



|                        |                                                     |
|------------------------|-----------------------------------------------------|
| Nombre informe         | Informe con un análisis coste-beneficio             |
| Fase                   | 3- Evaluación                                       |
| Tarea                  | 3.3 Análisis Coste-beneficio (eficiencia económica) |
| Socio responsable      | BIOAZUL                                             |
| Fecha entrega memoria  | 28.02.2025                                          |
| Fecha de entrega final | 28.02.2025                                          |

# Índice

|                                                           |           |
|-----------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Introducción .....</b>                                 | <b>4</b>  |
| <b>1 ¿Qué es un Análisis Coste Beneficio (ACB)?.....</b>  | <b>5</b>  |
| <b>2 ACB de Axarquía Sostenible .....</b>                 | <b>7</b>  |
| 2.1 Premisas .....                                        | 7         |
| <b>3 Resultados .....</b>                                 | <b>8</b>  |
| 3.1 Capacidad de tratamiento 72 m <sup>3</sup> /día.....  | 8         |
| 3.2 Capacidad de tratamiento 150 m <sup>3</sup> /día..... | 9         |
| <b>4 Conclusiones.....</b>                                | <b>11</b> |

## Resumen ejecutivo

Este informe presenta los resultados del Análisis Coste-Beneficio (ACB) realizado en el marco de la Tarea 3.3 del proyecto Axarquía Sostenible, liderado por BIOAZUL. El objetivo ha sido evaluar la viabilidad económica del uso de aguas regeneradas en la agricultura de la comarca de la Axarquía, teniendo en cuenta aspectos económicos clave como los costes de inversión (CAPEX), los costes de operación y mantenimiento (OPEX), el ahorro en fertilizantes y los ingresos por la venta de agua regenerada.

El ACB permite valorar tanto los costes directos e indirectos como los beneficios económicos, ambientales y sociales del uso de aguas regeneradas. Entre sus beneficios se incluyen: reducción de la dependencia del agua convencional, mejora en la resiliencia hídrica, ahorro en fertilizantes, protección de ecosistemas y generación de empleo. Asimismo, se analiza la normativa vigente (nacional y europea) que regula el uso seguro de aguas regeneradas y apoya su implementación como estrategia de adaptación al cambio climático.

Este análisis demuestra que el uso de aguas regeneradas en agricultura es una alternativa económicamente viable y alineada con los objetivos de sostenibilidad y resiliencia climática. Aunque requiere una inversión inicial considerable, los beneficios a medio-largo plazo —tanto económicos como ambientales y sociales— justifican su implementación, especialmente en regiones con escasez hídrica como la Axarquía. La inclusión de incentivos públicos y la valorización de beneficios no monetarios (como la seguridad hídrica o la economía circular) podrían mejorar aún más su rentabilidad percibida.

## Introducción

Este informe se enmarca en la Tarea 3.3 Análisis coste-beneficio (eficiencia económica), liderada por BIOAZUL, y en la que han participado los demás socios del Grupo operativo.

En esta tarea se ha realizado un análisis de costes-beneficios (ACB) del sistema innovador y así determinar su eficiencia económica. Para este análisis se han considerado aspectos clave como los costes de inversión (CAPEX) y de operación y mantenimiento (OPEX), ahorro en agua y fertilizantes, y los ingresos por la venta de agua regenerada. Su elaboración ha sido, principalmente, en los últimos 4 meses del proyecto, cuando se tienen los datos necesarios consecuencia de las diferentes tareas llevadas a cabo.

## 1 ¿Qué es un Análisis Coste Beneficio (ACB)?

El Análisis Coste-Beneficio (ACB) del uso de aguas regeneradas en agricultura es una herramienta clave para evaluar la viabilidad económica, ambiental y social de los proyectos de regeneración. Este análisis tiene en cuenta diferentes aspectos como se detalla a continuación:

### Costes del uso de aguas regeneradas en agricultura:

- Costes directos:
  - **Captación y tratamiento:** Coste de infraestructura y operación de las plantas de regeneración.
  - **Transporte y distribución:** Infraestructura de tuberías, almacenamiento y bombeo para llevar el agua a las zonas agrícolas.
  - **Adecuación del suelo y cultivos:** Posibles modificaciones en la fertilización y prácticas agrícolas para adaptarse a las características del agua regenerada.
  - **Costes regulatorios y administrativos:** Cumplimiento de normativas de calidad del agua (analíticas), permisos y certificaciones.
  - **Mantenimiento y monitoreo:** Costes de control de calidad del agua y mantenimiento de infraestructuras.
- Costes indirectos:
  - **Impactos en la calidad del suelo y cultivos:** Posible acumulación de sales o contaminantes en el suelo.
  - **Percepción y aceptación social:** Costes asociados a la sensibilización y cambio de mentalidad en agricultores y consumidores.

### Beneficios del uso de aguas regeneradas en agricultura:

- Beneficios económicos:
  - **Disminución de la dependencia del agua convencional:** de fuentes de agua dulce y subterránea, especialmente relevante en épocas de escasez y periodos de sequía.
  - **Menor coste de fertilización:** Aportes adicionales de nutrientes presentes en el agua regenerada (nitrógeno, fósforo, potasio, etc.).
  - **Aumento de la resiliencia agrícola:** Disponibilidad de agua en épocas de sequía y menor riesgo de restricciones hídricas.
- Beneficios ambientales:
  - **Reducción de la sobreexplotación de recursos hídricos:** Disminución de la presión sobre ríos, acuíferos y embalses.
  - **Mejora de la calidad del agua en ecosistemas naturales:** Reducción del vertido de aguas residuales sin tratamiento adecuado.
  - **Menor huella hídrica de la producción agrícola:** Contribución a una gestión sostenible del agua.
- Beneficios sociales:
  - **Seguridad hídrica para comunidades rurales:** Garantía de disponibilidad de agua para riego y producción de alimentos.

- **Generación de empleo:** Creación de oportunidades profesionales en el sector del tratamiento y gestión del agua regenerada, así como en el sector agrícola menos dependiente de fuentes de agua convencionales.
- **Contribución a la economía circular:** Promoción de prácticas sostenibles en la gestión del agua, los fertilizantes y la agricultura.

### **Análisis financiero y económico**

Para evaluar la rentabilidad del uso de aguas regeneradas en agricultura, se pueden emplear indicadores financieros como:

- **Valor Actual Neto (VAN):** Determina si los beneficios a lo largo del tiempo superan los costes iniciales y operativos.
- **Tasa Interna de Retorno (TIR):** Evalúa la rentabilidad de la inversión en el uso de aguas regeneradas.
- **Período de recuperación de la inversión (Payback):** Tiempo necesario para recuperar los costes iniciales.

Otros aspectos a considerar son los posible **incentivos y subsidios** gubernamentales para apoyar y fomentar el uso de aguas regeneradas.

El ACB se tiene, además, que enmarcar en el marco legal. Se han identificado la normativa de aplicación a nivel español y europeo de aplicación en relación al uso de aguas regeneradas en agricultura: Real Decreto 1085/2025 y el **Reglamento de la UE 2020/741** sobre el uso del agua reutilizada que establece requisitos mínimos para el uso seguro de aguas regeneradas en riego agrícola, con el objetivo de: aumentar la resiliencia hídrica, reducir el estrés hídrico y contribuir a una economía circular.

Además, se pueden considerar en el análisis diferentes políticas, como las de adaptación al cambio climático, que integren el uso de aguas regeneradas en estrategias de resiliencia hídrica, tales como:

- **A nivel internacional:**
  - **Agenda 2030 – Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)**, especialmente el ODS 6 (Agua limpia y saneamiento) que promueve la reutilización segura del agua, y el ODS 13 (Acción por el clima) que fomenta medidas de adaptación, incluyendo soluciones basadas en agua no convencional.
  - **Estrategia de Adaptación al Cambio Climático de la FAO** que recomienda el uso de aguas regeneradas para mejorar la seguridad hídrica y reducir la presión sobre fuentes convencionales en agricultura.
- **A nivel europeo:**
  - **Estrategia de Adaptación al Cambio Climático de la UE (2021)** que promueve soluciones basadas en la naturaleza (SbN) y en recursos no convencionales, como el agua regenerada, para una agricultura resiliente.
  - **Pacto Verde Europeo & Estrategia “De la Granja a la Mesa”** que impulsa un sistema alimentario más sostenible que incluya uso eficiente del agua, incluyendo el uso de aguas regeneradas.
- **A nivel español:**
  - **Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC 2021-2030)** que identifica el uso de aguas regeneradas en agricultura como una medida de adaptación clave, e incluye la reutilización como prioridad en escenarios de escasez y estrés hídrico.
  - **Plan Hidrológico Nacional y Planes Hidrológicos de Cuenca (3er ciclo 2022-2027)** que integran la reutilización de aguas como línea estratégica para la gestión de recursos hídricos en el contexto de cambio climático.

- **Estrategia Nacional de Regadíos (2018-2025)** que fomenta tecnologías que optimicen el uso del agua, incluyendo el uso de aguas regeneradas para reducir la dependencia de fuentes convencionales.
- **Ley de Cambio Climático y Transición Energética (Ley 7/2021)** que promueve la gestión eficiente del agua y la adaptación de los sistemas agrícolas a través de medidas como la reutilización.

Este marco normativo viene a apoyar, en algunos casos económicamente, los proyectos de reutilización en agricultura, además de incluir requerimientos para la transición hacia una agricultura más sostenible y resiliente.

## 2 ACB de Axarquía Sostenible

Partimos de la premisa de que el uso de aguas regeneradas en agricultura presenta un balance positivo en términos económicos, ambientales y sociales, especialmente en regiones con escasez de agua como es el caso de La Axarquía. No obstante, su implementación requiere una inversión inicial significativa y un marco regulador sólido que garantice su seguridad y aceptación por parte de los agricultores y consumidores.

El ACB llevado a cabo se han tenido en cuenta diferentes parámetros para evaluar la viabilidad económica, tales como Periodo recuperación de la inversión - Payback (teniendo en cuenta inversión, gastos y ahorros) pero no se han tenido en cuenta las dimensiones ambientales (externalidades en el ACB asociadas a kg CO<sub>2</sub> generados por consumo eléctrico de ERAG, producción de fertilizantes minerales y su posterior monetización podrían incluirse en u ACB extendido) y social (por la dificultad de cuantificar aspectos como la seguridad hídrica para comunidades rurales, la generación de empleo y la potencial contribución a la economía circular).

### 2.1 Premisas

Los cultivos objeto del estudio: maracuyá, pitaya, aguacate y mango.

- Parámetros considerados:
  - Inversión (CAPEX) de la estación regeneradora y la desinfección: para una planta de 72 m<sup>3</sup>/día y para otra de 150 m<sup>3</sup>/día.
  - Gastos operación y mantenimiento (OPEX) de la estación regeneradora.
  - La planta regeneradora funciona 365 días al año.
  - Gastos en agua convencional o regenerada: 100% en ambos casos.
  - Gastos en fertilizantes minerales: cálculo en kg y económico (€) referenciado a valor fertilizante en mercado para cada uno de los cultivos.
  - Ahorro en fertilizantes minerales: asociados al uso de agua regenerada (cultivo 100% regado con agua regenerada)

Para la realización del análisis económico se han tomado los siguientes valores fijos. Estos valores se han consensuado con los socios del proyecto.

Tabla 1.- Valores fijos considerados en el estudio (Fuente: miembros Grupo Operativo)

| VALORES FIJOS                                                                         |                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Coste agua convencional regantes Algarrobo                                            | 0,15 €/m <sup>3</sup> |
| Coste agua regenerada                                                                 | 0,19 €/m <sup>3</sup> |
| Coste electricidad de acuerdo con la factura de la Comunidad de Regantes de Algarrobo | 0,17 €/kWh            |

En relación con el consumo de agua para los cultivos objetivo, se han tomado de referencia los siguientes valores (Tabla 2).

