

Estudi de la viabilitat econòmica i de la rendibilitat social i ambiental d'una nova instal·lació de tractament d'aigües residuals

Índex

1. Introducció	3
2. Importància de l'eficiència i la viabilitat en els projectes de reutilització de les aigües residuals	4
3. Experiències internacionals.....	8
4. Anàlisi cost-benefici com a eina per a avaluar la viabilitat econòmica en projectes de reutilització	10
4.1. Passos per a desenvolupar una anàlisi cost-benefici.....	13
5. Anàlisi de costos de la depuració d'aigües residuals	15
5.1. Cost de les EDARs actualment en operació	15
5.2. Cost de noves EDARs o processos: funcions de cost.....	15
6. Beneficis ambientals derivats de la reutilització.....	19
7. Justificació econòmica i viabilitat financera d'un projecte de reutilització de l'aigua	21
7.1. Factors essencials per a l'èxit dels projectes de reutilització	21
8. Una proposta de metodologia per a avaluar la viabilitat d'un projecte de reutilització	23
9. Càlcul del benefici ambiental del projecte de construcció d'una nova EDAR a l'Horta Sud de València	32
9.1. Descripció de la EDAR proposta i la seua influència en la minimització de l'impacte social i ambiental	33
9.2. Resultats de l'anàlisi del benefici ambiental del projecte de construcció de la nova EDAR a l'Horta Sud	37
REFERÈNCIES.....	40

ÍNDEX DE TAULES

Taula 1. Corba de costos com a funció de la grandària de la planta depuradora.	26
Taula 2. Corba de costos en funció del volum d'aigua tractada.	27
Taula 3. Metodologies de valoració de béns ambientals (preferències declarades).....	29
Taula 4. Identificació i valoració d'externalitats.	32
Taula 5. Benefici ambiental obtingut mitjançant la metodologia dels preus ombra per als contaminants eliminats per la nova EDAR proposta.	37

ÍNDEX DE FIGURES

Figura 1. Motors d'implementació i oportunitats de la implementació de l'economia circular. Elaboració pròpia.....	4
Figura 2. Ingressos i estalvis que s'aconsegueixen amb la implementació de la reutilització en les EDARs. Elaboració pròpia.....	6
Figura 3. Contextualització de l'anàlisi de viabilitat econòmica d'un projecte de reutilització de l'aigua. Elaboració pròpia.	11
Figura 4. Aspectes per a tindre a compte a l'hora d'assegurar l'èxit dels projectes de reutilització. Elaboració pròpia.	22
Figura 5. Ubicació de la nova EDAR proposta, obtinguda de l'estudi de viabilitat tecnicoeconòmica de la remodelació del col·lector oest i nova EDAR de l'Horta Sud, incloent la infraestructura de reutilització.....	35
Figura 6. Disseny de la nova EDAR proposta, obtinguda de l'estudi de viabilitat tecnicoeconòmica de la remodelació del col·lector oest i nova EDAR de l'Horta Sud, incloent la infraestructura de reutilització.....	36
Figura 7. Comportament de l'impacte ambiental considerant l'escenari de la no actuació i l'escenari on s'implementa el projecte proposat. Elaboració pròpia.	39

1.Introducció

Durant les últimes dècades l'escassetat d'un recurs bàsic com és l'aigua s'està accentuant en moltes àrees territorials (per exemple, a la Comunitat Valenciana), la qual cosa representa greus efectes sobre el nostre medi ambient i la nostra economia. A més, segons les previsions actuals la demanda mundial d'aigua excedirà els recursos disponibles en un 40% en 2030. Per això, a part d'adoptar mesures d'eficiència hídrica, convé abordar la reutilització de les aigües residuals tractades com un mitjà segur i viable d'augmentar el subministrament d'aigua reduint la pressió sobre uns recursos hídrics ja sobreexplotats.

S'exigeix reconsiderar el nostre enfocament tradicional sobre el consum d'aigua amb la finalitat d'adoptar noves estratègies que possibiliten que aquest recurs vital siga reutilitzat al màxim. Aquest canvi de paradigma suposa avançar cap a l'enfocament de l'economia circular en què les aigües residuals ja no són vistes com a deixalles, sinó com un recurs valuós en un context d'escassetat d'aigua. Una combinació de regulacions, incentius i la intervenció de tots els actors implicats serà clau per a transformar els criteris de gestió dels recursos hídrics. L'economia circular té un gran potencial econòmic, social i ambiental que permet la seua implementació en tots els àmbits actuals, tenint en compte l'escassetat de recursos, el desenvolupament de noves tecnologies i la cerca de la simbiosi entre els diferents actors (Figura 1).

A través de la implementació de l'economia circular en els diferents àmbits, com és el cas dels recursos hídrics, es presenten una sèrie d'oportunitats que no estarien disponibles si aquest enfocament no fora implementat. La seguretat en el proveïment dels recursos i la revaloració dels residus dels processos de producció obrin noves oportunitats de mercat que enrobusteixen i promouen la implementació de l'economia circular en els projectes que actualment s'estan desenvolupant, assegurant la seua sostenibilitat i la seua viabilitat socioeconòmica.

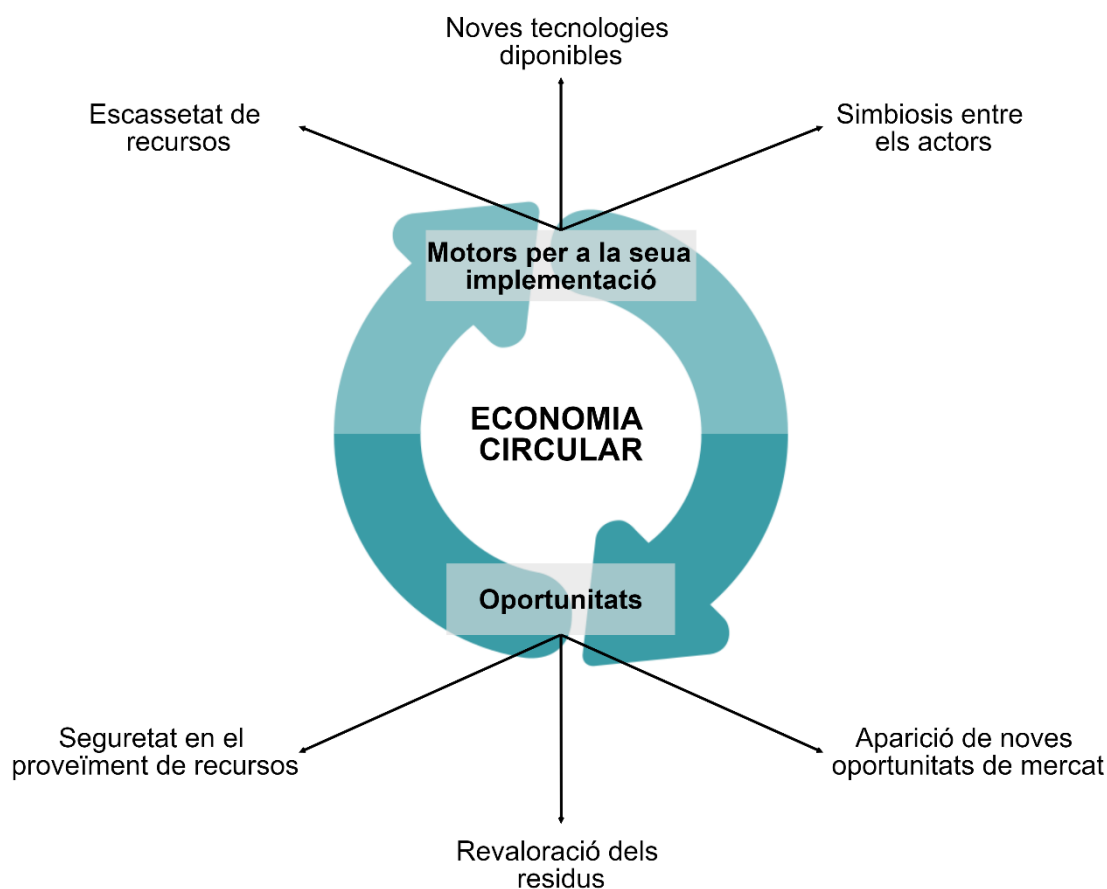


Figura 1. Motors d'implementació i oportunitats de la implementació de l'economia circular.
Elaboració pròpia.

La reutilització de l'aigua en l'agricultura també contribueix al reciclatge de nutrients promovent un menor ús de fertilitzants químics. Aquests efectes es mostren especialment rellevants en el cas de la Comunitat Valenciana. Per tot això, la promoció del sector de la reutilització de les aigües residuals tractades hauria de comptar amb un especial protagonisme en el marc de l'economia circular.

2.Importància de l'eficiència i la viabilitat en els projectes de reutilització de les aigües residuals

L'aigua de qualitat per a satisfer les necessitats humanes és un recurs cada vegada més escàs i la seua disponibilitat constitueix un factor essencial per al desenvolupament socioeconòmic. És conegut que, en moltes àrees territorials, a causa de la creixent acumulació de població unida a una pluviometria escassa i

irregularment distribuïda en el temps s'està produint un esgotament o deterioració difícilment reversible dels recursos hídrics disponibles. Al mateix temps la influència del canvi climàtic sobre aquests recursos genera una elevada incertesa.

Enfront dels requeriments creixents de la demanda cal assenyalar que certament és difícil incrementar l'oferta d'aigua. En primer lloc, ens trobem amb unes limitacions derivades de l'escassetat de precipitacions i, a més, l'augment de la disponibilitat d'aigua en determinades zones suposaria la construcció de costoses obres d'infraestructura no sempre amb el suficient suport social. Una altra alternativa seria l'ús dels anomenats recursos no convencionals com són els derivats de la dessalació o regeneració d'aigües residuals.

Aquesta última opció és la que compta amb la major potencialitat a l'hora de contribuir a pal·liar els desequilibris hídrics en una àrea geogràfica. De fet, donada la necessitat d'aplicar un tractament idoni a les aigües residuals, la pròpia lògica ens indica que hauríem d'utilitzar aqueixa aigua una vegada regenerada. El sector agrícola, com a major usuari de recursos hídrics, seria a més el major destinatari per a aquesta font d'aigua tractada. Tot això sense obviar els possibles usos en el camp ambiental (recuperació d'aiguamolls, cabal ecològic, etc.), urbà (aigualeig de carrers, reg de jardins, etc.) o esportiu (reg de camps de golf).

A més, mitjançant l'ús de l'aigua regenerada per al reg de cultius podrien ser alliberats recursos hídrics convencionals i ser dedicats a usos que requerisquen una major qualitat de l'aigua. No obstant això, és obvi que els agricultors únicament acceptaran l'efluent de les depuradores en substitució de l'aigua superficial o subterrània si obtenen avantatges d'això. És a dir, la viabilitat tant econòmica com financera dels projectes de reutilització d'aigües es mostra com un requisit indefugible perquè es puga dur a terme aquesta transferència d'aigua. En aquest sentit resulta fonamental el paper de les autoritats tant per a demostrar l'existència d'avantatges com per a donar suport a l'adopció d'aquesta mena d'acords d'intercanvi entre les comunitats de regants i les autoritats locals, per exemple.

La importància i potencialitat de la reutilització converteix en prioritària la bona gestió de les aigües residuals sobretot pel que fa a l'optimització dels processos de

tractament, eficiència energètica, minimització de la producció de llocs o, viabilitat econòmica i ambiental de noves tecnologies. En concret, l'obtenció d'un efluent de qualitat sota criteris de sostenibilitat econòmica i ambiental suposa un important repte tecnològic que, al seu torn, representa una oportunitat per a la innovació en el camp del tractament de les aigües residuals. A més del seu evident interès per a les aplicacions a escala nacional, és important destacar el mercat potencial que s'està obrint en altres països, especialment de l'àmbit mediterrani i llatinoamericà.

