



Informe de viabilidad técnico-económica de la solución planteada en el proyecto

Fecha: Enero 2022

Contenido

1. Introducción	3
1.1. Evolución del sector pesquero en Galicia	3
1.2. Entes objeto de estudio en la Comunidad Autónoma de Galicia	4
2. Objetivo	11
3. Generación de residuos y consumo eléctrico de los entes estudiados	11
3.1. Residuos generados en los entes objeto de estudio.....	12
3.2. Consumo eléctrico.....	13
4. Energía renovable obtenida a partir de los biocombustibles de partida.....	16
4.1. Energía renovable obtenida mediante biogás.....	16
4.2. Energía renovable obtenida mediante combustión	17
4.3. Comparativa entre los sistemas de valorización analizados	18
4.4. Porcentaje de la demanda eléctrica de los entes estudiados con la energía renovable generada	18
5. Indicadores económicos y parámetros de viabilidad.....	20
5.1. Valorización mediante digestión anaerobia (biogás).....	20
5.2. Valorización mediante combustión (pellets).....	24
5.3. Empresas prestadoras de servicios medioambientales	25
6. Conclusiones	26
7. Bibliografía.....	28

1. Introducción

El objetivo principal del proyecto VALORALGAE es promover la sostenibilidad del sector acuícola marítimo, a través de la implantación de un proceso innovador de valorización de algas de arribazón, mediante su transformación en biocombustibles que permitan la obtención de energía renovable. Las opciones de valorización seleccionadas son: transformación en un combustible renovable gaseoso (biogás) a través de la digestión anaerobia y el aprovechamiento de las algas como combustible sólido (pellets). Ambos combustibles sirven para generar energía renovable de emisiones neutras. Adicionalmente se estudia la **viabilidad técnico económica de aprovechar ese gas renovable y/o pellets** como fuente de energía para lonjas, puertos o cofradías, cumpliendo así con la filosofía de economía circular en el sector acuícola marino.

El estudio de la viabilidad de este proyecto se centra en la Comunidad Autónoma de Galicia. La industria pesquera supone para Galicia mucho más que un negocio, ya que desde siempre ha sido un estilo de vida, una tradición, repercutiendo en la cultura local y en la economía de esta comunidad. En todas las localidades pesqueras se encuentra una mezcla de las instalaciones navales, como puertos, muelles para contenedores, cofradías, empresas frigoríficas y lonjas con las asociaciones de mareantes, como son Aduanas, la Guardia Civil, la Policía Portuaria, Salvamento Marítimo y la propia Autoridad Portuaria.

1.1. Evolución del sector pesquero en Galicia

El sector pesquero ha tenido y tiene un peso muy importante en Galicia, sobre todo teniendo en cuenta factores socioeconómicos como el empleo y el desarrollo económico en entornos rurales y litorales, lo cuales se encuentran alejados de las grandes ciudades. Debido a su localización, cuentan con peores condiciones de atracción de inversiones empresariales¹.

El sector pesquero, como bien se menciona anteriormente, constituye un importante pilar de la economía gallega, destacando tanto la pesca industrial, de altura y de gran altura, como la pesca de carácter artesanal, entre la que se encuentra el **marisqueo** y la **acuicultura**². Dicho sector se ha visto afectado por numerosos **cambios** a nivel estructural en los últimos 25 años.

1.1.1. Importantes incorporaciones tecnológicas y transformaciones técnicas

Las flotas han aumentado en número y los buques que la conforman han incrementado su tamaño y su potencia motora. Este cambio supone una mayor autonomía y una mayor radio de acción, que a su vez implica una mayor capacidad en actividad pesquera con una mejora implícita de los niveles de seguridad a bordo.

1.1.2. Cambios normativos y sistemas de regulación

Esta serie de cambios se centran en la búsqueda de un mejor ajuste entre las capacidades de pesca y las posibilidades de captura.

1.1.3. Procesos de transformación y de valorización de productos pesqueros

El conjunto del sector pesquero gallego ha desarrollado una fuerte expansión interna, reforzando los vínculos ya existentes entre proveedores y demandantes de bienes y servicios. Este refuerzo llega hasta tal punto que constituye un fuerte complejo mar-industrial que se extiende hacia las industrias relacionadas con la distribución y logística.

1.1.4. Afianzamiento de grupos empresariales integrados

Se observa un severo cambio desde la producción de corte familiar y local, que se asentaban a lo largo de todo el perímetro costero, a la actual consolidación de empresas competitivas y con la vista puesta en los mercados internacionales.

Dentro de los entes existentes en el sector pesquero, el presente proyecto se centra en el sector acuícola y su entorno: cofradías, lonjas y puertos.

1.2. Entes objeto de estudio en la Comunidad Autónoma de Galicia

1.2.1. Cofradías

Las **cofradías** son corporaciones de derecho público, sin ánimo de lucro, dotadas con personalidad jurídica y capacidad de obrar para el cumplimiento de sus fines, que actúa como **órgano de consulta y colaboración** de la Administración de la Comunidad Autónoma de Galicia en materias relativas a la **actividad extractiva y ordenación del sector pesquero**. Tienen como labores fundamentales la representación de interés económico y corporativo de los profesionales del sector y la organización y comercialización de la producción en el sector pesquero. Gozan de personalidad jurídica plena y capacidad de obrar para el cumplimiento de sus fines³.

La federación gallega de cofradías de pescadores surge desde las 3 federaciones provinciales (Lugo, Coruña y Pontevedra) como una necesidad de representación única y de coordinación del sector englobado en las 63 cofradías de pescadores que agrupan a casi trece mil miembros. Dicha federación está basada en los principios de independencia y autogobierno, siempre con la obligación de la representación paritaria entre la parte económica (empresarios) y social (trabajadores) y sujetas a la tutela de la Administración Pública Gallega.

A continuación, se presenta la distribución por provincias de las cofradías presentes en Galicia:



Figura 1. Cofradías en zona norte Galicia.

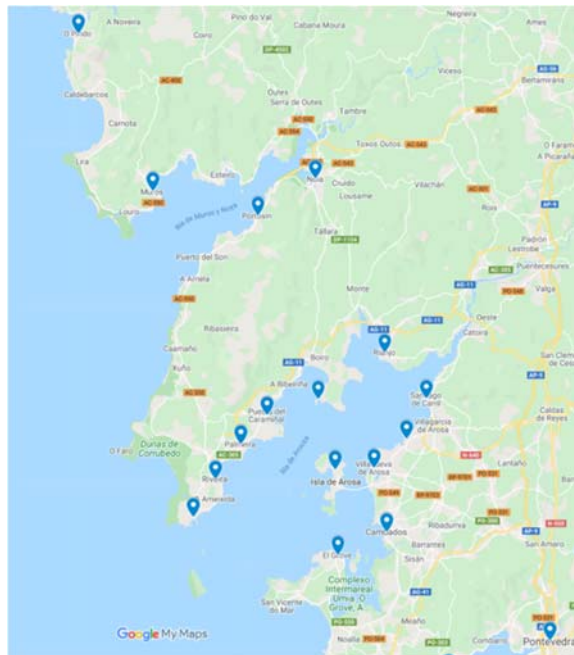


Figura 2. Cofradías en zona centro.

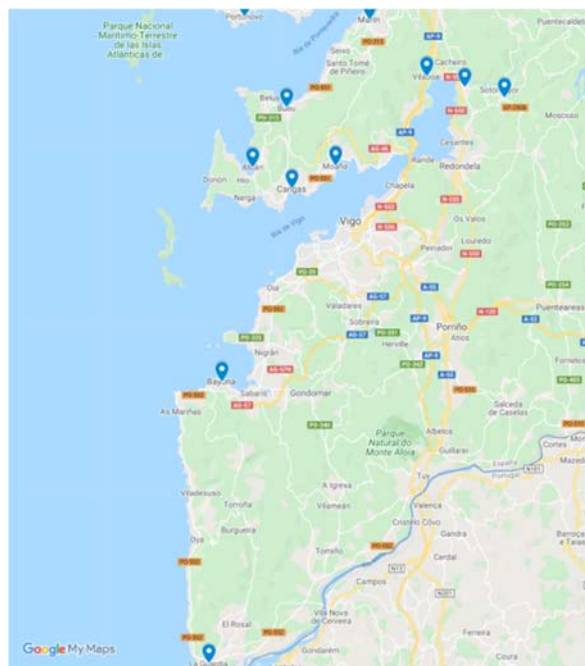


Figura 3. Cofradías en zona sur

Tal y como se observa en las imágenes, en la provincia de A Coruña se encuentran un total de 35 cofradías, siendo la provincia con mayor número de ellas. Pontevedra cuenta con 22, siendo Lugo la provincia con un menor número de estos entes (6), dada su menor dimensión de costa.

