.89
3	Secundario	126.82	63.41
4	Secundario	133.79	66.89
5	Secundario	133.50	66.75
6	Secundario	74.80	37.40
Y	Primario	165.84	331.68
1	Secundario	161.90	80.95
2	Secundario	74.09	37.05
3	Secundario	47.86	23.93
4	Secundario	137.85	68.93
5	Secundario	103.36	51.68
6	Terciario	76.08	38.04
Z	Primario	381.72	763.44
1	Secundario	76.40	38.20
2	Secundario	124.62	62.31
3	Secundario	114.85	57.43
Total volumen			15797.57

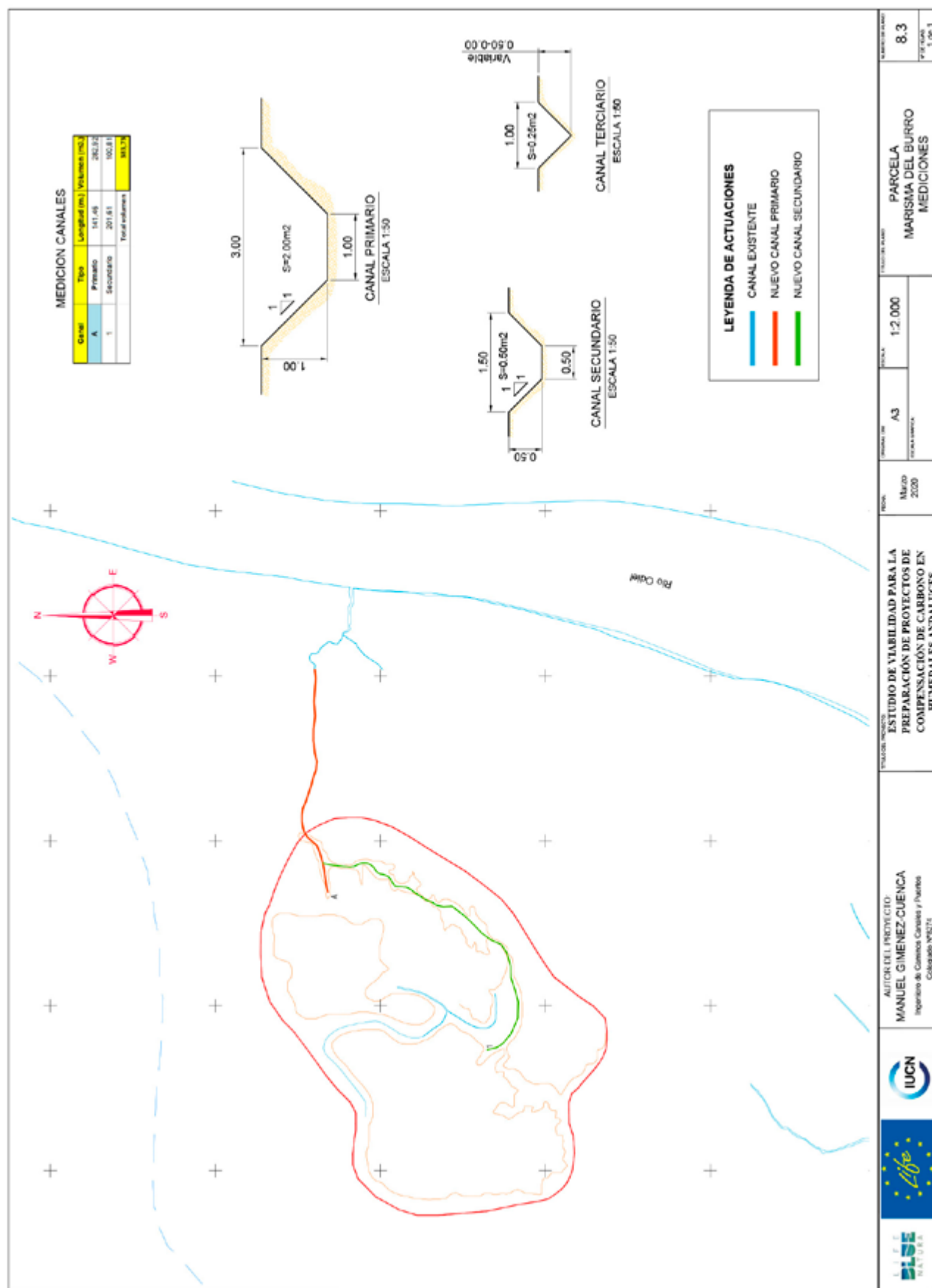
OTRAS MEDICIONES

TIPO	unidades	long. / vol.	Total
Intersecciones curvas de 18m (4m long) ± 19			
		(m)	152m









ANEJO 8

ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES EN LAS ZONAS DE ACTUACIÓN: ESCENARIO BASE Y POSTERIOR A LAS ACCIONES DE RESTAURACIÓN

Para realizar los cálculos de CO_2 , CH_4 y N_2O se han tenido en cuenta de forma diferenciada aquellas superficies dentro de las zonas de actuación que se encuentran desconectadas de forma significativa del régimen mareal y aquellas otras superficies que mantienen cierto régimen de conexión con la onda de mareas. Estas superficies han sido determinadas dentro de cada zona de actuación mediante fotointerpretación, identificando aquellas zonas que se encuentran actualmente desprovistas de vegetación y en situación de máxima degradación.

Las referencias tomadas para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero del suelo, así como la acumulación de biomasa aérea se detallan en el apartado correspondiente.

Para el cálculo de las emisiones en el escenario posterior a las actuaciones se parte de la premisa que asume una re-humectación total de las zonas que actualmente carecen de conexión hídrica.

A continuación, se detallan los parámetros de referencia utilizados para el cálculo de las emisiones en cada una de las zonas de actuación, así como los cálculos efectuados en detalle.

En las siguientes tablas se muestran los parámetros de referencia utilizados para estimar las emisiones del **escenario base** en cada una de las zonas de actuación:

BAHÍA DE CÁDIZ. Zona 1. MARGEN NORTE DEL RÍO GUADALETE
escenario base

Código: M. DESCONEC. FLUJO Estrato: Superficie desconectada de flujo y desprovista de vegetación SUPERFICIE SIN VEGETACION: 57,00 ha									
Código: M. RÉGIMEN ALTERADO Estrato: Superficie con diferente grado de alteración del flujo y variable cobertura vegetal (ODB.Z) SUPERFICIE VEGETADA: 97,89 ha									
Código: NO MARISMA Estrato: Superficie no ocupada por marisma CONSTRUCCIONES: 0,10 ha									
SUELO						BIOMASA		EMISIONES TOTALES C-CH ₄ -N ₂ O	
CO ₂ Flujos de CO ₂		CH ₄ Emisiones CH ₄		N ₂ O Emisiones N ₂ O		CO ₂ (vegetación herbácea) Net carbon CO ₂ change			
(tCO ₂ /ha* año)	(tCO ₂ /año)	(tCO ₂ e/ha* año)	(tCO ₂ e/año)	(tCO ₂ e/ha* año)	(tCO ₂ e/año)	(tC/ha* año)	(tC/año)	(tCO ₂ e/año)	(tCO ₂ e/ha* año)
12,80	729,60	0,01	0,83	0,01	0,63	0,00	0,00	731,06	12,83
-0,92	-90,06	0,01	1,43	0,01	1,08	0,00	0,00	-87,55	-0,89
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL: SUPERFICIE SIN VEGETACION + SUPERFICIE VEGETADA + CONSTRUCCIONES								324,84	11,76

BAHÍA DE CÁDIZ. Zona 2. CORTA DEL RÍO SAN PEDRO
escenario base

Código: M. DESCONEC. FLUJO Estrato: Superficie desconectada de flujo y desprovista de vegetación SUPERFICIE SIN VEGETACION: 12,76 ha									
Código: M. RÉGIMEN ALTERADO Estrato: Superficie con diferente grado de alteración del flujo y variable cobertura vegetal (ODB.Z) SUPERFICIE VEGETADA: 13,13 ha									
SUELO						BIOMASA		EMISIONES TOTALES C-CH ₄ -N ₂ O	
CO ₂ Flujos de CO ₂		CH ₄ Emisiones CH ₄		N ₂ O Emisiones N ₂ O		CO ₂ (vegetación herbácea) Net carbon CO ₂ change			
(tCO ₂ /ha* año)	(tCO ₂ /año)	(tCO ₂ e/ha* año)	(tCO ₂ e/año)	(tCO ₂ e/ha* año)	(tCO ₂ e/año)	(tC/ha* año)	(tC/año)	(tCO ₂ e/año)	(tCO ₂ e/ha* año)
12,80	163,33	0,22	2,77	0,00	0,01	0,00	0,00	166,11	13,02
-0,92	-12,08	0,22	2,85	0,00	0,01	0,00	0,00	-9,22	-0,70
TOTAL: SUPERFICIE SIN VEGETACION + SUPERFICIE VEGETADA								156,88	12,32

BAHÍA DE CÁDIZ. Zona 3. LAS ALETAS

Código: M. DESCONEC. FLUJO Estrato: Superficie desconectada de flujo y desprovista de vegetación SUPERFICIE SIN VEGETACION: 194,60 ha									
Código: M. RÉGIMEN ALTERADO Estrato: Superficie con diferente grado de alteración del flujo y variable cobertura vegetal (ODB.Z) SUPERFICIE VEGETADA: 15,26 ha									
SUELO						BIOMASA		EMISIONES TOTALES C-CH ₄ -N ₂ O	
CO ₂ Flujos de CO ₂		CH ₄ Emisiones CH ₄		N ₂ O Emisiones N ₂ O		CO ₂ (vegetación herbácea) Net carbon CO ₂ change			
(tCO ₂ /ha* año)	(tCO ₂ /año)	(tCO ₂ e/ha* año)	(tCO ₂ e/año)	(tCO ₂ e/ha* año)	(tCO ₂ e/año)	(tC/ha* año)	(tC/año)	(tCO ₂ e/año)	(tCO ₂ e/ha* año)
12,80	2490,88	0,22	42,23	0,00	0,14	0,00	0,00	2533,24	13,02
-0,92	-14,04	0,22	3,31	0,00	0,01	0,00	0,00	-10,72	-0,70
TOTAL: SUPERFICIE SIN VEGETACION + SUPERFICIE VEGETADA								2522,53	12,32