La reutilització és una oportunitat per a les EDARs que ha de ser tinguda en compte ja que genera una sèrie d'ingressos i estalvis amb un fort impacte en la dinàmica de la seua gestió, tal com es recull en la Figura 2. Les vendes de l'energia, l'aigua i els subproductes del procés de depuració tenen un ampli mercat d'aplicació on es compleixen, a més els principis de l'enfocament de l'economia circular anteriorment comentat. Al mateix temps, aqueixa revaloració dels corrents i subproductes genera substancials estalvis del procés de depuració que permetran millorar la seua eficiència i ajudar a la implementació de noves tecnologies de tractament que milloren encara més els processos de tractament de l'aigua residual.

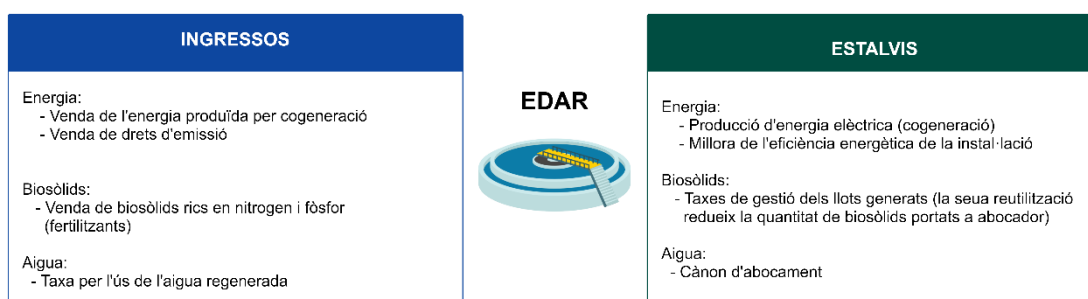


Figura 2. Ingressos i estalvis que s'aconsegueixen amb la implementació de la reutilització en les EDARs. Elaboració pròpia.

Per aquesta raó, es requereix emprar nous processos més eficients des del punt de vista energètic, que consumisquen menys additius químics i que facen un millor ús de subproductes com el llot o el biogàs. També cal desenvolupar i implementar sistemes de tractament a petita escala que reduïsquen l'ús tan generalitzat de llargues conduccions de transport d'aigües residuals. És important garantir la viabilitat econòmica i ambiental de les plantes de tractament actuals davant aquests reptes que s'apunten.

D'altra banda, encara que són evidents els beneficis de la reutilització de l'aigua resulta igualment cert que les variables econòmiques, com ara els costos i el preu de l'aigua regenerada seran determinants en la seua implementació. Una aplicació estricta del principi de recuperació de costos suggereix que l'usuari privat ha de cobrir el cost total del projecte de reutilització. No obstant això, la intervenció de l'administració pública es podria justificar ja que es generen externalitats positives que milloren el benestar social. D'aquesta manera, els governs podrien contribuir a finançar i mantindre aquest tipus de projectes.

En aquest sentit, s'hauria de dur a terme una anàlisi en profunditat dels recursos d'aigua en una àrea territorial amb la finalitat d'establir un llindar de rendibilitat en termes tècnics i econòmics que convertisca la reutilització en una opció atractiva enfront d'altres alternatives. Això requereix conèixer l'estructura de costos associats a cadascuna de les fonts d'aigua tenint en compte el valor de les externalitats i els costos d'oportunitat generats.

A l'hora d'abordar una anàlisi comparativa dels costos associats a cada font d'aigua haurien de considerar-se les següents variables: el consum d'energia per al bombament i distribució d'aigua, manteniment de pous i canonades per als recursos convencionals; les despeses de personal, manteniment, productes químics i energia per a l'aigua regenerada. En el cas del tractament de les aigües residuals hem de tindre en compte que l'estructura de costos varia depenent de la grandària de la planta. La determinació d'un llindar de rendibilitat ens donaria la grandària mínima d'una planta que garantiria l'ús competitiu de l'aigua regenerada.

A partir d'ací convé analitzar els mecanismes de fixació de preus amb la finalitat d'avaluar les possibilitats reals de la demanda d'aigua regenerada. Un estudi de la rendibilitat i els possibles incentius aplicats ajudaria a determinar la vertadera potencialitat de la reutilització com a alternativa als recursos convencionals. En aquest context, és necessari tindre en compte que l'aigua potable es troba sovint subvencionada. De fet, si el principi de recuperació de costos s'aplicara de manera estricta tant al sector del proveïment com a la reutilització i quedara reflectit en el

seu respectiu sistema de tarifes, la competitivitat de l'aigua regenerada milloraria significativament.

En aquest sentit, qualsevol estratègia de preus hauria de ser considerada des d'una perspectiva de gestió integral dels recursos hídrics. Si les tarifes d'aigua regenerada han d'incrementar-se per a complir amb el principi de recuperació de costos, el preu de l'aigua potable deuria també ser augmentat per a aconseguir el mateix objectiu i evitar el creixement en el consum total d'aigua. En aquest sentit, un major cost per a l'aigua potable podria ser un factor determinant en el desenvolupament o l'ampliació de programes per a l'ús de l'aigua regenerada.

3.Experiències internacionals

Des d'un punt de vista econòmic, les experiències internacionals sobre la reutilització de l'aigua es poden classificar en dos grups: projectes en els quals l'aigua regenerada és pot facturar i aquells en els quals no ho és. En el segon cas s'inclouen els projectes d'interès públic en els quals s'utilitza l'aigua per a la recàrrega dels aqüífers, la restauració de les masses d'aigua o el reg de jardins públics.

Per exemple, en les conques dels rius mediterranis s'espera que la reutilització de l'aigua contribuísca a aconseguir el bon estat ecològic de les masses d'aigua que exigeix la Directiva Marc de l'Aigua. Encara que aquests projectes no generen ingressos des d'un punt de vista de mercat, creen una sèrie d'importants externalitats positives que beneficien a tota la societat. Per tant, per a justificar la seua viabilitat econòmica, una anàlisi Cost-Benefici hauria d'incloure la quantificació dels beneficis ambientals i socials generats.

D'altra banda, els projectes en els quals l'aigua és pot facturar es caracteritzen pel subministrament d'aigua regenerada per als usuaris privats. Les regulacions permeten diferents usos de l'aigua i defineixen els nivells de qualitat d'aigua per a cada cas. En aquest context, és ben sabut que la inversió i els costos d'operació i manteniment del procés de regeneració varien molt, depenent de la qualitat

requerida per a l'aigua. En la majoria d'aquests projectes, els sistemes de regeneració d'aigua estan dissenyats ad hoc, basant-se en les necessitats dels usuaris privats. Per a recuperar el cost d'aquesta regeneració, la tarifa aplicada hauria de ser igual o major que el cost associat a aquest procés.

No obstant això, els projectes de reutilització en la pràctica quasi mai paguen la recuperació total dels costos per als usuaris de l'aigua, però en la majoria dels casos es necessita un cert grau de subsidi. Itàlia i Israel són dos exemples d'aquesta política. D'una banda, Itàlia promou la reutilització de l'aigua a través del Decret legislatiu 152/2006, que ordena les tarifes de descompte per als usuaris industrials d'aigua regenerada. A Israel, l'Estat paga una fracció no menyspreable dels costos totals dels projectes de reutilització.

Amb aquesta informació, es planteja la qüestió de per què el principi de recuperació de costos no es compleix per a la majoria dels projectes internacionals de reutilització de l'aigua. En el context de la tarifació en regions amb escassetat d'aigua, hi ha tres principals objectius desitjables: la fixació de preus en funció de la demanda d'aigua, els preus per a promoure l'ús d'aigua regenerada i aquells preus que permeten la recuperació de costos. L'assoliment simultani d'aquests tres objectius és pràcticament impossible.

Als EUA, segons la *American Water Works Association*, per al 42% de les empreses de serveis públics és més important promoure l'ús de l'aigua regenerada que la recuperació del cost total del projecte. A més, la voluntat d'utilitzar l'aigua regenerada per part dels agricultors depèn de la diferència de preus entre l'aigua convencional i la regenerada. Per tot això, només adoptant una perspectiva de gestió integrada dels recursos hídrics es podran afrontar amb garanties els reptes derivats del tractament i la reutilització de l'aigua.

4. Anàlisi cost-benefici com a eina per a avaluar la viabilitat econòmica en projectes de reutilització

El procés de depuració d'aigües residuals constitueix una obligació legal per als Estats membre de la Unió Europea sobre la base de la Directiva 91/271/CEE. Tanmateix, això no significa que a l'hora d'implementar aquesta Directiva les Administracions competents no hagen de tindre en compte criteris de tipus econòmic. A més, la depuració d'aigües residuals constitueix una activitat econòmica en el sentit que, en nombroses ocasions, les estacions depuradores d'aigües residuals (EDARs) són operades per empreses privades. És per això que els aspectes econòmics associats a la depuració de l'aigua residual estan adquirint un interès creixent tant per a les Administracions implicades com per a les empreses explotadores de les instal·lacions.

El desenvolupament d'estudis per a avaluar la viabilitat econòmica dels projectes de reutilització és un pilar fonamental a l'hora d'assegurar l'efectivitat, eficiència i la sostenibilitat econòmica, social i ambiental de les noves accions que es duen a terme dins del cicle hidrològic. És per aquesta raó que el procés d'anàlisi ha de ser contextualitzat tenint en compte els aspectes essencials del problema a tractar i els fonaments de les metodologies que seran aplicades. La Figura 3 mostra aquesta contextualització per a un projecte de reutilització dins del marc de l'economia circular.

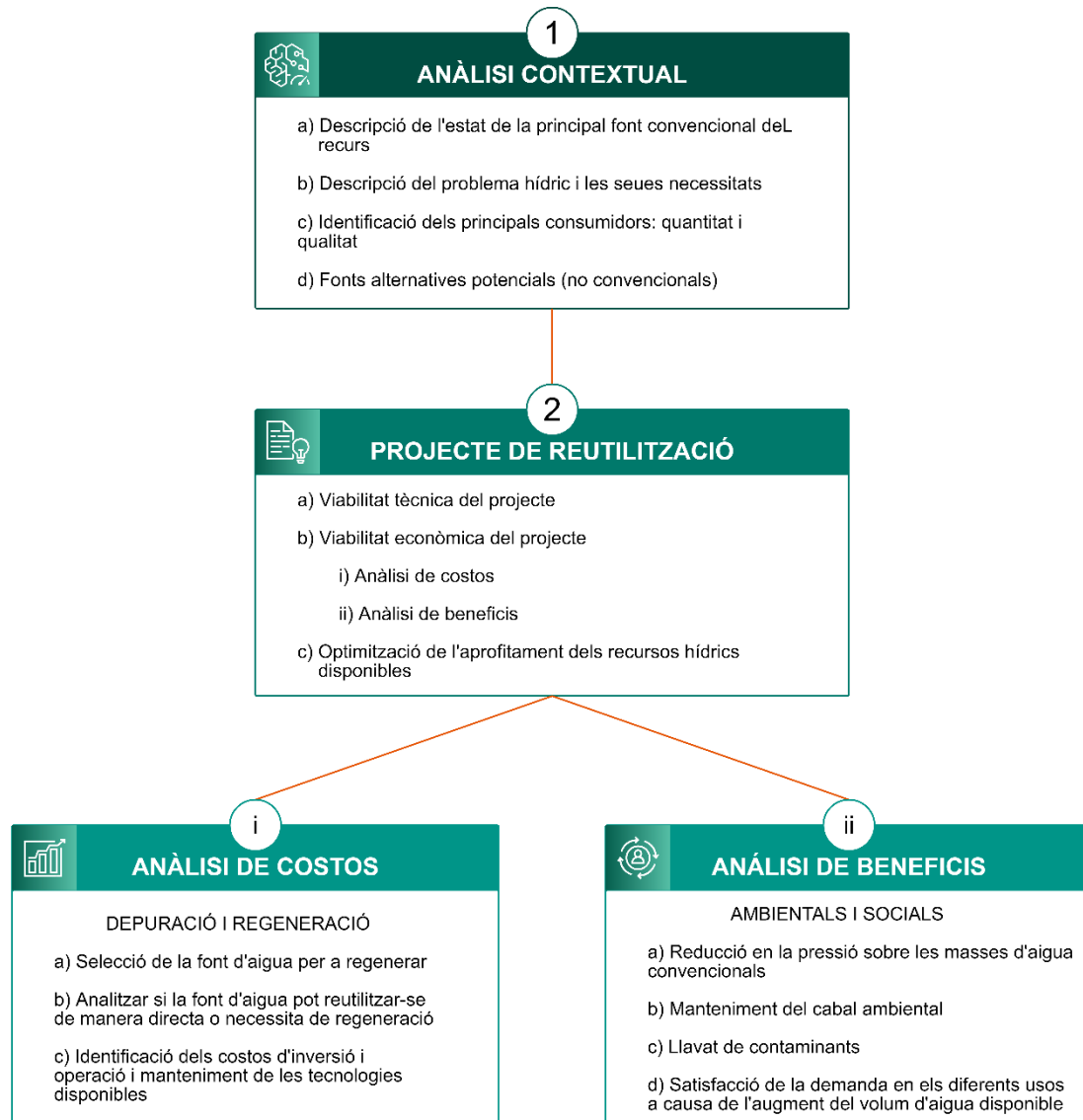


Figura 3. Contextualització de l'anàlisi de viabilitat econòmica d'un projecte de reutilització de l'aigua. Elaboració pròpia.

