



REAL ACADEMIA
GALEGA DE CIENCIAS

Do Antropocentrismo ao Ecocentrismo,
ou...
Da Enxeñaría sanitaria á Enxeñaría ambiental.

Juan Manuel Lema Rodicio

*Discurso de ingreso na
Real Academia de Ciencias de Galicia
Santiago de Compostela, 25 de maio de 2016*

Limiar

Sr. Presidente da Real Academia Galega de Ciencias, Sres. Reitores das Universidades de Santiago de Compostela, A Coruña e Vigo, Sr. Vicepresidente do Consello da Cultura Galega, Sr. Secretario Xeral de Universidades, Sr. Concelleiro de Educación de Santiago de Compostela, Académicos, Autoridades, amigas e amigos.

Síntome verdadeiramente abraiado pola presenza de tantos familiares, amigos e compañeiros e quero, en primeiro lugar, agradecer tan agarimoso apoio, compartindo conigo este día tan importante. Moitas grazas.

Quero agradecer ás Académicas e académicos este nomeamento que me compromete, áínda máis, coa sociedade galega. Gustaríame facer hoxe unha cariñosa lembranza do meu antecesor nesta Academia e benquerido profesor e compañero, o Profesor Dr. D. Manuel Bao Iglesias. É a miña intención tratar de emulalo na dinamización e compromiso desta Academia.

Existe un certo estereotipo que sinala os enxeñeiros como académicos e profesionais más preocupados polos números, gráficos e estruturas que polas persoas. Pero non debemos esquecer que os estereotipos simplifican, cando non distorsionan, a realidade. Por iso, a mellor maneira de enfrentarse e cambiar eses esquemas cognitivos erróneos e amosando feitos que os cuestionan.

E con este obxectivo, hoxe tentarei demostrar, a través dun breve percurso por algúns fitos da época pretérita e presente da enxeñaría ambiental, que o compromiso co benestar e saúde da cidadanía é un dos sinais de identidade do noso traballo.

E isto é así, porque a actividade científica non debe de ningún xeito ser axioloxicamente neutra. Ao igual que Hanna Arendt, creo que a indiferenza, ademais de moralmente condenable, é unha lacra que actúa contra aquelas características que, precisamente, dotan de especificidade á nosa especie fronte a outras: a empatía, a solidariedade e o compromiso. O coñecemento científico ten que estar, necesariamente, ao servizo do progreso do conxunto da sociedade.

***Do antropocentrismo ao Ecocentrismo...
ou da Enxeñaría Sanitaria á Enxeñaría ambiental***

A enxeñaría sanitaria no imperio romano

En todas as culturas urbanas ao longo da historia téñense realizado importantes obras de enxeñaría civil, para o desenvolvemento de instalacións relacionadas co abastecemento, transporte e almacenamento de augas potables e, con menor frecuencia, para a evacuación e tratamento de augas residuais. Acuedutos como o de Segovia (*figura 1*) e depósitos estratéxicos de auga como a Basílica Cisterna en Istambul (*figura 2*) forman parte da xeografía dos imperios Romano e Otomán.

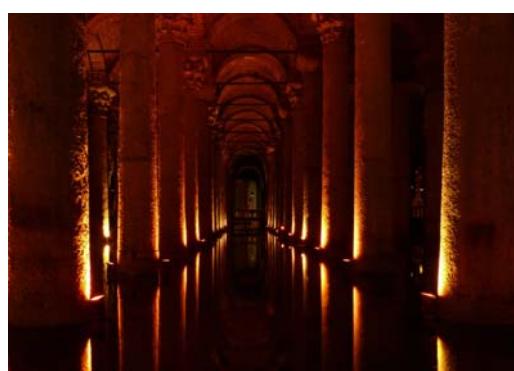


Fig 1. Acueduto de Segovia. España. Século II

Fig 2. Basílica cisterna. Istambul. Século VI

En Roma, unha extraordinaria urbe en período do imperio romano, procurando evitar que os refugallos xerados pola actividade humana impactaran directamente nas áreas habitacionais, construíronse o que hoxe chamamos colectores, para transportar as correntes residuais cara a puntos afastados das agrupacións urbanas más destacadas, onde se esperaba que a “natureza” asimilara los residuos (*figura 3, figura 4*).

A “cloaca máxima” que atravesaba o Foro Romano de nordeste a suroeste percorrendo uns 600 m, cun diámetro de 4-5 m, é sen dúbida un prodixio de enxeñaría e recollía os residuos de retretes e baños públicos, coñecidos como “fórica” (*figura 5*), que consistían en longos asentos corridos onde as persoas se sentaban, unhas a carón das outras, para evacuar mentres se charlaba de política, negocios ou se comentaban chismes. Por baixo dos asentos corría continuamente auga para a súa limpeza. Todas estas instalacións eran coñecidas como “sanitarias” (do latín “sanitas”, é dicir saúde).



Figura 3. Cloaca máxima. Roma. Século II A.C

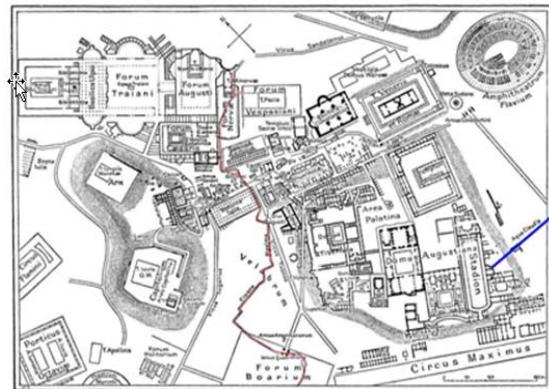


Figura 4. Cloaca máxima. Roma. Século II A.C:

Aparece neste período por primeira vez unha referencia á utilidade dos residuos, pois non toda a urina se desbotaba xa que era utilizada nas "fullonicae" (lavanderías) (figura 6) para branquear a roupa grazas ao seu contido en amoníaco, polo que á entrada das lavanderías atopábanse ánforas recortadas e invitábase aos transeúntes, mediante anuncios, a ouriñar nelas. Dado o seu uso industrial, o emperador Vespasiano (Século I) ditou unha lei para cobrar un imposto sobre a urina. Tamén utilizaban a propia urina, mesturada con pedra pómex pulverizada, como dentífrico.



Figura 5. Fórica. Pompeia



Figura 6. Fulonica Stéfano. Pompeia

Séculos mais tarde, Francia organizou en vilas e cidades as “salpêtrière”, sistemas de recollida e procesamento da urina para producir o nitrato potásico (o chamado saltpêtre en francés ou saltpeter en inglés, do latín *sal petrae ou a sal das pedras*), que co xofre e o carbón, é a base para fabricación da pólvora (figura 7). Por certo, una das mais importantes estaba situada no centro de París, construída no 1656 por Louis XIII, que posteriormente foi reconvertida no famoso hospital de La Pitié-Salpêtrière (figura 8).