Tabla 2.- Demanda hídrica (Fuente: miembros Grupo Operativo, bibliografía)

|                        | Maracuyá | Pitaya   | Aguacate | Mango    |
|------------------------|----------|----------|----------|----------|
| m <sup>3</sup> /ha/año | 3.179,08 | 2.409,00 | 5.500,00 | 5.000,00 |

En la siguiente table se especifica el consumo de fertilizantes por cultivo de acuerdo con los planes de fertilización cuando se usa agua convencional en el riego (Tabla 3):

Tabla 3.- Demanda fertilización (Fuente: miembros Grupo Operativo, bibliografía)

|            | Maracuyá | Pitaya   | Aguacate | Mango  |
|------------|----------|----------|----------|--------|
| kg/ ha/año | 729,00   | 1.540,00 | 2.434,00 | 555,00 |

### 3 Resultados

Se presentan a continuación los resultados obtenidos del ACB para las dos opciones de plantas de regeneración con diferentes capacidades de tratamiento.

#### 3.1 Capacidad de tratamiento 72 m<sup>3</sup>/día

Este es el caso de la planta regeneradora usada en el marco del proyecto.

Los costes de inversión y de operación se indican a continuación:

- CAPEX: 38.205€, que incluye la planta y una partida para la red de mangueras de riego (no incluye infraestructura).
- OPEX: 23.948,88€, que incluye mano de obra, repuestos, productos de limpieza, y consumo eléctrico.

En este caso, para calcular el payback, se han considerado ingresos asociados a la venta de agua regenerada. Esta planta, funcionando 365 días, produciría anualmente 26.280m<sup>3</sup> de agua regenerada. Se ha tenido que fijar el precio del agua regenerada a 1€/m<sup>3</sup> para que el periodo de recuperación de la inversión sea de 16,39 años (tabla 4), en línea con los 15 años que se suelen estimar para este tipo de inversiones.

Tabla 4.- Payback para planta 72m<sup>3</sup>/día (Fuente: cálculos BIOAZUL)

| Payback del sistema terciario y desinfección     |              |
|--------------------------------------------------|--------------|
| Inversión (€) CAPEX [1]                          | 38.205,00€   |
| Gastos de operación y mantenimiento (€) OPEX [2] | 23.948,88€   |
| Ingresos adicionales (€) [3]                     | 26.280,00€   |
| Ahorros anuales (€) [4] = [3] - [2]              | 2.331,12€    |
| <b>Payback (años) [5] = [1] / [4]</b>            | <b>16,39</b> |

Por otra parte, con los 26.280m<sup>3</sup> que se producen anualmente, se podrían regar, teniendo en cuenta la demanda hídrica (Tabla 2), 8,27 ha maracuyá, 10,91 ha pitaya, 4,78 ha aguacate y 5,26 ha mango.

De acuerdo con la demanda nutricional de los cultivos (tabla 3) se han calculado los gastos de producción asociado a los fertilizantes en dos escenarios: uso de agua convencional para riego y uso de agua regenerada para riego (Tabla 4). En el caso del agua regenerada, se ha tenido en cuenta el aporte anual de los siguientes nutrientes: Nitrógeno (N), fósforo (P) y Potasio (K) tal y como se indica a continuación y los ahorros asociados se han incluido en la tabla 5.

- Maracuyá: N: 207 P: 109 K: 81 kg/ha/año
- Pitaya: N: 56 P: 30 K: 83 kg/ha/año
- Aguacate: N: 220 P: 5 K: 100 kg/ha/año
- Mango: N: 176 P: 12 K: 16 kg/ha/año



Tabla 4.- Gastos fertilización (Fuente: cálculos BIOAZUL)

| Gastos fertilización  |            |                    |             |
|-----------------------|------------|--------------------|-------------|
| AGUAS CONVENCIONALES  | €/hectárea | Hectáreas servidas | € totales   |
| Fertilizante MARACUYA | 1.458,00 € | 8,27               | 12.052,63 € |
| Fertilizante PITAYA   | 3.802,00 € | 10,91              | 41.476,36 € |
| Fertilizante AGUACATE | 5.049,00 € | 4,78               | 24.125,04 € |
| Fertilizante MANGO    | 1.188,00 € | 5,26               | 6.244,13 €  |
| AGUAS REGENERADAS     | €/hectárea | Hectáreas servidas | € totales   |
| Fertilizante MARACUYA | 1.119,00 € | 8,27               | 9.250,27 €  |
| Fertilizante PITAYA   | 3.421,00 € | 10,91              | 37.320,00 € |
| Fertilizante AGUACATE | 4.231,00 € | 4,78               | 20.216,49 € |
| Fertilizante MANGO    | 815,00 €   | 5,26               | 4.283,64 €  |