En aquest context, l'Anàlisi Cost Benefici (ACB) constitueix una de les eines més àmpliament utilitzades per a avaluar la viabilitat econòmica de qualsevol projecte. Aquesta eina garanteix la racionalitat econòmica de les inversions en assegurar que els beneficis derivats del projecte són majors que els costos incorreguts.

Abans de descriure de forma detallada l'ACB, és necessari diferenciar aquesta eina de la denominada anàlisi financera. Bàsicament, en una anàlisi financera es comparen els costos i els ingressos generats durant la vida útil del projecte, és a dir, es comparen els denominats impactes interns o privats. La diferència entre els

costos i els ingressos totals és el benefici net, és a dir, el benefici derivat d'implementar un determinat projecte. L'enfocament de l'ACB és diferent ja que no sols té en compte els impactes interns, sinó també els denominats impactes externs o externalitats derivades del projecte. Per tant, l'ACB integra els costos interns, els ingressos interns, les externalitats negatives i les externalitats positives.

En un projecte de reutilització, els ingressos interns estan representats únicament per la possible venda de l'aigua regenerada o d'altres productes recuperats durant el procés de depuració. No obstant això, aquest tipus de projectes pot estar justificat per la generació d'externalitats positives com la prevenció de la contaminació. És per això, que quan s'avalua la viabilitat econòmica dels projectes de depuració d'aigües residuals, l'eina a utilitzar és l'ACB i no l'anàlisi financera. En cas contrari, els beneficis ambientals associats a aquesta mena de projectes que no tenen valor de mercat no són considerats en l'anàlisi. L'ACB parteix sempre de la premissa que un projecte únicament ha de realitzar-se si els beneficis superen als costos. Per tant, es basa en la comparació del benefici total amb els costos totals de cada proposta fent ús d'una metodologia analítica comuna. El benefici net o el benefici total es calcula fent ús de la Ec. (1).

$$BN = \sum Bi - \sum Ci \quad (1)$$

on:

BN és el benefici net; Bi és el valor del benefici i ; i Ci és el valor del cost i .

Per a un determinat projecte, si $BN > 0$, llavors el projecte és econòmicament viable, mentre que si $BN < 0$ el projecte no és viable en termes econòmics. També és possible avaluar la viabilitat econòmica com la ràtio entre els beneficis i els costos del projecte. Aquest tipus de ràtios poden utilitzar-se per a ordenar les mesures a implementar tenint en compte que els recursos econòmics són limitats, és a dir, l'ACB constitueix una eina de suport a la decisió a l'hora de prioritzar la implementació de mesures o projectes d'inversió.

Una feblesa de l'ACB és que la decisió final depén del llistat d'alternatives proposades. És a dir, pot haver-hi alternatives amb una millor ràtio benefici-cost però que queden fora de l'anàlisi.

En el cas de projectes d'inversió la vida útil de la qual és més d'un any, tant els costos com els beneficis han d'actualitzar-se al moment inicial. En altres paraules, el benefici net ha d'expressar-se en valors actuals. Per a això, és necessari aplicar la corresponent taxa de descompte de manera que l'inversor es torna indiferent en relació amb el flux de caixa registrat en diferents anys. El benefici net actualitzat es calcula aplicant la la Ec. (2):

$$BNA = \sum_{t=0}^T \frac{BN}{(1+r)^t} \quad (2)$$

on:

BNA és el benefici net actualitzat; *BN* és el benefici net; *r* és la taxa de descompte; i *t* és la vida útil del projecte.

El *BNA determina la viabilitat econòmica del projecte. Igual que en el BN per a projectes amb un any de duració, si el valor del BNA és positiu llavors el projecte és viable en termes econòmics. Si $BNA < 0$, el projecte no és viable des del punt de vista econòmic. La millor opció, és la que presenta un valor major de BNA.

4.1. Passos per a desenvolupar una anàlisi cost-benefici

Per a avaluar la viabilitat econòmica d'un projecte d'inversió a través d'un ACB, és necessari seguir una sèrie de passos:

1) *Definir el conjunt d'alternatives per a desenvolupar el projecte.* L'ACB es realitza amb l'objectiu de comparar el BN o BNA de diverses alternatives. En la majoria de les ocasions, l'alternativa al desenvolupament del projecte és l'*statu quo*, és a dir, no implementar cap alternativa. En el nostre cas, no és necessari realitzar aquest pas ja que la depuració d'aigües residuals constitueix una obligació legal.

2) *Identificar els costos i els beneficis del projecte.* Una vegada que s'han especificat les alternatives del projecte, el següent pas és identificar els beneficis i els costos generats a conseqüència del projecte.

3) *Quantificar els costos i els beneficis del projecte.* Aquesta constitueix la fase més complexa de l'ACB. En aquest sentit, els impactes interns poden ser quantificats fàcilment perquè tenen valor de mercat. En canvi, els projectes amb externalitats ambientals, com és el cas de la depuració d'aigües residuals, presenten major complexitat en la quantificació d'aquests impactes externs ja que no tenen valor de mercat. És per això, que es requereixen mètodes de valoració econòmica per a estimar el valor econòmic d'aquestes externalitats ambientals. D'aquesta manera, és possible estandarditzar les unitats de mesura ja que normalment els costos estan expressats en unitats monetàries mentre que els beneficis estan expressats en físiques.

4) *Calcular el benefici net actualitzat o benefici total.* Tal com es mostra en l'Equació 2, el BNA es defineix com la diferència entre els beneficis i els costos, expressats en valors actuals. Un projecte és econòmicament viable si el BNA és positiu. Quan s'avalua la viabilitat econòmica de diverses alternatives, la millor opció és la que presenta un major BNA.

5) *Realitzar una anàlisi de sensibilitat.* Tots els passos descrits anteriorment, estan subjectes a incertesa. En aquest sentit, existeixen diverses tècniques estadístiques i matemàtiques que permeten delimitar la incertesa en les variables incloses en l'anàlisi de viabilitat.

6) *Realitzar recomanacions sobre la base dels valors de BNA i l'anàlisi de sensibilitat.* L'alternativa que genera el major BNA serà la seleccionada com més adequada. Pot succeir que, després de l'anàlisi d'incertesa, la millor opció no siga la mateixa que la que inicialment s'havia identificat.

Una vegada definits els aspectes bàsics de l'ACB, es presenten les metodologies utilitzades per a calcular tant els costos com els beneficis derivats del procés de depuració d'aigües residuals.

5. Anàlisi de costos de la depuració d'aigües residuals

L'estimació dels costos és un requisit bàsic per a realitzar un ACB. En l'àmbit específic de la depuració d'aigües residuals, ens podem trobar amb dues situacions i cadascuna d'elles requereix una aproximació diferent per a estimar els seus costos:

- a. Estimació dels costos d'instal·lacions o processos que es troben actualment en operació.
- b. Estimació dels costos de noves instal·lacions o nous processos.

Tenint en compte que la depuració d'aigües és una obligació legal, en el cas de les plantes que es troben ja en operació, l'objectiu de l'ACB és determinar si l'operació d'aquestes instal·lacions és econòmicament viable. En aquest cas, els costos d'inversió (CI) queden fora del context analític. Per contra, en el cas de noves EDARs o de la implementació de nous processos per a millorar la qualitat de l'efluent més enllà dels requisits legals, els CI no poden ser obviats.

5.1. Cost de les EDARs actualment en operació

Teòricament, la quantificació dels costos d'operació i manteniment d'aquestes instal·lacions és una tasca senzilla ja que aquests costos estan estrictament controlats per les empreses explotadores. No obstant això, des del punt de vista pràctic, l'elevada diversitat de sistemes de gestió de les EDARs, tant a nivell local com regional, així com la variabilitat de tecnologies, dificulten l'obtenció de dades reals sobre els costos d'operació i manteniment (COM) d'aquestes instal·lacions.

5.2. Cost de noves EDARs o processos: funcions de cost

En el cas de la implementació de noves instal·lacions o processos, l'objectiu de l'ACB és seleccionar la millor alternativa des del punt de vista econòmic. Per tant, no sols han de considerar-se els COM sinó també els CI. Els CI són relativament senzills de quantificar. No obstant això, la predicció dels COM és molt més complexa. En aquest context, les funcions de cost es presenten com una eina senzilla, però de gran utilitat

ja que permeten relacionar els COM amb les variables més representatives del procés avaluat.

Les funcions de cost s'utilitzen sovint per a predir costos en àmbits molt diversos. No obstant això, en l'àmbit de la depuració d'aigües residuals, la seua aplicació ha sigut més aviat limitada. Malgrat això, la literatura mostra alguns exemples de funcions de cost específiques per al tractament i/o reutilització d'aigua regenerada. La majoria d'aquestes aplicacions empíriques utilitzen mètodes estadístics que permeten desenvolupar una funció de cost a partir de dades reals d'EDARs. Una altra dels avantatges de les funcions de cost és que permeten comparar els processos de depuració d'aigües des del punt de vista econòmic, sempre que es desenvolupen funcions específiques per tecnologies.

Els passos per a elaborar les funcions de cost a partir de les dades reals de costos són els següents:

- i. *Classificar les dades en funció de la tecnologia.* En el nostre àmbit d'estudi, en primer lloc, hem de diferenciar entre EDARs amb tractament primari, secundari o terciari. Posteriorment, establim una classificació més detallada dins del grup de plantes amb tractament secundari (exemple, ventilació prolongada, biodiscos, filtre percolador, etc.). En relació amb les funcions de cost relatives a la gestió de llots, haurem de diferenciar les diferents opcions de gestió d'aquest residu (ús agrícola, incineració, abocador, etc.).
- ii. *Triar un any de referència per a la valoració econòmica.* A causa de la dificultat que comporta l'obtenció de dades reals sobre els COM d'EDARs, sovint la informació recopilada no pertany al mateix període de temps. En aquest cas, és necessari seleccionar un any de referència i homogeneïtzar totes les dades a través de la seua actualització.
- iii. *Seleccionar les variables a incloure en la funció de cost.* Habitualment es considera que la capacitat de tractament de la planta és el factor més influent en els COM de les EDARs ja que aquestes instal·lacions presenten

significatives economies d'escala, sent necessari definir la variable que expressa la capacitat de la planta (habitants equivalents o volum d'aigua tractada). D'altra banda, és conegut que els COM de les EDARs no sols depenen de la capacitat de la instal·lació, sinó que existeixen altres factors que afecten a aquests.

- iv. *Triar una forma funcional per a la funció de cost.* El desenvolupament de la funció de cost consisteix a establir una relació entre la variable dependent C (cost) i una sèrie de variables independents X (per exemple, el volum d'aigua tractat o l'eficiència en l'eliminació de contaminants) a través d'una anàlisi de regressió. Per a això, es poden utilitzar diversos models com, per exemple:

$C = a + \frac{b}{X}$	<i>Inversa</i>
$C = a + b \ln X$	<i>Logarítmica</i>
$C = a X^b$	<i>Potencial</i>
$C = a + b X + c X^2$	<i>Quadràtica</i>

on:

a, b y c són els paràmetres del model a estimar.