MARISMAS DEL ODIEL. Zona 1. ISLA DE BACUTA
escenario base

Código: M. DESCONEC. FLUJO Estrato: Superficie desconectada de flujo y desprovista de vegetación SUPERFICIE SIN VEGETACION: 26,35 ha									
Código: M. RÉGIMEN ALTERADO Estrato: Superficie con diferente grado de alteración del flujo y variable cobertura vegetal (ODB.Z) SUPERFICIE VEGETADA: 11,96 ha									
SUELO						BIOMASA		EMISIONES TOTALES C-CH ₄ -N ₂ O	
CO ₂ Flujos de CO ₂		CH ₄ Emisiones CH ₄		N ₂ O Emisiones N ₂ O		CO ₂ (vegetación herbácea) Net carbon CO ₂ change			
(tCO ₂ /ha* año)	(tCO ₂ /año)	(tCO ₂ e/ha* año)	(tCO ₂ e/año)	(tCO ₂ e/ha* año)	(tCO ₂ e/año)	(tC/ha* año)	(tC/año)	(tCO ₂ e/año)	(tCO ₂ e/ha* año)
12,80	337,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	337,28	12,80
-1,04	-12,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-12,44	-1,04
TOTAL: SUPERFICIE SIN VEGETACION + SUPERFICIE VEGETADA								324,84	11,76

MARISMAS DEL ODIEL. Zona 2. MARISMAS DEL BURRO
escenario base

Código: M. DESCONEC. FLUJO Estrato: Superficie desconectada de flujo y desprovista de vegetación SUPERFICIE SIN VEGETACION: 0,82 ha									
Código: M. RÉGIMEN ALTERADO Estrato: Superficie con diferente grado de alteración del flujo y variable cobertura vegetal (ODB.Z) SUPERFICIE VEGETADA: 2,02 ha									
SUELO						BIOMASA		EMISIONES TOTALES C-CH ₄ -N ₂ O	
CO ₂ Flujos de CO ₂		CH ₄ Emisiones CH ₄		N ₂ O Emisiones N ₂ O		CO ₂ (vegetación herbácea) Net carbon CO ₂ change			
(tCO ₂ /ha* año)	(tCO ₂ /año)	(tCO ₂ e/ha* año)	(tCO ₂ e/año)	(tCO ₂ e/ha* año)	(tCO ₂ e/año)	(tC/ha* año)	(tC/año)	(tCO ₂ e/año)	(tCO ₂ e/ha* año)
12,80	10,50	1,60	1,31	1,40	1,15	0,00	0,00	12,95	15,80
-0,89	-1,80	1,60	3,22	1,40	2,83	0,00	0,00	4,25	2,11
TOTAL: SUPERFICIE SIN VEGETACION + SUPERFICIE VEGETADA								17,21	17,90

MARISMAS DEL ODIEL. Zona 3. ANTIGUAS SALINAS INDUSTRIALES
escenario base

Código: M. DESCONEC. FLUJO Estrato: Superficie desconectada de flujo y desprovista de vegetación SUPERFICIE SIN VEGETACION: 9,66 ha									
Código: M. RÉGIMEN ALTERADO Estrato: Superficie con diferente grado de alteración del flujo y variable cobertura vegetal (ODB.Z) SUPERFICIE VEGETADA: 2,04 ha									
SUELO						BIOMASA		EMISIONES TOTALES C-CH ₄ -N ₂ O	
CO ₂ Flujos de CO ₂		CH ₄ Emisiones CH ₄		N ₂ O Emisiones N ₂ O		CO ₂ (vegetación herbácea) Net carbon CO ₂ change			
(tCO ₂ /ha* año)	(tCO ₂ /año)	(tCO ₂ e/ha* año)	(tCO ₂ e/año)	(tCO ₂ e/ha* año)	(tCO ₂ e/año)	(tC/ha* año)	(tC/año)	(tCO ₂ e/año)	(tCO ₂ e/ha* año)
12,80	123,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	123,65	12,80
-1,04	-2,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-2,12	-1,04
TOTAL: SUPERFICIE SIN VEGETACION + SUPERFICIE VEGETADA								121,53	11,76

En las siguientes tablas se muestran los parámetros de referencia utilizados para estimar las emisiones del **escenario del proyecto** en cada una de las zonas de actuación:

BAHÍA DE CÁDIZ. Zona 1. MARGEN NORTE DEL RÍO GUADALETE escenario del proyecto													
Código: M. DESCONEC. FLUJO Estrato: Superficie desconectada de flujo y desprovista de vegetación SUPERFICIE SIN VEGETACION: 57,00 ha													
Código: M. RÉGIMEN ALTERADO Estrato: Superficie con diferente grado de alteración del flujo y variable cobertura vegetal SUPERFICIE VEGETADA: 97,89 ha													
Código: NO MARISMA Estrato: Superficie no ocupada por marisma CONSTRUCCIONES: 0,10 ha													
SUELO										BIOMASA		EMISIONES TOTALES C-CH ₄ -N ₂ O	
CO ₂ Flujos de CO ₂						CH ₄ Emisiones CH ₄		N ₂ O Emisiones N ₂ O		CO ₂ (vegetación herbácea) Net carbon CO ₂ change			
(tCO ₂ /ha*año)			(tCO ₂ /año)			(tCO ₂ e/ ha*año)	(tCO ₂ e/ año)	(tCO ₂ e/ ha*año)	(tCO ₂ e/ año)	(tC/ ha*año)	(tC/ año)	(tCO ₂ e/año)	(tCO ₂ e/ ha*año)
0-19 años	29-49 años	> 50 años	0-19 años	29-49 años	> 50 años								
-3,82	-2,35	-2,39	-217,74	-133,95	-136,23	0,01	0,83	0,01	0,63	-0,42	-23,94	-216,70	-3,80
-3,82	-2,35	-2,39	-373,94	-230,04	-233,96	0,01	1,43	0,01	1,08	-0,42	-41,11	-371,43	-3,79
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL: SUPERFICIE SIN VEGETACION + SUPERFICIE VEGETADA + CONSTRUCCIONES												-588,13	-7,60

BAHÍA DE CÁDIZ. Zona 2. CORTA DEL RÍO SAN PEDRO escenario del proyecto													
Código: M. DESCONEC. FLUJO Estrato: Superficie desconectada de flujo y desprovista de vegetación SUPERFICIE SIN VEGETACION: 12,76 ha													
Código: M. RÉGIMEN ALTERADO Estrato: Superficie con diferente grado de alteración del flujo y variable cobertura vegetal SUPERFICIE VEGETADA: 13,13 ha													
SUELO									BIOMASA			EMISIONES TOTALES C-CH ₄ -N ₂ O	
CO ₂ Flujos de CO ₂						CH ₄ Emisiones CH ₄		N ₂ O Emisiones N ₂ O		CO ₂ (vegetación herbácea) Net carbon CO ₂ change			
(tCO ₂ /ha*año)			(tCO ₂ /año)			(tCO ₂ e/ ha*año)	(tCO ₂ e/ año)	(tCO ₂ e/ ha*año)	(tCO ₂ e/ año)	(tC/ ha*año)	(tC/ año)	(tCO ₂ e/año)	(tCO ₂ e/ ha*año)
0-19 años	29-49 años	> 50 años	0-19 años	29-49 años	> 50 años								
-3,82	-2,35	-2,39	-48,74	-29,99	-30,50	0,22	2,77	0,00	0,01	-0,42	-5,36	-46,39	-3,64
-3,82	-2,35	-2,39	-50,16	-30,86	-31,38	0,22	2,85	0,00	0,01	-0,42	-5,51	-47,30	-3,60
TOTAL: SUPERFICIE SIN VEGETACION + SUPERFICIE VEGETADA												-93,68	-7,24

BAHÍA DE CÁDIZ. Zona 3. LAS ALETAS													
escenario del proyecto													
Código: M. DESCONEC. FLUJO Estrato: Superficie desconectada de flujo y desprovista de vegetación SUPERFICIE SIN VEGETACION: 194,60 ha													
Código: M. RÉGIMEN ALTERADO Estrato: Superficie con diferente grado de alteración del flujo y variable cobertura vegetal SUPERFICIE VEGETADA: 15,26 ha													
SUELO										BIOMASA		EMISIONES TOTALES C-CH ₄ -N ₂ O	
CO ₂ Flujos de CO ₂						CH ₄ Emisiones CH ₄		N ₂ O Emisiones N ₂ O		CO ₂ (vegetación herbácea) Net carbon CO ₂ change			
(tCO ₂ /ha* año)			(tCO ₂ /año)			(tCO ₂ e/ ha* año)	(tCO ₂ e/ año)	(tCO ₂ e/ ha* año)	(tCO ₂ e/ año)	(tC/ ha* año)	(tC/ año)		
0-19 años	29-49 años	> 50 años	0-19 años	29-49 años	> 50 años	(tCO ₂ e/ ha* año)	(tCO ₂ e/ año)	(tCO ₂ e/ ha* año)	(tCO ₂ e/ año)	(tC/ ha* año)	(tC/ año)	(tCO ₂ e/año)	(tCO ₂ e/ ha* año)
-3,82	-2,35	-2,39	-743,37	-457,31	-465,09	0,22	42,23	0,00	0,14	-0,42	-81,73	-701,43	-3,60
-3,82	-2,35	-2,39	-58,29	-35,86	-36,47	0,22	3,31	0,00	0,01	-0,42	-6,41	-54,97	-3,60
TOTAL: SUPERFICIE SIN VEGETACION + SUPERFICIE VEGETADA												-756,40	-7,21

