

Nuevas tendencias en el tratamiento de fangos

Alejandro Zarzuela



Nuevas tendencias en el tratamiento de fangos

Índice

1. ¿Qué es Acciona Agua?
2. Situación del tratamiento de fangos en el mercado
3. Oportunidades de negocio
4. Líneas de desarrollo adoptadas



¿Qué es Acciona Agua?

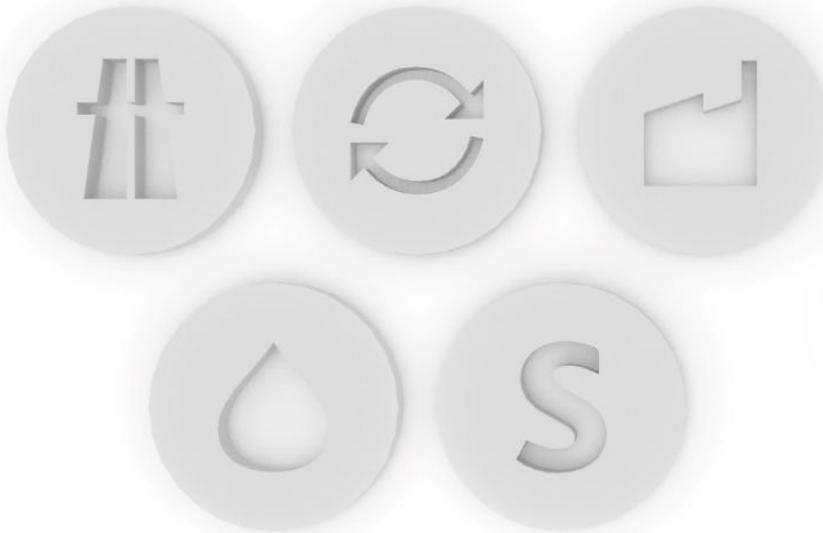


ACCIONA

EMPRESA GLOBAL LÍDER EN
INFRAESTRUCTURAS Y
ENERGÍAS RENOVABLES

¿Qué es Acciona Agua?

ACCIONA ÁREAS DE NEGOCIO



ACCIONA
Infraestructuras



ACCIONA
Energía

¿Qué es Acciona Agua?



ACCIONA
INFRAESTRUCTURAS
EL VALOR DE LA INTEGRACIÓN

¿Qué es Acciona Agua?

ACCIONA Infraestructuras

UNIDADES DE NEGOCIO



¿Qué es Acciona Agua?



3.336 M€ de cifra de negocio y
167 M€ de EBITDA en 2015

29.300 empleados en
25 países

Cartera de Contratos
de **11 B€**



ACCIONA Infraestructuras

CONSTRUCCIÓN, CONCESIONES, AGUA, INDUSTRIAL Y SERVICIOS



¿Qué es Acciona Agua?

ACCIONA Agua

MODELO DE NEGOCIO



DISEÑO

CONSTRUCCIÓN

OPERACIÓN
MANTENIMIENTO

ACCIONA Agua

SOLUCIONES GLOBALES EN EL CICLO DEL AGUA

+ 40 años de experiencia

~3.500 empleados, + 20 países

451 M€ de cifra de negocio y 35M€ de EBITDA en 2015

90 M de personas servidas y más de 75 proyectos de desalación en el mundo

Gran capacidad en la gestión de todo el ciclo del agua: **desalación, depuración, potabilización, operación y mantenimiento**

La apuesta por el **I+D+i** permite garantizar la calidad del agua y la minimización de consumos energéticos, mejorando la eficiencia



Desalinizadora del puerto de Sanvac, Adelaida, Australia



Desalinizadora de Ras Abu Fontas III, Catar



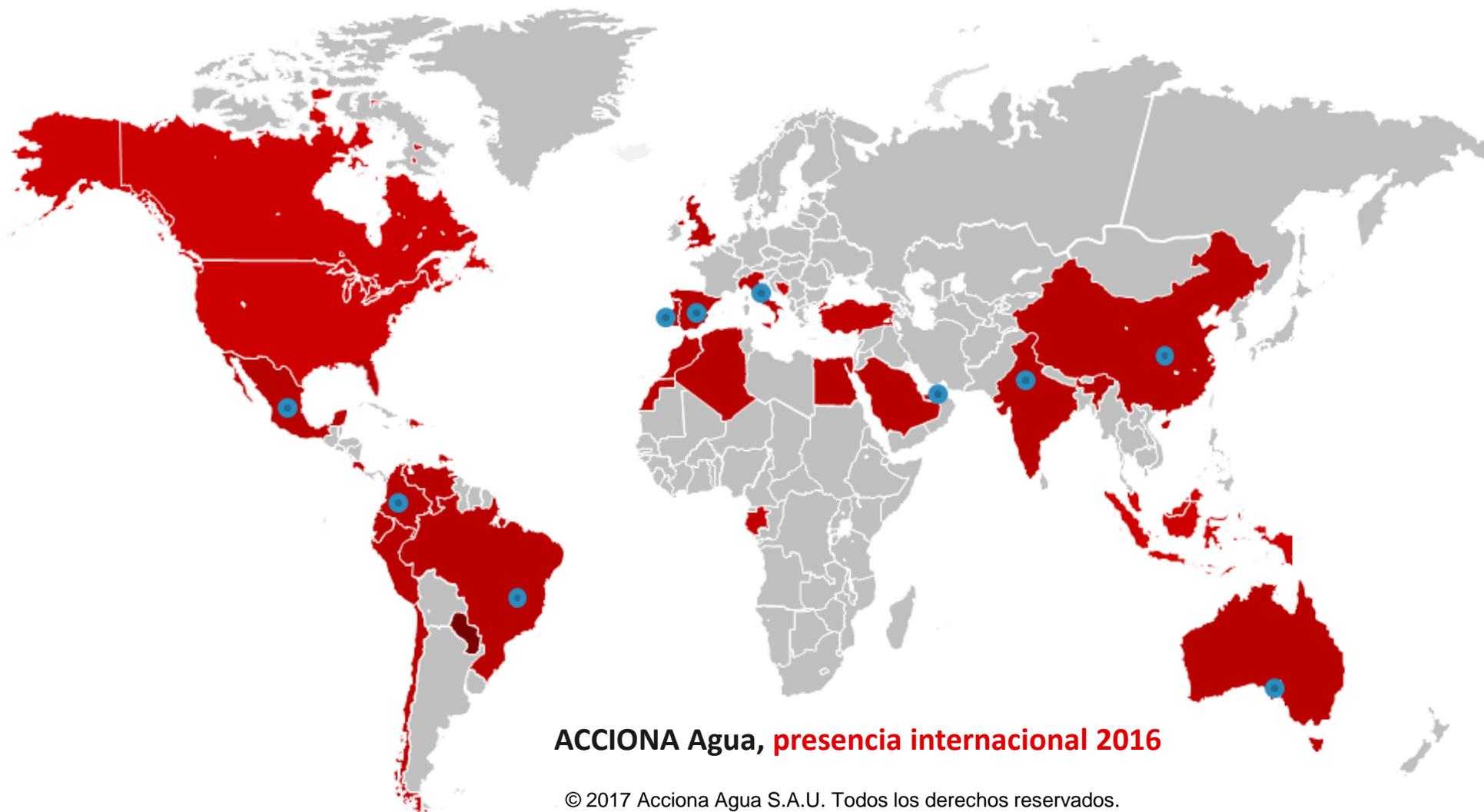
Planta de tratamiento de aguas residuales La Escalerilla, Australia



Planta potabilizadora de Mundaring, Perth, Australia

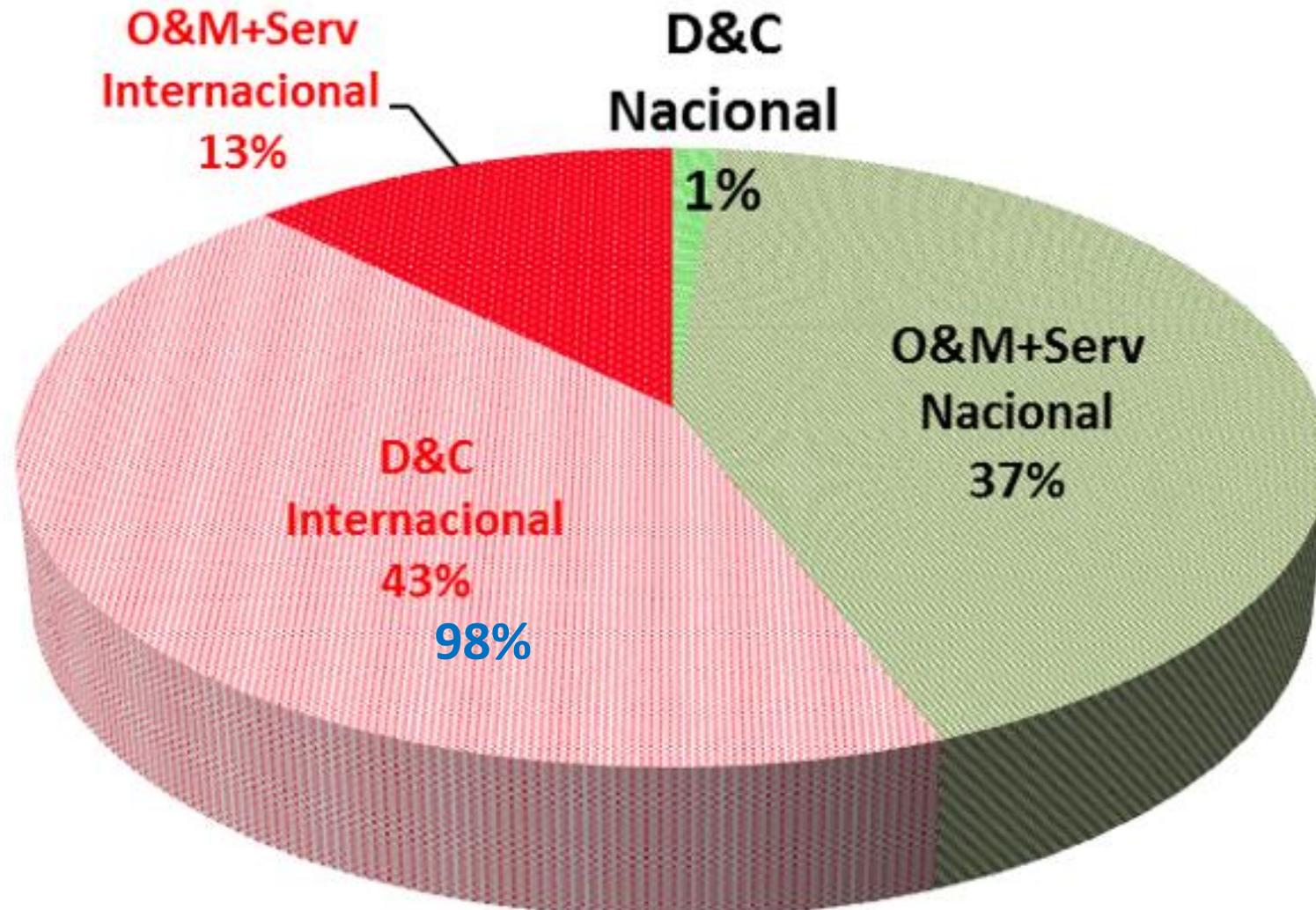
¿Qué es Acciona Agua?