Nese momento Inglaterra, o seu inimigo, tiña una fonte de nitrato potásico *cuasi ilimitada* no delta do río Ganges, na India, un dos factores chave para o poderío militar británico nos séculos XVII e XVIII, pero esta é outra historia...

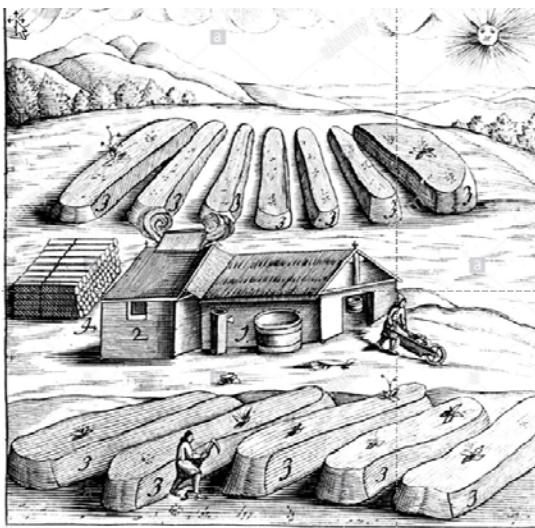


Figura 7. Sistema de producción de sal petrae (KNO_3)



Figura 8. Producción de sal petrae na praza da Salpêtrière. París, Século XVII

A xestión da auga na idade media.

Son admirables os conceptos aplicados á xestión integral da auga nos conventos Cistercienses e Beneditinos nos séculos XII e XIII (figura 9) (Wiesman, 2007), considerando tanto o aporte de auga como a recollida un moi enxeñoso e simple sistema de tratamento. Na figura 10 (Wiesman, 2007) pode observarse a disposición espacial das distintas unidades na abadía cisterciense de Arnsburg (Alemaña), onde se observa o uso do auga como fonte de enerxía mecánica en muíños, para piscinas para acuicultura e incluso para a cervexaría.

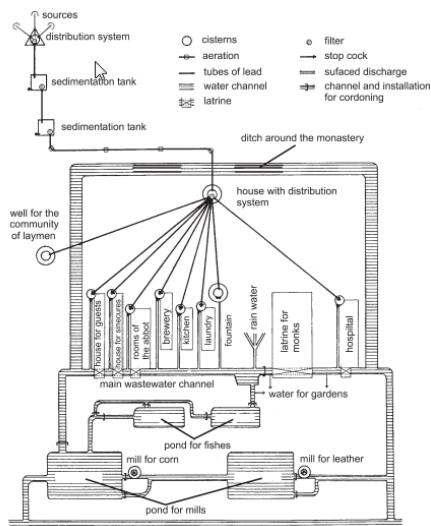


Figura 9. Modelo de xestión de augas en abadías cistercienses. Séculos XII e XIII

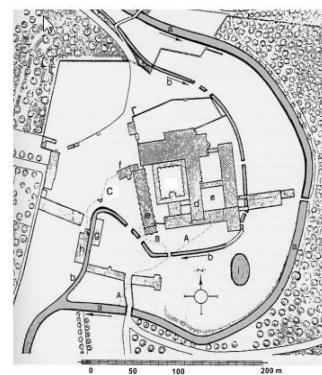


Figura 10. Xestión da auga na abadía de Arnsburg (Alemaña). Século XIII

Do Teocentrismo ao Antropocentrismo. O método científico

Pero obviamente este sistemas non era aplicable a unha escala maior para dar solución ao crecemento demográfico e a concentración nas cidades europeas nos séculos XIII e XIV nas que, por falta de hixiene ambiental, tiveron lugar uns gravísimos episodios de

peste que minguaron a poboación en poucos anos (*figura 11*). Naqueles momentos estas catástrofes explicábanse como un castigo divino polo mal comportamento da humanidade (*figura 12*).



Figura 11. A peste. Europa Séculos XIII e XIV



Figura 12. A peste: castigo divino

Tralo Renacemento, cando se produce unha evolución do teocentrismo cara ao antropocentrismo, créanse as condicións axeitadas para o xurdimento da primeira revolución científica nos séculos XVI e XVII, cando se formulañan e verifican leis da natureza aplicando o método científico. Recuperase a tradición grega dos “Filósofos na natureza”, incentívase a observación e a experimentación e subsecuentemente ten lugar unha profunda transformación das ciencias da física, a astronomía e a bioloxía, das institucións de apoio á investigación científica e, en xeral, na visión do universo. É nesta época cando Antonie van Leeuwenhoek (*figura 13*) desenvolve o microscopio e observa e estuda a presenza de microorganismos en auga (*figura 14*). Leeuwenhoek descubriu microorganismos utilizando o seu simple microscopio dunha soa lente. É recoñecido como o pai da microbioloxía non só polas súas observacións dos chamados “animáculos” senón tamén polas súas explicacións do comportamento dese mundo microscópico.



Figura 13. Antonie van Leeuwenhoek, 1670s

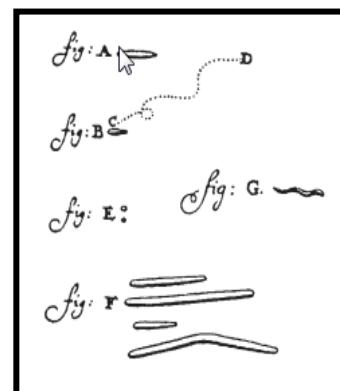


Figura 14. Observacións de microorganismos en carta enviada á Royal Society. (Lane. N 2015)

O desequilibrio ambiental na revolución industrial.

A fins deste período, e moi probablemente como consecuencia dos avances científicos e da nova mentalidade, máis aberta, nace a primeira revolución industrial que propicia

o éxodo masivo do campo ás cidades en varios países de Europa. Tanto o incremento demográfico en áreas localizadas (*figura 15*) como o desenvolvemento vertiginoso dunha actividade industrial, nas que non primaba outro fin que a produción, xera un deterioro ambiental sen precedentes. Na *figura 16* (Cox, 2014) amósase o cambio prodixioso que tivo lugar no Reino Unido nun período dun século e medio onde a poboación se multiplica por 5, pasando dunha sociedade rural onde só o 13% vivía nas vilas e cidades, a unha sociedade urbana con case o 90% da poboación.



Figura 15. A revolución industrial en Europa. Século XIX

	1750	1900
Population	7 Million	37 Million
People living in Towns	13%	87%
Life Expectancy	Men 31 Women 33 33	Men 45 Women 48 48
Deaths at Birth	Deaths at Birth 65% 65%	Deaths at Birth 15% 15%
	Babies Lived 35% 35%	Babies Lived 85% 85%

Figura 16. Cambios demográficos no Reino unido coa revolución industrial (Cox, 2014).

