

DESCENTRALIZACIÓN EXTREMA DE LOS SISTEMAS SANITARIOS: Un cambio de paradigma hacia un ciclo urbano del agua sostenible, bajo en carbono y circular

María Molinos-Senante
Instituto de Procesos Sostenibles, UVa

Acceso a agua potable y saneamiento

Desafío global:



2.2 billones de personas carecen de agua potable segura.

3.4 billones de personas carecen de servicios sanitarios básicos

Seguridad en el abastecimiento urbano de agua

Desafío global:

Crecimiento poblacional

- 9 billones en 2050 y 10-11 billones en 2100
- Incremento en la demanda de agua entre el 50%-80% en las próximas tres décadas.

Cambio Climático

- 733 millones de personas viven en países con estrés hídrico
- 2050: 2 billones de personas afectadas por la sequía
- Intensificación de eventos extremos: inundaciones

Contexto Actual Servicios Sanitarios



Fuente: CEDEUS

Contexto Actual Servicios Sanitarios

¿Son los sistemas centralizados ambiental y económicamente sustentable en el largo plazo?

PROVISION DE AGUA POTABLE

- Altas emisiones de GEI: $0.5 - 2.5 \text{ kg CO}_{2\text{eq}}/\text{m}^3$
- 17% del agua potable es utilizada para fines que requieren esa calidad.
- Dependencia de fuentes convencionales de agua (desalinización)
- Alto coste de actualización infraestructura envejecida

Contexto Actual Servicios Sanitarios

¿Son los sistemas centralizados ambiental y económicamente sustentable en el largo plazo?

RECOGIDA Y TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

- Sistemas muy costosos para países en vías de desarrollo.
- Alto coste de actualización infraestructura envejecida: US\$ 271 billiones USA
- Procesos lineales
 - 11% agua residual es reciclada
 - 90% de N y P queda retenido en los biosólidos
 - 80-90% de bioplásticos queda retenido en los biosólidos



Contexto Actual Servicios Sanitarios

¿Son los sistemas centralizados ambiental y económicamente sustentable en el largo plazo?

RECOGIDA Y TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

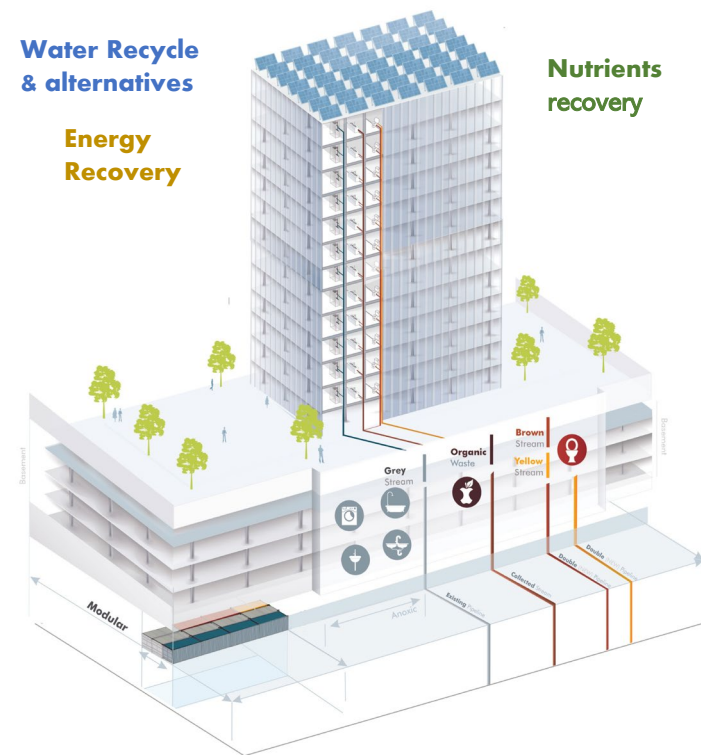
- Intensidad energética
 - 1% - 3% consumo energético global
 - Emisiones de GEI: 0.18 – 0.98 kg CO_{2eq}/m³