● Oficinas permanentes



ACCIONA Agua, **presencia internacional 2016**

¿Qué es Acciona Agua?



¿Qué es Acciona Agua?

Investigación, Desarrollo e Innovación, I+D+i

- **Centro de I+D+i en Barcelona**
 - 300 m² laboratorio
 - 800 m² plantas piloto
- **Patentes >25**
- **Equipo >30 investigadores**
- **Conocimiento >30 años de experiencia**
 - Desalinización y tratamiento de agua
 - Depuración de agua residual
 - Tratamiento de fangos
 - Reutilización
 - Aguas industriales
 - Sistemas de control avanzado
- **Plantas piloto situadas en EDAR e IDAM**



Planta piloto en Archena (Murcia)



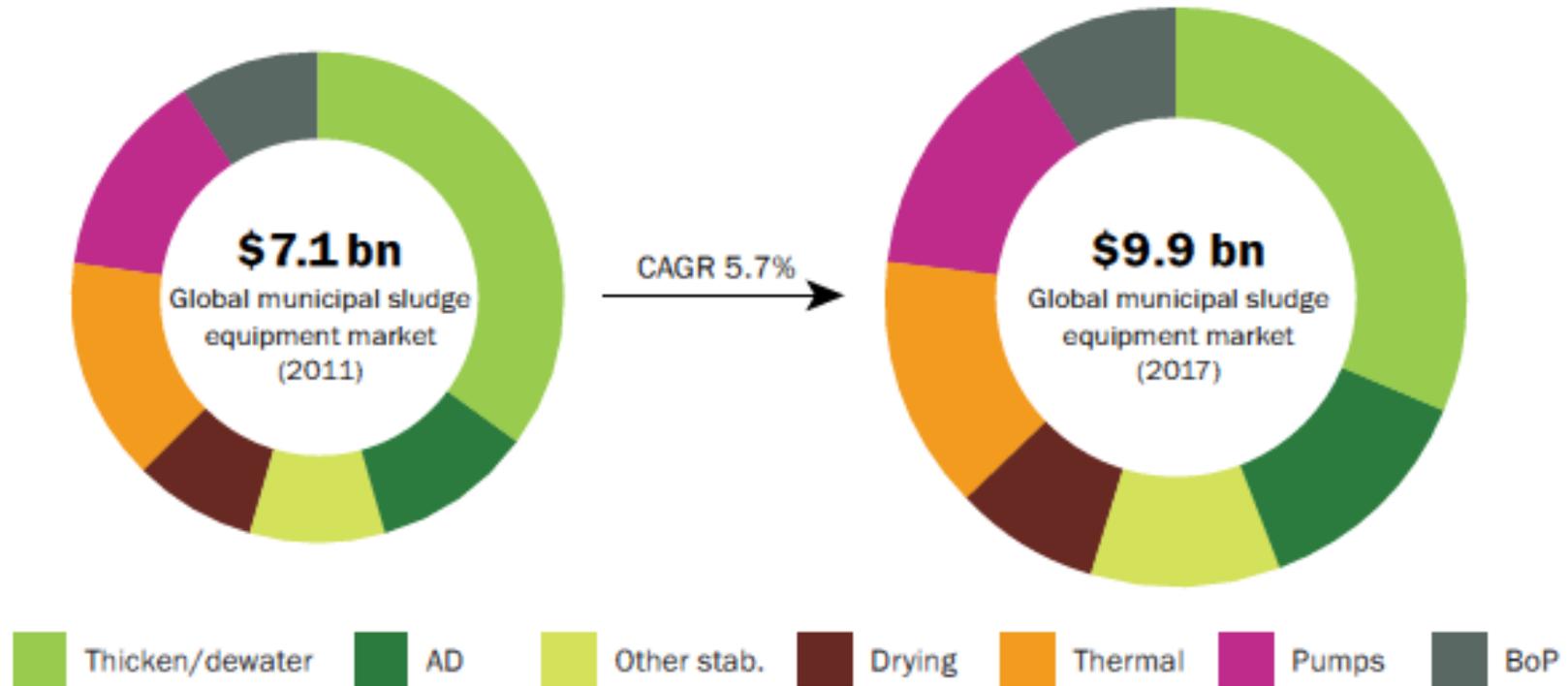
Planta piloto en Sureste (Gran Canaria)

¿Qué es Acciona Agua?



Situación del tratamiento de fangos en el mercado

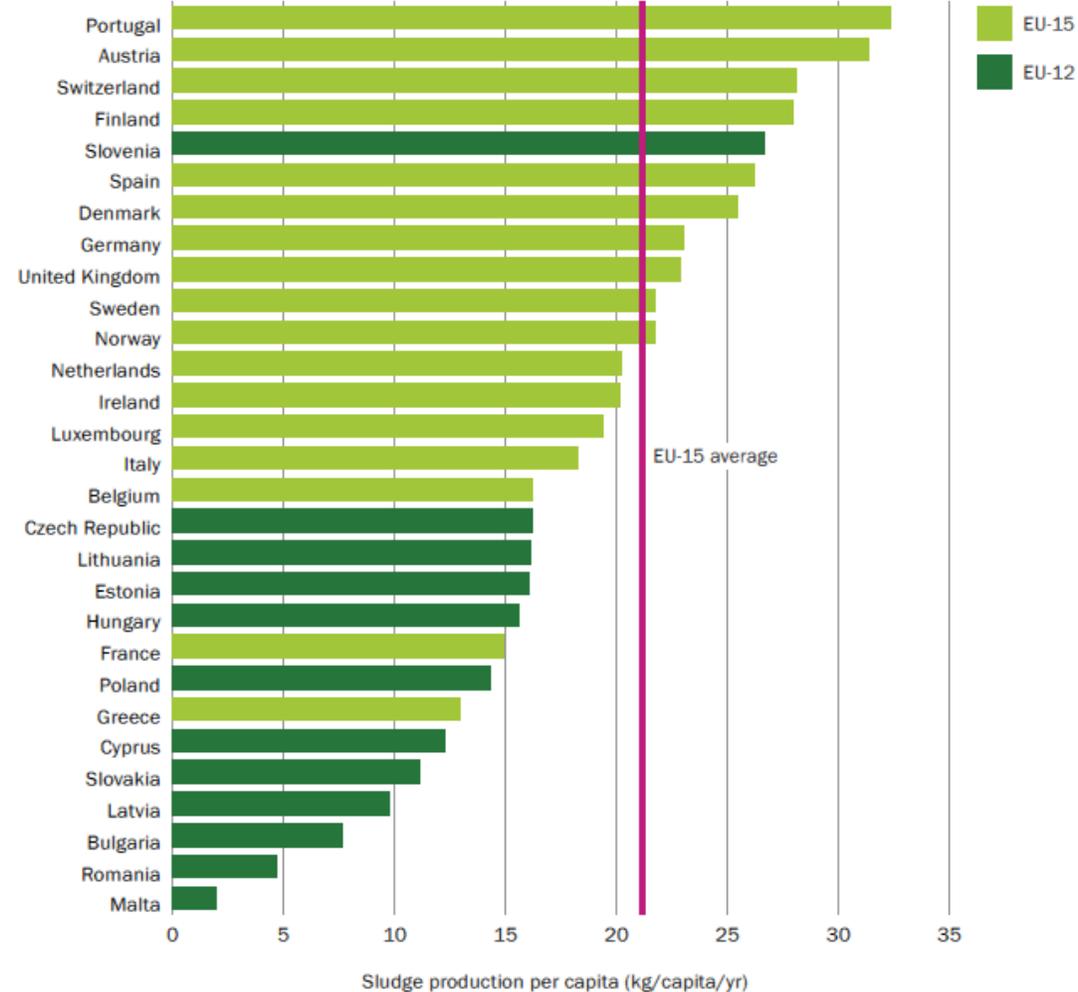
Global municipal sludge equipment market forecast, 2011 and 2017