1.2.2. Lonjas

Una lonja es el lugar donde se realiza la **primera venta** de los productos de la pesca extractiva, actuando como establecimiento autorizado como primer expedidor. Las lonjas más pequeñas no realizan el proceso de subasta, sólo realizan el pesaje y control del producto (acción obligatoria en todas las lonjas de la Comunidad Autónoma)⁴. Galicia tiene operativas 33 lonjas de pescado a lo largo de todo su litoral⁵.

Cuando los buques llegan a puerto se realiza la descarga para su posterior traslado a lonja. Es importante que esta operación inicial se realice lo más rápidamente posible, indistintamente de si el producto es recepcionado en estado fresco o congelado, para evitar el aumento de temperatura de los productos pesqueros. A continuación, se clasifica en cajas por especie y tamaño preparándolo para el transporte a la lonja. Una vez en lonja el género es pesado y etiquetado para su posterior puesta en venta. En el caso del marisqueo el traslado a lonja se produce una vez los/las mariscadores/ras han recogido el producto.

En su mayoría todas las lonjas tienen el mismo funcionamiento, una vez se ha producido la descarga de la pesca realizada.

Cabe destacar que las subastas en lonja han sufrido cambios a lo largo de los años, si antes era normal realizar la subasta a viva voz, es un método que ha quedado prácticamente obsoleto. Actualmente los procesos de subasta están totalmente informatizados. Aunque en la actualidad no es obligatoria la subasta del pescado y marisco en lonja (Art.4.1 de Real Decreto 418/2015) si debe pasarse obligatoriamente por la misma para realizar el pesaje y control de los lotes.

A continuación se presenta la distribución por provincias de las lonjas presentes en Galicia.

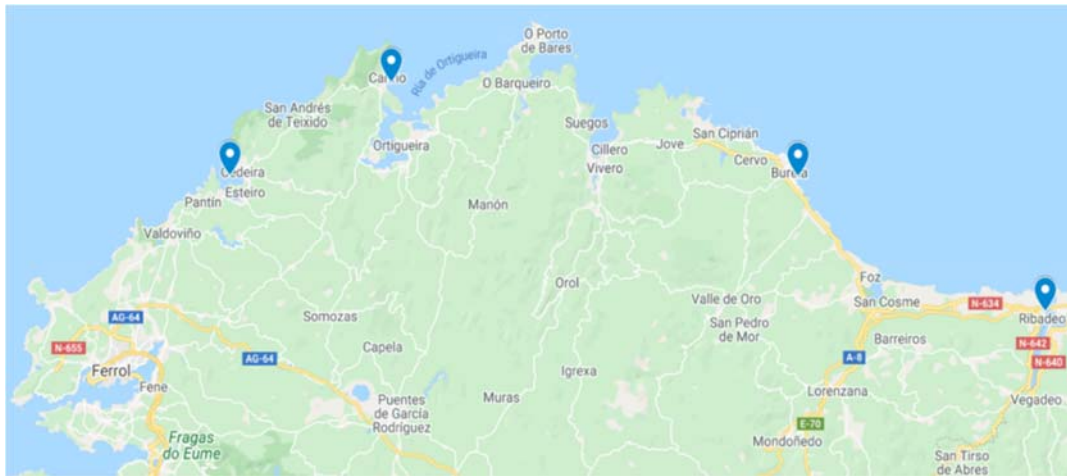


Figura 4. Lonjas en la zona norte de Galicia.

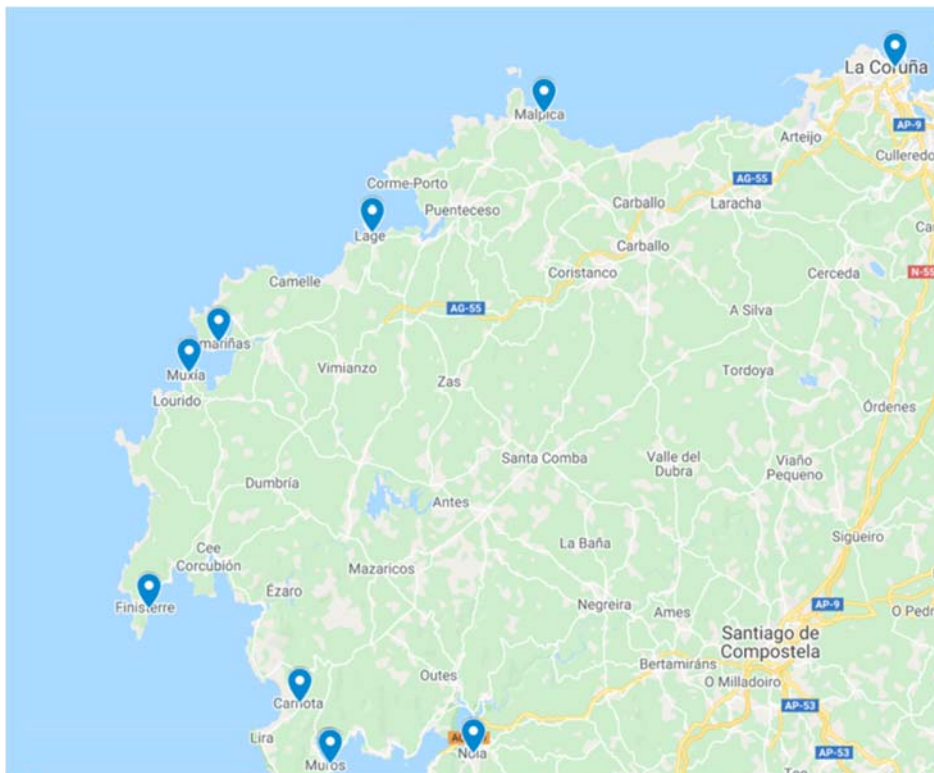


Figura 5. Lonjas en la zona norte de Galicia.

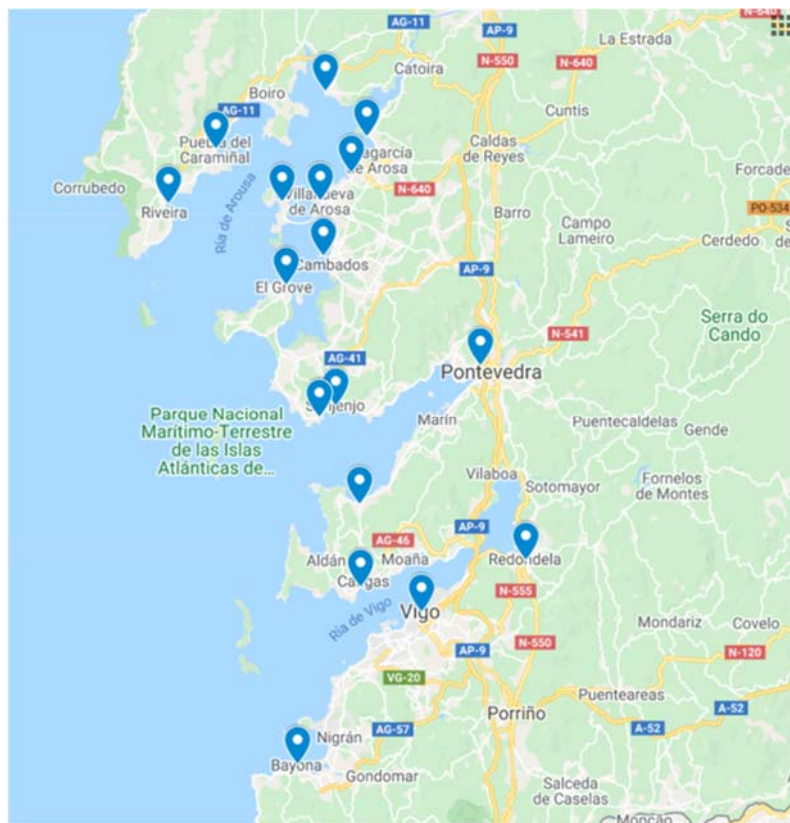


Figura 6. Lonjas en la zona norte de Galicia.

Tal y como se observa, las lonjas están concentradas en las Rías Baixas debido a que es una zona de abundante marisqueo.

1.2.3. Puertos

Los puertos son lugares situados en una orilla o en la costa, que permiten que las **embarcaciones** desarrollen **operaciones de carga y descarga** o de desembarco y embarque. Fundamentalmente se distinguen dos tipos de puertos, estatal y regional. Los puertos estatales son organismos públicos con autonomía de gestión que tienen una actividad comercial alta aparte de una gran extensión. Por otro lado, los puertos regionales son, como bien indica su nombre, organismos públicos regionales, que tienen una menor actividad comercial y que engloban fundamentalmente los puertos regionales y los de refugio.