UE Directiva: Neutralidad climática en 2050 en EDARs

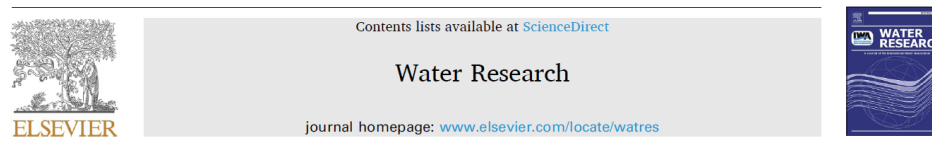
Necesidad de un cambio radical en los sistemas sanitarios

Descentralización
extrema



EVIDENCIAS DE SUSTENTABILIDAD ECONÓMICA Y TÉCNICA

Water Research 218 (2022) 118408



The third route: A techno-economic evaluation of extreme water and wastewater decentralization

Manel Garrido-Baserba^{a,*}, Irene Barnosell^{c,1}, Maria Molinos-Senante^{d,e}, David L. Sedlak^f,
Korneel Rabaey^{g,h}, Oliver Schraa^a, Marta Verdaguer^e, Diego Rosso^{b,i}, Manel Poch^c

^a inCTRL Solutions Corp., Salt Lake City, USA

^b Water-Energy Nexus Center, University of California, Irvine, CA 92697-2175, USA

^c LEQUIA, Institute of the Environment, University of Girona, E-17071, Girona, Spain

^d Department of Hydraulic and Environmental Engineering, Pontificia Universidad Católica de Chile, Av. Vicuña Mackenna 4860, Santiago, Chile

^e Centro de Investigación para la Gestión Integrada del Riesgo de Desastres (CIGIDEN), Avda. Vicuña Mackenna, 4860 Santiago, Chile

^f Department of Civil and Environmental Engineering, University of California, 609 Davis Hall, Berkeley, CA 94720, USA

^g Center for Microbial Ecology and Technology, Ghent University, Coupure Links 653, 90 0 0 Ghent, Belgium

^h Center for Advanced Process Technology for Urban Resource Recovery (CAPTURE), Coupure Links 653, 90 0 0 Ghent, Belgium

ⁱ Department of Civil and Environmental Engineering, University of California, 5200 Engineering Hall, Irvine, CA 92697, USA

¿Qué escalas son viables?

Most common buildings types

The six most common buildings types were evaluated according to **rain harvesting potential**, capacity to **recycle grey and black/brown water**, **space available** for treatment units, and **costs**.



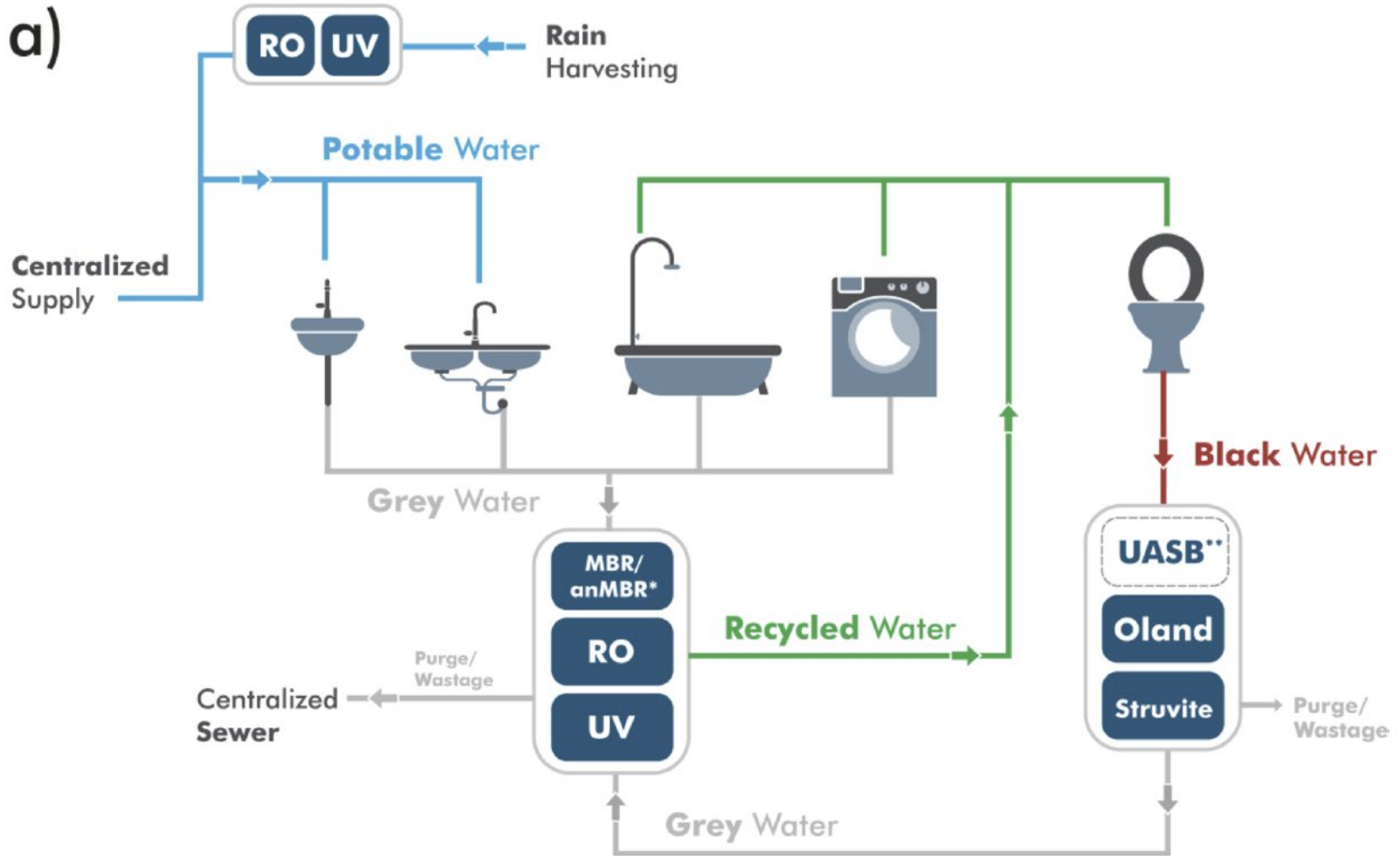
¿Qué tecnologías son viables?