E como consecuencia, xorden graves episodios de contaminación de aire e auga como o Gran Cheiro do río Támesis en 1858 que alerta á poboación (*figura 17*) (*Cholera and the Thames, 2016*).

É neste mesmo período cando ten lugar a segunda pandemia do cólera en Europa (1852-1860) cunha altísima mortalidade. Porén, ambos feitos eran interpretados como independentes, sen identificar unha relación directa causa-efecto.

Na *figura 18* amósase unha réplica actual da bomba da Compañía de Augas Lambeth que distribuía auga en Londres en 1853. Cando a empresa tomou auga do río nunha zona anteriormente área máis contaminada, o índice de mortos na área que abastecía descendeu do 13% ao 3,7%. Este descenso chamou a atención de John Snow (*figura 19*), médico que investigaba por entón os aspectos epidemiolóxicos do cólera.

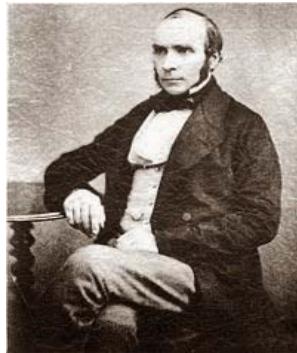


Fig. 17. Caricatura na revista satírica Punch sobre a contaminación do río Támesis que no verán de 1858 ocasionou o que se coñece como "O gran cheiro de Londres"

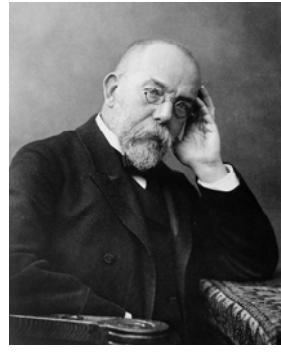


Fig. 18 Réplica da bomba de auga que contribuíu a propagar o cólera en Londres

As súas conclusións sobre a relación entre a enfermidade e as condicións ambientais fundaron a moderna epidemioloxía. Postulou que “había un veneno na auga contaminada con feces que pasa do enfermo ao san e que ten a propiedade de multiplicarse nas persoas que ataca”. Resulta incrivelmente precisa esta descripción intuitiva da ata entón descoñecida orixe microbiana das enfermidades que non foi descuberta ata máis tarde, en 1885 por Robert Koch (*figura 20*)



*Fig. 19. John Snow
(1813-1858)*



*Fig. 20. Robert Koch
(1843-1910)*

Este feito é, tamén, significativo dun profundo cambio de mentalidade e da progresiva contribución da ciencia ao progreso da sociedade.

Estes episodios gravísimos marcan un punto de inflexión, e tanto en Londres como noutras grandes cidades ponse en marcha un sistema de sumidoiros integrais (*figura 21*). En 1853, cando Eugène Haussman chega á alcaldía de París, a cidade conta con máis de 1,6 millóns de habitantes, cando só cincuenta anos antes a súa poboación alcanzaba escasamente o medio millón. Apróbase entón unha lei que impón a conexión dos edificios ao sumidoiro cun servizo de máis de 340 km, evitando deste modo que os residuos vertan no Sena en Asnières, río abaixo do centro de París, pretendendo de novo “afastar o problema” máis que resolvelo (*figura 22*).

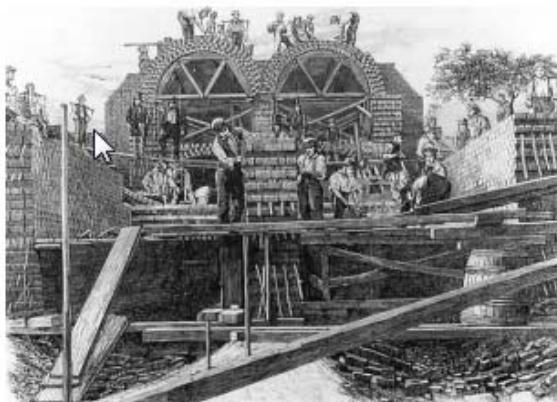


Figura 21. Construcción do colector principal ao longo do río Támesis (1865-1868) (BBC 2010)



Figura 22. Colector do distrito Sebastopol. París (Neurdien E., 1886)

Primeiros sistemas de tratamento de augas

Progresivamente vaise tomando conciencia da necesidade do apoio de sistemas que axuden a reequilibrar a natureza e, entre outras iniciativas, destaca a concepción dun sistema radial de 12 canais para a distribución das augas residuais en Berlín (*figura 23*)

(Autor anónimo en 1896, readaptado por Bärtel, 2003). Preténdese, apóis un simple pretratamento por decantación, retirar os sólidos, recuperando así a auga. A corrente cos sólidos suspendidos canalízase a sistemas de irrigación que, como un tipo de “filtro verde, reducirán a carga contaminante. Esta concepción pode considerarse como unha solución pioneira para a recuperación de auga e de nutrientes. Evitábase así a contaminación do río Spree. A idea resultou ser todo un éxito e os resultados de eficacia foron notables (figura 24) (*Datos de Uffelman, recollidos por Wiesman, 2007*), aínda que cunha capacidade limitada. Cabe salientar a excelente eficacia na eliminación de sólidos, de DQO (consumo e KMnO₄) e mesmo nitróxeno que se obtén nos campos de irrigación.

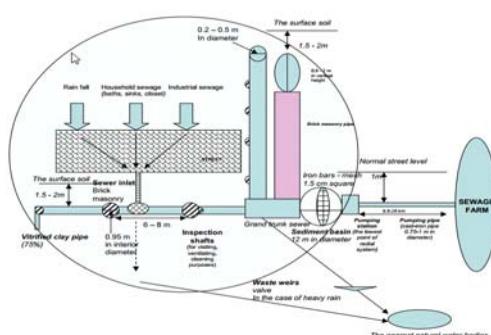


Fig. 23 Distribución de augas residuais en Berlín

Substance	Concentration (mg L ⁻¹)	
	Influent ^{a)}	Effluent ^{b)}
Suspended material	295.2	54.0
Organics	246.0	—
Inorganics	49.2	—
Dissolved material	687.3	478.4
Organics	155.9	53.2
Inorganics	531.4	425.2
KMnO ₄ consumption	118.1	9.7
Ammonia (NH ₃ + NH ₄)	105.0	7.0
Nitric acid	—	17.5
Phosphoric acid	22.4	—

^{a)} Pump station. ^{b)} Mean dewatering ditch.

Fig 24. Eficacia de tratamiento nos campos de irrigación, Breslau (Berlín) en 1891.