En la literatura especialitzada, trobem diferents contribucions. Així, Sipala et al. (2005) desenvolupen un model lineal Ec. (3).

$$Y = a - bx \quad (3)$$

on:

Y són els costos d'operació en €/m³; x és la capacitat de la planta en habitants equivalents i; a, b són paràmetres constants.

Aquests autors consideren que el grau de depuració i, per tant, els costos depenen significativament de les opcions de reutilització de l'aigua, de les regulacions legals i dels aspectes de tipus sanitari. Per això, avaluen els costos de depuració per a diversos escenaris que tenen en compte les consideracions citades prèviament.

Després d'una revisió bibliogràfica, trobem que la forma funcional que proporciona millors resultats és la potencial. Aquest enfocament és utilitzat per González-Serrano et al. (2006) per a analitzar l'eficàcia i els costos de la reutilització de l'aigua regenerada sota diferents escenaris en regions amb greus problemes d'estrés hídric. L'ajust proposat presenta la forma recollida en la Ec. (4).

$$C = -\alpha \ln Q + \beta \quad (4)$$

on:

C és el cost total d'operació i manteniment (€/m³); Q és el cabal d'aigua tractada (m³/hora) i; α, β són paràmetres constants.

Un enfocament molt similar va ser aplicat pel Ministeri de Medi Ambient (MARM, 2009) a través de la Guia Tècnica d'Avaluació de Mesures. En aquesta guia el Ministeri desenvolupa una sèrie de funcions de costos per a predir els costos del procés de depuració d'aigües residuals a Espanya i poder així realitzar part de l'anàlisi econòmica necessària per a la implementació de la Directiva Marc de l'Aigua.

Seguint aquests treballs, es proposa la formulació d'una funció de cost, per a cada tecnologia de tractament, de tipus potencial que tinga en consideració no sols la capacitat de tractament de la planta sinó altres variables representatives. Així, en termes generals, la seua formulació s'expressa segons la Ec. (5).

$$C = A V^b e^{(\sum \alpha_i x_i)} \quad (5)$$

o en termes logarítmics, segons la Ec. (6).

$$\ln C = \ln A + b \ln V + \sum \alpha_i x_i \quad (6)$$

on:

A, b i α són paràmetres; C és el cost total per any; V és el volum d'aigua tractada anualment i; x_i són diverses variables representatives del procés.

En relació amb la funció de cost relativa als costos de gestió dels llots i residus generats a conseqüència de la depuració, la literatura no ofereix referències prèvies. Per això, després de diverses proves, es va identificar que el tipus d'ajust que proporciona millors resultats és el lineal (recollit en la Ec. 7).

$$C = a + \sum \alpha_i x_i \quad (7)$$

on:

C és el cost total per any; A i α són paràmetres i; x_i són tipus de residus.

- v. *Ajustar les dades reals a la forma funcional definida a través de mètodes estadístics.* Es planteja una regressió a través de l'ajust de mínims quadrats imposant la condició addicional que tots els coeficients han de ser positius. Per a això, utilitzem un model d'optimització no lineal que resollem amb el programari *General Algebraic Modeling System* (GAMS).

6. Beneficis ambientals derivats de la reutilització

L'eina d'ACB consisteix, bàsicament, en la comparació dels costos i dels beneficis associats a un determinat projecte. No obstant això, el fet que aquesta anàlisi haja d'incloure tant els elements amb valor de mercat com els que manquen d'ell, és el principal obstacle en la seua aplicació. Així, és evident que la depuració d'aigües residuals té associats uns determinats beneficis ambientals que manquen de preu de mercat, però el valor del qual ha de ser incorporat en l'ACB.

La teoria econòmica ha desenvolupat diversos mètodes encaminats a estimar el valor econòmic de les externalitats positives derivades dels projectes d'inversió, en general i, dels beneficis ambientals, en particular. Els mètodes tradicionals (mètodes de preferències declarades) es basen en l'enfocament de la demanda. No obstant això, existeixen altres metodologies basades en l'enfocament del cost de la producció que també poden ser utilitzades per a quantificar en termes monetaris els beneficis ambientals. Aquest enfocament es basa en l'estimació dels preus ombra dels outputs no desitjats o contaminants eliminats a conseqüència del procés de depuració de les aigües residuals. Així, s'obté una aproximació al benefici ambiental derivat de la depuració d'aigües residuals.

La viabilitat de la reutilització dependrà de les circumstàncies locals, les quals afectaran l'equilibri entre els costos i els beneficis. Probablement el principal benefici en la majoria dels casos és el valor de l'aigua dolça que s'intercanvia per un ús urbà o industrial de major valor. Això podria reduir el cost per a les autoritats municipals de buscar els seus subministraments a través de mitjans més costosos. A més, la reutilització impedeix que s'aboquen aigües residuals sense tractar en els sistemes costaners i d'aigües subterrànies, la qual cosa porta beneficis per al turisme i els ecosistemes.

Depenent de la situació local, també podria haver-hi beneficis per als agricultors si aconsegueixen evitar alguns dels costos d'extraure aigües subterrànies, al mateix temps que els nutrients presents en les aigües residuals podrien permetre un estalvi en fertilitzants. També podria haver-hi beneficis per al medi ambient local gràcies a la reducció dels fluxos d'aigües residuals sense un adequat tractament.

7. Justificació econòmica i viabilitat financera d'un projecte de reutilització de l'aigua

L'avaluació econòmica del projecte ha de realitzar-se a una escala no estrictament local, comparant els costos i beneficis econòmics del projecte en un àmbit territorial més ampli. Sobre la base de l'evidència observada en els nostres casos d'estudi, és poc probable que aquests sistemes es justifiquen econòmicament considerant només l'agricultura. A pesar que els agricultors poden ser beneficiaris nets gràcies a l'ús d'aigües residuals tractades, en comparació amb les seues fonts d'aigua anteriors o alternatives, això depèn molt de les circumstàncies locals i, en tot cas, és possible que els seus beneficis nets no compensen els costos totals del sistema. D'altra banda, els beneficis per als usuaris urbans i industrials podrien ser relativament considerables i en molts casos serien la justificació principal del projecte. L'impacte net del projecte en el medi ambient també dependrà de l'espai territorial considerat.

Una vegada establida la justificació econòmica bàsica del projecte, el pas següent consisteix a examinar la seua viabilitat financera. La distribució dels costos i beneficis del projecte entre les diferents parts interessades és també clau per a la seua factibilitat. S'ha d'avaluar el seu efecte en les finances de les diverses parts interessades, és a dir, govern nacional, autoritats hídriques regionals, agricultors, serveis públics municipals i altres actors principals. S'ha d'identificar als beneficiats i contribuents per a calcular els incentius i el tipus de finançament que seria apropiat. Els subsidis, impostos, cànon, crèdits preferencials, pagaments de serveis ambientals i altres instruments podrien formar part de les propostes financeres.

7.1. Factors essencials per a l'èxit dels projectes de reutilització

De manera paral·lela a la justificació econòmica i la viabilitat financera del projecte ha de ser considerat l'impacte social del projecte proposat. La forma en la qual es presenta la reutilització a la població i actors implicats suposa un pilar fonamental a l'hora assegurar l'èxit de qualsevol projecte centrat en la millora de la conservació

i gestió dels recursos hídrics. Tal com es recull en la Figura 4, existeixen una sèrie d'aspectes a tindre en compte per a assegurar l'èxit dels projectes de reutilització, els quals se centren en demostrar la seua eficàcia i la seua eficiència, així com a presentar el projecte d'una forma atractiva i adaptada a l'àmbit en el qual es desenvoluparà.

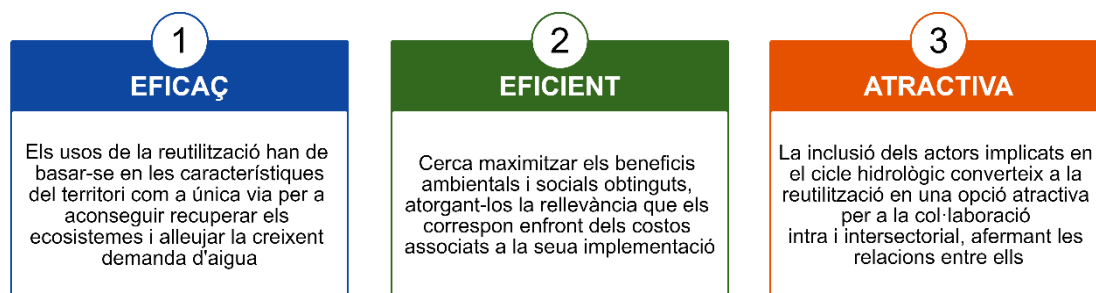


Figura 4. Aspectes per a tindre a compte a l'hora d'assegurar l'èxit dels projectes de reutilització. Elaboració pròpia.

A pesar que l'esquema analític de l'ACB pot incorporar els interessos de les autoritats locals i agricultors, existeix també una tercera part important en joc: el medi ambient. Un desafiament per als analistes en aquesta àrea consisteix a reflectir les necessitats ambientals, valorant els seus actius i serveis i assegurant la seua sostenibilitat.

La majoria dels estudis de cas posen èmfasi en els beneficis percebuts pels agricultors gràcies als nutrients de l'efluent, a la no extracció d'aigües subterrànies o a una major garantia de subministrament en comparació amb altres fonts d'aigua, en particular en climes àrids i semiàrids. Si bé els estalvis per la no extracció d'aigües subterrànies són molt evidents, els beneficis associats als nutrients depenen de l'evidència empírica disponible ("amb i sense projecte"). El valor de l'aigua regenerada també necessita demostrar-se de manera convincent, per exemple, a través d'un estudi més detallat de la resposta dels agricultors quan el subministrament d'aigua és erràtic o escàs.

Des del punt de vista de la demanda d'aigua a nivell urbà, els estudis de cas reflecteixen una visió generalitzada que les tarifes del subministrament d'aigua són massa reduïdes i existeix una subestimació important dels beneficis dels projectes

de reutilització, així com dels costos evitats en satisfer la demanda existent d'una manera diferent.

D'aquí ve que es requereix destacar que la regeneració i reutilització d'aigües tractades suposa un element clau en la Gestió Integrada dels Recursos Hídrics (GIRH) ja que permet aconseguir objectius diferents, però totalment interrelacionats. Aquesta nova percepció contribuirà a transformar l'actual model de caràcter lineal cap a un nou model basat en l'economia circular com a garantia de la sostenibilitat econòmica, social i ambiental.

8.Una proposta de metodologia per a avaluar la viabilitat d'un projecte de reutilització

L'aigua regenerada pot ser utilitzada en un gran nombre d'activitats com el reg agrícola i de jardins, la recàrrega d'aqüífers, processos industrials, etc. Els requeriments de qualitat per a aquesta aigua estaran en funció del seu ús final i de la seua potencial exposició a les persones. Un problema associat als projectes de reutilització de l'aigua regenerada és la planificació insuficient el que sol provocar que el seu preu real siga molt més alt que l'estimat durant l'etapa de disseny. Així mateix, una vegada que el sistema de tractament i reutilització ha sigut construït i està en funcionament ha de realitzar-se un control continu de la qualitat de l'aigua en funció dels paràmetres fixats per la legislació per a cada ús.

La quantificació dels costos i els ingressos potencials d'un projecte ens permetrà valorar adequadament la seua viabilitat. A més, cal tindre en compte que aquests costos i ingressos variaran al llarg de la vida útil de les inversions realitzades. En aquesta metodologia s'entén ingrés com qualsevol guany en benestar i cost com qualsevol pèrdua en benestar o utilitat.

S'assumeix que l'objectiu principal de tot projecte de reutilització és maximitzar els beneficis totals, la qual cosa en termes econòmics és la diferència entre els ingressos

i els costos. El resultat mostrarà si el projecte és viable o no. A l'hora de calcular els beneficis totals, cal incloure bàsicament tant el benefici intern com l'extern. Una altra manera d'expressar la funció a maximitzar seria segons la Ec. (8).

$$\text{Max } B_T = B_I + B_E \quad (8)$$

on:

B_T = Benefici Total (ingressos totals – costos totals)

B_I = Benefici Intern (ingressos interns – costos interns)

B_E = Benefici Extern (externalitats positives - externalitats negatives)

Benefici Intern:

Es dedueix de la diferència entre els ingressos interns i els costos interns. Els primers es calculen multiplicant el preu de venda de l'aigua regenerada pel volum obtingut. Els costos interns es componen de la suma dels costos d'inversió (infraestructures físiques), els costos d'explotació (treball, energia, productes químics i material fungible), els costos financers i els impostos.