Table 1

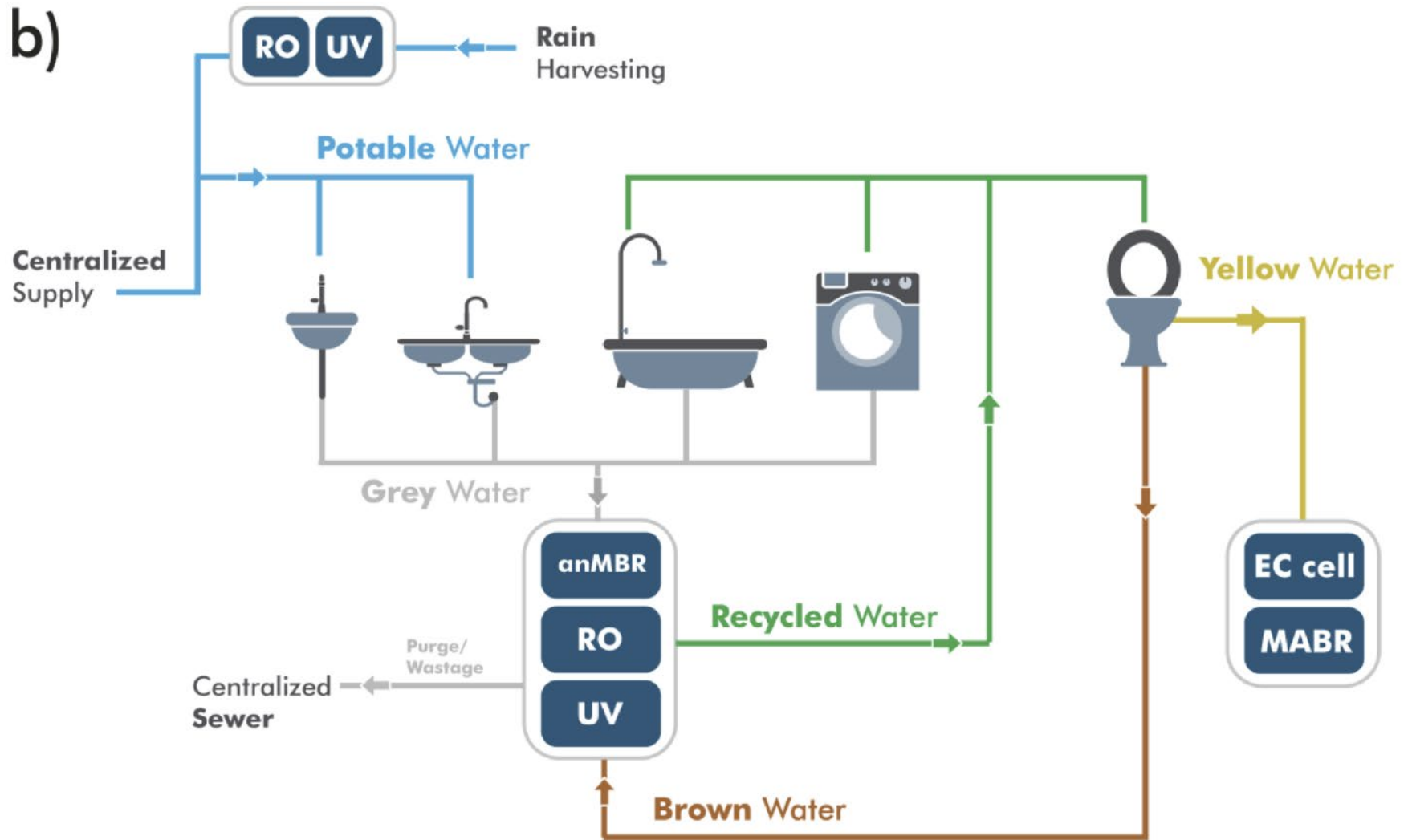
Summary of the proposed scenarios.