MARISMAS DEL ODIEL. Zona 1 ISLA DE BACUTA
escenario del proyecto

Código: M. DESCONEC. FLUJO Estrato: Superficie desconectada de flujo y desprovista de vegetación SUPERFICIE SIN VEGETACION: 26,35 ha													
Código: M. RÉGIMEN ALTERADO Estrato: Superficie con diferente grado de alteración del flujo y variable cobertura vegetal SUPERFICIE VEGETADA: 11,96 ha													
SUELO										BIOMASA		EMISIONES TOTALES C-CH ₄ -N ₂ O	
CO ₂ Flujos de CO ₂						CH ₄ Emisiones CH ₄		N ₂ O Emisiones N ₂ O		CO ₂ (vegetación herbácea) Net carbon CO ₂ change			
(tCO ₂ /ha* año)			(tCO ₂ /año)			(tCO ₂ e/ ha* año)	(tCO ₂ e/ año)	(tCO ₂ e/ ha* año)	(tCO ₂ e/ año)	(tC/ ha* año)	(tC/ año)	(tCO ₂ e/año)	(tCO ₂ e/ ha* año)
0-19 años	29-49 años	> 50 años	0-19 años	29-49 años	> 50 años								
-3,82	-2,35	-2,39	-100,66	-61,92	-62,98	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,42	-11,07	-101,08	-3,84
-3,82	-2,35	-2,39	-45,69	-28,11	-28,58	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,42	-5,02	-45,69	-3,82
TOTAL: SUPERFICIE SIN VEGETACION + SUPERFICIE VEGETADA												-146,76	-7,66

MARISMAS DEL ODIEL . Zona 2. MARISMAS DEL BURRO
escenario del proyecto

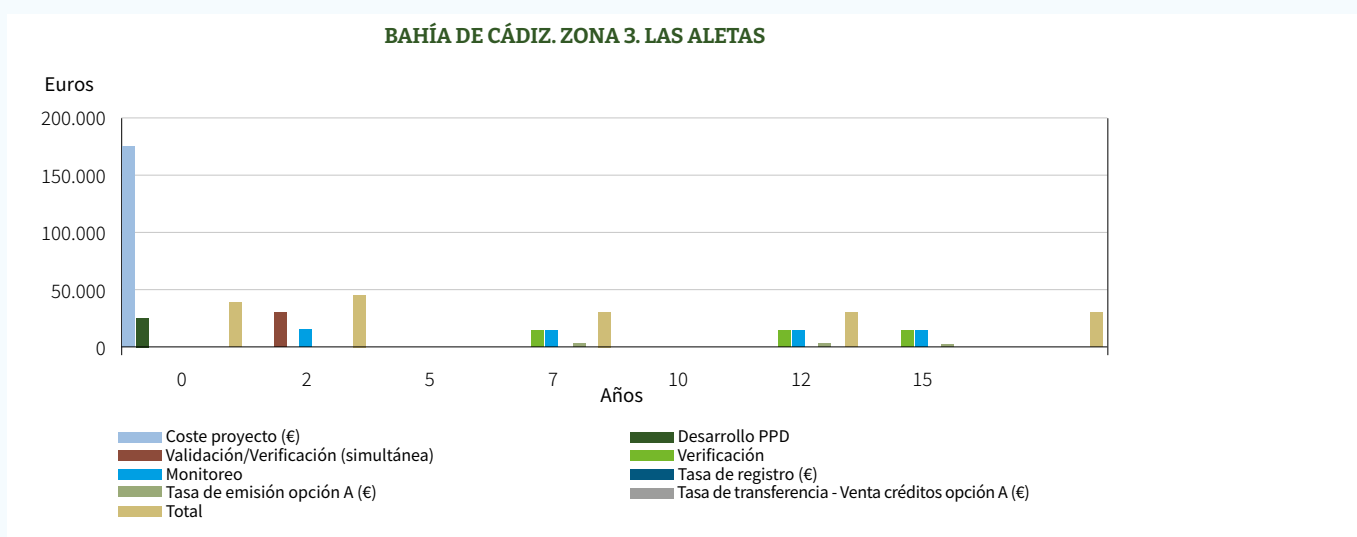
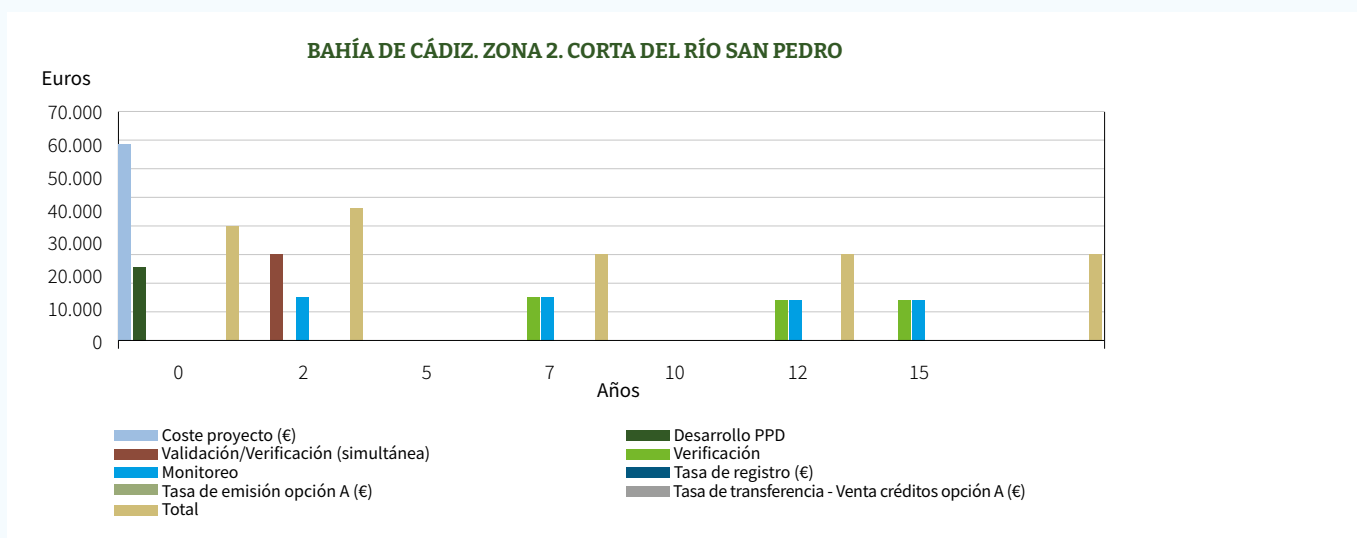
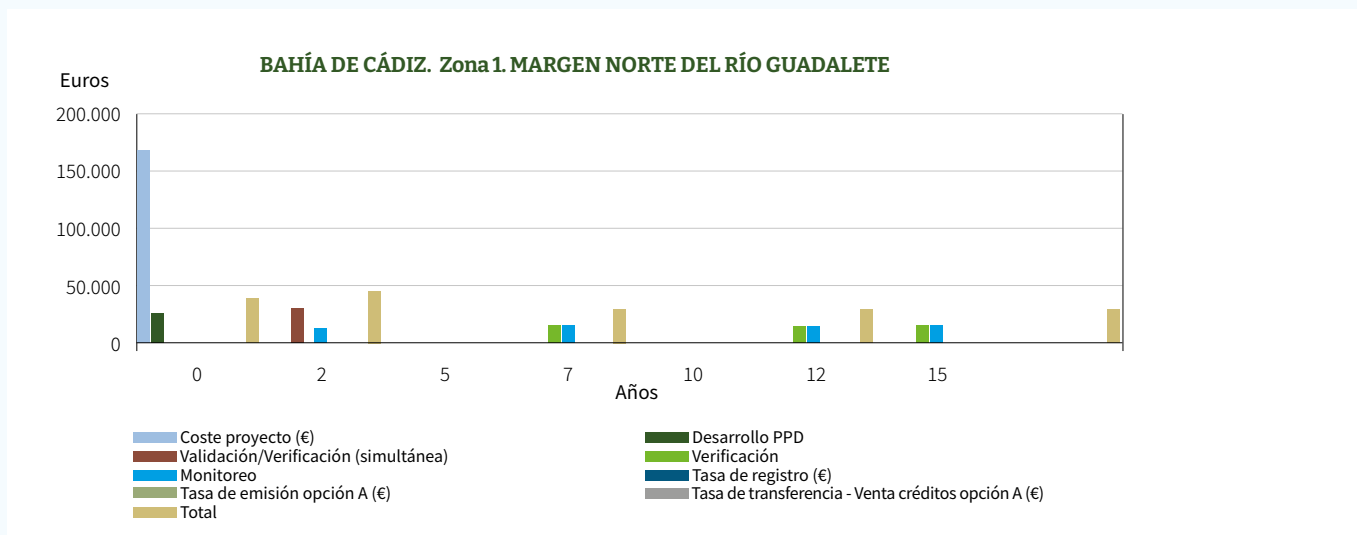
Código: M. DESCONEC. FLUJO Estrato: Superficie desconectada de flujo y desprovista de vegetación SUPERFICIE SIN VEGETACION: 0,82 ha														
Código: M. RÉGIMEN ALTERADO Estrato: Superficie con diferente grado de alteración del flujo y variable cobertura vegetal SUPERFICIE VEGETADA: 2,02 ha														
SUELO										BIOMASA		EMISIONES TOTALES C-CH ₄ -N ₂ O		
CO ₂ Flujos de CO ₂						CH ₄ Emisiones CH ₄		N ₂ O Emisiones N ₂ O		CO ₂ (vegetación herbácea) Net carbon CO ₂ change				
(tCO ₂ /ha* año)			(tCO ₂ /año)			(tCO ₂ e/ ha* año)	(tCO ₂ e/ año)	(tCO ₂ e/ ha* año)	(tCO ₂ e/ año)	(tC/ ha* año)	(tC/ año)			(tCO ₂ e/año)
0-19 años	29-49 años	> 50 años	0-19 años	29-49 años	> 50 años									
-3,82	-2,35	-2,39	-3,13	-1,93	-1,96	0,22	0,18	0,01	0,01	-0,42	-0,34	-3,37	-4,10	
-3,82	-2,35	-2,39	-7,72	-4,75	-4,83	0,22	0,44	0,01	0,02	-0,42	-0,85	-7,26	-3,59	
TOTAL: SUPERFICIE SIN VEGETACION + SUPERFICIE VEGETADA												-10,62	-7,70	