En el caso particular de Galicia, a lo largo de los 1.720 km de costa, el total de puertos asciende a un total de 128. De esta cantidad, 122 son gestionados directamente por la Xunta de Galicia a través del ente público Portos de Galicia. Los 6 puertos restantes (Vigo, Marín, Villagarcía, A Coruña y Ferrol-San Cibrao) tienen una mayor dimensión y son de interés general para el estado ya que dependen directamente del Ministerio de Fomento y son gestionados directamente por sus Autoridades Portuarias.

Portos de Galicia es una entidad que está muy presente en la gestión del sector pesquero en Galicia. Se trata de un ente público dotado de personalidad jurídica y patrimonio propio, el cual tiene encomendadas las competencias de planificación,

construcción, explotación, conservación y mejora de los 122 puertos dependientes de la Xunta de Galicia.

A continuación se presenta la distribución por provincias de los puertos presentes en Galicia.

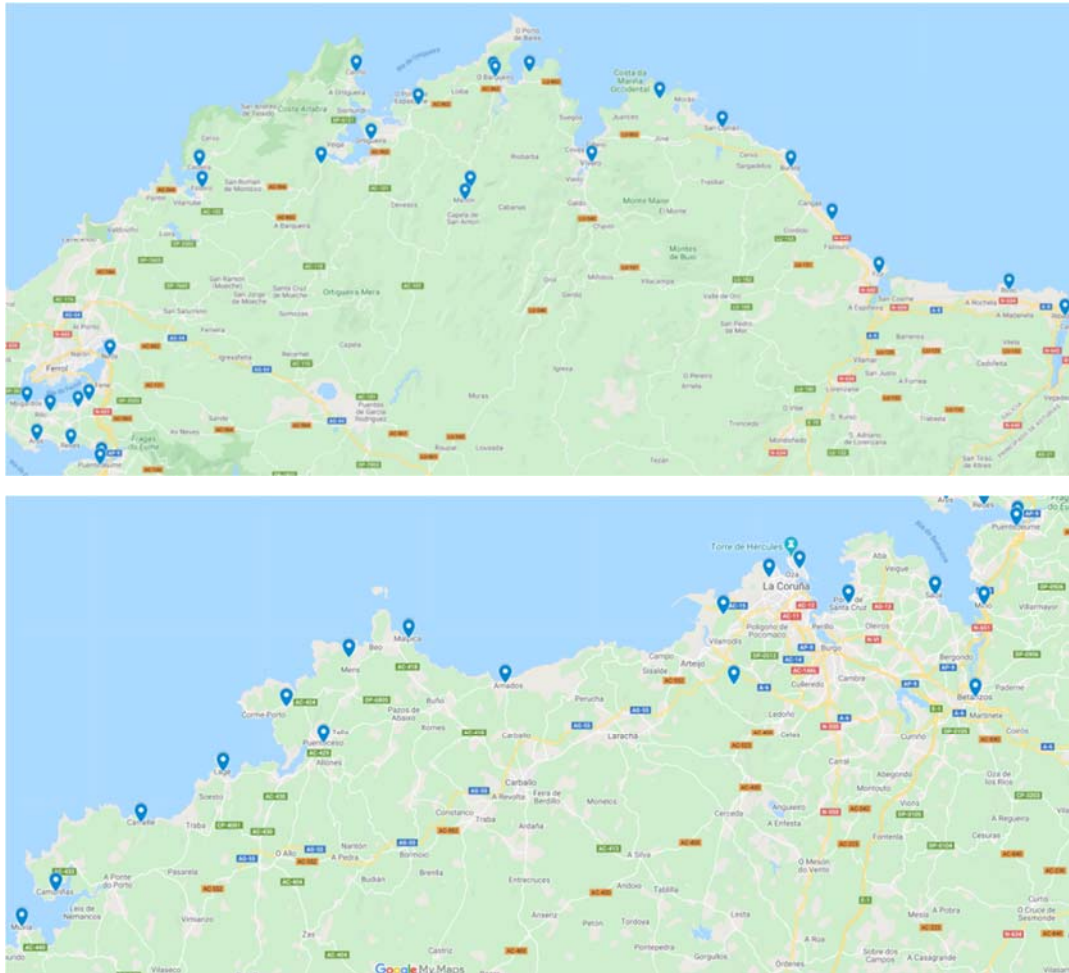


Figura 7. Puertos en la zona norte de Galicia.

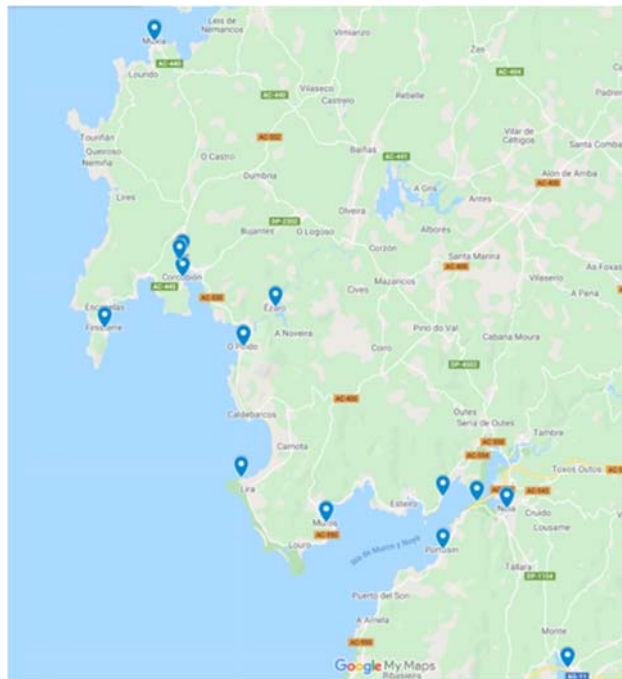


Figura 8. Puertos en la zona centro de Galicia.

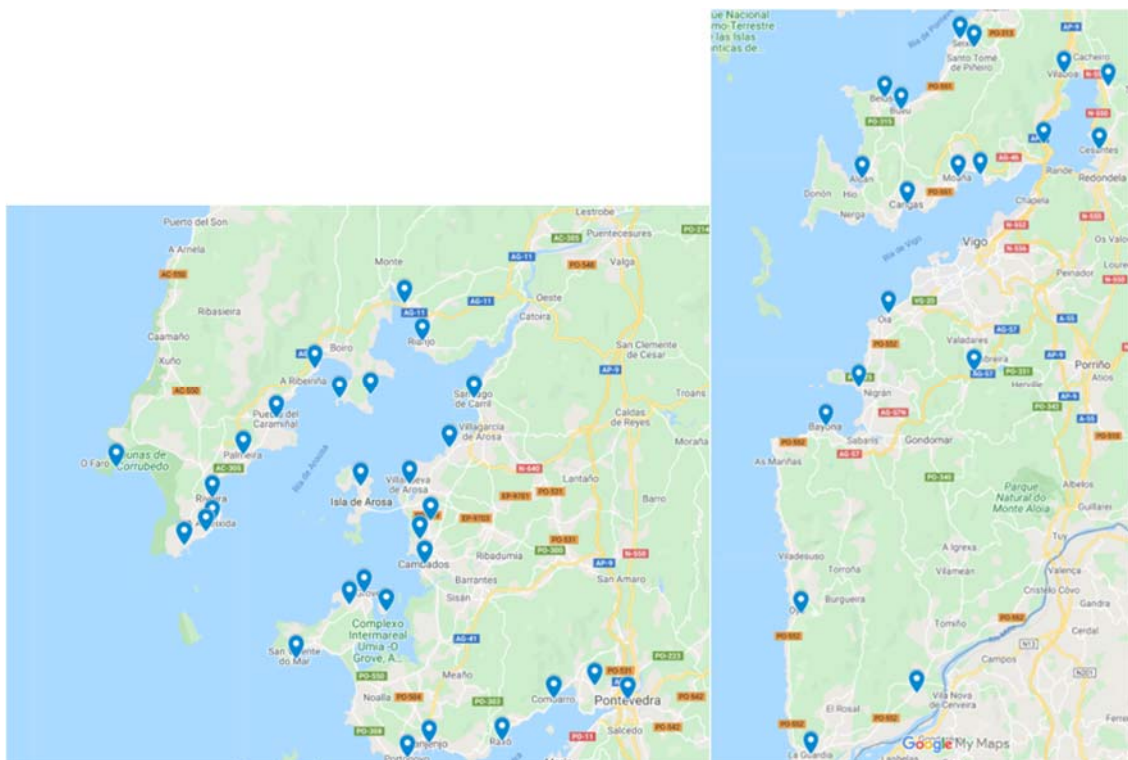


Figura 9. Puertos en la zona sur de Galicia.

En las **instalaciones portuarias** de Galicia, se llevan a cabo **tres tipos de actividades**:

Las relacionadas con la pesca y el marisqueo

Estos atañen a las zonas donde predominan las artes de pesca más habituales, sobre todo el en sur de Galicia, lugar donde es muy predominante el marisqueo.