L'estimació de costos per a un projecte de reutilització d'aigua ha d'incloure projeccions dels costos de capital, els costos anuals d'explotació i manteniment i els costos del cicle de vida. Aquests últims permeten la comparació de la viabilitat econòmica de diversos projectes alternatius al llarg d'un període específic de temps. Es pot aproximar el cost global d'un projecte tenint en compte el cost de construcció, equipament i explotació, així com els costos de manteniment.

S'estima que la preparació del terreny i els costos d'electricitat representen el 10% i el 15% dels costos totals, respectivament. Els costos anuals d'explotació i manteniment inclouen costos de personal (segons grandària i complexitat de les instal·lacions), consum d'energia i productes químics i costos de manteniment, que es consideren part dels costos d'equipament. A tall d'exemple, el manteniment de les canonades i els dipòsits s'estima en un 2% dels costos de capital. És important

destacar que els costos de manteniment suposen la major part dels costos de les plantes xicotetes, com a exemple de diseconomies d'escala.

Els costos d'explotació i manteniment d'aquesta mena d'instal·lacions són una combinació de costos fixos i variables i estan relacionats amb la grandària del sistema. Els costos fixos se subdivideixen en costos d'explotació i manteniment del sistema de distribució, incloent conduccions i sistemes d'emmagatzematge elevat o subterrani. Els costos d'administració són comunes als dos components. Per part seua, els costos variables es limiten generalment als costos del tractament químic i el bombament. Mentre que els costos de capital són bastant fàcils de calcular, l'estimació dels costos d'explotació i manteniment és més complicada per a qualsevol sistema, degut principalment a la variabilitat en la vida dels components. Els principals punts a tindre en compte quan s'analitzen els costos d'explotació són els següents:

- **Personal.** Les necessitats de personal depenen del disseny de la planta, la complexitat del tractament o el nivell d'automatització. Els costos de personal associats a la grandària de cada planta es calculen sobre la base de les hores de treball necessàries suposant un cost laboral de referència. S'observa una reducció de costos per Habitant Equivalent (H.E.) quan s'augmenta la grandària de la planta.
- **Energia.** Normalment representa la part més important dels costos d'explotació. Varia molt segons la tipologia de la planta depuradora, sobretot respecte al tractament de llots.
- **Eliminació de fangs.** Està relacionat amb el volum de fangs generats i amb els costos de transport i eliminació. El cost unitari mitjana de transport i eliminació s'estableix per kg de matèria seca.
- **Manteniment.** Aquests costos s'expressen com un percentatge de la inversió inicial. De fet, es contempla el 0,5% de la inversió inicial per al manteniment d'obres públiques, mentre que s'assumeix un 3% per a manteniment de

l'equipament electromecànic. També s'estima necessària la substitució del 80% de l'equipament cada 10 anys.

En la literatura, es pot trobar informació valuosa sobre el cost de les diferents partides (energia, personal...), sistemes (canonades, depòsits...), tipus de procés o grandàries de plantes. Com a exemple, en la Taula 1 es mostren les corbes estimades de cost per a diferents alternatives de tractament.

Taula 1. Corba de costos com a funció de la grandària de la planta depuradora.

ALTERNATIVES DE TRACTAMENT	$X < 30.000$ H.E.	$X \geq 30.000$ H.E.
Tractament primari	$Y = 0,317 - 9 \times 10^{-6} \times X$	$Y = 0,132 - 5 \times 10^{-7} \times X$
Tractament secundari	$Y = 0,474 - 7 \times 10^{-6} \times X$	$Y = 0,309 - 4 \times 10^{-7} \times X$
Filtració	$Y = 0,507 - 7 \times 10^{-6} \times X$	$Y = 0,342 - 4 \times 10^{-7} \times X$
Nitrificació/desnitrificació + filtració	$Y = 0,559 - 8 \times 10^{-6} \times X$	$Y = 0,369 - 5 \times 10^{-7} \times X$
Nitrif./Desnitr. + Eliminació de P + filtració	$Y = 0,6208 - 8 \times 10^{-6} \times X$	$Y = 0,393 - 5 \times 10^{-7} \times X$
Coagulació-floculació	$Y = 0,939 - 2 \times 10^{-5} \times X$	$Y = 0,471 - 5 \times 10^{-7} \times X$
Adsorció en carbó	$Y = 1,132 - 1 \times 10^{-5} \times X$	$Y = 0,730 - 5 \times 10^{-7} \times X$
Osmosis inversa	$Y = 1,503 - 2 \times 10^{-5} \times X$	$Y = 0,907 - 5 \times 10^{-7} \times X$

La Y indica el cost unitari en €/m³; X representa el nombre d'Habitants Equivalents (H.E.)

Sobre la base dels diferents models d'estimació curvilínia existents en la literatura es dedueix que la funció que presenta un millor ajust és la *potencial*. La corba de costos resultant té la forma recollida en la Ec. (9)

$$C = \alpha V^{\beta} \quad (9)$$

on, C és Cost (€/m³); V és el Volum d'aigua tractada (m³/any), mentre que α i β són paràmetres. Un exemple de la corba de costos en funció del volum d'aigua tractada apareix en la Taula 2.

Taula 2. Corba de costos en funció del volum d'aigua tractada.

C (€/m ³)	V (m ³ /any)	α	β
Cost Total	Volum Tractat	1,2548	-0,8997
Cost Energia		0,1397	-1,1828
Cost Personal		0,7647	-0,8215
Cost Manteniment		0,1395	-0,9126
Costes Gestió Residus		0,0197	-1,3311
Costos Varis		0,4248	-0,6574

Donada la falta d'un mercat d'aigua regenerada, és difícil obtindre un preu per a aquest producte. Per a resoldre aquest problema, s'assumeix que el cost per metre cúbic ha de ser igual al preu mínim de venda. D'aquesta manera, es garanteix que els costos interns quedaran coberts. S'empren els criteris de Valor Actual Net (VAN) per a obtindre aquest preu. El preu mínim de venda és aquell que fa el VAN igual a zero. Una vegada establert l'objectiu de qualitat de l'aigua regenerada, el següent pas és trobar la tecnologia adequada per a aconseguir-lo. Quan existeixen diverses alternatives, es triarà aquella que ofereisca un cost per metre cúbic més baix. La *Ec. (10) mostra els passos a seguir.

$$VAN = -I_0 + \sum_{n=1}^n \frac{BN_n}{(1+i)^n} \quad (10)$$

$$BN_n = (VAAR \times PMVAR) - (CI_n + CEM_n + T_n + CF_n)$$

on:

VAN = Valor Actual Net; I_0 = Inversió Inicial; BN = Benefici Net; i = Taxa de Descompte; n = Any; CI = Cost d'Inversió; CEM = Costos d'Explotació i Manteniment; T = Impostos; CF = Costos Financers; $VAAR$ = Volum Anual d'Aigua Regenerada i $PMVAR$ = Preu Mínim de Venda de l'Aigua Regenerada.

Mitjançant aquesta metodologia obtenim el cost per metre cúbic, però no és suficient per a determinar la viabilitat d'un projecte. Per a això, s'ha de calcular el Benefici Total (BT) segons l'equació anterior. Per tant, el benefici intern ve donat per la Eq (11).

$$B_I = [(VAAR_n \times PVAR_n) - (CI_n + CEM_n + T_n + CF_n)] \quad (11)$$

on:

$PVAR$ = Preu de Venda de l'Aigua Regenerada.

Benefici extern:

Es refereix a qualsevol conseqüència (positiva o negativa, intencionada o aleatòria) que es pot calcular i que deriva del projecte. Mentre alguns impactes es poden traduir en unitats monetàries, els factors biofísics i socials exigeixen la definició d'unitats de mesura. Per a homogeneïtzar els resultats, es proposa una referència anual. Per a aquells impactes externs per als quals no existeix cap mercat concret s'utilitzen mètodes de valoració econòmica basats en escenaris o patrons hipotètics observats en mercats relacionats.

En tots els projectes és necessari calcular, a més del benefici, el valor de les externalitats positives i negatives que es deriven del projecte de tractament i reutilització de l'aigua. D'aquesta manera, el benefici extern vindria donat per la Ec. (12).

$$B_E = \sum_{n=0}^n (EP_n - EN_n) \quad (12)$$

on:

BE = Benefici Extern

EP = Externalitats Positives

EN = Externalitats Negatives

Si bé existeix nombrosa informació sobre l'avaluació econòmica de projectes que contempla el benefici intern, la inclusió del càlcul d'externalitats no és habitual, per la qual cosa a continuació s'ofereix una descripció dels diferents aspectes a considerar com a externalitats, així com els mètodes de càlcul aconsellats en un projecte de reutilització d'aigua.

Al llarg de la literatura s'han desenvolupat diversos mètodes encaminats a estimar el valor econòmic de les externalitats positives derivades dels projectes d'inversió, en general i, dels beneficis ambientals, en particular. Els mètodes tradicionals es basen en l'enfocament de la demanda mentre que existeixen altres metodologies basades en l'enfocament del cost de la producció que també poden ser utilitzades per a quantificar en termes monetaris els beneficis ambientals. Aquest enfocament es basa en l'estimació dels preus ombra dels outputs no desitjats o contaminants eliminats a conseqüència del procés de depuració de les aigües residuals. Així, s'obté una aproximació al benefici ambiental derivat de la depuració d'aigües residuals. Els principals mètodes basats en les preferències declarades es presenten en la Taula 3.

Taula 3. Metodologies de valoració de béns ambientals (preferències declarades).

MÈTODES DE VALORACIÓ INDIRECTA	MÈTODES DE VALORACIÓ DIRECTA
Preus hedònics (PH)	
Cost de Viatge (CV)	Valoració contingent (VC)
Cost de Reposició (CR)	

Els *Mètodes de valoració indirecta*, són aquells basats en l'existència d'una relació de complementarietat entre els béns ambientals i altres béns privats amb mercat i, per tant, el valor d'aquests béns ambientals es pot inferir de manera indirecta. Són mètodes amb un camp d'aplicació més limitat que els mètodes directes, ja que és necessària l'existència d'una relació de complementarietat entre el bé ambiental i el bé privat amb mercat. A més, només permet estimar valors d'ús i no d'existència i opció.

Preus hedònics:

Atès que molts béns són multi atribut, el preu d'aquests és un reflex directe de les característiques que componen el bé. Aplicant aquest mètode s'intenta descobrir tots els atributs que expliquen el seu preu, i esbrinar la importància quantitativa de cadascun d'ells. S'utilitza, per exemple, en la valoració d'habitatges, ja que no sols s'estan comprant una sèrie de metres quadrats d'una determinada qualitat, sinó que també s'està triant un entorn.

Cost del viatge:

És un mètode de valoració indirecta utilitzat per a valorar espais naturals amb funció recreativa. Encara que, en general, no es paga una entrada per a accedir a un espai natural determinat, això no implica que el gaudiment dels seus serveis siga gratuït, la persona incorre en uns costos de desplaçament, de viatge, que és precisament el que es valora. Cada visita porta amb si una transacció implícita en la qual s'intercanvia el cost d'accés a aquest lloc pels serveis recreatius que ofereix al visitant. Així, diferents individus incorren en diferents costos de viatge, sent la resposta d'aquests (major o menor nombre de visites) a aquestes variacions de preus implícits la base per a poder estimar el valor d'ús recreatiu del parc.

Cost de reposició:

És un mètode que consisteix en preguntar als afectats quant li ha costat reposar el nivell original del medi ambient, davant una deterioració que disminueix la qualitat d'aquest. L'avantatge d'aquest mètode és que és molt fàcil obtenir la informació i aquesta és fiable perquè es tracta de béns amb mercat, són transaccions reals i no hipotètiques. El seu inconvenient és que la valoració sol ser incompleta perquè en la majoria dels casos s'està subestimant el vertader valor.