MARISMAS DEL ODIEL. Zona 3. ANTIGUAS SALINAS INDUSTRIALES
escenario del proyecto

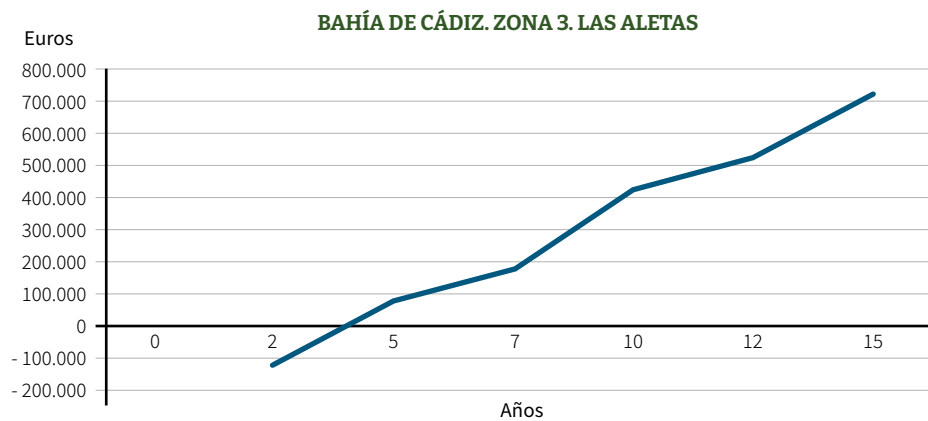
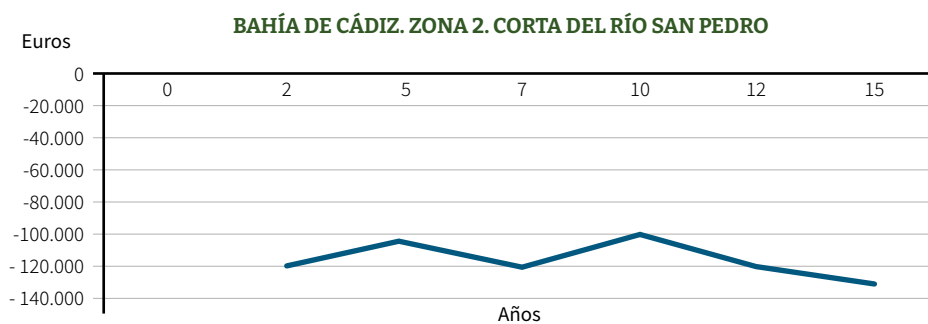
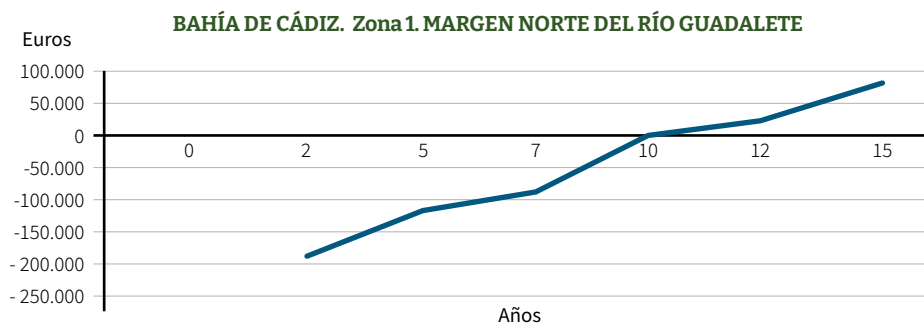
Código: M. DESCONEC. FLUJO Estrato: Superficie desconectada de flujo y desprovista de vegetación SUPERFICIE SIN VEGETACION: 9,66 ha													
Código: M. RÉGIMEN ALTERADO Estrato: Superficie con diferente grado de alteración del flujo y variable cobertura vegetal SUPERFICIE VEGETADA: 2,04 ha													
SUELO										BIOMASA		EMISIONES TOTALES C-CH ₄ -N ₂ O	
CO ₂ Flujos de CO ₂						CH ₄ Emisiones CH ₄		N ₂ O Emisiones N ₂ O		CO ₂ (vegetación herbácea) Net carbon CO ₂ change			
(tCO ₂ /ha* año)			(tCO ₂ /año)			(tCO ₂ e/ ha* año)	(tCO ₂ e/ año)	(tCO ₂ e/ ha* año)	(tCO ₂ e/ año)	(tC/ ha* año)	(tC/ año)	(tCO ₂ e/año)	(tCO ₂ e/ ha* año)
0-19 años	29-49 años	> 50 años	0-19 años	29-49 años	> 50 años								
-3,82	-2,35	-2,39	-36,90	-22,70	-23,09	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,42	-4,06	-37,32	-3,86
-3,82	-2,35	-2,39	-7,79	-4,79	-4,88	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,42	-0,86	-7,79	-3,82
TOTAL: SUPERFICIE SIN VEGETACION + SUPERFICIE VEGETADA												-45,11	-7,68

ANEJO 9. INDICADORES FINANCIEROS

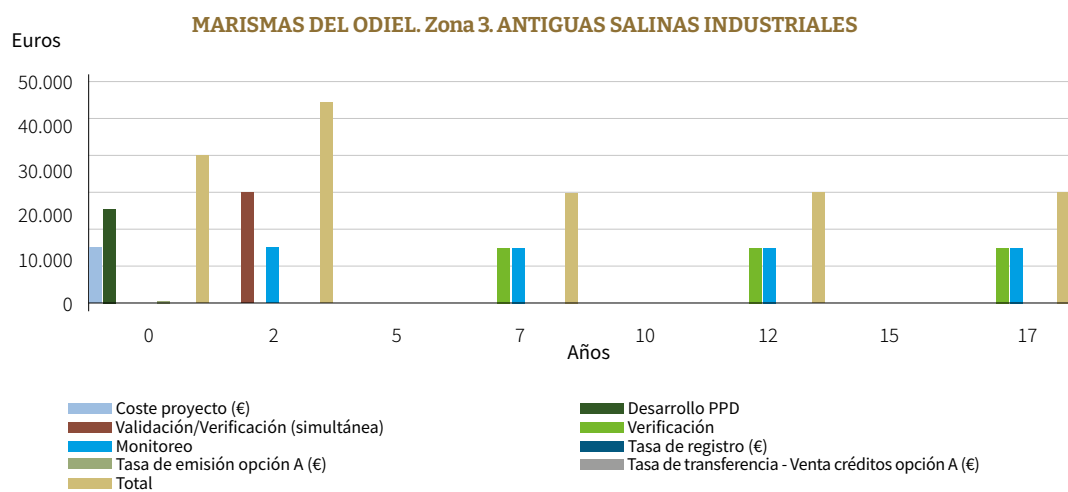
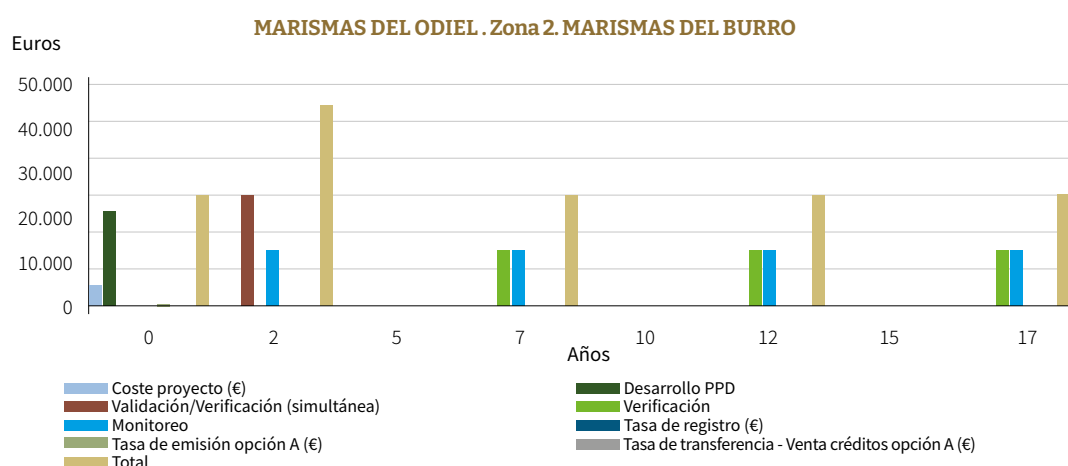
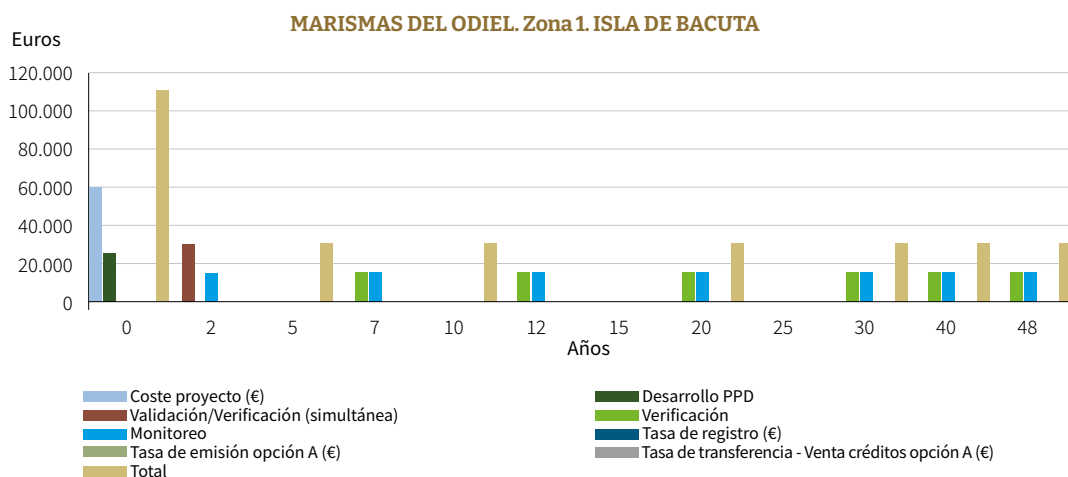
OPCIÓN A - COSTES