En moi pouco tempo foron desenvolvéndose conceptos como a filtración no chan, fundamentalmente leitos percoladores (figura 25) como o instalado na Haia (figura 26) a comezos do século XX. Solucións enxeñosas que permitiron incrementar a capacidade de tratamento dunha forma extraordinaria, especialmente cando se combinaban coas unidades de filtración e decantación (figura 27). O incremento da capacidade específica foi extraordinario, permitindo realizar un tratamento similar nunha superficie ata 200 veces inferior que a necesaria para o sistema de irrigación (figura 28).

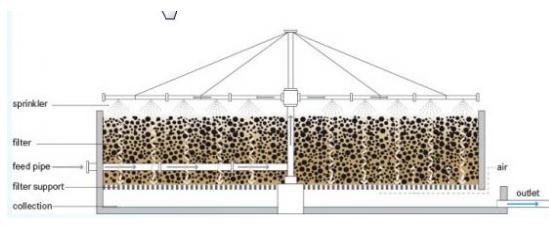


Figura 25. Operación do filtro percolador



Figura 26. Filtro percolador na Haia (Holanda)

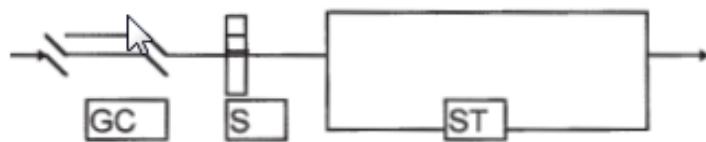


Figure 1. A typical sewage plant around 1890: grit chamber (GC), screen (S), settling (ST)

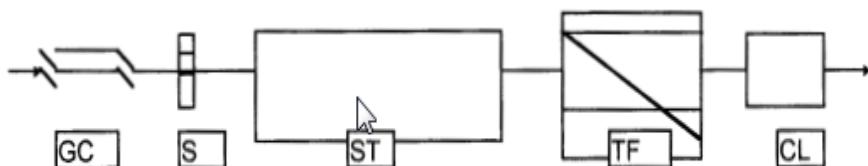


Figure 2. A typical sewage plant after the introduction of trickling filters (TF). The TF is followed by an additional settling process, clarification (CL).

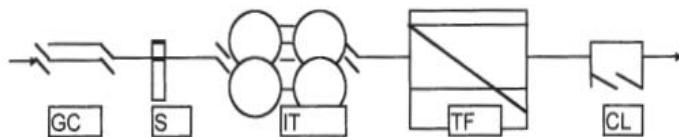


Figure 3. An Imhoff Tank (IT) plant around 1910.

Fig 27. Sistemas avanzados de tratamento de augas residuais (1890-1910) (Seeger, 1999)

Year	Process	Specific load [m ³ (ha h) ⁻¹]
1860	Irrigation fields prepared on suitable soil and level area	0.24–0.36
1878	Irrigation fields with drain trenches and soil fields	4–8
1884	Irrigation fields and preliminary sedimentation	8–10
1886–1900	Intermittent soil filtration	30–40
1890	Intermittent filtration with contact beds	120
1903	Trickling filter	500–2000
1960	High-load trickling filter	8000

Figura 28. Capacidad de sistemas de irrigación vs sistemas de filtro percoador. (Seeger, 1999)

Fai pouco máis dun século, no 1914, concíbese unha idea novedosa pola que os microorganismos, ata aquel momento basicamente coñecidos polos seus efectos nocivos, confinados en unidades más ou menos compactas, poden realizar nun tempo breve o traballo de asimilación de contaminantes que a natureza non consegue, debido os incremento de carga e caudal asociados ao crecemento da poboación e ás actividades industriais.

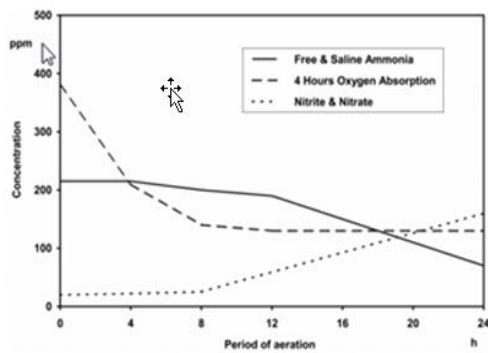


Figura 29. Primeiro experimento en batch con lodos activos (Arden and Lockett 1914)

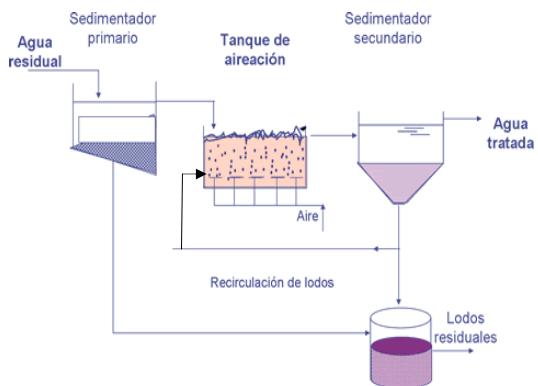


Figura 30. Concepto de planta de “lodos activos”

Nos primeiros experimentos (*figura 29*) obsérvase que mantendo unha masa de microorganismos en lodos, sometidos a unha aireación constante, lógrase unha rápida oxidación da materia orgánica.

Trátase, simplemente, en confinar unha maior masa de microorganismos, mediante un sistema de decantación, e mantela en condicións suficientemente aireadas (*figura 30*).

E aplicando estas ideas naceron as primeiras unidades de lodos activos (*figura 31*), concepto básico simple, xenial, que aínda hoxe en dia é a base do noso sistema de depuración. Concíbense as plantas de tratamiento como unidades “sanitarias” que teñen como obxectivo a prevención de enfermidades. As plantas mais modernas, como a de Aquiris en Bruxelas (*figura 32*), non só teñen moita más capacidade de tratamiento senón que teñen incorporadas unidades de pre e postratamiento que permiten mellorar notablemente a calidade da auga tratada e, progresivamente, sistemas de recuperación de recursos.

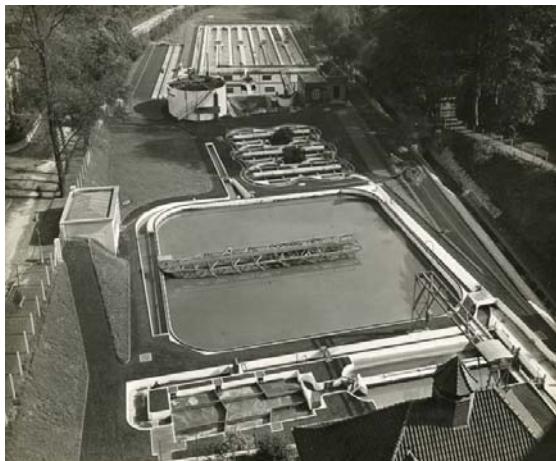


Figura 31. Planta de lodos activos de Rellinghausen para a cidade de Essen (Alemaña) construída en 1925 para 22.000 h-e.