Tabla 5.- Ahorro fertilización (Fuente: cálculos BIOAZUL)

| Ahorros fertilización |            |                    |            |
|-----------------------|------------|--------------------|------------|
|                       | €/hectárea | Hectáreas servidas | € totales  |
| MARACUYA              | 339,00 €   | 8,27               | 2.802,36 € |
| PITAYA                | 381,00 €   | 10,91              | 4.156,36 € |
| AGUACATE              | 818,00 €   | 4,78               | 3.908,55 € |
| MANGO                 | 373,00 €   | 5,26               | 1.960,49 € |

### 3.2 Capacidad de tratamiento 150 m<sup>3</sup>/día

En este caso, los costes de inversión y de operación se indican a continuación:

- CAPEX: 265.000€, que incluye la planta y una partida para la red de mangueras de riego (no incluye infraestructura).
- OPEX: 31.229,76€, que incluye mano de obra, repuestos, productos de limpieza, y el consumo eléctrico.

En este caso, para calcular el payback, se han considerado ingresos asociados a la venta de agua regenerada. Esta planta, funcionando 365 días, produciría anualmente 182.500m<sup>3</sup> de agua regenerada. Se ha fijado el precio del agua regenerada en 0.27€/m<sup>3</sup> lo que resulta en un periodo de recuperación de la inversión de 14.69 años (tabla 6), en línea con los 15 años que se suelen estimar para este tipo de inversiones.

Tabla 6.- Payback para planta 150 m<sup>3</sup>/día (Fuente: cálculos BIOAZUL)

| Payback del sistema terciario y desinfección     |              |
|--------------------------------------------------|--------------|
| Inversión (€) CAPEX [1]                          | 265.000,00   |
| Gastos de operación y mantenimiento (€) OPEX [2] | 31.229,76    |
| Ingresos adicionales (€) [3]                     | 49.275,00    |
| Ahorros anuales (€) [4] = [3] - [2]              | 18.045,24    |
| <b>Payback (años) [5] = [1] / [4]</b>            | <b>14,69</b> |

Por otra parte, con los 182.500m<sup>3</sup> que se producen anualmente, se podrían regar, teniendo en cuenta la demanda hídrica (Tabla 2), 57,41 ha maracuyá, 75,76 ha pitaya, 33,18 ha aguacate y 36,50 ha mango.

De acuerdo con la demanda nutricional de los cultivos (tabla 3) se han calculado los gastos de producción asociado a los fertilizantes en dos escenarios: uso de agua convencional para riego y uso de agua regenerada para riego (Tabla 7). En el caso del agua regenerada, se ha tenido en cuenta el aporte anual de nutrientes tal y como se ha indicado en la sección anterior. La tabla 8 muestra el ahorro en gastos de fertilizantes asociado al uso del agua regenerada.

Tabla 7.- Gastos fertilización (Fuente: cálculos BIOAZUL)

| Gastos fertilización  |            |                    |              |
|-----------------------|------------|--------------------|--------------|
| AGUAS CONVENCIONALES  | €/hectárea | Hectáreas servidas | € totales    |
| Fertilizante MARACUYA | 1.458,00 € | 57,41              | 83.698,82 €  |
| Fertilizante PITAYA   | 3.802,00 € | 75,76              | 288.030,30 € |
| Fertilizante AGUACATE | 5.049,00 € | 33,18              | 167.535,00 € |
| Fertilizante MANGO    | 1.188,00 € | 36,50              | 43.362,00 €  |
| AGUAS REGENERADAS     | €/hectárea | Hectáreas servidas | € totales    |
| Fertilizante MARACUYA | 1.119,00 € | 57,41              | 64.237,98 €  |
| Fertilizante PITAYA   | 3.421,00 € | 75,76              | 259.166,67 € |
| Fertilizante AGUACATE | 4.231,00 € | 33,18              | 140.392,27 € |
| Fertilizante MANGO    | 815,00 €   | 36,50              | 29.747,50 €  |