OPCIÓN A - VAN

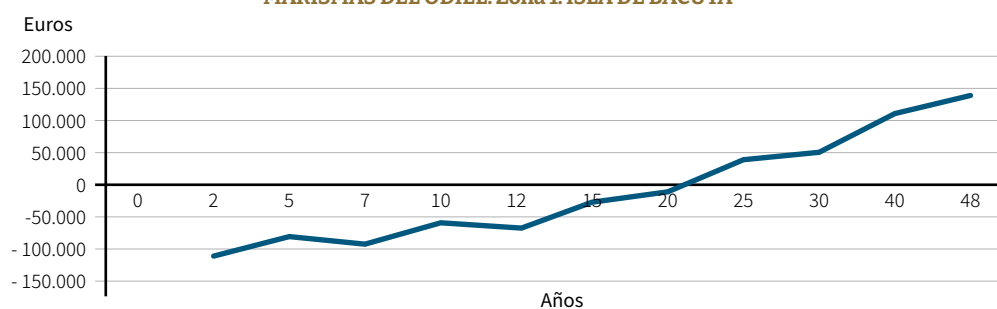


OPCIÓN A - COSTES

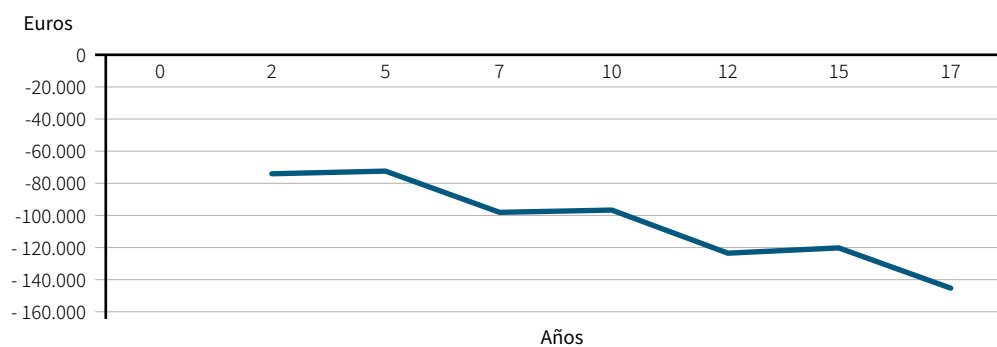


OPCIÓN A - VAN

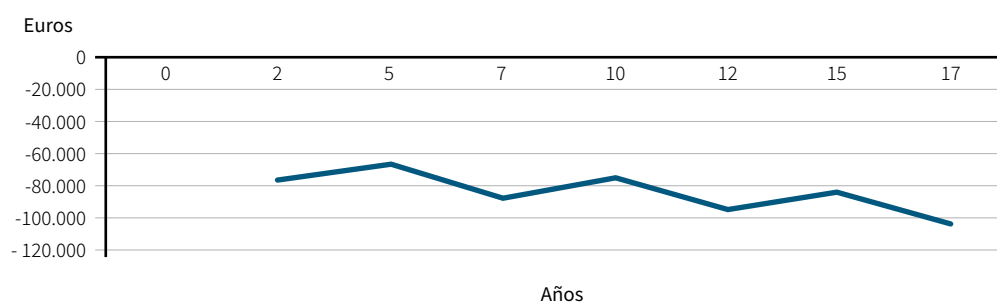
MARISMAS DEL ODIEL. Zona 1. ISLA DE BACUTA



MARISMAS DEL ODIEL. Zona 2. MARISMAS DEL BURRO

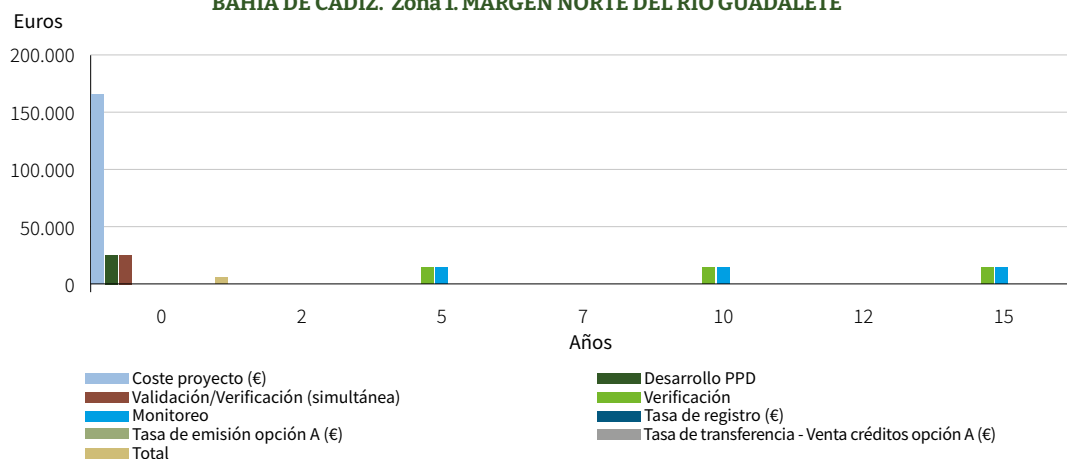


MARISMAS DEL ODIEL. Zona 3. ANTIGUAS SALINAS INDUSTRIALES

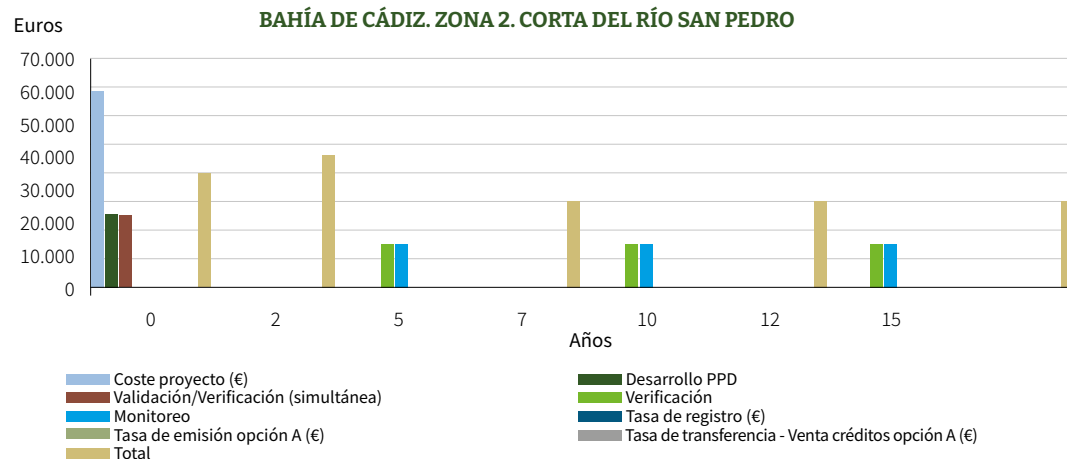


OPCIÓN B - COSTES

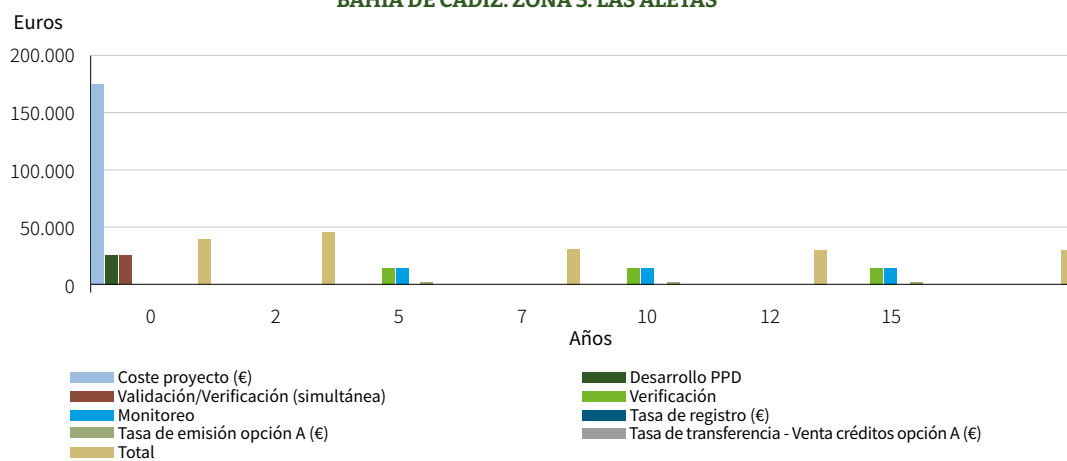
BAHÍA DE CÁDIZ. Zona 1. MARGEN NORTE DEL RÍO GUADALETE