Figura 32. EDAR Aquiris. Bruxelas-Norte con modernos sistemas de pre a postratamiento. Capacidad 1.4 MM h-e

O ecoloxismo. O ecocentrismo

O medio ambiente, como tal, non foi unha preocupación da sociedade ata moi poucos anos, en liña coa corrente antropocéntrica imperante por entón. A formulación

máis clara desta preocupación é o ecoloxismo, un movemento político, económico e social que xorde nos países industrializados no terceiro cuarto do século XX.

Ten lugar un primeiro fito de importancia cando Rachel Louise Carson, bióloga e ambientalista estadounidense, publica o seu libro “A primavera silenciosa” en 1962 (*Carson C. 1962*) (*figura 32*) no que advirte, por primeira vez en forma global, do impacto da actividade humana sobre a progresiva degradación do planeta. O seu traballo sobre o impacto dos pesticidas (particularmente DDT) sobre a fauna e a flora, pode considerarse como a primeira chamada de atención dirixida ao gran público e que tivo unha enorme repercusión social e mesmo política. Axitou conciencias, non só nun sector importante da poboación xeral, como tamén no ámbito científico.

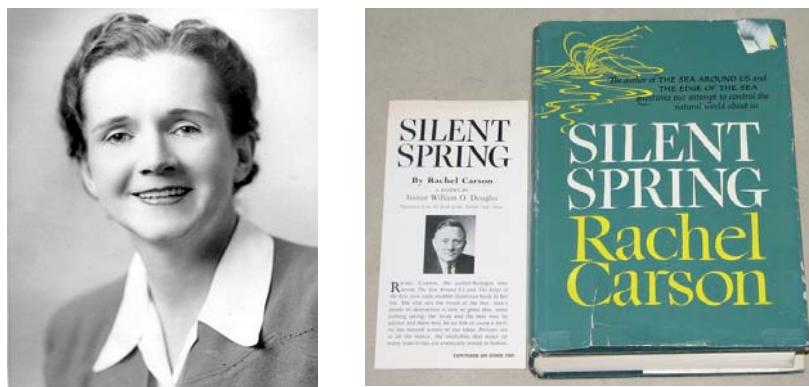


Figura 32. Rachel Carson, autora do libro “Silent spring” (1962)

Baixo a iniciativa de Aurelio Pecci, economista, e do escocés Alexander King, químico, reuníuse en Roma, en abril de 1968, un grupo de 36 científicos, economistas e políticos, de diferentes países, nunha sesión de dous días, patrocinada pola fundación Agnelli, para debater sobre as mudanzas que estaban tendo lugar no planeta debidas ás actividades humanas (*figura 33*). Dous anos mais tarde constituíuse formalmente en Suíza o “Clube de Roma”, que en 1972 publicou o seu primeiro informe, *Os límites ao crecemento* (*figura 34*). O informe, encargado a un grupo de expertos en teoría de sistemas e científicos de sistemas do M.I.T, analiza escenarios e opcións dispoñibles na sociedade para conseguir harmonizar o progreso sustentable e as limitacións medioambientais. A súa publicación tivo unha grande repercusión a nivel internacional nos ámbitos político, económico e científico por evidenciar a contradición que supón o consumo ilimitado e descontrolado de bens materiais nun mundo con recursos finitos, conseguindo deste modo a inclusión de este asunto nos principais debates mundiais



Figura 33. Constitución do "Clube de Roma, 1986

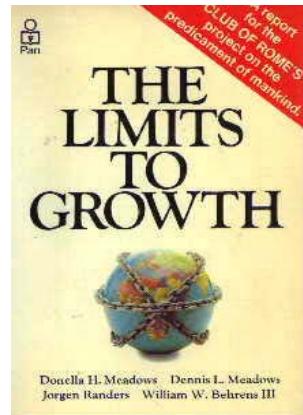


Figura 34 Os límites ao crecemento, (Meadows et al 1968)

Paga a pena salientar que as predicións do informe orixinal "The Limits to Growth" de 1972, consideradas alarmistas no seu momento, foron revisadas polo Melbourne Sustainable Society Research Institute, da Universidad de Melbourne en 2014 (Turner, 2014), concluíndo que se teñen cumplido con moita exactitude as curvas previstas no informe (*figura 35*). Trinta años máis tarde, o Clube de Roma con más de 100 "especialistas" de 52 países, ten publicado 21 informes de grande interese ambiental e mantén una posición moi importante no eido ambiental, internacionalmente recoñecida.

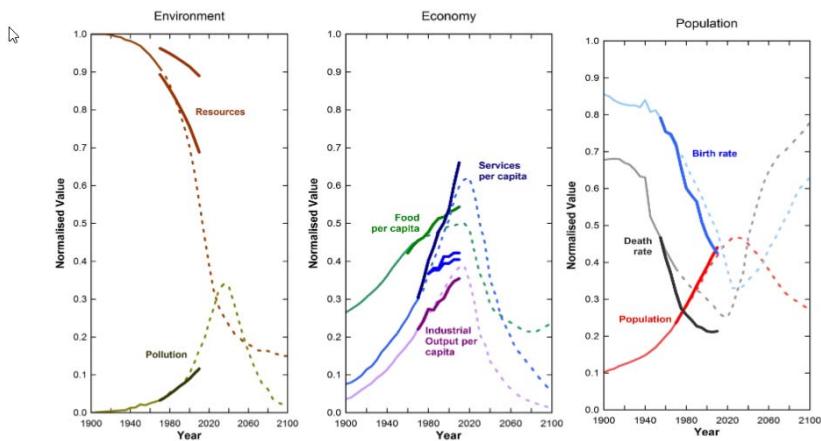


Figure I. LTG BAU (Standard Run) scenario (dotted lines) compared with historical data from 1970 to 2010 (solid lines)—for demographic variables: population, crude birth rate, crude death rate; for economic output variables: industrial output per capita, food per capita, services per capita (upper curve: electricity p.c.; lower curves: literacy rates for adults, and youths [lowest data curve]); for environmental variables: global persistent pollution, fraction of non-renewable resources remaining (upper curve uses an upper limit of 150,000 EJ for ultimate energy resources; lower curve uses a lower limit of 60,000 EJ [Turner 2008]).

Figura 35. As previsións do informe "The limits to growth" tras 30 anos.

Poucos anos máis tarde James Lovelock (*figura 36*), por certo premio Fonseca de divulgación científica en 2009 e que impartiu unha inesquecible conferencia no Auditorio de Galicia de Santiago de Compostela, coa sala completamente ateigada, postula a hipótese de Gaia segundo a cal a biosfera autorregula as condicións do planeta de xeito tal que parámetros como a temperatura e a química atmosférica axústanse aos valores que permiten unha convivencia máis hospitalaria para todas as

especies, nun proceso coñecido como “homeostase”, de xeito similar ao que ten lugar na regulación das función nos seres vivos. A incógnita a debater é se a capacidade de resposta de Gaia vai ser o suficientemente forte como para dar resposta efectiva no control das condicións ambientais, incluíndo o clima.