Source: GWI

Situación del tratamiento de fangos en el mercado

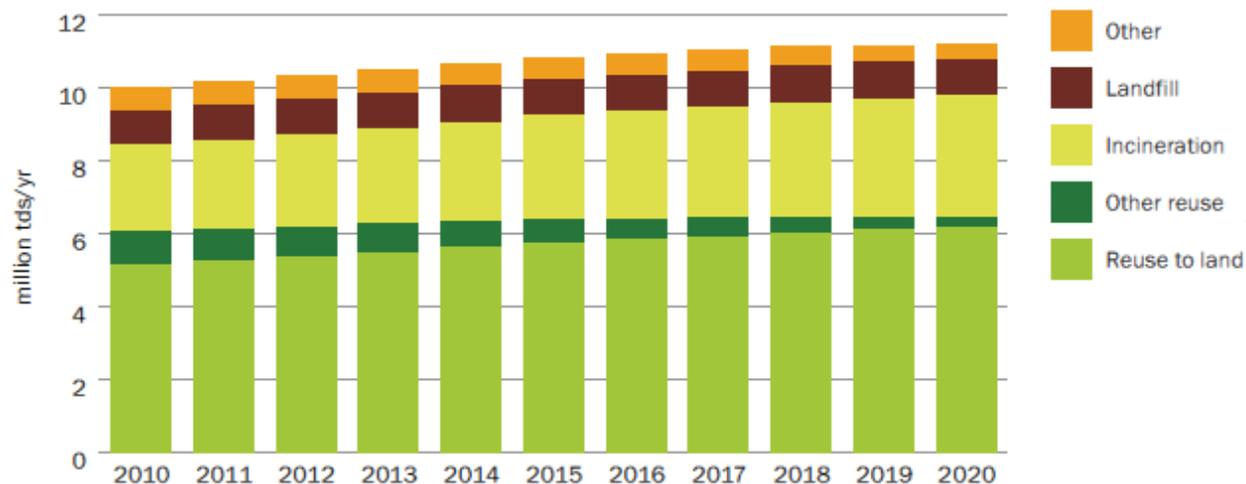
Sludge production per capita in the European Union, 2010



Source: Milieu Ltd et al. 2010; Statistics Norway, 2012; Weichmann et al., 2012; Statistical Office of Republic Slovenia, 2011; FOEN Switzerland, 2008; Czech Statistical Office, 2012; GWI

Situación del tratamiento de fangos en el mercado

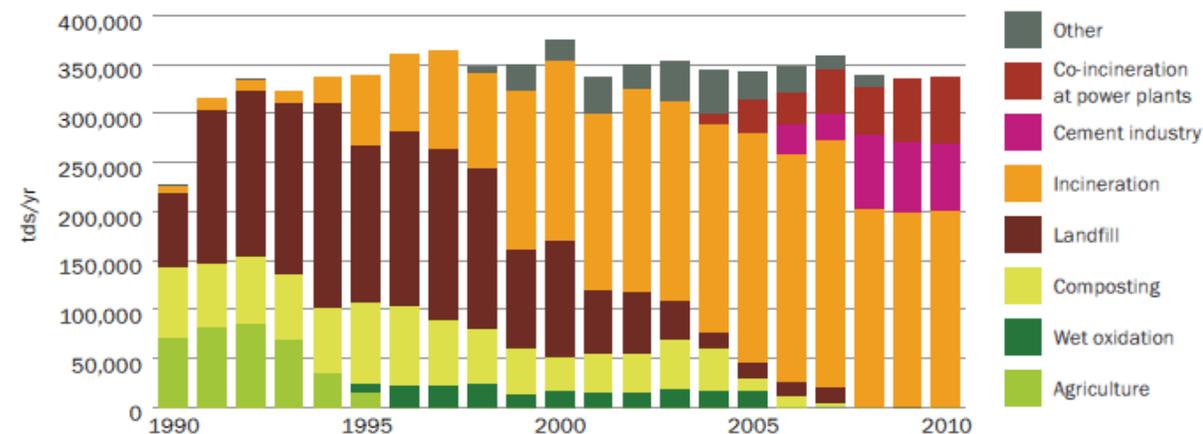
Sludge disposal routes in the EU-15 countries, 2010–2020



million tds/yr	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Reuse to land	5.165	5.265	5.373	5.490	5.621	5.747	5.833	5.926	6.028	6.108	6.189
Other reuse	0.903	0.862	0.818	0.770	0.718	0.657	0.582	0.505	0.429	0.353	0.276
Incineration	2.356	2.445	2.537	2.628	2.726	2.829	2.928	3.031	3.139	3.237	3.335
Landfill	0.933	0.936	0.943	0.958	0.979	0.999	1.002	1.007	1.014	0.993	0.972
Other	0.665	0.654	0.646	0.640	0.634	0.618	0.587	0.554	0.518	0.465	0.412
Total	10.022	10.162	10.317	10.486	10.678	10.851	10.932	11.023	11.128	11.156	11.185