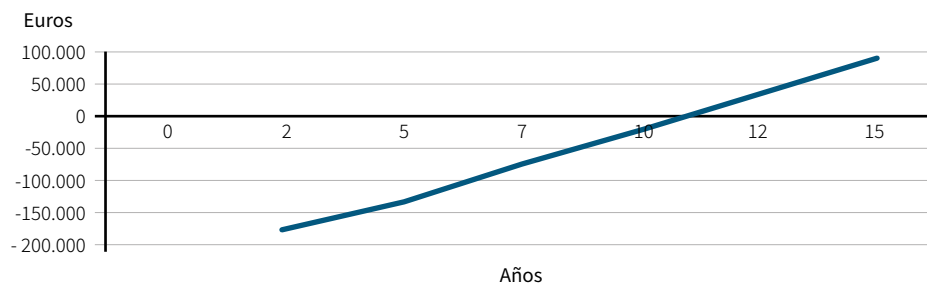
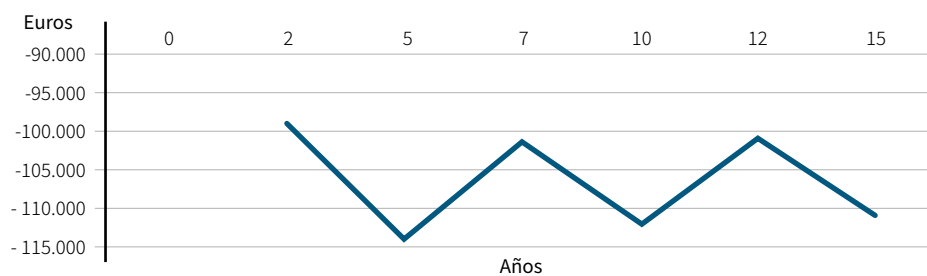
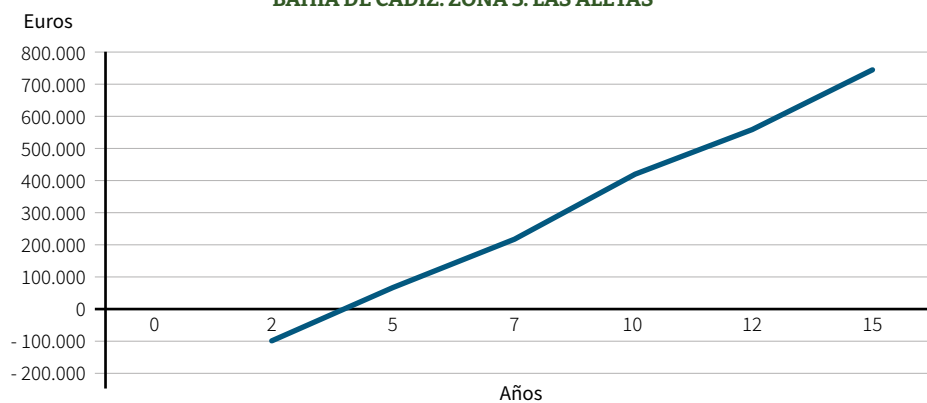


BAHÍA DE CÁDIZ. ZONA 2. CORTA DEL RÍO SAN PEDRO

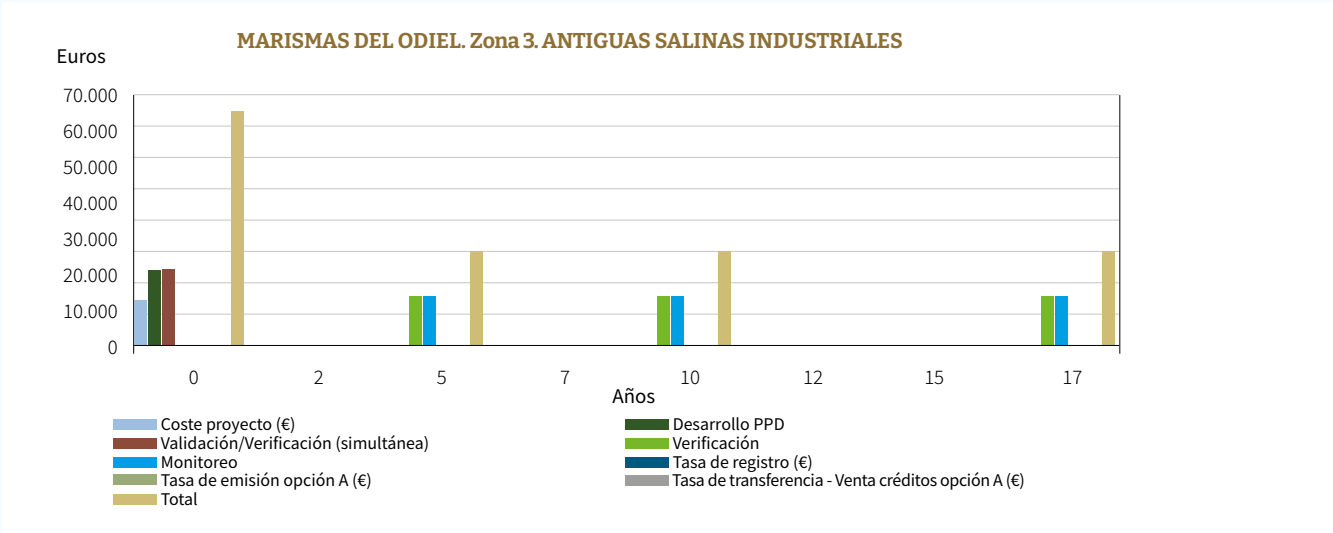
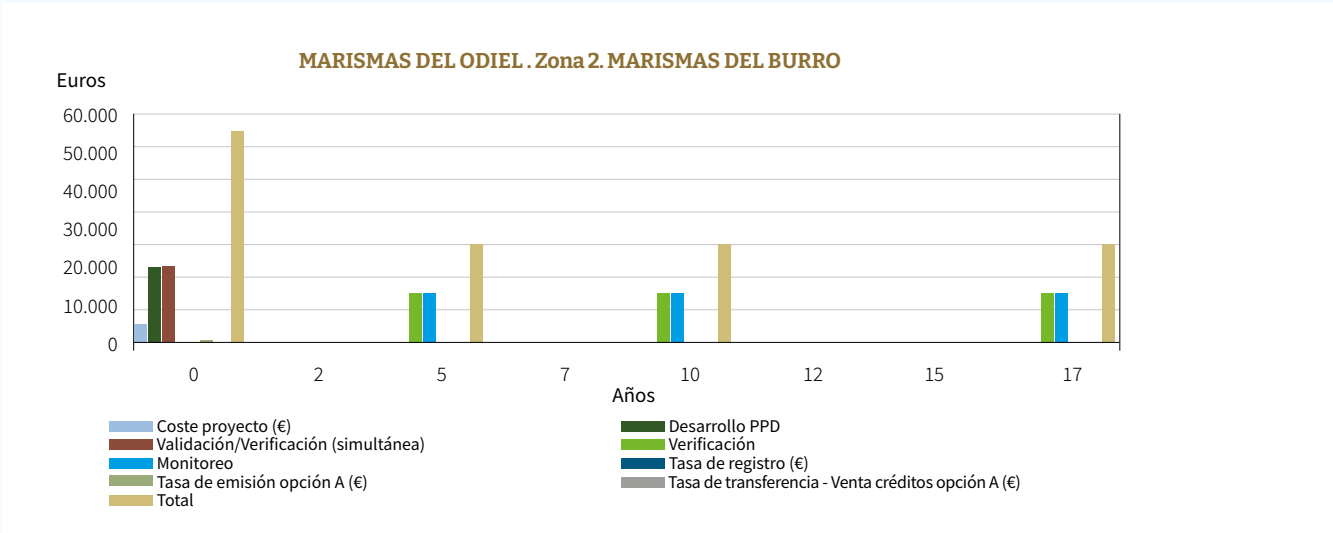
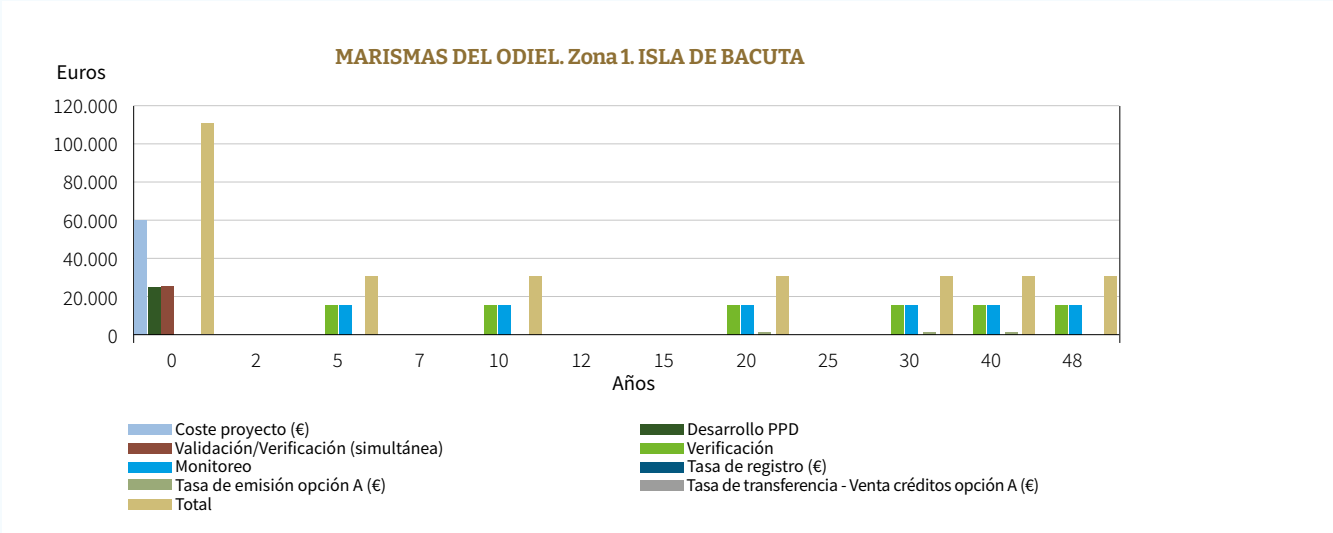