Figura 36. James Lovelock, autor da “Hipótese Gaia” (Lovelock, 1979)

A finais do século XX prodúcese unha nova evolución, onde a idea central é o amor á natureza polo que o coidado e conservación do medio ambiente deben ser unha forza motriz fundamental. Entre os seus promotores destaca o finés Pentti Linkola. Defínese así o ecoloxismo ecocéntrico, que difire do antropocéntrico polo obxectivo último que se persigue (*figura 37*). O ecocentrismo trata de ir alén do ecoloxismo conservacionista e pretende que tódalas accións estean orientadas á preservación de ecosistemas e especies, independentemente do seu valor económico para a especie humana e non tan só por conservar a súa saúde. Asociado a esta filosofía, nace o concepto de “desenvolvemento sustentable” que expón a aceptación de límites naturais ao crecemento económico.

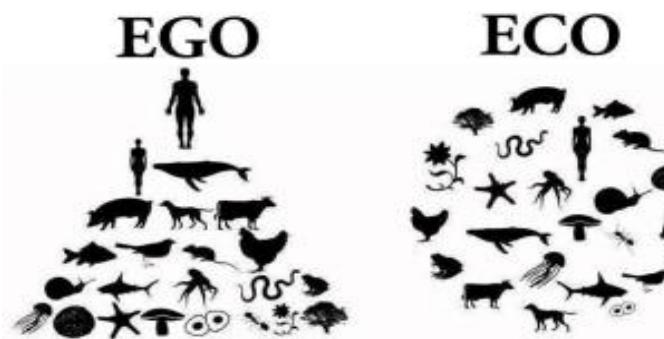


Figura 37. Do antropocentrismo ao Ecocentrismo

Este movemento global está tendo unhas repercuśóns de todo índole, e non só nos ámbitos científicos ou ecoloxistas. A sociedade no seu conxunto vaise transformando progresivamente, tomando conciencia da súa responsabilidade. Así, por exemplo, resulta salientable que na súa primeira encíclica *Laudato si: Sobre o coidado da casa común*, editada en xuño de 2015, o Papa Francisco solicita á sociedade un compromiso integral co desenvolvemento sustentable indicando que “A humanidade está chamada a tomar conciencia da necesidade de realizar cambios de estilos de vida, de produción e de consumo”



Figura 38. Papa Francisco, autor da Encíclica "Laudatio si"
(Francesco, 2015)

A enxeñaría ambiental

A enxeñaría, en sintonía con esas novas correntes de pensamento e cambio que empezan a xurdir con forza en diferentes ámbitos da actividade humana, renova o seu compromiso coa sociedade, evolucionado dende unha “Enxeñaría sanitaria” cara unha “Enxeñaría ambiental”, co obxectivo básico de preservar o medio ambiente.

A enxeñaría ambiental convértese nunha disciplina cunha completa vontade para atopar solucións aos problemas da sociedade. Unha disciplina, como dicía fai uns minutos, cunha actitude clara de compromiso coa natureza, ou se se quere utilizar a expresión de Toni Judt, “cunha actitude de responsabilidade ante os desafíos medio ambientais aos que nos enfrentamos”.

É ben coñecido o principio das 3R aplicado aos residuos. Pois ben, analogamente permítome propoñer un principio similar no ámbito de tratamento de augas. Reducir consumos enerxéticos, mais tamén impactos ambientais. Reutilizar a auga tratada e os lodos xerados, con suficiente calidade. E recuperar recursos, como metais, nutrientes ou celulosa, ou mesmo producir bens coma bioplásticos ou enerxía (*figura 35*) (Lema & Suárez, 2016)

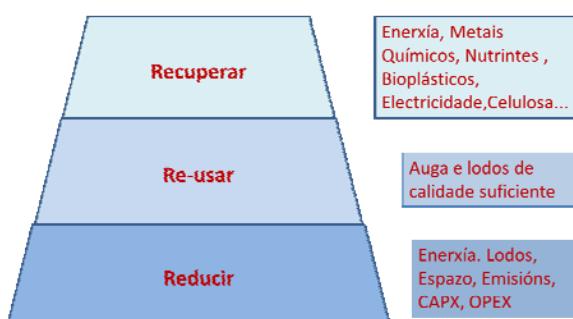


Figura 39. Concepto de 3R en tratamiento de augas (Lema & Suárez, 2016)

O grupo de Investigación en Enxeñaría ambiental e Bioprocessos

No noso grupo de investigación temos tratado de aplicar, ao longo dos anos, estes conceptos que condicionaron os nosos obxectivos e o noso xeito de traballar. No ano 2005 acordamos que “a misión do grupo é a de xerar coñecemento científico e técnico útil para un desenvolvemento sostible da Sociedade e formar investigadores emprendedores, promovendo sinerxías nun entorno humano e estimulante”. Estes principios inspiraron o seu traballo dende o comezo da súa actividade, tratando de combinar o avance dos coñecementos científicos coa aplicación ao mundo real.

Así, os nosos comezos estiveron centrados no desenvolvemento de sistemas eficaces para o tratamento da carga orgánica de residuos industriais e, entre eles, os sistemas de tratamiento por dixestión anaerobia que comezan a desenvolverse polos anos 1980. E comezamos tratando de buscar solucións a problemas que afectaban principalmente a Galicia: augas residuais de procesado de conservas, da industria do leite, da industria da madeira...(*figura 40*).

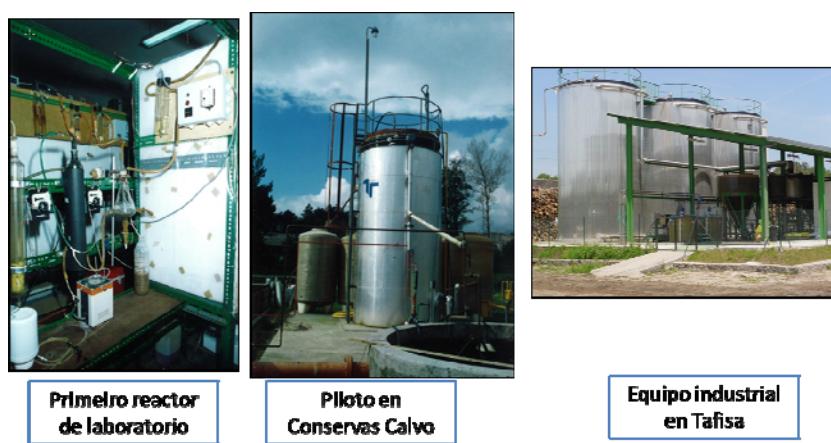


Figura 40. Tratamiento de augas residuales industriais por dixestión anaerobia

O obxectivo neste caso é claro, a depuración das augas, mais con dous importantes matices: é un proceso que se realiza cun baixo consumo enerxético e que permite, ao tempo, recuperar enerxía da auga residual. E isto comezou a supor unha nova mudanza conceptual que cobraría importancia máis adiante.