Source: Milieu Ltd et al., 2010; GWI

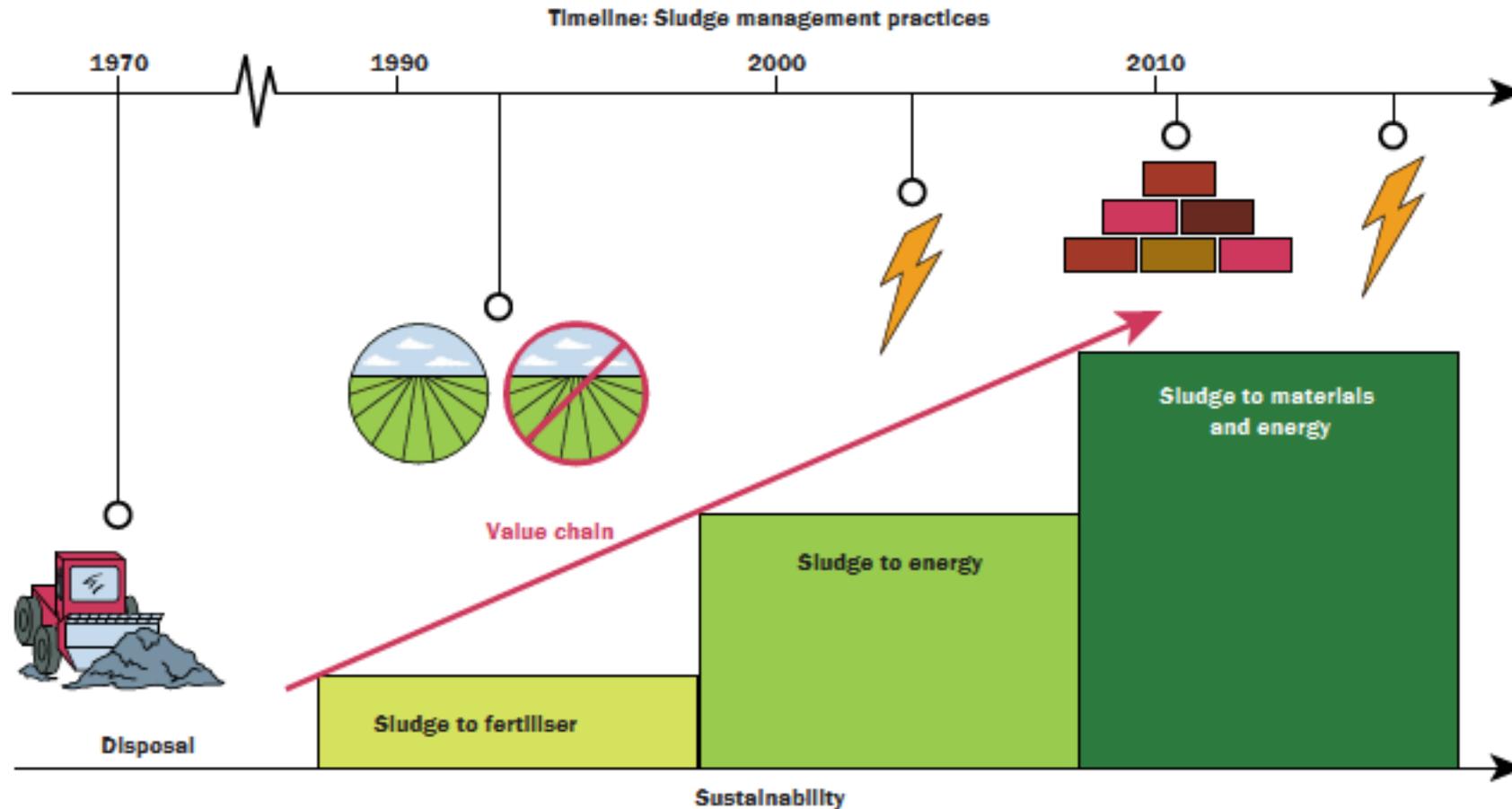
Netherlands, 1990–2010



Source: Centraal Bureau voor de Statistiek, 2012

Situación del tratamiento de fangos en el mercado

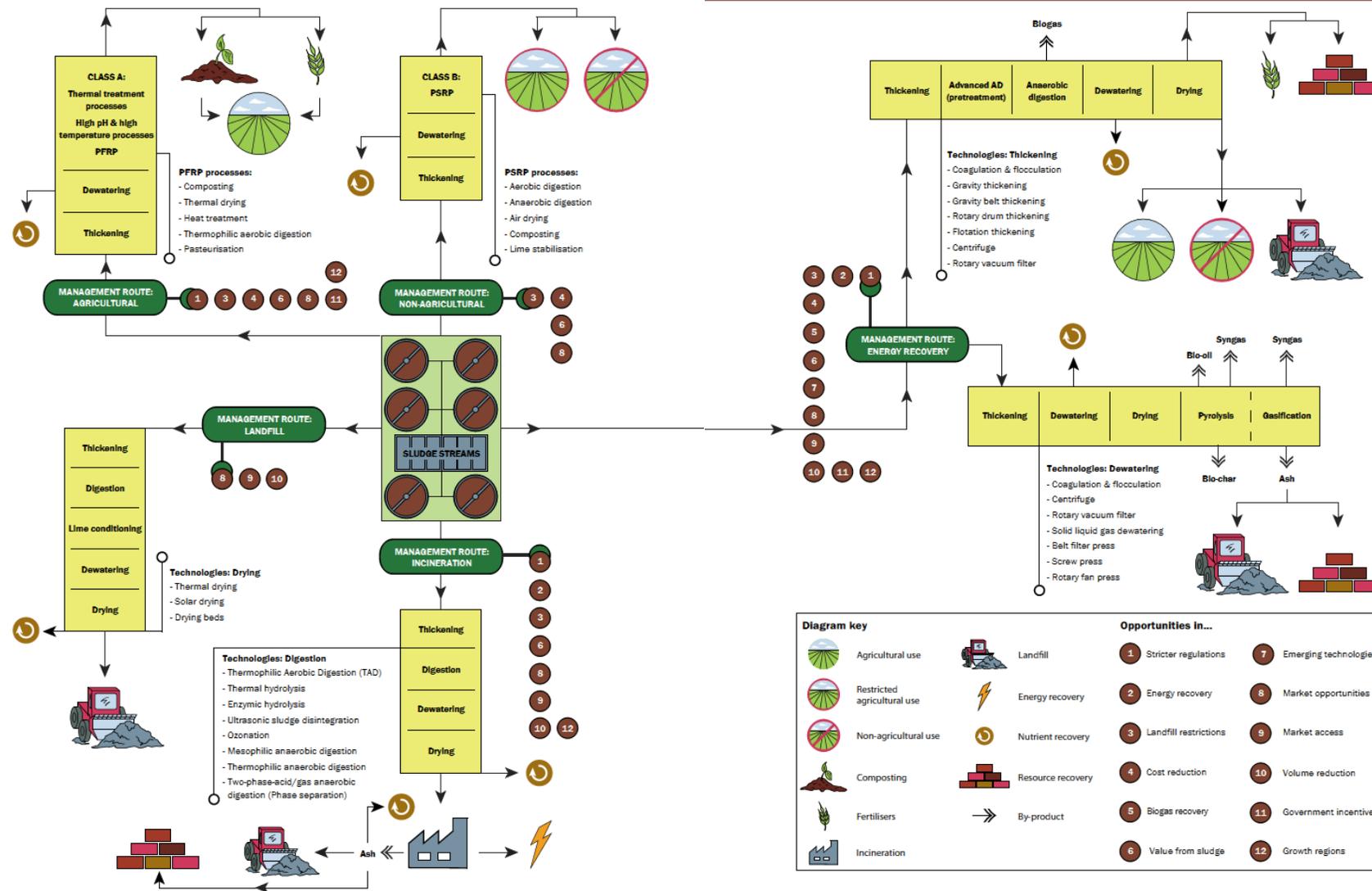
Changes in sludge management practices in the developed countries, 1970–present



Source: GWI

Situación del tratamiento de fangos en el mercado

Sludge management industry: Full summary



La regulación es un importante
conductor del mercado

Situación del tratamiento de fangos en el mercado

Note: - NR - Not regulated
 Source: GWM, 2012

		As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Pb	Hg	Mo	Ni	Se	Zn	Pathogens	Organic compounds
		(mg/kg)													
EU-27:		-	-	20-	-	-	1,000-	750-	16-	-	300-	-	2,500-	NR	NR
Directive 86/278/EEC				40			1,750	1,200	25		400		4,000		
France		-	-	20	-	1,000	1,000	800	10	-	200	-	3,000	Salmonella 8MPN/10g DM Enterovirus: 3MPCN/10g DM Helminth eggs: 3/10g DM	Limits for polycyclic aromatic hydrocarbons such as fluoranthene
United States: CFR 40 Part 503 (cumulative pollutant loading rate)	Class A	41	-	39	-	-	1,500	300	17	-	420	100	2,800	Fecal coliforms < 1,000MPN/dry g Or Salmonella < 3MPN/4g	-
	Class B	41	-	39	-	-	1,500	300	17	-	420	100	2,800	Monthly geometric mean of fecal coliforms < 2,000,000 MPN/dry g Or < 2,000,000 colony forming units/ dry g	
Washington		41	-	39	-	-	1,500	300	17	75	420	36	2,800	The same as U.S. CFR 40 Part 503	-
Canada:	Class A	13	-	3	34	100	400	150	2	5	62	2	500	Fecal coliforms < 1,000 MPN/dry g	Risk is managed by site specific review by medical health officers
British Columbia	Class B	75	-	20	150	1,060	2,200	500	15	20	180	14	1,850	Fecal coliforms < 2,000,000 MPN/dry g	
Brazil: Resolution CONAMA 380/2006	Class A	41	1,300	39	-	1,000	1,500	300	17	50	420	100	2,800	Thermotolerant coliforms < 1,000 MPN/gTS Helminth eggs < 0.25 eggs/gTS Salmonella absence 10gTS	See Figure 2.21 for the full list of numerical limits.
	Class B	41	1,300	39	-	1,000	1,500	300	17	50	420	100	2,800	Thermotolerant coliforms < 1,000,000 MPN/gTS Helminth eggs < 10 eggs/gTS	
China: CJ/T 309-2009 sludge quality for agricultural application	Class A	<30	-	<3	-	<500	<500	<300	<3	-	<100	-	<1,500	Fecal coliforms > 0.01 Mortality of ascarid eggs > 95%	Polycyclic aromatic hydrocarbons < 5 mg/kg DS Benzo[a]pyrene < 2 mg/kg DS
	Class B	<75	-	<15	-	<1,000	<1,500	<1,000	<15	-	<200	-	<3,000		
Saudi Arabia: 1427 H,2006		75	-	85	-	3,000	4,300	840	57	75	420	100	7,500	Salmonella 3/4g of DS Excrement colon Bacillus 1000/1g DS Intestinal worm eggs 1/4g pf DM	
Oman: M.D. 145/93		-	-	20	-	1,000	1,000	1,000	10	20	300	50	3,000	-	-

Figure 2.27 Country comparison of pollutant limits for sludge used in agriculture

Situación del tratamiento de fangos en el mercado

- Algunos países tienen prohibido el uso de fango no tratado en el terreno
- La mayoría de ellos limitan por el contenido en metales pesados, pero no siempre los mismos(vgr. Italia, Chipre e Irlanda no limitan el cromo) o con niveles menores
- No todos los países han limitado el contenido de patógenos (Francia, Italia,..)
- Algunos además han añadido límites para compuestos orgánicos como halógenos, etc. (Austria, Alemania, Polonia)

- Secados térmicos
- Incineración
- Aumento en la eliminación de volátiles

Reducción de volumen



- Aumento de la producción de biogás (co-digestión)
- Gasificación
- Pirolisis

Recuperación de energía



- Recuperación recursos (Nutrientes)
- Recuperación material (cementeras, material de construcción)

Valorización del fango



Oportunidades de negocio



Comparativa principales procesos para formación controlada de estruvita

Nombre proceso	Empresa	Tipo de reactor	Material de entrada	Producto	Fuente de Mg	Control pH	[P]	% de recuperación de P	Consumo energía (kWh/kg P recuperado)
Airprex	PCS - CNP	Biorreactor airlift CSTR	Fango digerido	Estruvita Producto <i>Berliner Pflanze</i>	MgCl ₂	Eliminación de CO ₂	21% P ₂ O ₅	7	10,3
Struvia	Veolia	Reactor cristalización CSTR	Licor de fango	Estruvita o hidroxilapatita	MgCl ₂	NaOH	29% P ₂ O ₅	11	1,3
Pearl	Ostara	Lecho fluidizado	Licor de fango (reject water)	Estruvita Producto <i>Crystal Green</i>	MgCl ₂	NaOH (opcional)	28% P ₂ O ₅	12	2,2
Stuttgart	Universidad de Stuttgart	Reactor de extracción y de precipitación	Fango digerido	Estruvita	MgO	NaOH	27% P ₂ O ₅	45	4,8
Gifhorn	Seaborne	Reactor de precipitación CSTR	Reject water	Mezcla de estruvita e hidroxilapatita	Mg(OH) ₂	NaOH	28% P ₂ O ₅	49	6,9
Crystallactor	DHV	Lecho fluidizado	Reject water/plant effluent	Estruvita / fosfato cálcico	Mg(OH) ₂ / Ca(OH) ₂ / MgCl ₂	Ca(OH) ₂	-	-	-
Phospaq	Paques	Reactor CSTR	Reject water / Effluent	Estruvita	MgO	Eliminación de CO ₂	-	-	-
Phosnix	Unitika	Lecho fluidizado	Reject water	Estruvita	Mg(OH) ₂	NaOH	-	-	-
NuReSys	Awkadok	Reactor CSTR	Reject water	Estruvita	MgCl ₂	NaOH	-	-	-
Anphos	Colsen	Continuos mixed reactor	Reject water	Estruvita	Mg(OH) ₂	Eliminación de CO ₂	-	-	-



TABLE 5-1
Summary of the Six Alternatives for Meeting Class A Pathogen Requirements

In addition to meeting the requirements in one of the six alternatives listed below, the requirements in Table 5-2 must be met for all six Class A alternatives.

Alternative 1: Thermally Treated Biosolids

Biosolids must be subjected to one of four time-temperature regimes.

Alternative 2: Biosolids Treated in a High pH-High Temperature Process

Biosolids must meet specific pH, temperature, and air-drying requirements.

Alternative 3: Biosolids Treated in Other Processes

Demonstrate that the process can reduce enteric viruses and viable helminth ova. Maintain operating conditions used in the demonstration after pathogen reduction demonstration is completed.

Alternative 4: Biosolids Treated in Unknown Processes

Biosolids must be tested for pathogens—*Salmonella* sp. or fecal coliform bacteria, enteric viruses, and viable helminth ova—at the time the biosolids are used or disposed, or, in certain situations, prepared for use or disposal.