Las comerciales con carga y descarga de mercancías

Engloban diversas mercancías (pasta de papel, acero, tónidos congelados...) a través de ocho puertos: Ribadeo, Burela, Celeiro, Cariño, Sada, Cee, Ribeira y A Pobra.

Las náutico-deportivas

Éstas, en creciente demanda, suponen en la actualidad un catalizador para el sector turístico en Galicia y, por consiguiente, un importante dinamizador económico.

Las de pasaje

Focalizado en gran medida en la provincia de Pontevedra, donde se localizan las únicas líneas regulares de tráfico de pasajeros, además de las recreativas de mayor afluencia de usuarios. También se registra de manera puntual en algunos puertos de la costa de Coruña y Lugo.

2. Objetivo

El objetivo del presente informe es **evaluar la viabilidad técnico-económica** de la **implantación** de los nuevos **biocombustibles** obtenidos a partir de algas de arribazón (biogás, pellets) estudiados dentro del proyecto en **entes relacionados con el sector acuícola** (lonjas, puertos y cofradías). Para ello los principales puntos a tratar serán:

- La energía renovable obtenida y previsión del potencial de generación por parte de los entes objeto de estudio.
- El número de explotaciones beneficiarias vinculadas a la ejecución del proyecto y explotaciones potencialmente beneficiarias.
- El beneficio neto de esta actividad.

3. Generación de residuos y consumo eléctrico de los entes estudiados

Durante el transcurso del proyecto VALORALGAE se han llevado a cabo una serie de encuestas y visitas a los entes objeto de estudio (cofradías, lonjas y puertos) para de este modo conocer fundamentalmente 1) las toneladas de residuos generados y 2) el consumo de energía eléctrica al año.

Con el punto 1 podría determinarse el potencial de residuos presentes para su uso como cosustratos en procesos de digestión anaerobia y combustión. Con la información del punto 2 de la encuesta será posible determinar el porcentaje de consumo que podría cubrirse con la generación de energía renovable a partir del biogás y pellets creados dentro del proyecto. Durante el transcurso de las entrevistas se ha obtenido asimismo información sobre el tipo de residuos generados y el tipo de operaciones donde se produce mayoritariamente el consumo eléctrico.

Aunque no todos los entes han podido proporcionar información sobre la cantidad de residuos generados o el consumo de energía, se ha trabajado con datos proporcionados por el **Puerto de Vigo**, situado en Vigo; por la **cofradía de pescadores de San Juan** situada en Redondela y, por último, por la **Lonja de Campelo**, situada en Poio. Todas estas instalaciones pertenecen a la provincia de Pontevedra.

3.1. Residuos generados en los entes objeto de estudio

La **generación de residuos** varía en función del ente estudiado ya que no todos generan los mismos desperdicios, y, además, entre ellos existe una notable diferencia entre cantidades.

Desde la cofradía y lonjas contactadas se ha trasladado la información de que en **cofradías y lonjas la generación de residuos es mínima**. Las cofradías son oficinas donde se realiza la gestión y administración de las lonjas y puertos a su cargo, por lo que solo **producen residuos de papel, cartón y tóner**, entre otros. En el caso de las lonjas ocurre lo mismo, solo hay residuos propios de la oficina que tienen. Esto se debe a que en ninguna lonja se realiza el procesado de pescado o de marisco por lo que no hay producción de residuo orgánico. En cambio, sí pueden aparecer desechos de materiales como poliespán en caso de que se rompa alguno de los recipientes donde se transporta el producto, siendo una cantidad insignificante, ya que el comprador normalmente se lleva la caja consigo. En ambos establecimientos no hay separación de residuos, solamente se separa el vidrio para su posterior reciclaje.

De los tres entes estudiados, el puerto es aquel que tiene una generación de residuos con una mayor variedad. Tomando como referencia el puerto de Vigo se obtiene una larga lista de residuos y subproductos, ciertos residuos no peligrosos y residuos peligrosos. Entre los residuos y subproductos aparecen poliespán, madera, envases y plásticos entre otros. Los residuos no peligrosos incluyen lodos de la red de saneamiento, lodos de depuradora y RAEEs (residuos de aparatos eléctricos y electrónicos) no peligrosos. Los residuos peligrosos proceden de actividades en talleres de conservación y señales marítimas.

Según la Declaración Ambiental del año 2020 realizada por el puerto de Vigo⁶ se generaron los siguientes residuos en las cantidades que se muestran en las tablas a continuación.

Tabla 1. Residuos y subproductos generados en el Puerto de Vigo.

Residuos y subproductos	Año 2018	Año 2019	Año 2020
Poliespán (t)	28,86	31,28	32,24
Papel y cartón (t)	62,36	38,65	49,37
Madera (t)	167,77	134,26	164,53
Plástico (t)	244,5	256,96	228,46
Envases (t)	75,85	56,44	63,33
Redes (t)	60,5	71,34	18,84
Chatarra (t)	6,78	5,32	4,56
Vidrio (t)	7,66	4,86	1
Neumáticos (t)	0	6,62	0
Residuos orgánicos segregados (t)	1.061,72	454,16	430,76

Total de residuos y subproductos valorizados (t)	1.716,00	1.055,68	993,06
Total de residuos no valorizados (t)	970,99	915,18	865,56
Residuos y subproductos valorizados (%)	63	53,5	53

Tal y como se observa en la Tabla 1 el 53 % de los residuos generados en el Puerto de Vigo en el año 2020 han sido valorizados. Se nos informa de que aquellos que se valorizan, lo hacen directamente en la empresa de gestión. Los residuos van agrupados por categorías a aquellas empresas que les den un segundo uso.

En la **Tabla 2** se presentan los valores de generación de otros residuos no peligrosos.

Tabla 2. Otros residuos no peligrosos generados en el Puerto de Vigo.

Otros residuos no peligrosos	Año 2018	Año 2019	Año 2020
Lodos de la red de saneamiento (m³)	8,90	10,48	7,92
Lodos de depuradora (m³)	2,20	2,50	0,00
Cartuchos tonner (t)	0,00	0,01	0,00
RAEES no peligrosos (t)	8,10	1,84	0,30
Otros no peligrosos (t)	0,13	0,03	0,28

Cabe destacar, que el gestor autorizado para la recogida y gestión de los residuos generados en las tres instalaciones es Portos de Galicia. Este es propietario de los contenedores y papeleras en la zona portuaria, además de contenedores de aceite y de redes. Están a disposición de la gente ajena al puerto y la de los pescadores y mariscadores. Añadir que no tienen coste adicional, ya que está incluido en lo que se paga anualmente de concesión (un % de las ventas) a dicho ente. Los residuos que se generan en la lonja, o en la zona de oficina o del patio de subastas, van a esos contenedores, así como los residuos generados en las cofradías.

Desde la cofradía de Redondela y la lonja de Campelo se nos informa de que no es posible darnos cantidades de residuos generados en sus instalaciones, ya que estos son recogidos a través de Portos de Galicia. Se ha contactado con dicho ente para conocer las cantidades generadas y se nos ha indicado que existen diferentes gestores, y cada uno se lleva los residuos para los que está autorizado, pero no pueden proporcionar esos datos. El hecho de conocer la cantidad de residuos generados permitiría conocer el potencial de cosustratos disponibles para los procesos de obtención de biogás (residuos orgánicos y lodos por ejemplo) y de combustión (madera por ejemplo). Cada uno de ellos, combinado con las algas recogidas permitiría incrementar la eficiencia de los recursos subsanando la estacionalidad de las algas y aumentar el potencial energético de los biocombustibles obtenidos. No obstante sería siempre fundamental una caracterización fisicoquímica previa de los cosustratos empleados.

3.2. Consumo eléctrico

3.2.1. Consumo eléctrico en cofradías, puertos y lonjas

Las **cofradías** son oficinas donde se lleva a cabo la gestión y organización de las actividades pesqueras de la zona, por lo que el **consumo eléctrico** está marcada por

el **alumbrado**, los **dispositivos electrónicos** como ordenadores, impresoras y pantallas entre otros. También está incluido en el consumo la **climatización** del local, que puede incluir calefacción, aire acondicionado o ambas dependiendo de lo que se requiera según la zona en la que se encuentre.

El consumo eléctrico en las lonjas varía en función de las actividades que realice. Si solo se realiza en proceso de pesaje del género el consumo va a ser menor que una lonja que realice tanto pesaje como proceso de subasta. Para mayor claridad, los consumos potenciales en lonja son:

Ordenador central, cinta transportadora del producto y pantallas: estos aparatos son plenamente necesarios y están encendidos durante todo el proceso de subasta, ya que la cinta va mostrando el género, mientras que en las pantallas aparece la información del producto que se visualiza.