A continuación mostrarei varios exemplos de traballos, ben en desenvolvemento a nivel laboratorio ou piloto industrial ou mesmo xa finalizados, nos que se pretende avanzar no coñecemento científico, pretendendo obter resultados tecnolóxicos válidos para a resolución de problemas ambientais.

Así, temos desenvolvido sistemas que permiten reducir os consumos enerxéticos, como a desnitrificación autótrofa mediante bacterias anammox, que desde uns primeiros traballos de laboratorio que se prolongaron por máis de 10 anos, (*figura 41*) e tras o estudo en prototipos, finalizou coa realización a escala industrial.

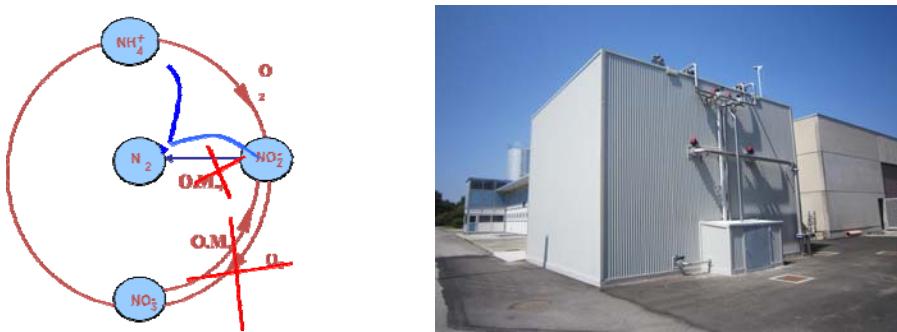


Figura 41. Eliminación autótrofa de nitróxeno mediante bacterias anammox. Equipo industrial na EDAR de Tui-Guillarei (2015)

Os reactores en base ao concepto de biomasa granular aerobia (figura 42) permiten atinxir unha redución do espazo necesario así como dos custos de capital e de explotación, estándose validando actualmente o proceso a escala piloto industrial para tratamento de augas de industrias do leite e conserveiras.

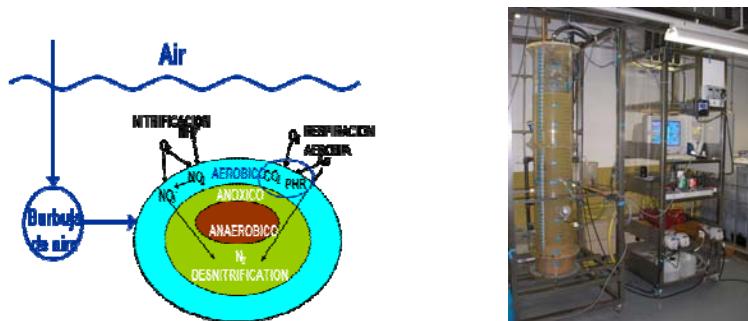


Figura 42. Reactores granulares aerobios

Pretendendo obter un auga de grande calidade para reutilización, estamos a desenvolver a tecnoloxía SIAM. Tecnoloxía que combina etapas anaerobias e aerobias, e que permite un tratamento eficiente, a baixo custe enerxético, evitando as emisións de gases de efecto invernadoiro, polo aproveitamento do metano disolto (producido no reactor anaerobio) como fonte de carbono para a desnitrificación (figura 43). O sistema está actualmente en fase de validación a nivel piloto en Cartaxena.

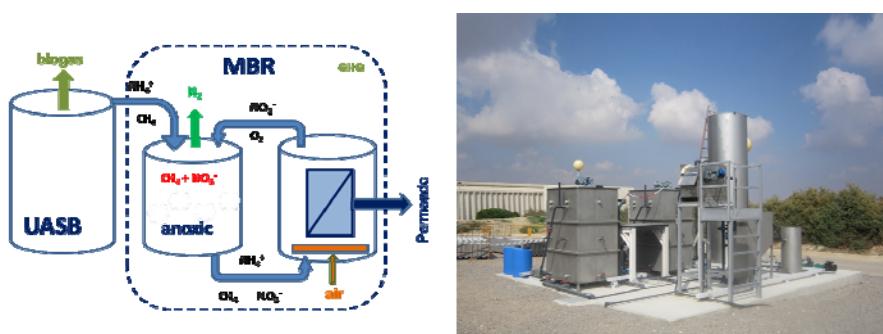


Figura 43. Concepto de Reactor SIAM e Piloto industrial en Cartaxena.

Dada la preocupación que supón la presencia de microcontaminantes con potenciais efectos disruptores endocrinos, levamos traballando na detección e cuantificación, nos mecanismos de eliminación e na tecnoloxía dende hai máis de 10 anos. Ademais de ter avanzado en conceptos como cometabolismo e de ter avaliado o efecto de aplicar diferentes condicións redox nos equipos, como resultado tecnolóxico temos desenvolvido o concepto Sempaq, no que se pretende combinar a biodegradación coa

adsorción de microcontaminantes orgánicos sobre carbón activo (*figura 44*). O proceso foi validado a nivel piloto tratando as augas hospitalarias do Hospital Clínico de Santiago de Compostela.

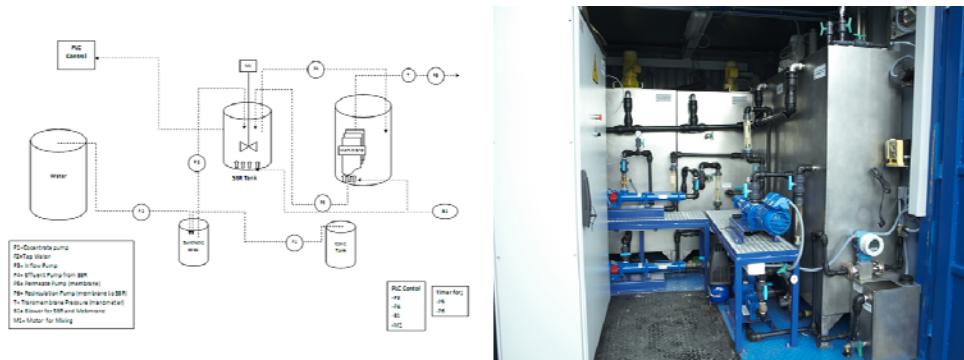


Figura 44. Concepto de Reactor SEMPAC e Piloto industrial no Hospital Clínico de Santiago de Compostela

E se se pretende recuperar enerxía a partir de residuos, o camiño mais directo é a produción de biogás en dixestores anaerobios. Para optimizar a súa eficacia, ideouse o concepto de codixestión que consiste no tratamiento simultáneo de varios residuos. No grupo temos desenvolvido o concepto “Opti-blender” como un sistema que permite optimizar a mistura de cosubstratos e a producción de biogás, sempre tendo presente que se debe asegurar una operación estable dos equipos. O sistema foi validado a nivel piloto industrial na EDAR de Bens, na Coruña (*figura 45*)



Figura 45. Concepto de co Dixestión anaerobia e validación do sistema Opti-blender na EDAR de Bens (A Coruña)

E remato a presentación de exemplos de tecnoloxías que se desenvolven no noso grupo de investigación, presentando a produción de biopolímeros mediante microorganismos acumuladores de polihidroxialcanoatos, ben mediante cultivos puros ou mixtos, a partir de residuos lignocelulósicos ou de augas residuais (*figura 46*). Estes materiais intracelulares poden ter notables aplicacións no campo de plásticos biodegradables.