Alternative 5: Biosolids Treated in a PFRP

Biosolids must be treated in one of the Processes to Further Reduce Pathogens (PFRP) (see Table 5-4).

Alternative 6: Biosolids Treated in a Process Equivalent to a PFRP

Biosolids must be treated in a process equivalent to one of the PFRPs, as determined by the permitting authority.

TABLE 5-4
Processes to Further Reduce Pathogens (PFRPs)
Listed in Appendix B of 40 CFR Part 503

1. Composting

Using either the within-vessel composting method or the static aerated pile composting method, the temperature of the biosolids is maintained at 55°C or higher for 3 days.

Using the windrow composting method, the temperature of the biosolids is maintained at 55°C or higher for 15 days or longer. During the period when the compost is maintained at 55°C or higher, the windrow is turned a minimum of five times.

2. Heat Drying

Biosolids are dried by direct or indirect contact with hot gases to reduce the moisture content of the biosolids to 10 percent or lower. Either the temperature of the biosolids particles exceeds 80°C or the wet bulb temperature of the gas in contact with the biosolids as the biosolids leave the dryer exceeds 80°C.

3. Heat Treatment

Liquid biosolids are heated to a temperature of 180°C or higher for 30 minutes.

4. Thermophilic Aerobic Digestion

Liquid biosolids are agitated with air or oxygen to maintain aerobic conditions, and the mean cell residence time of the biosolids is 10 days at 55°C to 60°C.

5. Beta Ray Irradiation

Biosolids are irradiated with beta rays from an accelerator at dosages of at least 1.0 megarad at room temperature (ca. 20°C).

6. Gamma Ray Irradiation

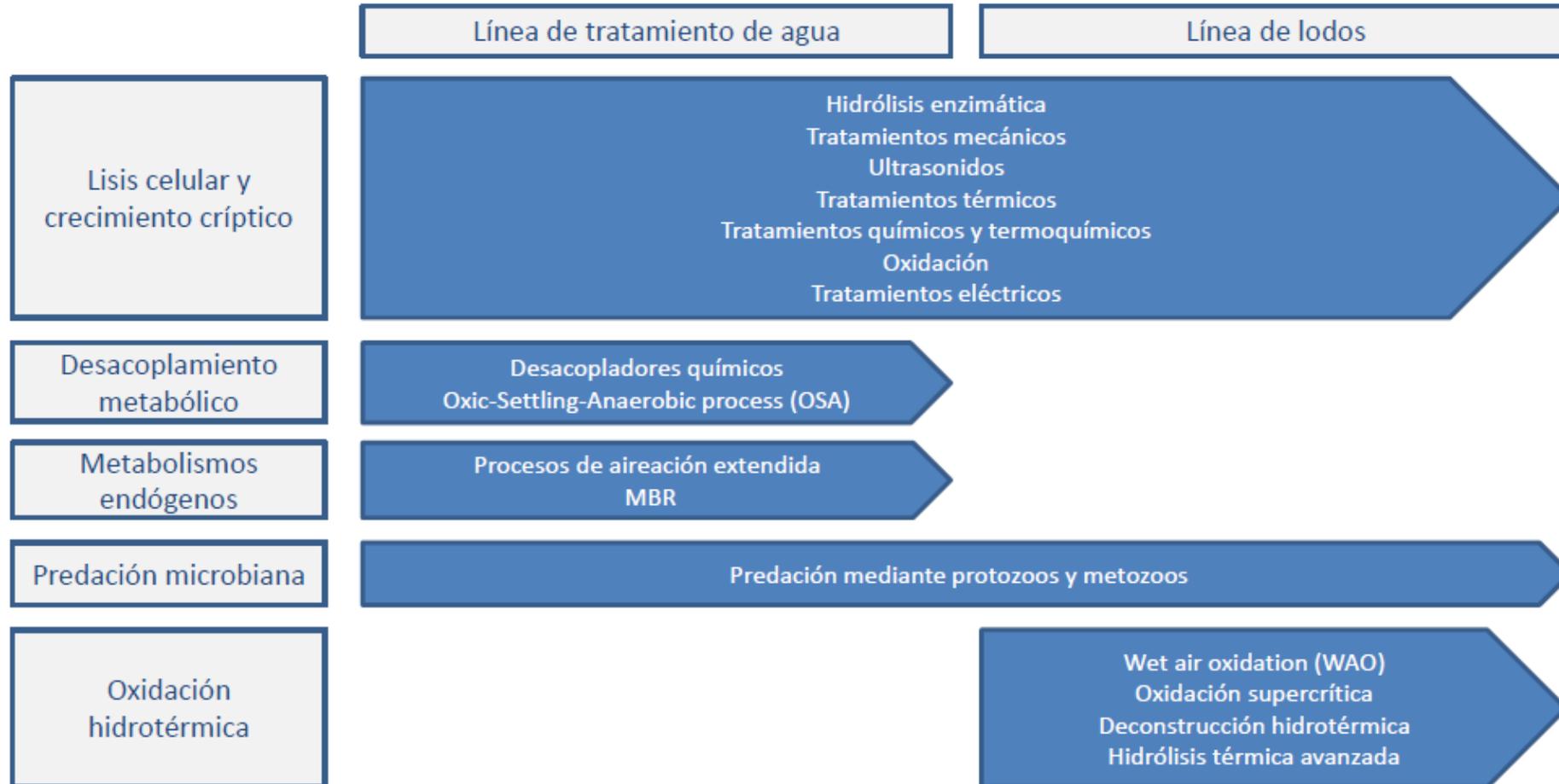
Biosolids are irradiated with gamma rays from certain isotopes, such as Cobalt 60 and Cesium 137, at room temperature (ca. 20°C).

7. Pasteurization

The temperature of the biosolids is maintained at 70°C or higher for 30 minutes or longer.

Tecnologías de minimización de fangos

Resumen de tecnologías



Tecnologías de minimización de fangos

Ventajas e inconvenientes

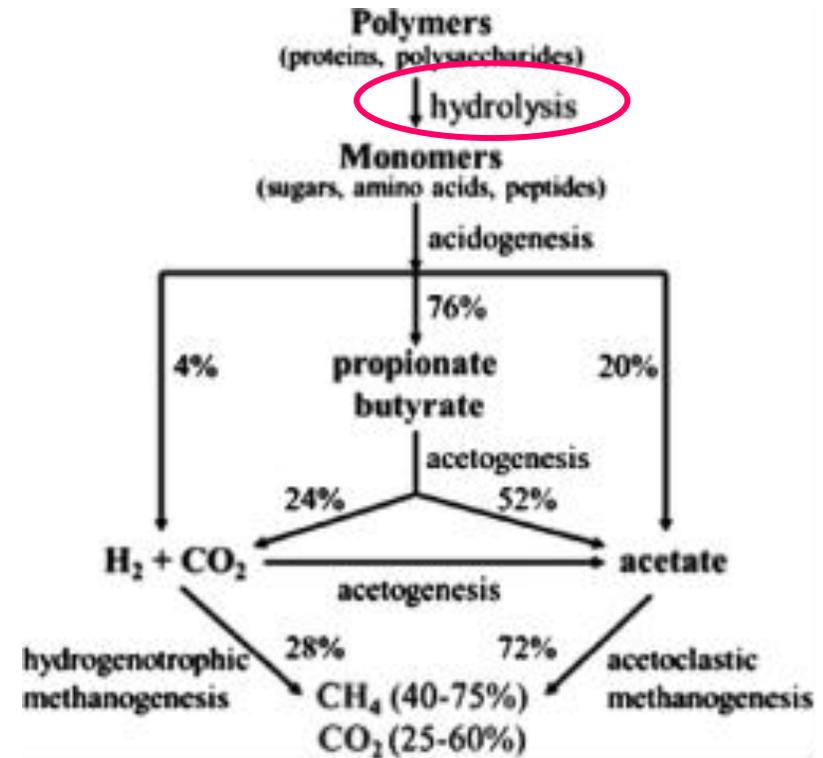
	O&M	Consumo energético	Desarrollo tecnológico	Mejora la producción de biogás	Costes	Reducción de lodos
Hidrólisis enzimática	Green	Green	Yellow	-	Green	-
Hidrólisis enzimática con bacterias termofílicas	Green	Red	Green	-	Green	-
Tratamientos mecánicos	Yellow	Yellow	Green	-	-	-
Ultrasonidos	Yellow	Red	Green	Green	Red	54 %
Tratamiento térmico	Red	-	Green	Green	Red	30 %
Hidrólisis químico o termoquímica	-	Red	Green	Green	-	-
Oxidación (Ozono)	Red	Red	Green	Green	Red	70 %
Oxidación (Cloro)	Yellow	-	Red	Green	Yellow	65 %
Tratamientos eléctricos	Yellow	Red	Red	-	-	12-20 %
Desacopladores químicos	Green	Green	Red	-	-	87 %
OSA	Green	-	Yellow	Green	Yellow	20-65 %
Procesos de aireación extendidos	Yellow	Yellow	Green	-	-	-
MBR	Red	-	Green	-	Red	-
Predación con protozoos y mesozoos	Green	Green	Red	-	Green	-
WAO	Red	Red	Green	Green	Red	75 – 90 %
Oxidación supercrítica	Red	Red	Green	Green	Red	-
Hidrólisis térmica avanzada	-	Red	Red	Green	Green	40 – 60 %
Deconstrucción hidrotérmica	-	-	Yellow	Green	Yellow	90 %

- De 15 a 20 años para que una tecnología sea aceptada como madura.
- El tratamiento de fangos se está abriendo a la innovación (THP,...)
- A la velocidad que va la innovación es importante llegar a tiempo.
- En países sin regulación prima el capex sobre el opex y al contrario.