Scenario	Toilet type	Stream types	Treatment train
V1	Vacuum	Black Grey (+ treated black)	UASB + OLAND reactor + struvite reactor MBR + RO + UV
V2	Vacuum	Black Grey (+ treated black)	OLAND reactor + struvite reactor anMBR + RO + UV
C1	Conventional	Black Grey (+ treated black)	OLAND reactor + struvite reactor MBR + RO + UV
C2	Conventional	Black Grey (+ treated black)	OLAND reactor + struvite reactor anMBR + RO + UV
UD	Urine-diverting	Yellow Grey + Brown	electrochemical cell + MABR anMBR + RO + UV

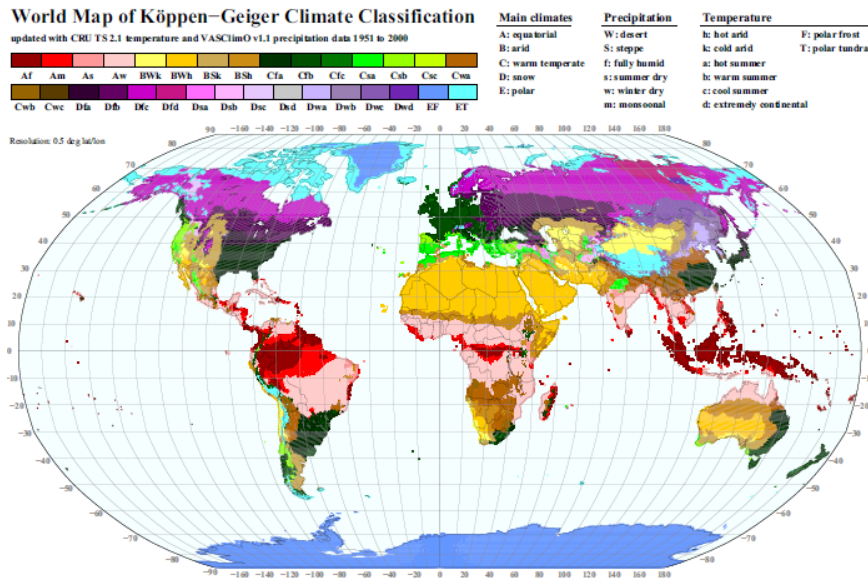
¿Qué tecnologías son viables?



¿Qué tecnologías son viables?



¿En qué climatología es viable?