Congeladores y neveras: toda lonja debe tener operativa al menos una nevera y un congelador para poder mantener a la temperatura adecuada las capturas de ese día y evitar así que se estropee. Cuando se muestra el pescado o el marisco a los posibles compradores deben mantenerse siempre en bandejas con hielo. Si no están todavía en el proceso de subasta permanecen en las neveras.

Sistemas de refrigeración: las lonjas no tienen permitido estar a una temperatura superior de 12 °C por lo que es necesaria la instalación de un sistema de refrigeración que la mantenga a esa temperatura todos los días del año.

Alumbrado del establecimiento: incluye todas las luminarias que se encuentren en la zona de subasta y la zona de oficinas.

En los puertos la situación es bastante similar a las de las lonjas, habiendo grandes diferencias en el consumo en puertos estatales y en los regionales. Los consumos potenciales en un puerto estatal son los siguientes.

- Sistemas de distribución de fluidos para climatización
- Iluminación y sistemas de regulación
- Ofimática y CPDs
- Sistemas de regulación y control
- Sistemas de generación térmica y climatización

En los puertos pequeños el consumo eléctrico viene dado por:

- Varadero (donde se reparan barcos)
- Lonja y cofradía (en el caso de estar estas presentes)
- Departamentos
- Hornacinas

3.2.2. Energía eléctrica anual consumida por los entes contactados

A continuación, se presentan los datos obtenidos de energía eléctrica anual consumida por los entes objeto de estudio con sus respectivos costes. Se puede observar claramente como los consumos son muy variables entre sí, dependen en gran medida del tamaño y de las actividades realizadas en cada una de las instalaciones. Los puertos, por norma general, tienen unos consumos superiores a las lonjas y cofradías, pero, entre estas también puede haber grandes diferencias, dependiendo de si se realiza subasta o no para el caso de las lonjas o, del tamaño de la oficina, para el caso de las cofradías.

3.2.2.1. Cofradía de San Juan (Redondela)

En la siguiente tabla se muestran los datos de los consumos obtenidos en los últimos tres años con sus respectivos costes totales anuales. En este caso la cofradía ha proporcionado datos totalmente fiables, sin embargo, del año 2020 no tienen información debido a un fallo en el contador en que no detectaron durante meses. Ha de tenerse en cuenta que se aportan datos de la cofradía y lonja en su conjunto, ya que están en el mismo edificio (**Tabla 3**).

Tabla 3. Datos proporcionados por la cofradía de Redondela.

	Año 2019	Año 2020	Año 2021
Energía tal consumida (kWh/año)	8.534	Sin información	16.671
Coste total anual (€/año)	1.898,53	Sin información	4.994,22

Tal y como se aprecia respecto a años anteriores en el año 2021 se ha incrementado considerablemente el consumo algo que, junto con la subida en el precio de la luz hace que se incrementa considerablemente el coste anual al que deben hacer frente desde la cofradía.

3.2.2.2. Lonja

En la siguiente tabla se muestran los datos de los consumos obtenidos en el año 2020, así como la estimación realizada para el año 2021 proporcionada por la persona contactada (**Tabla 4**). Tal y como se observa, con el precio actual del kWh, la subida del precio que debe asumir la lonja ha crecido considerablemente.

Tabla 4. Datos proporcionados por la Lonja de Campelo.

	Año 2020	Año 2021
Energía tal consumida (kWh/año)	16.100	16.100
Coste total anual (€/año)	3.200,00	4.073,30

3.2.2.3. Puerto

En la siguiente tabla se muestran los datos de los consumos obtenidos en el año 2020 siendo el dato proporcionado para el 2021 una estimación por parte de la persona contactada viendo que, hasta el momento de la consulta, el consumo era prácticamente el mismo al año anterior (**Tabla 5**).

Tabla 5. Datos proporcionados por el puerto de Vigo.

	Año 2020	Año 2021
Energía tal consumida (kWh/año)	4.467.280	4.467.280
Coste total anual (€/año)	542.327,79	1.130.221,84

4. Energía renovable obtenida a partir de los biocombustibles de partida

Teniendo en cuenta los datos obtenidos en informes previos del presente proyecto, en este apartado se hace una estimación de la energía renovable potencialmente obtenida con las algas objeto de estudio. Para ello debe considerarse la cantidad de algas potencialmente existentes en Galicia al año determinada en la Actividad 1 del presente proyecto (entre 5.000 y 7.000 toneladas húmedas).

Tanto en la obtención de energía mediante biogás como mediante combustión, se ha determinado la energía bruta que se puede obtener. Ha de tenerse en cuenta la existencia de pérdidas durante la transformación (energía térmica o energía eléctrica), que variarán en función del equipo empleado. Se ha considerado un aprovechamiento directo en forma de energía térmica sin pérdidas asociadas, mientras que para la obtención de la energía eléctrica se considerará un 30% de eficiencia^{7,8}.

16

4.1. Energía renovable obtenida mediante biogás

Para la determinación de la **energía renovable en forma de biogás** se consideraron los potenciales metanogénicos obtenidos durante el transcurso de la Actividad 2 del presente proyecto.

Se ha considerado el valor de potencial metanogénico de *Ulva lactuca* en discontinuo (23,5 Nm³/t), potencial metanogénico de la mezcla 85 % de alga y 15 % de vísceras (43,8 Nm³/t) y el potencial metanogénico de la mezcla 50 % algas y 50 % de fango espesado en CSTR (14,2 Nm³/t). Adicionalmente, se ha considerado un poder calorífico del CH₄ de 9,96 kWh/m³.

En la **Tabla 6**, **Tabla 7** y **Tabla 8** se muestran los valores obtenidos para cada uno de los casos de estudio propuestos.

Tabla 6. Energía generada mediante la producción de biogás con el alga sola.

Valorización mediante la obtención de biogás (algas)		
Cantidad de algas húmedas (t/año)	5.000	7.000
Potencial metanogénico (Nm ³ /t)	23,50	23,50
Energía bruta total generada (kWh/año)	1.170.300,0	1.638.420,0
Energía eléctrica total generada (kWh/año)	351.090,0	491.526,0

Tabla 7. Energía generada mediante la producción de biogás con alga + vísceras.

Valorización mediante la obtención de biogás (algas con vísceras)		
Cantidad de algas húmedas (t/año)	5.000	7.000
Cantidad de vísceras (t/año)	882,4	1.235,3
Total de materia utilizada (t/año)	5.882,4	8.235,3
Potencial metanogénico (Nm ³ /t)	43,8	43,8
Energía bruta total generada (kWh/año)	2.566.164,7	3.592.630,6
Energía eléctrica total generada (kWh/año)	769.849,4	1.077.789,2

Tabla 8. Energía generada mediante la producción de biogás a partir de algas + fangos de depuradora.

Valorización mediante la obtención de biogás (algas con fangos)		
Cantidad de algas húmedas (t/año)	5.000	7.000
Cantidad de fangos (t/año)	5.000	7.000
Total de materia utilizada (t/año)	10.000	14.000
Potencial metanogénico (Nm³/t)	14,2	14,2
Energía bruta total generada (kWh/año)	1.414.320,0	1.980.048,0
Energía eléctrica total generada (kWh/año)	424.296,0	594.014,4

4.2. Energía renovable obtenida mediante combustión

Para la determinación de la **energía renovable obtenida mediante combustión** se consideraron los datos obtenidos a lo largo de la Actividad 3 del presente proyecto.

En base a ellos y teniendo en cuenta la necesidad del proceso de secado para la posterior peletización de la especie considerada (*Ulva lactuca*) se calcularon las algas disponibles secas al año, suponiendo una humedad del 84,78 %, dato obtenido durante la caracterización fisicoquímica llevada a cabo durante el transcurso de la actividad anteriormente mencionada. Teniendo en cuenta las algas solas secas y su poder calorífico (10,26 MJ/kg) así como el poder calorífico de los cosustratos estudiados en dicha actividad (14,40 MJ/kg, valor obtenido con uno de los cosustratos empleados) se han obtenido la energía térmica (equivalente a la energía bruta) y eléctrica que potencialmente podrían obtenerse.

Ha de tenerse en cuenta que, dados los resultados obtenidos en el “Informe técnico de resultados: Descripción de los cosustratos biomásicos utilizados, características como biocombustible sólido de las distintas mezclas estudiadas” se ha considerado una proporción alga 30%-cosustrato 70%.

En la **Tabla 9** y **Tabla 10** se muestran los valores obtenidos para cada uno de los casos de estudio propuestos.

Tabla 9. Energía generada mediante los pellets de *Ulva lactuca*.

Valorización mediante la obtención de pellets (algas)		
Cantidad de algas húmedas (t/año)	5.000	7.000
Cantidad de algas secas (t/año)	761	1.065,4
Poder calorífico (MJ/kg)	10,26	10,26
Energía bruta total generada (kWh/año)	2.168.850	3.036.390
Energía eléctrica total generada (kWh/año)	650.655	910.917

Tabla 10. Energía generada mediante los pellets de *Ulva lactuca* + cosustrato.