Líneas adoptadas

Mejora de la digestión

- A menudo, la baja biodegradabilidad de los lodos activos limita la producción metano en la digestión anaerobia → hidrólisis fase limitante
- Pretratamientos para mejora de la hidrólisis
 - Mecánicos
 - Térmicos
 - Químicos
 - Biológicos
 - Poco explorados
 - Mejora del rendimiento del proceso centrándose en el proceso biológico
 - Bajo coste



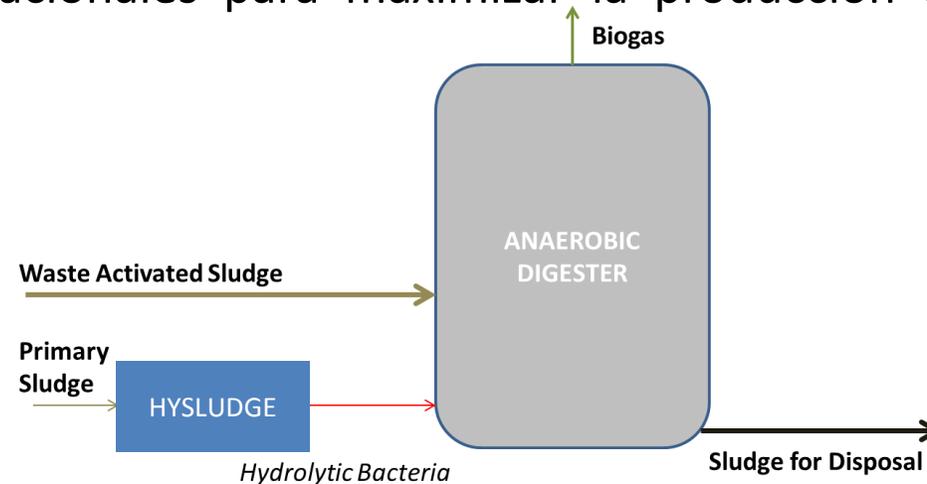
(Hu et al., 2014)

Líneas adoptadas

Mejora de la digestión vía biológica

PROYECTO HYSLUDGE:

- Pretratamientos sencillos basados en el enriquecimiento de las bacterias hidrolíticas en el fango primario
- Optimización de factores operacionales para maximizar la producción de biogás al mínimo coste:
 - pH
 - HRT
 - Temperatura



INPUTS:

- Sludge stream enriched with hydrolytic bacteria

OUTPUTS

- Higher biogas production
- Lower sludge for disposal

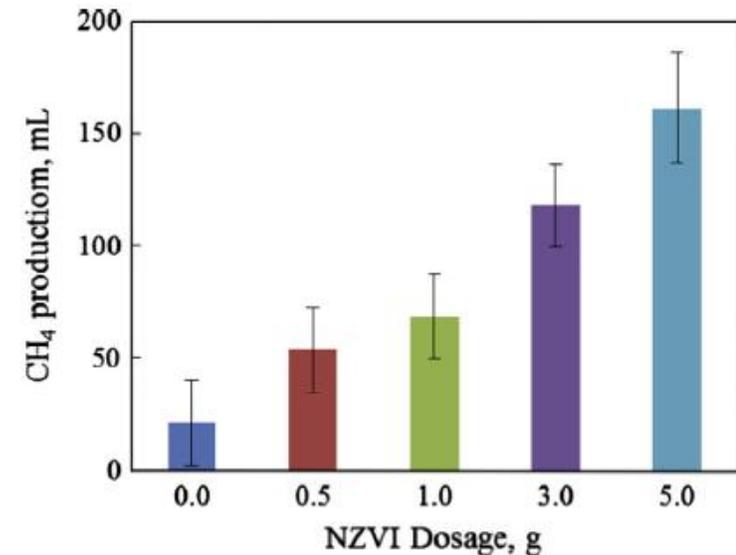
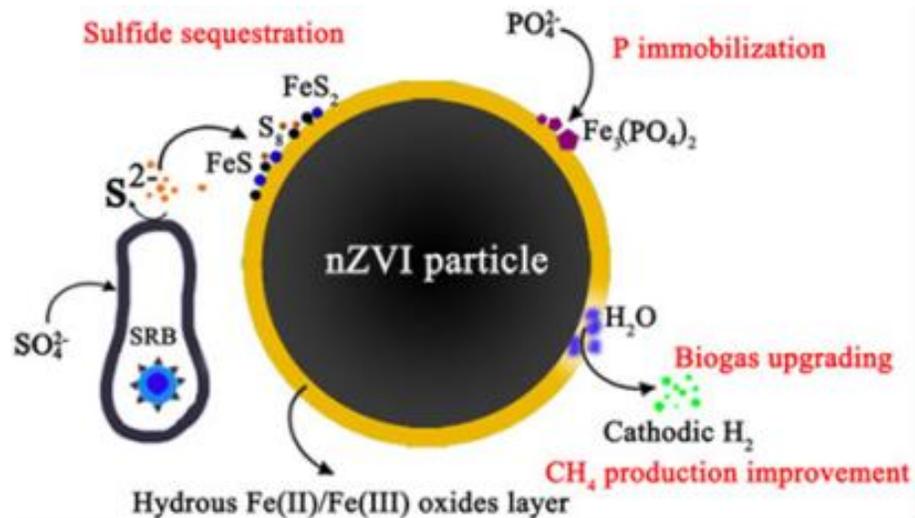
- Lower operational costs
- Increased process sustainability

Líneas adoptadas

Mejora de la digestión por adición de nanopartículas

Nanopartículas de metales: Zn, Cu, Fe, Co

- Directamente a añadir en el digestor
- Principal interés suscitado por el Fe (p.e. en forma de NZVI):
 - Hasta un 60% más producción de biogás y mayor rendimiento a metano
 - Inhibición de la actividad de las bacterias sulfatorreductoras (SBR): ↓ formación de H₂S y olores



(Hu et al., 2014)

Líneas adoptadas

Mejora de la digestión por adición de nanopartículas

Por ejemplo nanopartículas de FE:

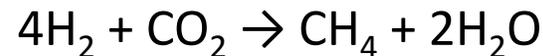
- Principales mecanismos:

1. Liberación de hidrógeno a través de transferencia de e^- por corrosión/oxidación

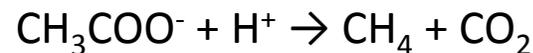


- Con el H_2 producido:

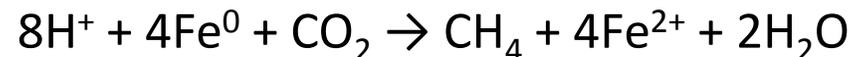
- Conversión CO_2 en CH_4 en el proceso de metanogénesis hidrogenotrófica



- Metanogénesis acetolástica



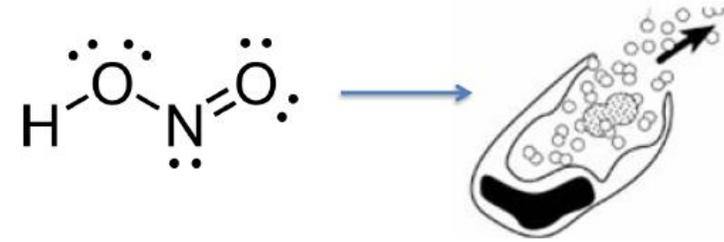
2. Conversión de CO_2 a CH_4 con ZVI como donante de e^- directamente (beneficiando así la aceleración de corrosión de ZVI)



Líneas adoptadas

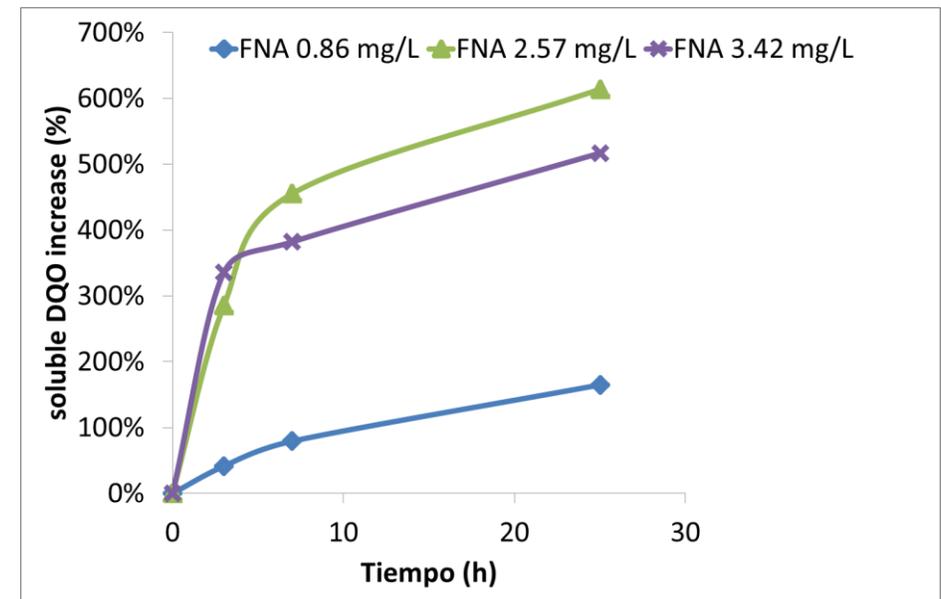
Mejora de la digestión por adición de FNA

Ácido nitroso libre (FNA): producido in-situ por la nitrificación del licor procedente de los retornos de digestión



Pretratamiento del fango previo a digestión:

- Mayor degradación del fango por las mejoras en los procesos de acidogénesis (\uparrow AGV)
- Mayor solubilización (SCOD)
- Mayor actividad enzimática



Líneas adoptadas

Mejora de la digestión por adición de FNA

LODOMAT technology (Univ. Queensland):