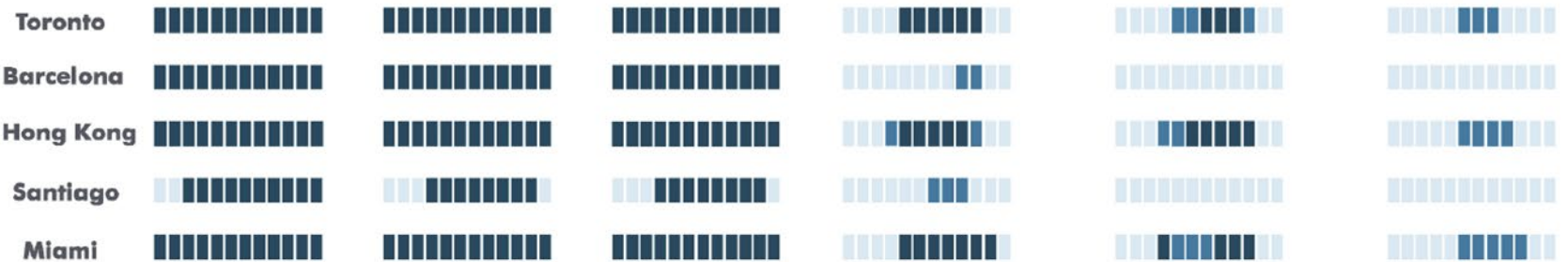
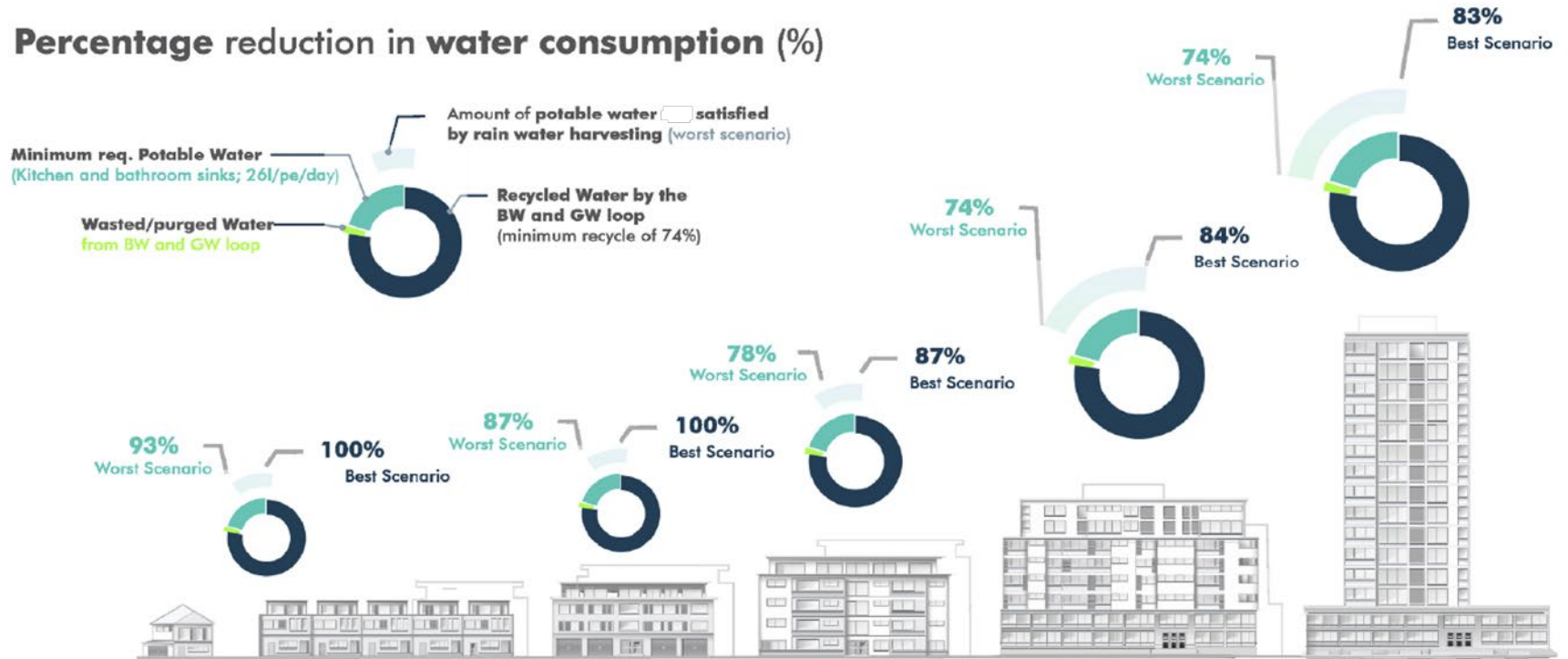