Valorización mediante la obtención de pellets (algas con cosustratos)		
Cantidad de algas húmedas (t/año)	5.000	7.000
Cantidad de algas secas (t/año)	761	1065,4
Cantidad de pellets (t/año)	2.536,7	3.551,3
Poder calorífico (MJ/kg)	14,40	14,40
Energía bruta total generada (kWh)	10.146.666,67	14.205.333,33
Energía eléctrica total generada (kWh)	3.044.000,00	4.261.600,00

4.3. Comparativa entre los sistemas de valorización analizados

A continuación, se presentan, por orden de mayor a menor los sistemas analizados que proporcionan una mayor cantidad de energía:

1. Algas peletizadas cosustratos
2. Codigestión algas + vísceras
3. Pellets de alga sola
4. Codigestión algas + fangos
5. Digestión anaerobia alga sola

4.4. Porcentaje de la demanda eléctrica de los entes estudiados con la energía renovable generada

En función de la energía eléctrica consumida por cada uno de los entes relacionados con el sector acuícola objeto de estudio se realizó una estimación del porcentaje de dicha energía que podría llegar a ser cubierta con las formas de valorización estudiadas.

4.4.1. Cofradía de San Juan (Redondela)

El consumo anual de 2021 fue de 16.671 kWh/año.

Tabla 11. Porcentaje del consumo eléctrico de la cofradía de Redondela cubierto por el uso de la digestión anaerobia de *Ulva lactuca*.

Alga sola		Alga con víscera		Alga con fangos	
Generación de energía eléctrica con biogás (kWh/año)					
351.090	491.526	769.849	1.077.789	424.296	594.014
Demanda cubierta con la energía proporcionada (%)					
100	100	100	100	100	100

Tabla 12. Porcentaje del consumo eléctrico de la cofradía de Redondela cubierto por el uso de pellets de *Ulva lactuca*

Alga sola		Alga sola con cosustrato	
Generación de energía eléctrica con pellets (kWh/año)			
650.655	910.917	3.044.000	4.261.600
Demanda cubierta con la energía proporcionada (%)			
100	100	100	100

19

4.4.2. Lonja de campelo (Poio)

El consumo anual de 2021 fue de 16.100 kWh/año.

Tabla 13. Porcentaje del consumo eléctrico de la lonja de Campelo cubierto por el uso de la digestión anaerobia de *Ulva lactuca*.

Alga sola		Alga con víscera		Alga con fangos	
Generación de energía eléctrica con biogás (kWh/año)					
351.090	491.526	769.849	1.077.789	424.296	594.014
Demanda cubierta con la energía proporcionada (%)					
100	100	100	100	100	100

Tabla 14. Porcentaje del consumo eléctrico de la lonja de Campelo cubierto por el uso de pellets de *Ulva lactuca*.

Alga sola		Alga sola con cosustrato	
Generación de energía eléctrica con pellets (kWh/año)			
650.655	910.917	3.044.000	4.261.600
Demanda cubierta con la energía proporcionada (%)			
100	100	100	100

4.4.3. Puerto de Vigo

El consumo anual de 2021 fue de 4.467.280 kWh/año.

Tabla 15. Porcentaje del consumo eléctrico del puerto de Vigo cubierto por el uso de la digestión anaerobia de *Ulva lactuca*.

Alga sola		Alga con víscera		Alga con fangos	
Generación de energía eléctrica con biogás (kWh/año)					
351.090	491.526	769.849	1.077.789	424.296	594.014
Demanda cubierta con la energía proporcionada (%)					
7	11	17	24	9	13

Tabla 16. Porcentaje del consumo eléctrico del puerto de Vigo cubierto por el uso de pellets de *Ulva lactuca*.

Alga sola		Alga sola con cosustrato	
Generación de energía eléctrica con pellets (kWh/año)			
650.655	910.917	3.044.000	4.261.600
Demanda cubierta con la energía proporcionada (%)			
14	21	68	95

Tal y como se observa, con la disponibilidad anual estimada, tanto la digestión anaerobia de las algas de arribazón como su uso en forma de pellets permitiría cubrir el 100 % de la demanda de energía eléctrica tanto de la cofradía como de la lonja objeto de estudio. En cuanto a la demanda del puerto de Vigo, ésta sería cubierta entre un 7-11 % y un 14-21 % empleando el alga sola en procesos de digestión anaerobia y como pellet, respectivamente y entre un 9-24 % y un 68-95 % empleándola con cosustratos en procesos de digestión anaerobia y como pellet, respectivamente.

5. Indicadores económicos y parámetros de viabilidad

A continuación se presenta la **tasa de retorno** o ganancia respecto a una inversión durante un período de tiempo para las diferentes **opciones de valorización** empleadas. Dado que las algas generadas al año dependen mucho del lugar de la costa gallega en el que nos encontremos, hay que tener en cuenta que la logística (transporte) podría encarecer en gran medida el proceso de valorización. Es por ello que lo ideal sería situar los sistemas de producción en las zonas con mayor generación de algas y donde, a poder ser, se aglutinen consumidores de energía, esto es, puerto, lonja y cofradía.

Para el planteamiento de los indicadores económicos y parámetros de viabilidad se estudiará el caso de la cofradía de San Juan, en Redondela, donde se cumplen todos estos requisitos (1. Algas generadas en cantidad, 2. Aglutinación de entes del sector). No obstante los balances planteados se harán teniendo en cuenta únicamente el consumo eléctrico de cofradía y lonja, que es el que se nos ha proporcionado.

5.1. Valorización mediante digestión anaerobia (biogás)

Teniendo en cuenta la proximidad de la EDAR de Redondela a la zona de la cofradía de San Juan, se ha considerado un caso de estudio suponiendo que se realiza la codigestión de *Ulva lactuca* con fango espesado. Como puede observarse en la **Figura 10**, la distancia por carretera entre ambas ubicaciones es de unos 850 m, por lo que el fango espesado de la EDAR podría trasladarse en cisternas hasta la zona del puerto.



Figura 10. Distancia entre la EDAR de Redondela y la cofradía de San Juan

Se ha determinado que para cubrir la demanda eléctrica, de 16.671 kWh/anuales, sería necesario disponer de, al menos, 200 t/a de alga y 200 t/a de fango espesado, y considerando parámetros operacionales medios (TRH de 20 d), esta energía podría obtenerse en un digestor de 22 m³ de volumen útil con un sistema de aprovechamiento de biogás de generación eléctrica de 2 kWe.

Los costes que conllevaría el valorizar las algas de arribazón mediante su conversión en biogás son los siguientes:

1. Coste de recogida de las algas
2. Coste de transporte de los fangos
3. Coste de lavado y trituración
4. Coste de explotación del digestor
5. Coste de gestión del digestato

Para el cálculo de la tasa de retorno se considerará que la cofradía gestiona la recogida del material, suponiendo un coste de gestión externo nulo, pero realizándolo con recursos propios tal como lo hace en la actualidad, por lo que no se incluirá como gasto. En cuanto al transporte, se considera el gasto asociado a la contratación de un camión cisterna de la EDAR para el transporte periódico (quincenal) de los fangos. Por otra parte, en los costes de lavado, trituración y adecuación de la materia prima se han considerado las horas de personal (2 h/d) y el uso de maquinaria específica. En los costes de explotación se incluyen los gastos asociados a la operación y mantenimiento de la planta destinados principalmente a la electricidad y repuestos de equipos, así como la mano de obra asociada al personal que opera la planta. En los coste de gestión del digestato se incluyen costes asociados a la descarga, almacenamiento y gestión.

En la tabla a continuación se muestran los costes fijos de la valorización energética de las algas de arribazón en un proceso de digestión anaerobia:

Tabla 17. Costes fijos al año asociados al proceso de valorización energética de algas de arribazón mediante su transformación en biogás.

Proceso	Coste (€)
Coste de recogida de las algas	0
Coste de transporte de los fangos	5.400
Coste de lavado y trituración	10.400
Coste de explotación del digestor	1.500
Coste de gestión del digestato	1200
TOTAL COSTES FIJOS AL AÑO	18.500

Los proyectos de biogás a partir de residuos orgánicos tienen un elevado coste de inversión. Además, estos proyectos pueden presentar economías de escala, en particular si la intención es la generación de electricidad, por lo que proyectos más pequeños podrían presentar mayores dificultades para ser rentables⁹ ya que suponen costes de inversión más elevados, tal como puede observarse en la **Figura 11**.