- Resultados a escala de laboratorio
- 20-30% aumento de biogás
- 5-10% reducción de volumen de lodos
- 2 años de retorno de la inversión
- Control de la concentración de FNA con pH y concentración de N-NO₂:

$$FNA = S_{NO-2-N} / (K_a \times 10^{pH})$$

A conseguir con

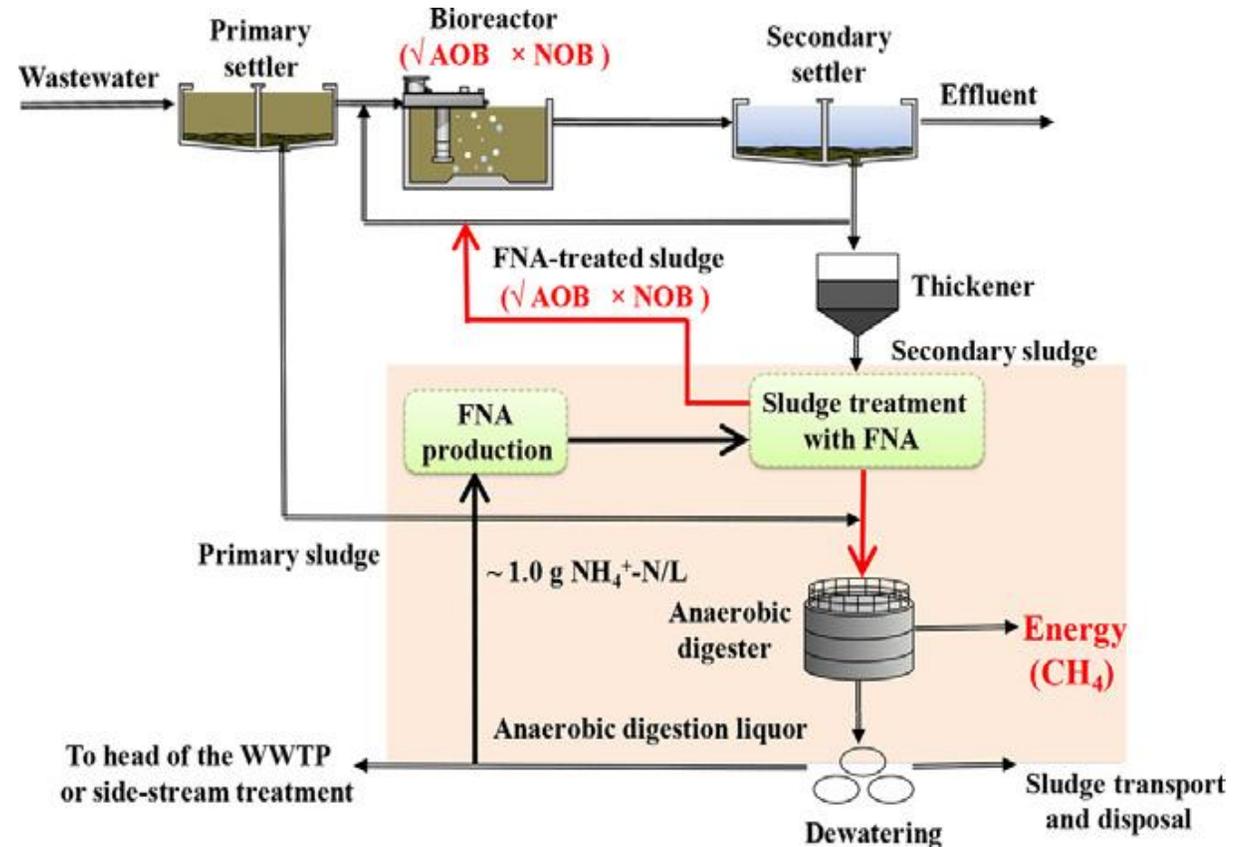
- Nitritación parcial del escurrido de centrífuga
- Directamente añadiendo NaNO₂



Líneas adoptadas

Mejora de la digestión por adición de FNA

Aplicación adicional 1: control de poblaciones en procesos biológicos de eliminación de N (NOB menos resistentes a FNA que AOB)

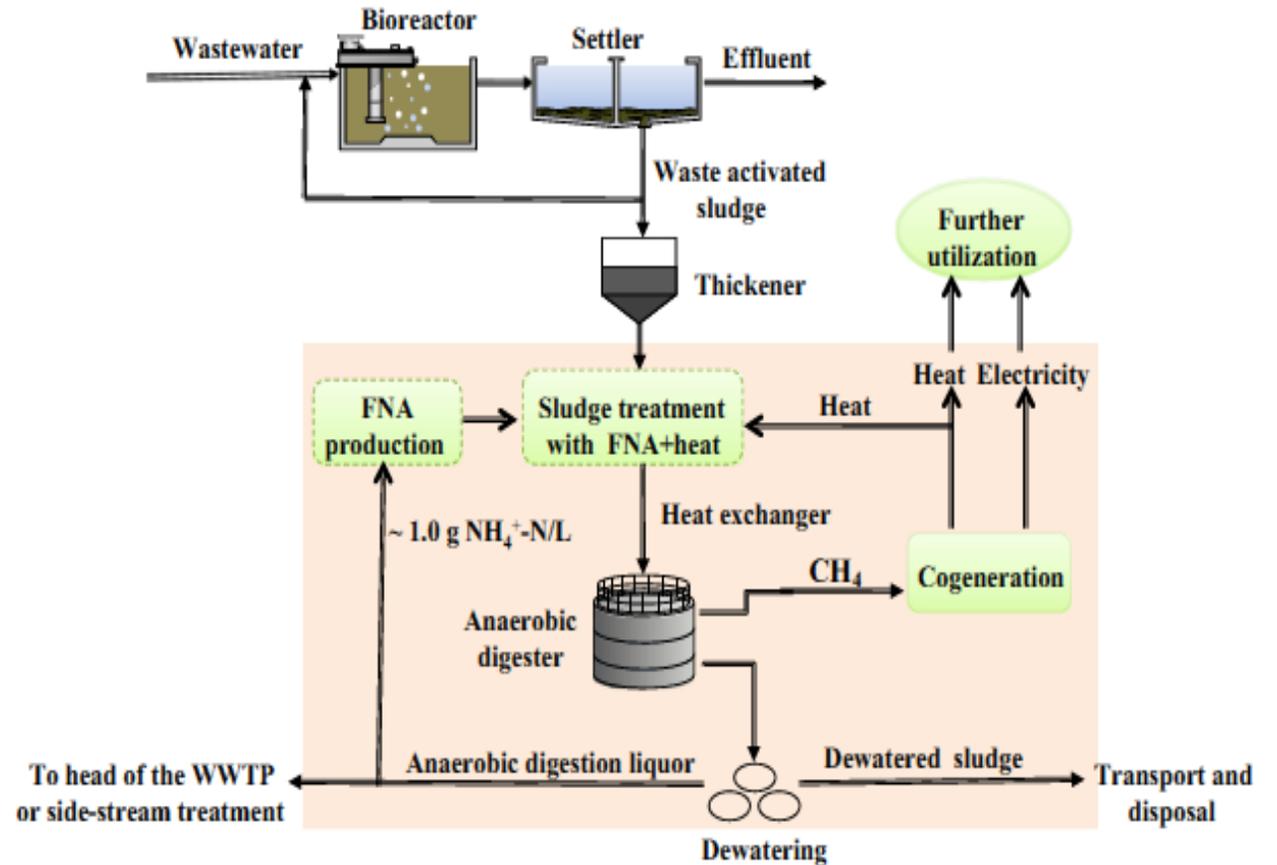


(Source: Qilin Wang et al)

Líneas adoptadas

Mejora de la digestión por adición de FNA

Aplicación adicional 2: añadiendo tratamiento de calor, obtención de fangos clase A.

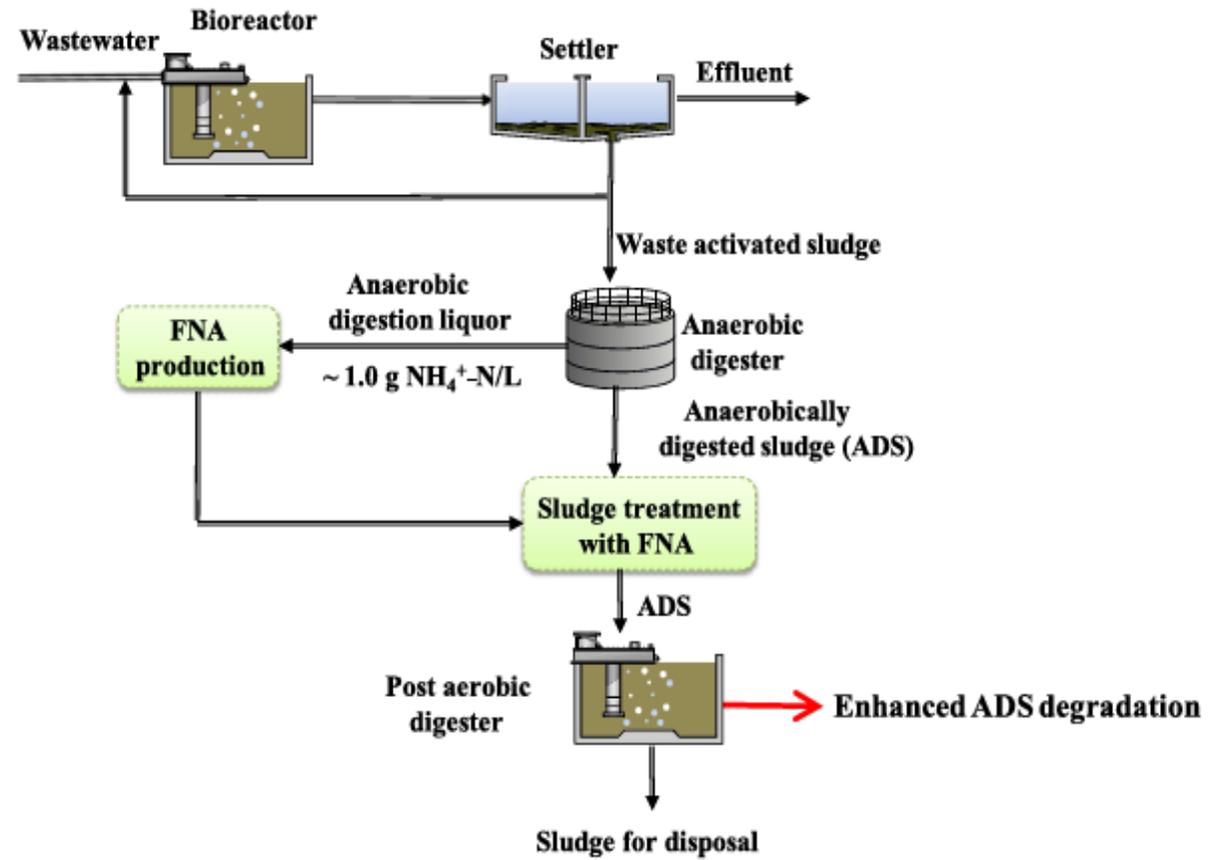


(Source: Qilin Wang et al)