BAHÍA DE CÁDIZ. ZONA 3. LAS ALETAS

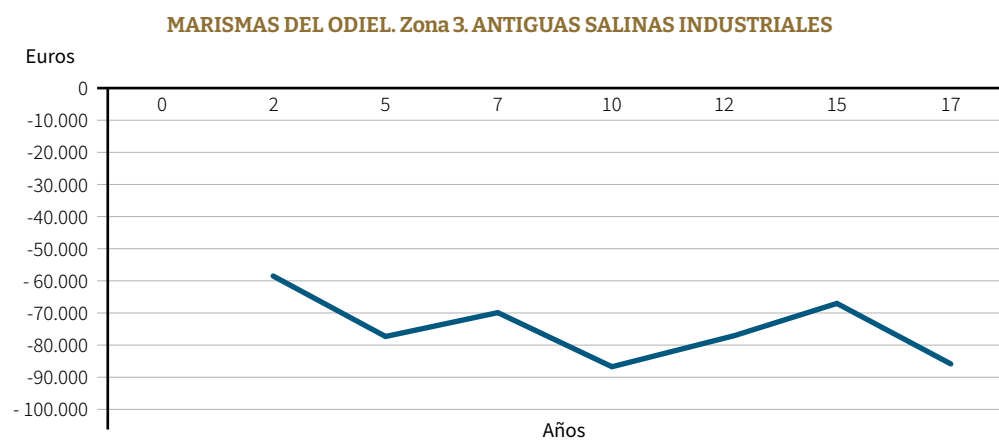
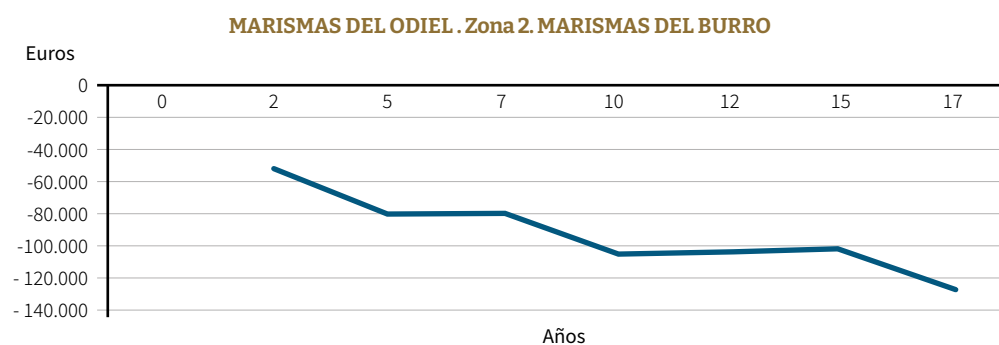
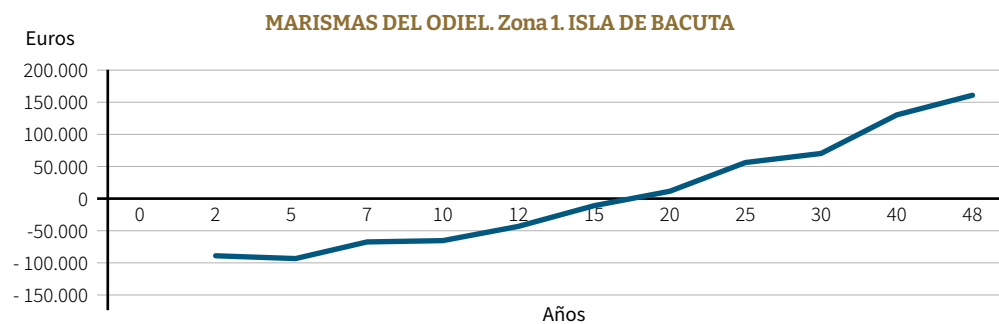


OPCIÓN B - VAN**BAHÍA DE CÁDIZ. Zona 1. MARGEN NORTE DEL RÍO GUADALETE****BAHÍA DE CÁDIZ. ZONA 2. CORTA DEL RÍO SAN PEDRO****BAHÍA DE CÁDIZ. ZONA 3. LAS ALETAS**