Tabla 8.- Ahorro fertilización (Fuente: cálculos BIOAZUL)

| Ahorros fertilización |            |                    |             |
|-----------------------|------------|--------------------|-------------|
|                       | €/hectárea | Hectáreas servidas | € totales   |
| MARACUYA              | 339,00 €   | 57,41              | 19.460,84 € |
| PITAYA                | 381,00 €   | 75,76              | 28.863,64 € |
| AGUACATE              | 818,00 €   | 33,18              | 27.142,73 € |
| MANGO                 | 373,00 €   | 36,50              | 13.614,50 € |

## 4 Conclusiones

El análisis coste-beneficio realizado en el marco del proyecto Axarquía Sostenible demuestra que el uso de aguas regeneradas en agricultura puede ser una solución técnica viable y con un balance positivo, especialmente si se optimizan las condiciones de escala y se consideran los beneficios económicos indirectos.

Sin embargo, para lograr su adopción efectiva y sostenible, es necesario ajustar ciertos factores económicos y ampliar el enfoque de análisis.

- **Viabilidad económica condicionada al volumen de tratamiento:** Los resultados muestran que, en escenarios de pequeña escala (planta de 72 m<sup>3</sup>/día), el coste del agua regenerada (1 €/m<sup>3</sup>) no es competitivo frente al coste del agua convencional (0,15 €/m<sup>3</sup>), incluso si se consideran los ahorros en fertilización. En cambio, al escalar la capacidad (planta de 150 m<sup>3</sup>/día), el precio por m<sup>3</sup> se reduce significativamente (0,27 €/m<sup>3</sup>), acercándose a la viabilidad económica, especialmente para cultivos como pitaya y aguacate, donde el ahorro en fertilizantes justifica el sobrecoste.
- **Optimización de precios e incentivos para rentabilidad universal:** Ajustando el precio del agua regenerada a 0,22 €/m<sup>3</sup>, se logra una situación económicamente favorable para todos los cultivos analizados. Esto subraya la importancia de establecer modelos de negocio e incentivos públicos que permitan internalizar los beneficios ambientales y sociales, de modo que los proyectos sean rentables más allá del equilibrio financiero inmediato.
- **Limitaciones del análisis y oportunidades de mejora:** El presente análisis no incluye los costes de infraestructura de distribución, asumiendo la existencia de redes disponibles, ni incorpora el valor económico de las externalidades ambientales y sociales. Si se incluyeran aspectos como la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, la menor huella hídrica o los beneficios asociados a la resiliencia hídrica y la economía circular, los resultados serían aún más favorables.
- **Conexión con políticas de adaptación y sostenibilidad:** El uso de aguas regeneradas se alinea con múltiples estrategias regionales, nacionales y europeas de adaptación al cambio climático, transición ecológica y modernización del regadío. En este sentido, los proyectos de reutilización no solo deben evaluarse desde una lógica financiera clásica, sino también como inversiones estratégicas que refuerzan la sostenibilidad del sistema agroalimentario en zonas vulnerables como la Axarquía.
- **Recomendaciones para futuras actuaciones**
  - Promover proyectos de reutilización a mayor escala para aprovechar economías de escala.
  - Valorar esquemas de apoyo público o tarifas bonificadas que reflejen los beneficios sistémicos de estas soluciones.
  - Ampliar el análisis coste-beneficio con una dimensión ambiental y social más robusta (ACB extendido).
  - Fomentar la aceptación social a través de campañas de sensibilización y formación al sector agrícola.

En conclusión, el uso de aguas regeneradas en agricultura puede y debe desempeñar un papel clave en la transición hacia una agricultura resiliente, eficiente y baja en carbono. Para ello, es imprescindible un enfoque integral que combine rentabilidad económica, sostenibilidad ambiental y coherencia con las políticas públicas.