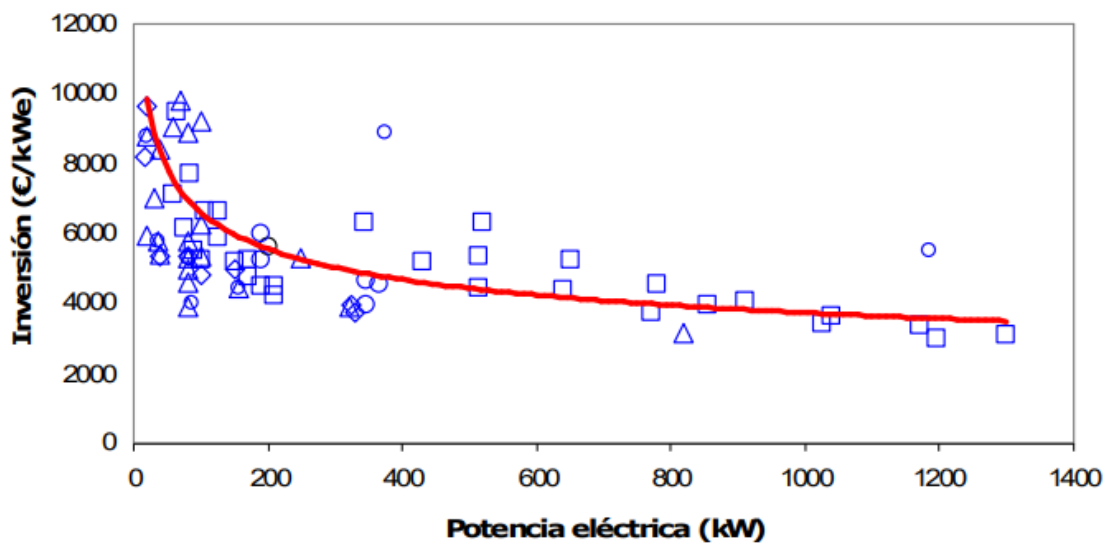


Figura 11. Costes de inversión de una planta de biogás en función de la potencia

Teniendo en cuenta que para satisfacer las necesidades de la cofradía bastaría con una planta de pequeño tamaño, el coste de inversión podría rondar un valor de 250.000 €. En este coste se incluye el equipamiento de la planta de biogás (bombas, sistema de agitación y calentamiento, depósitos, etc) y los equipos de valorización de biogás (que abarca un sistema de limpieza del biogás con carbón activo para retirar partículas y humedad, y el sistema de cogeneración)

Teniendo en cuenta una amortización de 15 años desde el punto de vista fiscal, a los costes fijos habría que añadir 16.667 € al año. En la **Tabla 18** se muestra la tasa de retorno de la opción de valorización empleada considerando que los costes estimados de electricidad del año 2021 para el ente objeto de estudio fueron de 4.994,22 €.

En cuanto a los ingresos se puede considerar que estos proceden de las siguientes fuentes:

- Ahorro de energía: En este caso, los ingresos son derivados del ahorro de la energía autoconsumida proveniente de la utilización de biogás. En plantas de mayor tamaño los ingresos pueden ser debidos a la venta de energía eléctrica proveniente del motor de cogeneración o biometano.

- Venta o ahorro de fertilizante: Como se ha comentado, se produce un digestato en la de alto valor fertilizante y capaz de mejorador de suelos cuando se aplica en los cultivos. Por lo tanto, se podría obtener un ingreso adicional por la venta de este subproducto, pero sería necesario desarrollar una red de mercado para él mismo. En este caso, no se considera un beneficio adicional, sino que cubre los gastos de almacenamiento y gestión.

Tabla 18. Tasa de retorno de la solución propuesta

Año	1
Gastos fijos (€)	18.500,00
Gastos amortización equipos (€)	16.667,00
A - Total gastos al año (€).	35.167,00
B - Gastos de electricidad (€)	4.994,22
Ahorro (B-A), (€)	-30.172,45

Tal y como se observa en la **Tabla 18** los gastos fijos al año superan los datos asociados al coste de la electricidad, con lo que la opción de valorización estudiada, a priori, no parece ser viable económicamente, debido principalmente a que se trata de una instalación de pequeño tamaño.

La opción más interesante, sería el aprovechamiento de las algas junto con los fangos espesados en la propia EDAR de Redondela, que está diseñada para el tratamiento de las aguas residuales de una población de 24.000 h-eq (caudal medio de 6.000 m³/d). Teniendo en cuenta valores medios de producción de fangos, podrían generarse en torno a 7.000 t/a de fango espesado (4 % SV). Actualmente no dispone de sistema de digestión anaerobia, pero se ha determinado que, en caso de realizarse una modificación del proceso, podrían producirse en torno a 730 MWh de energía bruta (219 MWhe) sólo a partir de los fangos.

La capacidad de producción de energía de la EDAR se incrementaría con la introducción de algas al sistema, y esto supone un nuevo modelo de negocio, en el que la EDAR se convierte en un gestor de residuos y a la vez reduce su consumo energético externo, y donde la cofradía actúa como una empresa de recogida y suministro, pudiendo cobrar por dicha función.

Así, la EDAR se convertiría en una planta de gestión centralizada, recibiendo residuos orgánicos de diferentes orígenes. Este tipo de instalaciones tienen una serie de ventajas frente a las instalaciones individualizadas¹⁰, como:

- Reducción de costes por aplicación de una economía de escala
- Facilitar el acceso a mejores sistemas, infraestructuras y tecnologías

- Facilitar y optimizar el control medioambiental
- Se crea una conciencia colectiva que lleva a una gestión responsable
- Generación de una nueva actividad económica

5.2. Valorización mediante combustión (pellets)

En base a los cálculos realizados teniendo en cuenta el consumo eléctrico en la cofradía y lonja de Redondela (16.671 kWh/año en el 2021), se ha estimado que sería necesaria una caldera de 20kW térmicos y un ciclo de Rankine de 2kW eléctricos para la conversión del calor generado en electricidad. La cantidad de algas que serían necesarias para cubrir la demanda del ente objeto de estudio se ha estimado en 38 toneladas de algas húmedas al año, lo que son 5,8 toneladas de alga seca.

Los costes que conllevaría el valorizar las algas de arribazón mediante su conversión en pellets son los siguientes:

1. Coste de recogida
2. Coste de transporte
3. Coste de lavado
4. Coste de secado
5. Trituración y peletizado

Para el cálculo de la tasa de retorno se considerará que el propio ente con la problemática gestiona la recogida del material, suponiendo un coste de gestión externo nulo. Por otra parte los costes de lavado y secado se considerarán dentro del pretratamiento y adecuación de la materia prima, considerando las horas de personal (1 mes) y el uso de una carretilla y un tractor (alquiler por hora una semana). El secado se llevará a cabo de un modo natural ya que, con la cantidad necesaria para el ente seleccionado (38 toneladas de algas húmedas al año) se considera sería la opción idónea, permitiendo ahorrar los costes del secado forzado para una cantidad anual baja. En los costes de triturado se incluyen aquellos que conllevan el alquiler del molino con la capacidad de tratamiento necesaria para la cantidad objeto de estudio durante una semana. Finalmente, los costes de peletizado incluyen el alquiler de una peletizadora durante una semana. Se han considerado alquileres y no compras porque con la baja cantidad de material necesaria al año incrementar equipos en el proceso de amortización sería inviable.

En la tabla a continuación se muestran los costes de la valorización energética de las algas de arribazón en procesos de combustión:

Tabla 19. Costes fijos al año asociados al proceso de valorización energética de algas de arribazón mediante su transformación en pellets.

Proceso	Coste (€)
Pretratamiento y adecuación de la materia prima	3.200
Triturado	1.000
Secado	2.400
TOTAL COSTES FIJOS AL AÑO	6.600

Considerando el precio de una caldera de pellets de biomasa promedio de 20kW (4.000 €) y el coste de un ciclo Rankine de 2kW (25.000 €) los costes de los equipos ascenderían a 29.000 €. Teniendo en cuenta una amortización de 10 años desde el punto de vista fiscal, a los costes fijos habría que añadir 2.900 € al año. En la tabla a continuación se muestra la tasa de retorno de la opción de valorización empleada considerando que los costes estimados de electricidad del año 2021 para el ente objeto de estudio fueron de 4.994,22 €.

Tabla 20. Tasa de retorno de la solución propuesta

Año	1
Gastos fijos (€)	6.600
Gastos amortización equipos (€)	2.900
A - Total gastos al año (€).	9.500
B - Gastos de electricidad (€)	4.994,22
Ahorro (B-A), (€)	-4.505,78

Tal y como se observa en la **Tabla 20** los gastos fijos al año superan los datos asociados al coste de la electricidad, con lo que la opción de valorización estudiada, a priori, no parece ser viable económicamente y no tiene un beneficio neto asociado. Los resultados obtenidos indican que lo ideal sería el empleo de esta forma de valorización en aquellos lugares donde se tenga únicamente demanda de una gran cantidad de energía calorífica y que cuenten ya con caldera de biomasa si bien es cierto que, tras los contactos establecidos con los diferentes entes objetos de estudio, no es lo común.