Els *Mètodes de valoració directa* s'apliquen quan no existeix relació de complementarietat entre els béns ambientals i els béns normals amb mercat. Aquest cas es presenta, entre altres, quan el recurs ambiental té un valor de no ús. Per tant, la valoració directa, es pot aplicar en els mateixos casos que la valoració indirecta, però l'avantatge és que permet descobrir valors de no ús.

Valoració contingent:

Aquest mètode tracta de simular un mercat mitjançant una enquesta als consumidors potencials. Se'ls pregunta per la màxima quantitat de diners que estarien disposats a pagar (DAP) pel bé si hagueren de comprar-lo, com fan amb la resta dels béns. D'ací es dedueix el valor que per al consumidor mitjà té el bé en qüestió. Aquest mètode pot aplicar-se per a valorar béns com:

- Serveis recreatius d'espais naturals (valor d'ús)
- Valors d'existència d'espais naturals i espècies animals i vegetals.
- Valors d'ús de parcs urbans.
- Valors d'existència de paisatges urbans i rurals.
- Valors d'existència de béns culturals.
- Altres béns ambientals i públics, com a soroll, contaminació, etc...

Té l'avantatge que és l'únic mètode capaç d'estimar valors de no ús (opció i existència), permet obtindre l'excedent net del consumidor i a més és un mètode flexible per a valorar tot tipus de situacions i béns públics. En la Taula 4 es mostra un exemple de les possibles externalitats que s'haurien de tindre en compte en un projecte de reutilització d'aigua, així com els mètodes més apropiats per a la seua valoració econòmica.

És important recordar que, en aquesta mena d'anàlisi, encara que és important comptar amb una metodologia adequada també ho és la quantitat i qualitat de les dades utilitzades. La combinació de tots dos elements és el que atorgarà validesa a l'estudi de viabilitat.

Com a part final de la metodologia serà necessari avaluar la viabilitat del projecte davant possibles canvis en una sèrie de variables significatives. Es tracta de valorar fins a quin punt el resultat obtingut en l'avaluació d'un projecte es mostra sensible davant la variació d'alguns paràmetres utilitzats en l'anàlisi. Per exemple, es podrien plantejar canvis en les condicions de finançament, els costos de l'energia o el propi preu de l'aigua regenerada. Una vegada analitzades les variacions que experimenta el Benefici Total en cadascun dels escenaris proposats es podrà valorar la robustesa o vertadera viabilitat del projecte estudiat.

Taula 4. Identificació i valoració d'externalitats.

GRUPS	EXTERNALITATS		
	IDENTIFICACIÓ	UNITAT	MÈTODE VALORACIÓ
Infraestructures hídriques	Evita la construcció d'instal·lacions per a captar i emmagatzemar aigua dolça	Euros	PM
	Evita els costos de purificació de l'aigua	Euros	PM
	Evita la construcció de canonades i costos de distribució de l'aigua	Euros	PM
Reutilització de Contaminants	Reutilització de nitrogen en agricultura	Kg de N	PM
	Reutilització de fòsfor en agricultura	Kg de P	PM
	Reutilització de llots en agricultura i jardineria	Kg	PM
	Reutilització de l'energia tèrmica	Watts	PM
Usos del Recurs	Augmenta la quantitat d'aigua disponible	m ³	PM
	Garanteix el subministrament en temps d'escassetat	% Confiança	PM - VC
	S'obté una qualitat d'aigua adaptada a usos diferents	Kg de residu	PM - VC
Salut Pública	Riscos biològics relacionats amb la reutilització d'aigües residuals	Persones exposades	PM - VC
	Riscos químics relacionats amb la reutilització d'aigües residuals		PM - VC
Medi ambient	Augment del nivell dels rius	m ³	VC - CV
	Evita la sobreexplotació de recursos hídrics	Nivell de l'aquífer (m)	CR
	Evita la contaminació de l'aigua	Kg de residus eliminats	PM-VC-CV
	Permet la recuperació d'aiguamolls i l'hàbitat fluvial	Usuaris	VC - CV
	Augment de la contaminació a causa de l'olor i el soroll	Persones exposades	VC-PH-CR
	Reducció en el valor dels terrenys pròxims	Euros	PM
Educació	Augmenta la sensibilitat social d'una nova cultura d'aigua	Nombre de persones	VC

PM: Preu de Mercat; VC: Valoració Contingent; CV: Cost de Viatge; PH: Preus Hedònics; CR: Cost de Reposició.

9. Càlcul del benefici ambiental del projecte de construcció d'una nova EDAR a l'Horta Sud de València

La importància ecològica de l'Albufera ve regulada pel Decret 89/1986 de 8 de juliol on és declarada com a Parc Natural tant el llac com el seu entorn humit, i el cordó litoral adjacent (Devesa del Saler). El Decret 71/1993, de 31 de maig, amplia el règim jurídic, el qual comprèn part dels termes municipals de València, Alfafar, Sedaví, Catarroja, Massanassa, Albal, Beniparrell, Silla, Sollana, Sueca, Cullera, Albalat de la

Ribera i Algemesí. Des de l'any 1990, el Parc Natural de l'Albufera es troba inclòs en la llista d'aiguamolls Ramsar per la seua importància internacional per als ocells, i des de l'any 1991 està inclòs en Àrees ZEPA (Zona d'Especial Protecció per als Ocells). A més, també figura en la proposta valenciana de Llocs d'Importància Comunitària (LIC), i es troba inclòs en el Catàleg de Zones Humides de la Comunitat Valenciana, on es destaca que tant els valors ecològics com els recursos econòmics i culturals que aporta estan classificats en la màxima categoria.

La proximitat del Parc Natural de l'Albufera a la ciutat de València i la seua àrea metropolitana suposa un repte en la gestió de les aigües residuals i les aigües procedents dels esdeveniments pluvials. L'Albufera és considerada com una zona sensible a la contaminació amb una importància ecosistèmica significativa (ja que és la base d'un ecosistema molt ric, actuant a més com a zona de pas per a diverses espècies d'ocells migradors) i, a més, amb una importància socioeconòmica també significativa (fruit del seu ús com a zona de cultiu d'arròs). Aquesta conjunció de factors dificulta la gestió de les aigües residuals degut, principalment, a la xarxa de sèquies existents, els abocaments incontrolats, la proximitat a les zones urbanes i els esdeveniments pluviomètrics extrems que desborden la xarxa de sèquies i col·lectors pluvials.

9.1. Descripció de la EDAR proposta i la seua influència en la minimització de l'impacte social i ambiental

La gestió hídrica a l'entorn de l'Albufera és complexa a causa de la interconnexió existent entre les variables ecològiques i les variables humanes, la qual cosa és responsable de l'arribada de contaminants al llac. Al mateix temps, la degradació del llac provocada per dites contaminants té efectes negatius per a l'aprofitament dels recursos que brinda l'ecosistema. Aquesta situació genera un bucle en el qual tots els actors ixen perjudicats i es perpetua l'impacte ambiental i social en L'Albufera i en els municipis circumdants.

Els cabals punta fruit dels episodis de pluges intenses, la necessitat d'un redimensionament del sistema de recol·lecció de l'aigua residual i la interconnexió de la xarxa de sèquies de la zona genera pics de contaminació en L'Albufera.

Concretament els col·lectors no són capaços de canalitzar tota l'aigua que arriba produint-se alleujaments a la xarxa de sèquies que finalment arriben al llac. D'altra banda, la xarxa de sèquies està connectada en alguns punts amb la xarxa de sanejament i en algunes ocasions aquestes infraestructures hidràuliques fan la funció doble de sèquies i sistema de sanejament. Aquest fet produeix que es desaprofite aigua neta de reg en mesclar-se amb l'aigua de la xarxa de sanejament.

La remodelació del sistema de sanejament proposada és crucial per a assegurar la protecció de l'Albufera i la reducció de l'impacte ambiental al qual està sotmesa. El flux de les aigües pluvials i residuals a través de la xarxa d'infraestructures (col·lector i sèquies) ha de monitorar-se i tractar-se degudament a través de la nova EDAR proposta per a assegurar la reducció de la càrrega contaminant. Cal destacar la importància d'aquest fet perquè la xarxa de sèquies és una font subsidiària d'aigua per a la Albufera, aportant els retorns de reg i els cabals excedents d'aigües pluvials i residuals, situació que reitera la pèrdua de qualitat del Parc Natural.

Aquest mal funcionament de la xarxa de sanejament ha provocat que L'Albufera siga un llac amb problemes d'eutrofització, la qualitat del qual està lluny del bon estat ecològic. Aquesta situació ha provocat la desaparició d'espècies de fauna pròpies del llac, així com l'alteració dels cicles migratoris dels ocells. Aquesta situació no sols és important des del punt de vista ambiental, sinó que posseeix una forta rellevància social a causa del protagonisme que L'Albufera té en l'economia dels municipis circumdants, ja siga pel turisme com per l'aprofitament dels serveis ecosistèmics que el llac brinda (agricultura i pesca).

Tenint en compte la problemàtica anteriorment descrita, és necessari es redissenye el sistema de sanejament actual escometent les actuacions necessàries per a la conservació de l'Albufera i la correcta depuració de les aigües residuals generades. Concretament es planteja la construcció d'un sistema de sanejament que duplica la capacitat de l'actual i la construcció d'una nova EDAR amb instal·lacions destinades a la reutilització agrícola i ambiental de l'aigua regenerada. Aquesta proposta té un marcat caràcter ambiental i social lligat a la millora en la gestió hídrica de les aigües

residuals i pluvials, així com a la millora en la qualitat ecològica del llac, generant uns beneficis ambientals i socials evidents.

La nova EDAR proposta, situada en el Polígon Industrial del Pla a Alcàsser, té com a finalitat recollir les aigües residuals generades en la zona de l'Horta Sud com a manera d'alleujar la pressió hídrica a la qual estan sotmesos el Col·lector Oest i la xarxa de sèquies (Figura 5). Aquesta ubicació s'ha seleccionat per la seua llunyania a nuclis urbans i per la facilitat d'integrar paisatgísticament la EDAR en l'entorn, tenint en compte la tipologia d'edificacions del polígon industrial. Al mateix temps existeix facilitat de l'accés a les instal·lacions (xarxa viària ja edificada) i permet una connexió fàcil per a les futures infraestructures de reutilització que s'associaran a la nova EDAR.

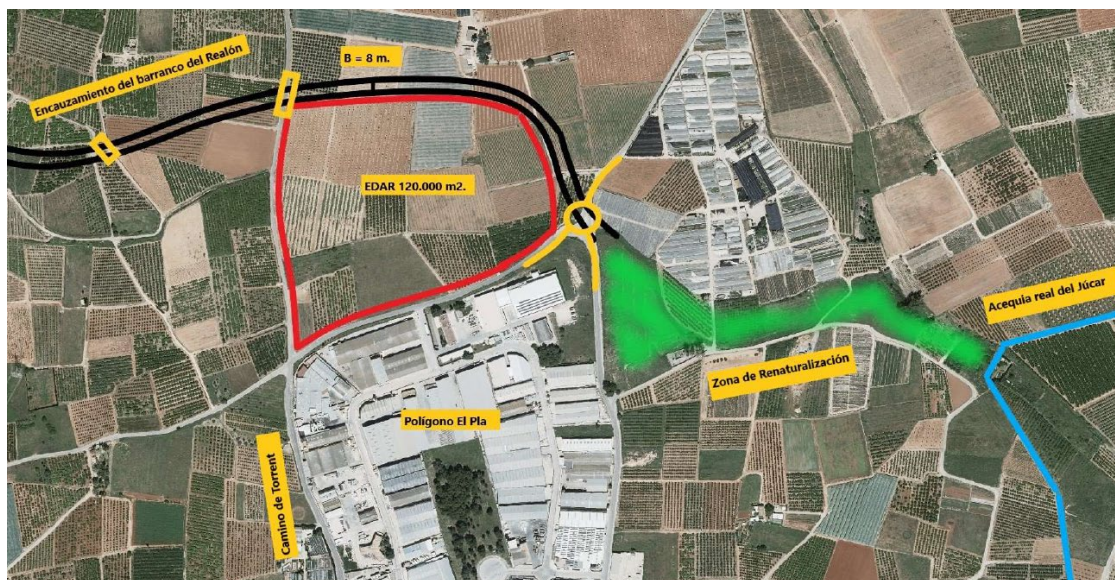


Figura 5. Ubicació de la nova EDAR proposta, obtinguda de l'estudi de viabilitat tecnicoeconòmica de la remodelació del col·lector oest i nova EDAR de l'Horta Sud, incloent la infraestructura de reutilització.