Líneas adoptadas

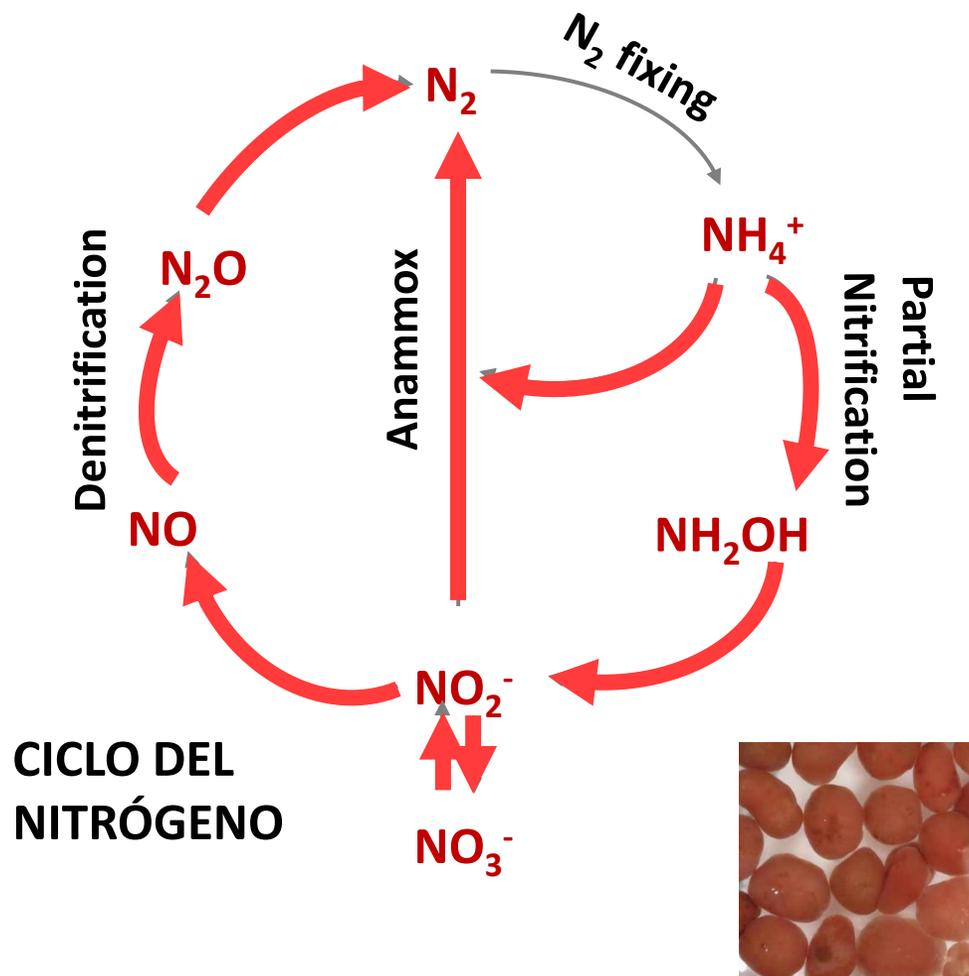
Mejora de la digestión por adición de FNA

Aplicación adicional 3: Posibilidad de usarlo en digestores anaerobias aerobias



(Source: Qilin Wang et al)

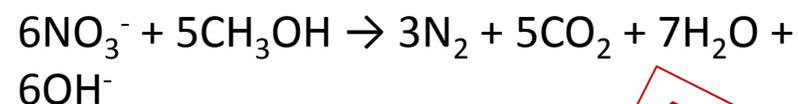
Tratamiento de escurridos (FNA) NIPARMOX®



NITRIFICACIÓN CONVENCIONAL



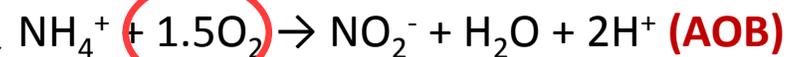
DESNITRIFICACIÓN CONVENCIONAL



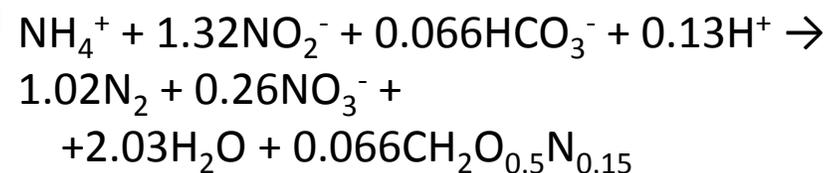
Ahorro energético (40%)

NIPARMOX®:

NITRIFICACIÓN PARCIAL Y ANAMMOX



50%



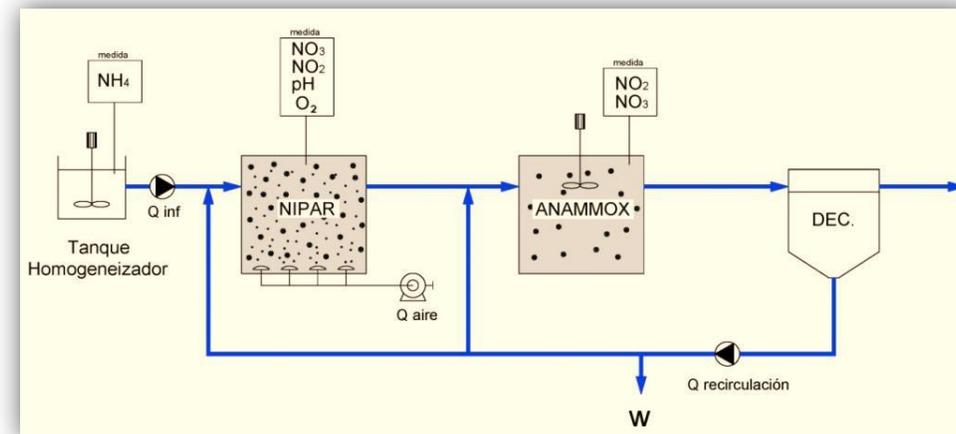
Líneas adoptadas

Tratamiento de escurridos (FNA) NIPARMOX®

- El nitrógeno del escurrido representa hasta el 25% de la carga de N del reactor biológico
- Algoritmo de control del proceso patentado
- En construcción en Kuthaya, Turquía

Ventajas:

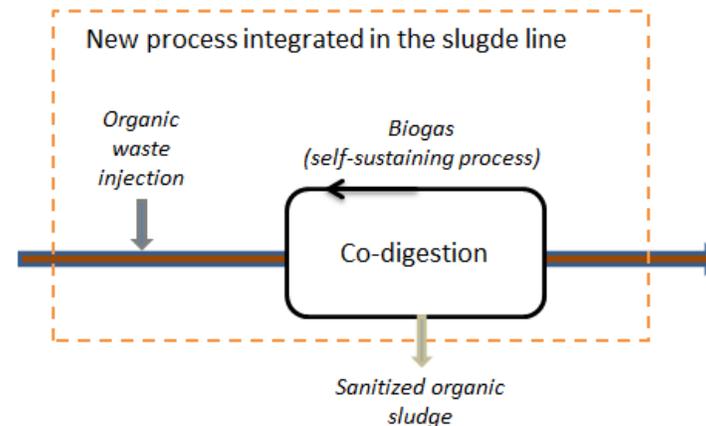
- ❑ 40% ahorro de aireación
- ❑ Incluyendo ahorro de recirculación interna, puede llegar al 60% de ahorro
- ❑ No necesita fuente de C externa
- ❑ Baja producción de fangos
- ❑ Robustez gracias al crecimiento soportado
- ❑ Menor superficie necesaria



Líneas adoptadas

Co-Digestión

- Adición de residuos orgánicos para aumentar la producción de biogás:
 - Eliminación de un residuo
 - Reducción del consumo energético
 - Una vez optimizado, se puede llegar al **autoabastecimiento energético**
 - La cantidad de biogás depende del sustrato utilizado
 - Referencias EDAR: Copero, Abrera, Arroyo Culebro



Otras líneas de interés

Valoración y recuperación de recursos

Nitrógeno del escurrido de centrífuga:

- Generación de energía utilizando N_2O (proceso CANDO Coupled Aerobic/anoxic Nitrous Decomposition Operation())

Biopellets:

- Carbonización hidrotermal (HTC)
- Relativa baja T y P: 200°C y 10-20 bar
- Valorización del fango en como combustible (biocoal)
- No digestión previa



www.htc-labs.org



Muchas gracias por su atención