5.3. Empresas prestadoras de servicios medioambientales

En vista de los resultados obtenidos se puede determinar que el número de explotaciones potencialmente beneficiarias del uso de las algas de arribazón como combustible serían todas aquellas cofradías con una problemática de algas de arribazón acusada y que cuenten con subproductos o residuos que puedan ser empleados como cosustratos. La costa oeste de Galicia sería la idónea y, más en concreto, aquellos puntos donde puerto, cofradía y lonja estén situados en un mismo emplazamiento, con objeto de maximizar los recursos disponibles. El número de empresas capacitadas para prestar servicios medioambientales podría ser cualquiera de las cofradías con la problemática asociada, lo cual sería, en Galicia, un total de unas 30 cofradías (empresas directas), según los contactos establecidos, pero también podrían otra serie de empresas que puedan emplear las algas de arribazón como sustratos.

En el caso de destinarse a producción de biogás, podrían incluirse empresas de gestión de residuos, que realicen la recogida de las algas y las incorporen en sus procesos (empresas indirectas). En este caso, estarían las EDAR, con gran abundancia en la zona de Rías Baixas (**Figura 12**) donde se localizan más de 20 EDAR, aunque solamente las EDAR de Pontevedra, EDAR de Lagares (Vigo) y EDAR de Guillarei disponen actualmente de instalaciones de digestión anaerobia.

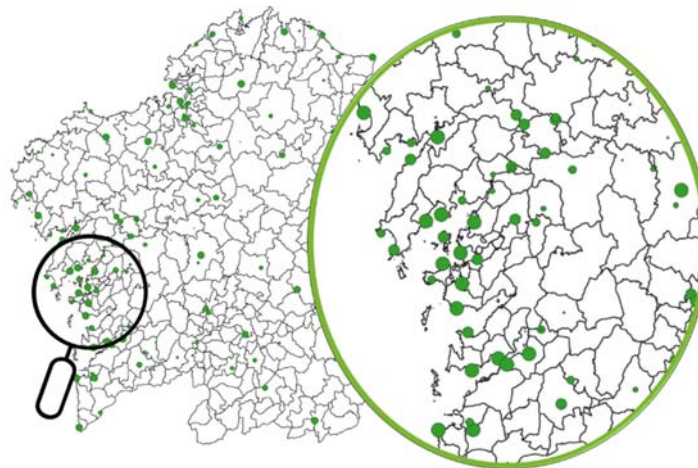


Figura 12. Localización de EDA en Galicia y la zona de Rías Baixas.

Otra posibilidad sería la incorporación de las algas como cosustratos en digestores anaerobios en funcionamiento en empresas localizadas cerca de la costa, como sería el caso de la empresa conservera FRISCOS (Catoira).

También existe la posibilidad de que las algas se pudiesen incorporar en un proceso industrial de producción de pellets, aunque se ha comprobado la necesidad de disminuir la cantidad de alga empleada frente al sustrato principal, podría ser una salida viable a las algas recogidas.

El análisis aquí establecido presenta una proyección futura para cubrir la demanda energética de los entes objeto de estudio, suponiendo la obtención de una economía circular en entes relacionados con el sector acuícola, que aunque no presenta una viabilidad económica adecuada debido a la economía de escala, puede posibilitar la creación y participación de otros entes. VALORALGAE abre una vía para desarrollar nuevas líneas de actuación donde se puedan realizar nuevas mezclas en el proceso de digestión anaerobia o incorporar nuevos aditivos para favorecer la combustión, abriendo la posibilidad de incorporación al mercado de nuevos biocombustibles de energía neutra en emisiones gaseosas y medioambientalmente sostenibles.

6. Conclusiones

Con el objetivo de **evaluar la viabilidad técnico-económica** de la **implantación** de los nuevos **biocombustibles** obtenidos a partir de algas de arribazón (biogás, pellets) estudiados dentro del proyecto se han analizado los consumos eléctricos y residuos generados en entes del entorno del sector acuícola (cofradías, lonjas, puertos). Asimismo, se ha evaluado el potencial de generación de energía renovable mediante las soluciones implantadas en el proyecto de pellets y biogás y se ha establecido el porcentaje de la demanda eléctrica de los entes objeto de estudio que podría ser cubierta mediante el uso de las opciones de valorización estudiadas. Por último se han establecido los principales indicadores económicos y parámetros de viabilidad de la instalación de dichas opciones en uno de los entes objeto de estudio (cofradía de San Juan, Redondela). De los resultado obtenidos se puede concluir que:

- En Galicia hay un total de 66 cofradías, 33 lonjas y 128 puertos.

- La cantidad de residuos generados en cofradías y lonjas es de difícil acceso. En el puerto objeto de estudio los residuos mayoritarios de interés para ser usados como cosustratos son maderas y residuos orgánicos (lodos).
- Los consumos establecidos en las encuestas llevadas a cabo (iluminación y climatización fundamentalmente), han sido de:
 - 16.671 kWh/año para una cofradía tipo.
 - 16.100 kWh/año para una lonja tipo.
 - 4.467.280 kWh/año para un puerto.
- Debido al relativo bajo consumo eléctrico de cofradías y lonjas, su demanda energética podría ser cubierta fácilmente con la cantidad de algas de arribazón recogida. En el caso de un puerto, puede observarse que la demanda es muy alta, y la estimación de algas recogidas no sería suficiente. La cantidad de energía generada con biogás obtenido solo con algas permitiría cubrir entre un 7 y un 11 %, el biogás obtenido de la digestión anaerobia de algas con vísceras permitiría cubrir entre un 17 y un 24 % y en el caso del biogás obtenido de la mezcla de algas con fangos permitiría cubrir entre un 9 y un 13 % de la demanda.
- En el caso de los pellets, la situación es similar, ya que se podría cubrir la demanda de cofradía y lonja. La cantidad de energía generada con pellets solo con algas permitiría cubrir entre un 14 y un 21 % de la demanda del puerto y en el caso de los pellets de algas con cosustratos permitirían cubrir entre un 68 y un 95 % la demanda del puerto.
- Los indicadores económicos muestran que la viabilidad económica de los procesos de valorización es limitada si se trabaja con instalaciones de pequeño tamaño, ya que se ven afectados por la economía de escala. Por ejemplo, en el caso de la valorización mediante el empleo de pellets la cantidad de costes al año (fijo + amortización) superan los costes de electricidad del ente objeto de estudio al año, por lo que esta forma de valorización no parece ser viable para su implantación, al no presentar un beneficio neto. En el caso de una planta de biogás, sería preferible realizar la gestión de las algas como cosustrato en una instalación ya en funcionamiento o que se construya para llevar a cabo la gestión centralizada de residuos.
- El número de explotaciones beneficiarias vinculadas a la ejecución del proyecto y las explotaciones potencialmente beneficiarias puede variar desde el número de 30 cofradías (afectadas directamente por el impacto de las algas de arribazón) a un número mucho mayor si se tiene en cuenta empresas que pueden surgir si se crea un nuevo mercado (empresas indirectas).

7. Bibliografía

- ¹ Laxe, F. G. Instituto Universitario de Estudios Marítimos (2005). <https://www.udc.gal/iuem/documentos/monografias/2005-3.pdf>
- ² Hernández, J. La población del sector pesquero en Galicia (2007).
- ³ I.G.E. Instituto Galego de Estatística. <https://www.ige.eu/>
- ⁴ Xunta de Galicia. <https://deondesenon.xunta.gal/es/entidades-certificadas/lonjas>
- ⁵ Ministerio de agricultura, pesca y alimentación (2021). https://www.mapa.gob.es/es/pesca/temas/mercados-economia-pesquera/listadodelonjasyestablecimientosautorizados2021_tcm30-561019.pdf
- ⁶ Puerto de Vigo. Declaración Ambiental/Memoria de Sostenibilidad (2020). https://www.apvigo.es/es/paginas/declaracion_ambiental
- ⁷ https://ucanr.edu/sites/WoodyBiomass/Woody_Biomass_Library/Energy/
- ⁸ Van den Broek, R., Faaij, A., & van Wijk, A. Biomass combustion for power generation (1996). Biomass and Bioenergy, 11(4), 271-281.
- ⁹ GIZ, M. a. (2012). Guía de planificación para proyectos de biogás de Chile. MINENERGIA and GIZ.
- ¹⁰ Flotats, X., Bonmatí, A., Fernández, B., & Magrí, A. (2009). Manure treatment technologies: on-farm versus centralized strategies. NE Spain as case study. Bioresource Technology, 100(22), 5519-5526.

The logo for VALORALGAE features a stylized green 'V' with a leaf-like shape on its right side, followed by the word 'VALORALGAE' in a bold, green, sans-serif font.



valoralgae.es