Aquest fet és molt rellevant des del punt de vista ambiental ja que permetrà implementar els usos ambientals i agrícoles de la reutilització. Concretament, la ubicació seleccionada permet alimentar les basses de reg del marge dret dels sectors XI i XII del Canal Xúquer-Túria, així com les noves basses de Perenchiza i Ortodisa situades en el marge esquerre del Canal. Pel que respecta a l'ús ambiental de l'aigua reutilitzada, la EDAR estarà situada prop del Barranc de Beniparrell (també anomenat Barranco del Realón) permetent aportar un cabal ambiental a

l'ecosistema, al mateix temps que facilita la renaturalització del cabal d'aigua abans de la seua arribada a l'Albufera.

Els municipis servits per la nova EDAR seran Catarroja, Albal, Beniparrell, Silla, Alcàsser i Picassent, on el volum d'aigua residual diari estimat serà de 25.962 m³/d. El tractament de l'aigua residual es durà a terme a través d'un tractament biològic amb eliminació de nutrients i un terciari amb desinfecció (Figura 6). Aquesta tecnologia pretén donar resposta a les necessitats de qualitat de l'aigua requerides per l'Albufera i el seu entorn, aconseguint una reducció significativa en l'aportació de nutrients (nitrogen i fòsfor) i de sòlids en suspensió que arriben al llac.

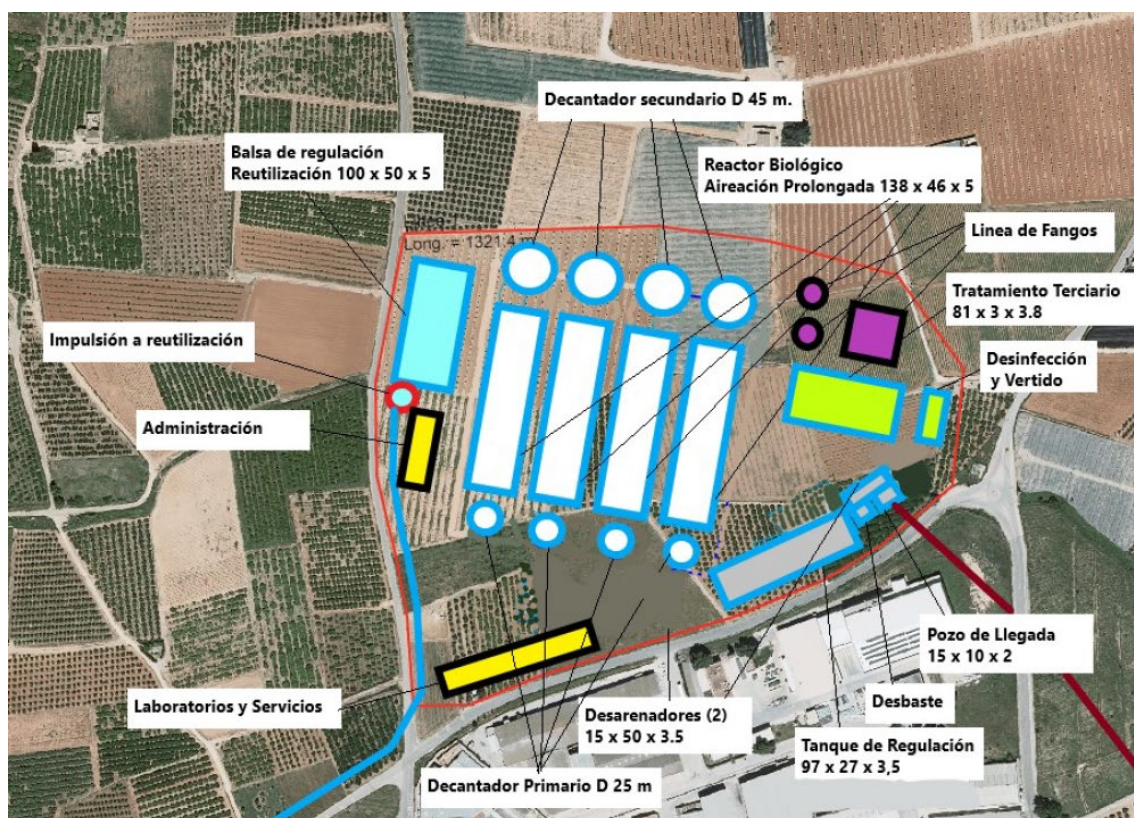


Figura 6. Disseny de la nova EDAR proposta, obtinguda de l'estudi de viabilitat tècnic-econòmica de la remodelació del col·lector oest i nova EDAR de l'Horta Sud, incloent la infraestructura de reutilització.

L'execució d'aquest projecte generarà notables beneficis socials i ambientals derivats de la posada en funcionament de les infraestructures proposades, les quals permetran canalitzar i depurar tant el volum d'aigües residuals que arriben a l'Albufera i com el volum d'aigua extra generat en els episodis de pluja. La construcció de la nova EDAR suposarà una millora de l'eficiència de la xarxa de

sanejament, així com una nova font d'aigua per a reutilització, complint amb els criteris legislatius actuals i amb els principis de l'economia circular.

9.2. Resultats de l'anàlisi del benefici ambiental del projecte de construcció de la nova EDAR a l'Horta Sud

El projecte de millora dels sistemes de sanejament situats en l'àmbit del col·lector oest pretén alleujar la càrrega contaminant arrossegada per l'escolament pluvial de les sèquies de la zona de l'Albufera, així com aprofitar l'efluent de la nova EDAR proposta per a la seua reutilització, reduint la pressió sobre el volum d'aigua disponible i ajudant a la renaturalització d'àrees naturals circumdants degradades. Centrant l'atenció en els beneficis que tindrà el projecte de millora de la xarxa de sanejament proposat, en la Taula 5 es presenten els resultats relatius al benefici ambiental que aquesta millora portarà amb si.

La reducció en l'abocament de contaminants en forma de sòlids en suspensió, nitrogen i fòsfor suposa un benefici ambiental, com a mínim de 6 milions d'euros, evidenciant tant la idoneïtat de la nova EDAR proposta, com l'adequació ambiental de la proposta presentada. La millora en la gestió de les aigües residuals i pluvials, així com la reutilització, posseeixen un benefici ambiental evident en l'àmbit del col·lector oest i l'Albufera, justificant la inversió en infraestructura i els esforços administratius necessaris per a redissenyar i millorar l'esquema de gestió hídrica actual.

Taula 5. Benefici ambiental obtingut mitjançant la metodologia dels preus ombra per als contaminants eliminats per la nova EDAR proposta.

	Abocaments evitats (Tn)	Benefici ambiental (€)
Sòlids en suspensió	191	1.910
Nitrogen	58	3.828.000
Fòsfor	8	2.112.000
Total		5.941.910

El càlcul del benefici ambiental a través de la metodologia dels preus ombra permet no sols obtindre el valor monetari de la millora en les condicions ambientals fruit de la implementació d'una mesura concreta d'actuació, sinó que, a més, és una eina

capaç d'identificar la rellevància de cada contaminant i reflectir-ho en el resultat obtingut. És per aquesta raó que contaminants com el nitrogen i el fòsfor, la perillositat del qual és major, tenen valors de benefici ambiental més alts, és a dir, la millora ambiental que es produirà en l'Albufera i el seu entorn fruit de la seua eliminació de les aigües residuals és major.

Al mateix temps, els resultats obtinguts són de vital importància ja que són susceptibles de ser inclosos en els processos de presa de decisió (com és el cas de l'ACB anteriorment comentat) i en la justificació dels projectes amb marcat caràcter ambiental, els quals són necessaris per a assegurar la viabilitat i la sostenibilitat dels ecosistemes i la societat.

El benefici ambiental obtingut reflecteix la importància que té el projecte de millora dels sistemes de sanejament situats en l'àmbit del col·lector oest des d'un punt de vista ambiental i social a curt i llarg termini. Respecte a l'impacte ambiental s'aconsegueix evitar l'arribada de les aigües contaminades i les aigües d'escolament pluvial procedents dels sistemes de clavegueram municipals cap a l'Albufera, mentre que, des del punt de vista social s'aconsegueix un avantatge doble.

D'una banda, es milloren les condicions de l'ecosistema que repercuteixen de manera directa en el benestar i en la salut de la població de les àrees circumdants, així com en la seua economia i, al mateix temps, la reutilització de l'efluent de la nova EDAR proposta augmenta el volum d'aigua disponible per a ús urbà i/o agrícola, alleujant la pressió sobre els recursos d'aigua convencionals (Figura 7).

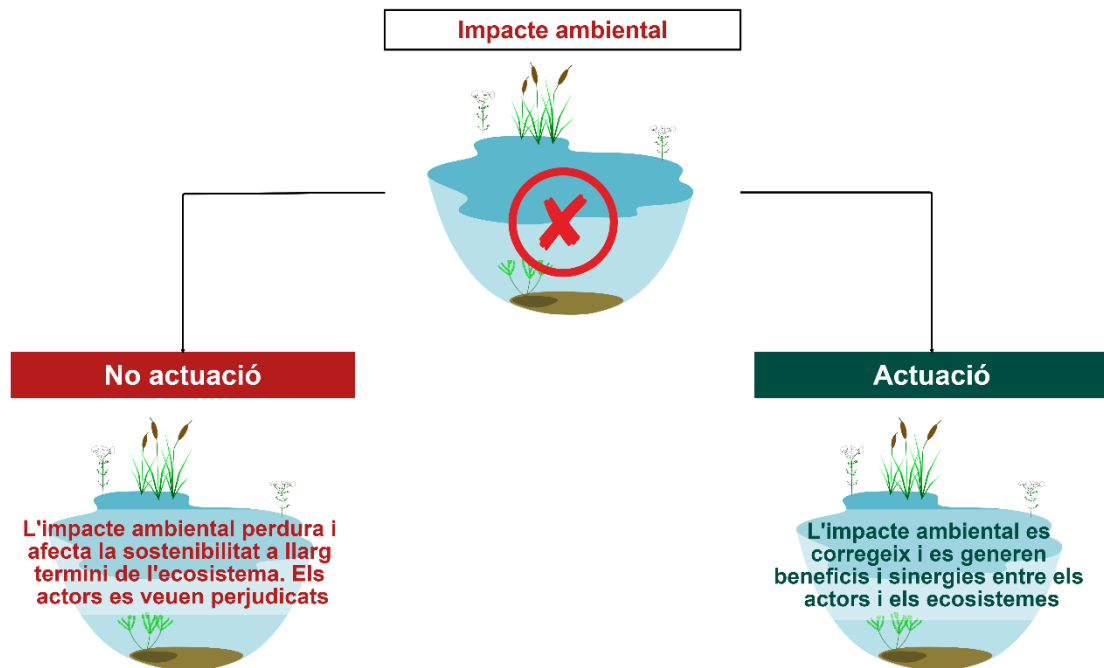


Figura 7. Comportament de l'impacte ambiental considerant l'escenari de la no actuació i l'escenari on s'implementa el projecte proposat. Elaboració pròpia.

Aquest projecte té un marcat impacte sobre el cicle hidrològic, la gestió integral dels recursos hídrics i l'economia circular, ja que permet fer front a la contaminació, així com assegurar el volum d'aigua disponible dins de l'actual marc climàtic canviant. El benefici ambiental obtingut, quantificat com a mínim en 6 milions d'euros, demostra la clara implicació ambiental del projecte, promovent la sostenibilitat, minimitzant els costos d'explotació del sistema (energia) i permetent alliberar recursos del Canal Xúquer-Túria per a atendre altres usos.