Figura 46. Producción de bioplásticos a partir de residuos.

Concibimos un plantexamento holístico (*figura 47*) para as tecnoloxías, considerando no só os factores inmediatos que afectan ao seu desenvolvemento e operación, como tamén os coefectos que poidan derivarse da operación. Para isto, desenvolvemos e aplicamos a metodoloxía de Análise de Ciclo de Vida (ACV) á produtos e procesos. Destacar que nun recente estudio bibliométrico, o noso grupo foi identificado como o cuarto en producción científica mundial neste campo.



Figura 47. Concepto de Análise de Ciclo de vida nos sistemas de tratamiento de augas.

Como resultados salientables obtidos nos case 30 anos de traballo do Grupo, indicar que se teñen formado nel 83 doutores, que se levan publicado máis de 620 artigos en revistas internacionais e que foron referenciados en case 14.000 citas.

Epílogo

De como afrontemos a nosa relación coa natureza e de como dirixamos os nosos esforzos condicionará en sobremaneira a evolución da nosa sociedade. E neste camiño son clarividentes as palabras do poeta Nicanor Parra cando indica que “El error consistió en creer que la tierra es nuestra, cuando la verdad es que nosotros somos de la tierra.”

Agradecementos

Permítanme que termine a miña intervención expresando, de novo, o meu agradecemento aos académicos da Real Academia Galega de Ciencias e, principalmente ao meu admirado Prof. Miguel Ángel Ríos Fernández e ao meu padriño Prof. Franco Fernández por este recoñecemento que levarei fachendoso e que me compromete más coa Academia.

Agradezo moiísimo a vosa compañía neste acto. Por suposto ás autoridades, mais tamén ás miñas familias Lema, á familia Rodicio, á familia Garabatos-Vazquez-Pardo-Rodríguez, aos compañeiros e Profesor de bacharelato de La Salle, aos compañeiros de carreira de Química, aos actuais e antigos compañeiros do grupo e do Departamento de Enxeñaría Química, aos compañeiros das Universidades de Santiago A Coruña e Vigo, aos amigos da urbanización,...e de todos aqueles que, por razóns varias non puideron estar hoxe aquí.

O traballo realizado nestes 30 anos corresponde a un esforzo colectivo dun grupo de investigación animoso, traballador e intelixente ao que lle agradezo moiísimo a súa entrega. En particular ao meu bo amigo Moncho Méndez Pampín, compañero de fatigas durante todos estes anos. O grupo é moi importante para min ao que levo dedicado unha boa parte da miña vida.

Agradezo totalmente aos meus pais o seu cariño, o seu esforzo e o seu exemplo por ternos inculcado, tanto a miña irmá Pili coma a min, o seu sentido da responsabilidade, o compromiso coa sociedade e o gusto polo traballo ben feito.

E desde logo agradezo, de maneira moi especial, a miña familia, a miña esposa Mariló, miñas fillas Marta e Iria, a Richard e aos meus netos Luis, Oscar e Daniel. Eles son os meus referentes vitais, a miña enerxía, e os que cada día me lembran que as nosas identidades e a nosa felicidade se constrúen sempre a través dos outros.

Coma o versificou Neruda na súa “Oda a la alegría”: “Voy a cumplir con todos porque debo a todos mi alegría.”

E hoxe, esa débeda é con todos vós por terme brindado un dos momentos más salientables da miña vida académica.

Moitas grazas

Referencias.

Ardern, E., Lockett, W.T. (1914a) “Experiments on the Oxidation of Sewage without the Aid of Filters. J. Soc. Chem. Ind., 33, 523 and (Part II) J. Soc. Chem. Ind., 33, 1122.

Bond C.J. (1991) “Mittelaarterliche Wasser-versorgung in England und Wales”. En: *Geschite der Wasserversorgung*. Ed. Frontinus-Gesellschaft Verlag. Mainz.

BBC (2010) “The sewers of London” http://news.bbc.co.uk/local/london/hi/people_and_places/history/newsid_8993000/8993921.st

Carson R. (1962). “Silent Spring”. Houghton Mifflin.

Cholera and the Thames. (2016) <http://www.choleraandthethames.co.uk/cholera-in-london/the-great-stink/michael-faraday/>

Cox (2014) <http://www.schoolhistory.co.uk/cgi-bin/load.cgi?year9links/industrial/population.pdf>

Föhl, Axel und Manfred Hamm (1985). Die Industriegeschichte des Wassers. Transport, Energie, Versorgung. Düsseldorf

Francesco, Papa (2015). *Laudatio si. Lettera enciclica sulla cura della casa comune*. Librería Editrice Vaticana.

Lane N. (2015). “The unseen world: Reflections on Leeuwenhoek (1677) ‘Concerning little animals’” *Philosophical Transactions on the Royal Society B*. Published 6 March 2015. DOI: 10.1098/rstb.2014.0344

Lema, J.M. and Suárez. S. (2016). *Innovative wastewater treatment and resource recovery technologies: Impacts on energy, economy and environment*. IWA Publisihg.

Lovelock, J. (1979). *Gaia A new look at life on Earth*. Oxford University Press.

Meadows D. Meadows D., Randers J and Behrens W. (1979). *The limits to growth*. Potomak Ass. Book

Neurdien E (1886) https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89gouts_de_Paris#/media/File:PARIS_SOUTERRAIN_.-

Les%C3%A9gouts,_service_de_l%27assainissement_;_collecteur_du_Boulevard_S%C3%A9bastopol.jpg

Seeger H. (1999). "The history of the German Wastewater treatment". *European Water Management*, 2 (5): 51-56

Turner, G. (2014). 'Is Global Collapse Imminent?', *MSSI Research Paper No. 4*, Melbourne Sustainable Society Institute, The University of Melbourne. ISBN: 978 0 7340 4940 7

Wiesman U. (2007) "Historical development of wastewater collection and treatment". Fundamentals of biological wastewater treatment. Wiley-VCH Verlag. Weinheim