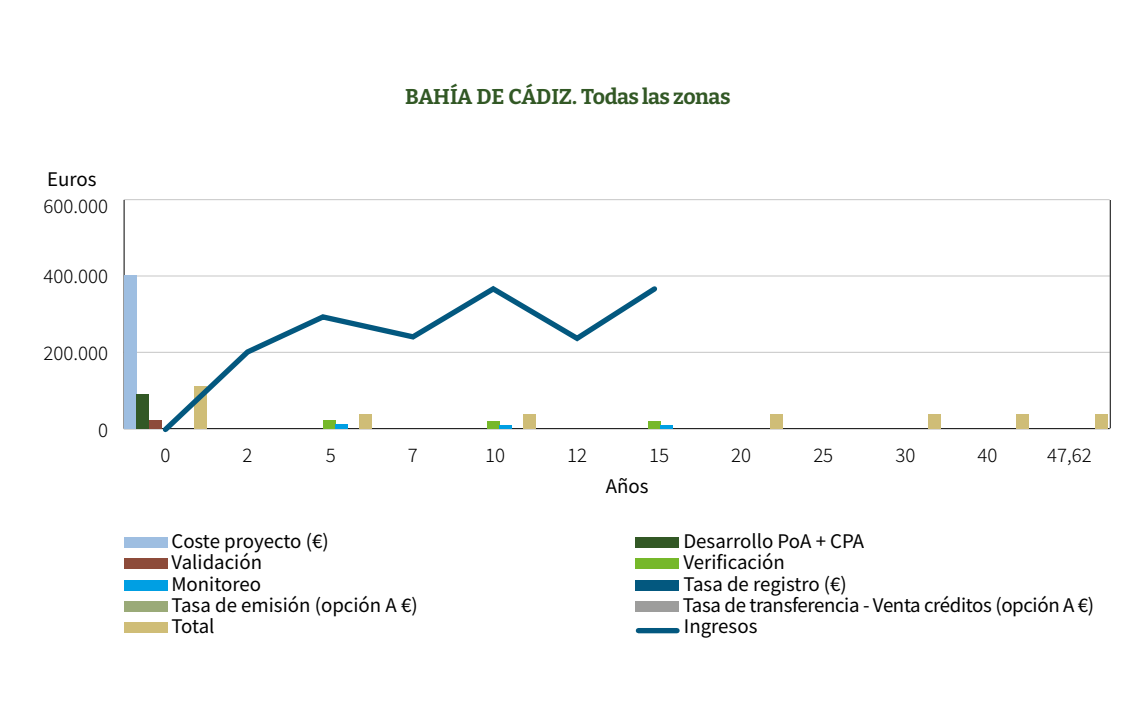
OPCIÓN B - COSTES



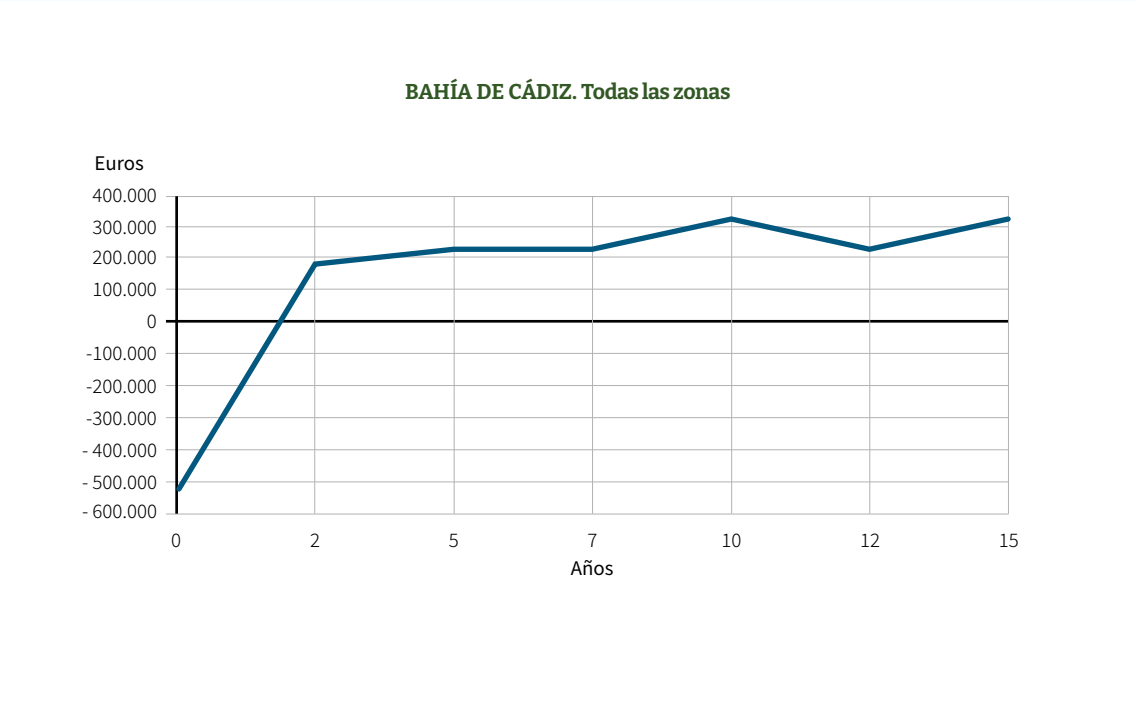
OPCIÓN B - VAN



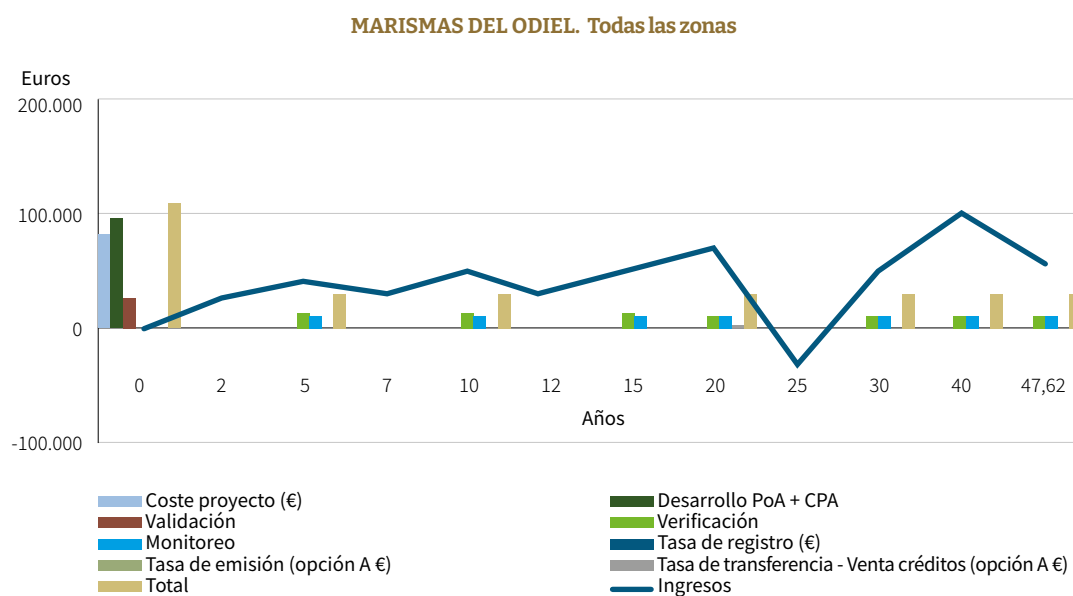
OPCIÓN C - COSTES



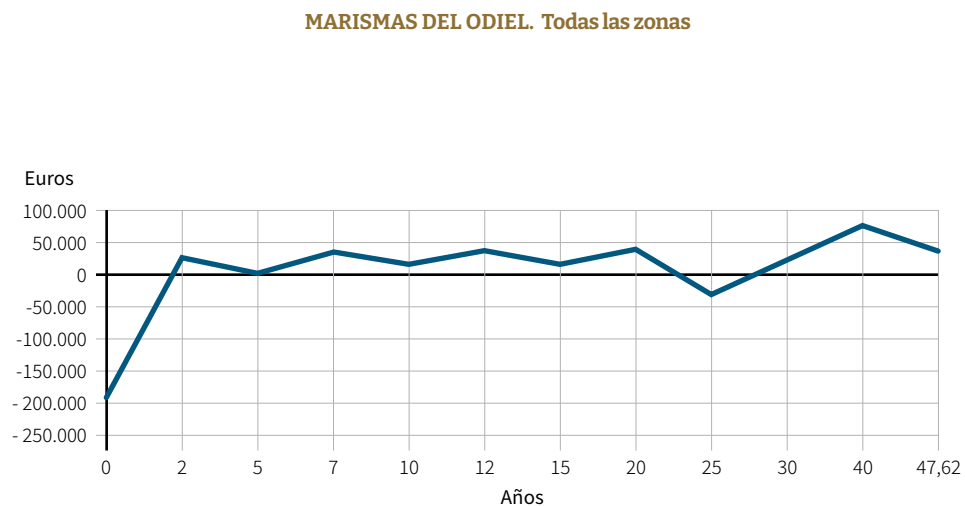
OPCIÓN C - VAN



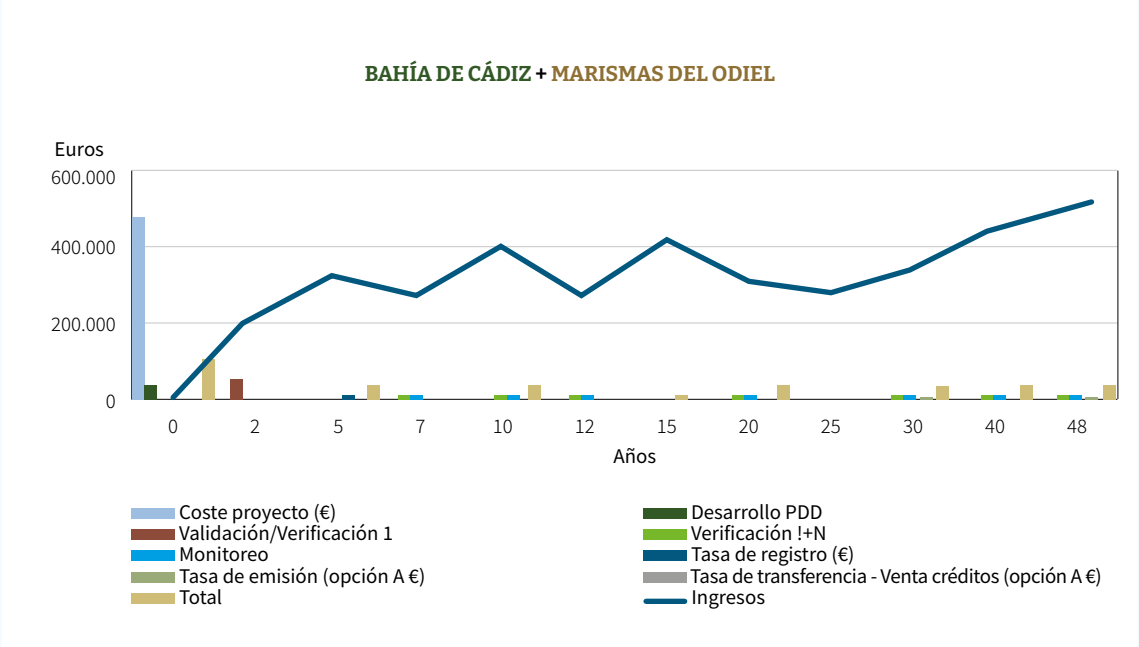
OPCIÓN C - COSTES



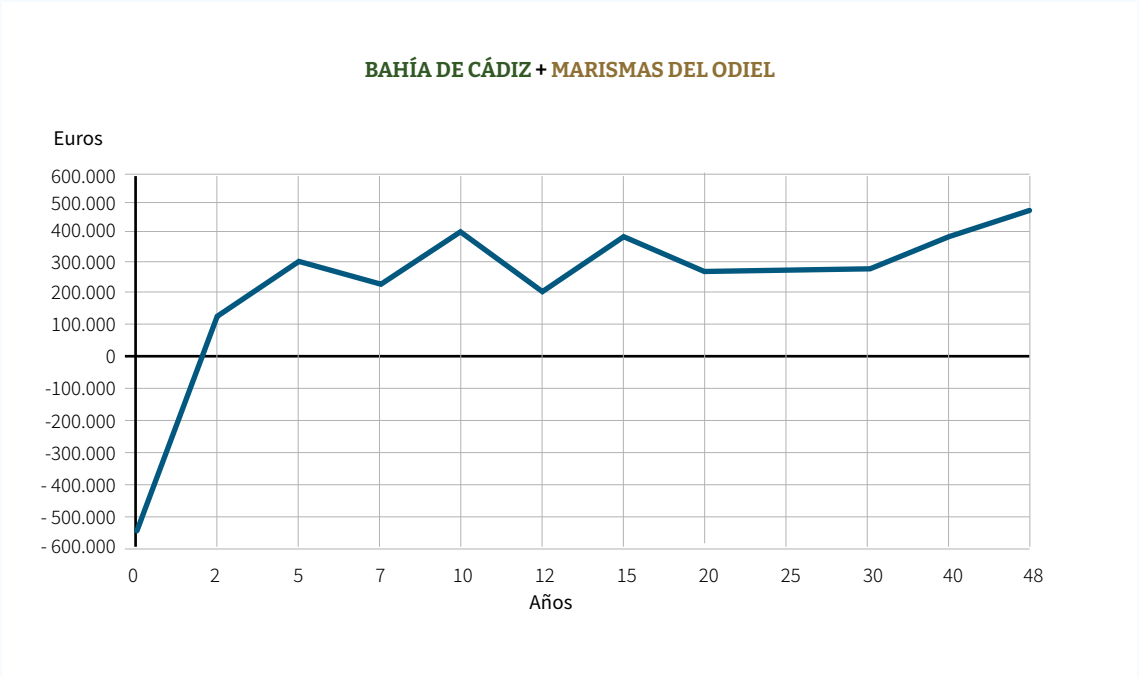
OPCIÓN C - VAN



OPCIÓN D - COSTES VS GASTOS



OPCIÓN D - VAN





**UNIÓN INTERNACIONAL PARA LA
CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA**

**UICN CENTRO DE COOPERACIÓN
DEL MEDITERRÁNEO**

Calle Marie Curie, 22
29590 Campanillas
Málaga, España
Tel.: +34 952 028430
Fax.: +34 952 028145
Email: uicnmed@iucn.org

www.iucn.org/resources/publications
www.iucn.org/mediterranean

 IUCNMed
 IUCN_Med