REFERÈNCIES

- Angelakis, A. N., B. Durham. 2008. Water recycling and reuse in EUREAU countries: Trends and challenges. *Desalination*, 218 (2008): 3-8.
- AQUAREC. Salgot, M; Huertas, E. (eds). 2006. Integrated concepts for reuse of upgraded wastewater. EVK1-CT-2002-00130 EU funded project. Work Package 2: Guideline for quality standards for water reuse in Europe. University of Barcelona.
- Asano, T. 1998. Wastewater Reclamation and Reuse, Water Quality Management Library 10, CRC Press, Boca Raton, Florida (publicado originalmente por Technomic Publishing, Lancaster, Pennsylvania), USA.
- Asano, T.; Burton, F.L.; Leverenz, H.L.; Tsuchihashi, R.; Tchobanoglous, G. 2007. Water reuse. Issues, technologies, and applications. Metcalf & Eddy / AECOM. McGraw-Hill, New York.
- Bahri, A. 2009. Managing the other side of the water cycle: making wastewater an asset. TEC Background Paper N° 13. Global Water Partnership, Stockholm.
- California State Water Resources Control Board. 1990. California Municipal Wastewater Reclamation in 1987. Sacramento, California.
- Dublin Statement. 1992. Dublin Statement on Water and Sustainable Development. International Conference on Water and the Environment, Dublin.
- Falkenmark, M., C. Widstrand. 1992. Population and water resources: A delicate balance. *Population Bulletin, Population Reference Bureau*, 47(3), 1-36.
- FAO. 1985. Water quality for agriculture, FAO Irrigation and Drainage Paper 29, Rome.
- FAO. 1992. Wastewater treatment and use in agriculture, FAO Irrigation and Drainage Paper 47, Rome.

- FAO. 2002. Wastewater treatment and use in agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper 47, FAO, Rome
- FAO. 2004. Economic valuation of water resources in agriculture: From the sectoral to a functional perspective of natural resource management. FAO Water Reports 27. FAO, Rome.
- FAO. 2006. Stakeholder-oriented valuation to support water resources management processes. FAO Water Reports 30. FAO, Rome.
- FAO. 2007. The state of food and agriculture 2007: Paying farmers for environmental services. FAO, Rome.
- FAO. 2008. AQUASTAT, FAO's Information System on Water and Agriculture. (Disponible en <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/globalmaps/index.stm>).
- FAO. 2008. Water at a Glance: The relationship between water, agriculture, food security and poverty. Rome, FAO. (Disponible en <http://www.fao.org/nr/water/docs/waterataglance.pdf>).
- FAO. 2009. Water resource allocation strategies: opportunities for wastewater reuse in agriculture. Conference paper for Malta Water Resources Authority. FAO, Rome.
- Gittinger, J. P. 1982. Economic Analysis of Agricultural Projects, Second Edition. *The Johns Hopkins University Press*, Baltimore, Maryland. Published for the Economic Development Institute of the World Bank. Also published in Indonesia under the title *Analisa Ekonomi Proyek-Proyek Pertanian*, in France as *Analyse économique des projets agricoles*, and in Spain as *Análisis económico de proyectos agrícolas*.
- Gittinger, J. P. 1982. Economic Analysis of Agricultural Projects, Second Edition. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland. Publicado por el Economic Development Institute of the World Bank. Publicado en España como *Análisis económico de proyectos agrícolas*.

- Global Water Partnership. 2009. *Managing the other side of the water cycle: making wastewater an asset*. TEC Background Paper N° 13, Stockholm.
- Hamdy, A. 2004. Non-conventional water resources: salinity and saline irrigation practices and management. WASAMED meeting, Cairo.
- Hussain, I, L.Raschid, M.A. Hanjra, F. Marikar, and W. van der Hoek. 2001. A framework for analysing socioeconomic, health and environmental impacts of wastewater use in agriculture in developing countries. Working paper 26. IWMI, Colombo.
- Hussain, I., L. Raschid, M.A. Hanjra, F. Marikar and W.van der Hoek. 2002. Wastewater use in agriculture. Review of impacts and methodological issues in valuing impacts. Working Paper 37. IWMI, Colombo.
- Jiménez Cisneros, B., M. Mazari, R. Domínguez and E. Cifuentes. 2004a. Water in the Valley of Mexico. The Water in Mexico as Seen by the Academy, Mexican Academy of Sciences, Mexico City, Mexico, pp. 15-32.
- Jiménez, B., T. Asano (eds.) 2008a. Water Reuse: An International Survey of current practice, issues and needs. *IWA Publishing*, London.
- Jiménez, B., T. Asano. 2008b. Water reclamation and reuse around the world, Capítulo 1, in B. Jiménez and T. Asano (eds.), Water Reuse: An International Survey of current practice, issues and needs. *IWA Publishing*, London.
- Kumar, M.D.; Singh, O.P. 2005. Virtual water in global food and water policy making: is there a need for rethinking. *Water Resources Management*, 19: 759-789.
- Lahnsteiner, J.; Lempert, G. 2007. Water management in Windhoek, Namibia. *Water Science & Technology*. 55 (1-2): 441-448.
- Lazarova, V., and A. Bahri (eds.) 2005. Water Reuse for Irrigation: Agriculture, Landscapes, and Turf Grass. *CRC Press*, Boca Raton, Florida, USA.

- Lazarova, V., and A. Bahri. 2005a. Water Reuse for Irrigation: Agriculture, Landscapes, and Turf Grass, CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
- Lazarova, V., and A. Bahri. 2005b. Code of Practices for Health Protection. Capítulo 4. in Water Reuse for Irrigation: Agriculture, Landscapes, and Turf Grass, CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
- Lazarova, V., and A. Bahri. 2008. "Water reuse practices for agriculture", Capítulo 10, in B. Jiménez and T. Asano (eds.), Water Reuse: An International Survey of current practice, issues and needs. IWA Publishing, London.
- Mara, D.D.; Sleigh, P.A.; Blumenthal, U.J.; Carr, R.M. 2007. Health risks in wastewater irrigation: Comparing estimates from quantitative microbial risk analysis and epidemiological studies. *Journal of Water and Health* 5 (2): III-IV.
- McCann, B. 2005. Shared resources in the Middle East. *Water* 21, August 2005: 16-19.
- Mexico, Poder Ejecutivo Federal 2004b. National Water Commission, *Water Statistics in Mexico, 2004* Edition, Mexico City, Mexico, 141 pp.
- Mills, R. A., and T. Asano. 1998. Planning and Analysis of Water Reuse Projects, Capítulo 2, in T. Asano, *Wastewater Reclamation and Reuse*, Water Quality Management Library 10, CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
- Molden, D. 2007. Water for food, water for life: a Comprehensive Assessment of water management in agriculture. International Water Management Institute and Earthscan, London.
- Molle, F & J.Berkoff. 2007. Irrigation water pricing: the gap between theory and practice. Published under the auspices of the International Water Management Institute. CABI, UK.
- Mujeriego, R. (ed.) 1990. Manual Práctico de Riego con Agua Residual Municipal Regenerada, Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona (Traducció al castellà per Pettygrove and Asano, 1985).

- OECD. 1995. The economic appraisal of environmental projects and policies: a practical guide. OECD, Paris.
- OECD. 2009. Managing water for all: An OECD perspective on pricing and financing. pp 138-139. OECD, Paris.
- Okun, D.A. 2002. Water reuse introduces the need to integrate both water supply and wastewater management at local and regulatory level. *Water Science & Technology*. 46 (6-7): 273-280.
- Oron, G. 1987. Marginal water application in arid zones. *GeoJournal* 15 (3): 259-266
- Orr, S, A. Cartwright, D. Tickner. 2009. Understanding water risks. A primer on the consequences of water scarcity for government and business. WorldWide Fund for Nature, Godalming, UK.
- Peasey, A., U. Blumenthal, D. Mara, G. Ruiz-Palacios. 2000. A review of policy and standards for wastewater reuse in agriculture: a Latin American perspective. WELL Study, WEDC, University of Loughborough, UK (Disponible en <http://www.lboro.ac.uk/well/>.)
- Pettygrove, G. S., and T. Asano. 1985. *Irrigation with Reclaimed Municipal Wastewater: A Guidance Manual*, Lewis Publishers, Chelsea, Michigan (originalmente publicado bajo el mismo título en Report N° 84-1 wr by California State Water Resources Control Board, Sacramento, California, 1984).
- Salgot, M.; Angelakis, A.N. 2001. Guidelines and regulations on wastewater reuse. Chapter 23 in Decentralised Sanitation and Reuse. Concepts, systems and Implementation. IWA Publishing.
- Salgot, M.; Huertas, E.; Weber, S.; Dott, W.; Hollender, J. 2006. Wastewater reuse and risk: definition of key objectives. *Desalination* 187: 29-40.
- Smakhtin, V.; Revenga, C.; Döll, P. 2004. A pilot global assessment of environmental water requirements and scarcity. *Water Environment & Technology* 29 (3): 307-317.

- Sorgini, L. 2007. Water reuse. An evaluation of the technologies and their benefits. *Water Environment & Technology*, 19 (8): 54-59.
- State of California. 2001. California Health Laws Related to Recycled Water, "The Purple Book": Excerpts from the Health and Safety Code, Water Code, and Titles 22 and 17 of the California Code of Regulations, California Department of Public Health, descargado on-line: <http://www.cdph.ca.gov/certlic/drinkingwater/Documents/Recharge/Purplebookupdate6-01.PDF>
- Tamas, P. 2003. Water resources scarcity and conflict: Review of applicable indicators and systems of reference. IHP-VI/Technical Documents in Hydrology/PC-CP Series/No. 21, UNESCO / IHP / WWAP, Paris.
- Trondalen, J.M. 2004. Growing controversy over "wise international water governance". *Water Science & Technology*. 49 (7): 61-66.
- U.S.EPA and U.S.AID 2004. Guidelines for water reuse. Report N° EPA/625/R-04/108. U.S. Environmental Protection Agency and U.S. Agency for International Development, Washington, D.C.
- UK Treasury. 2004. The Green Book: Appraisal and evaluation in Central Government. London.
- Van Beukering, P., M. van Drunen, K. Dorland, H. Jansen, E. Ozdemiroglu and D. Pearce. 1998. External economic benefits and costs in water and solid waste investments. Methodology, Guidelines and Case Studies. IVM Institute for Environmental Studies, Vrije Universiteit, Amsterdam.
- WASAMED meeting. 2004. Non-conventional water resources: salinity and saline irrigation practices and management. Cairo.
- Wegner-Gwidt, J. 1998. Public support and education for water reuse, Capítulo 31, en T. Asano (ed.), Wastewater Reclamation and Reuse, Water Quality Management Library 10, CRC Press, Boca Raton, Florida (publicado originalmente por Technomic Publishing, Lancaster, Pennsylvania), USA.

WELL (undated). Wastewater treatment options. Informe Técnico No 64 produced by Water and Environmental Health at London and Loughborough (WELL).

Westrell, T.; C. Schönning; T. A. Stenström; and N. J. Ashbolt. 2003. QMRA and HACCP for management of pathogens in wastewater and sewage sludge treatment and reuse. Proceedings of the 4th international symposium on wastewater reclamation and reuse. Mexico City.

WHO 1989. Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture. Informe tecnico serie N° 778. World Health Organization, Geneva.

WHO 1993, Codex Alimentarius - Guidelines for the application of the Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) System. Alinorm 93/13A. Appendix II. WHO, Geneva.

WHO 2006. WHO guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. 3rd ed. Vol. 2: Wastewater use in agriculture. World Health Organization, Geneva.

Winpenny, J. 1997. Sustainable management of water resources: an economic view. Capítulo de Auty R.M and K. Brown (eds.) Approaches to sustainable development. Pinter, London & Washington.

World Bank. 2004. Towards a water-secure Kenya. Water Resources Sector memorandum, Report 28398-KE. World Bank, Washington DC.

World Bank. 2009. Development and climate change. Advance Overview of the 2010 World Development Report. World Bank, Washington, DC.

World Economic Forum 2009. The bubble is close to bursting: a forecast of the main economic and geopolitical water issues likely to arise in the world during the next two decades. World Economic Forum, Geneva.

World Health Organization. 1993. Codex Alimentarius - Guidelines for the application of the Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) System. Alinorm 93/13A. Appendix II. World Health Organization, Geneva.

World Health Organization. 2006. WHO Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. Volume II: Wastewater use in agriculture, World Health Organization, Geneva.