1. Miami (Ecuatorial)
2. Santiago de Chile (Semi-árido)
3. Barcelona (Mediterráneo)
4. Hong Kong (Clima templado con inviernos secos)
5. Toronto (Continental)

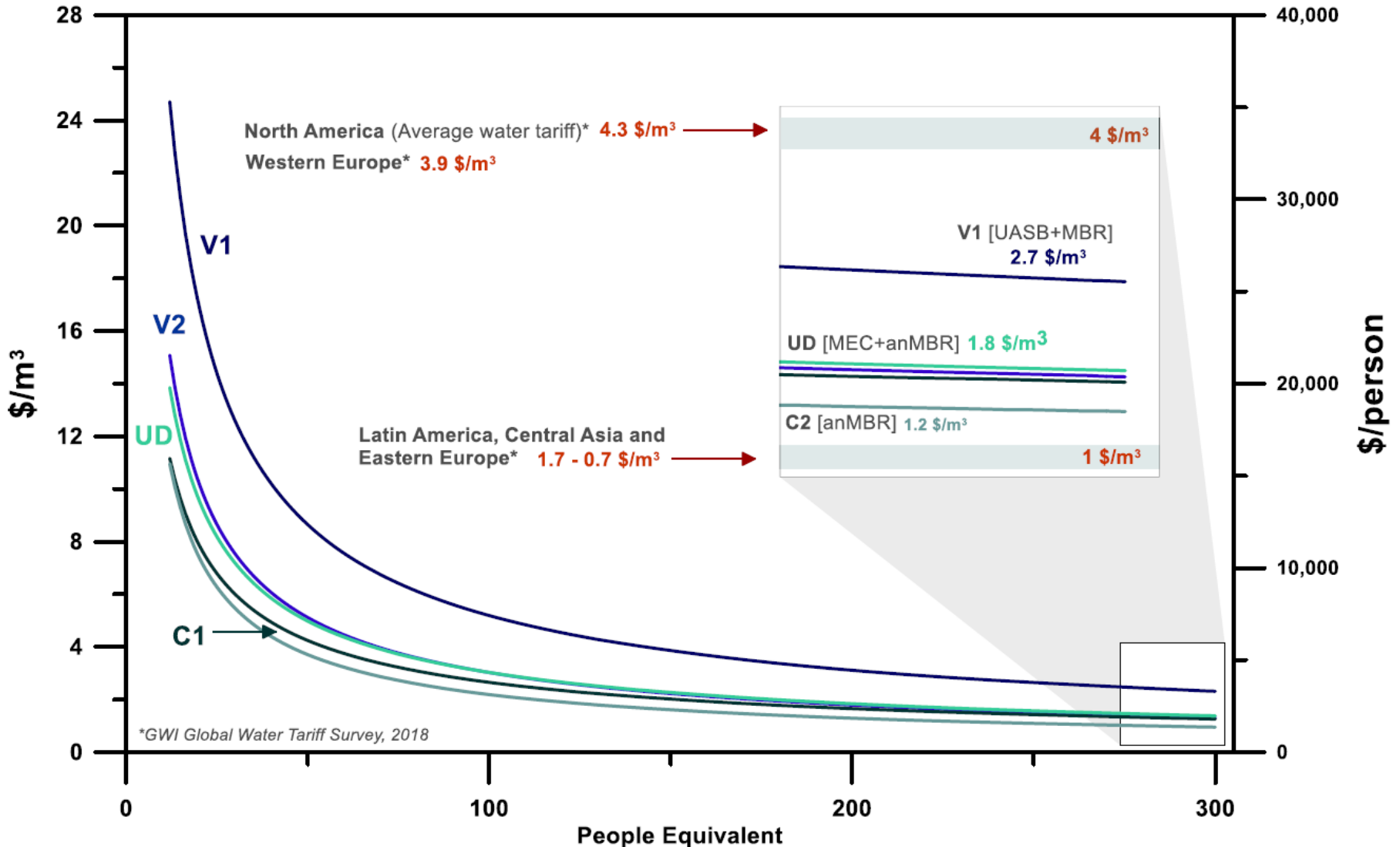
- Consumo total: 108 L/p/d
- Agua potable: 26.5 L/p/d – 15 L/p/d

¿Es posible satisfacer la demanda de agua potable con agua lluvia?

Percentage reduction in water consumption (%)



¿Cuánto cuesta la descentralización?



¿Es económicamente viable la descentralización?

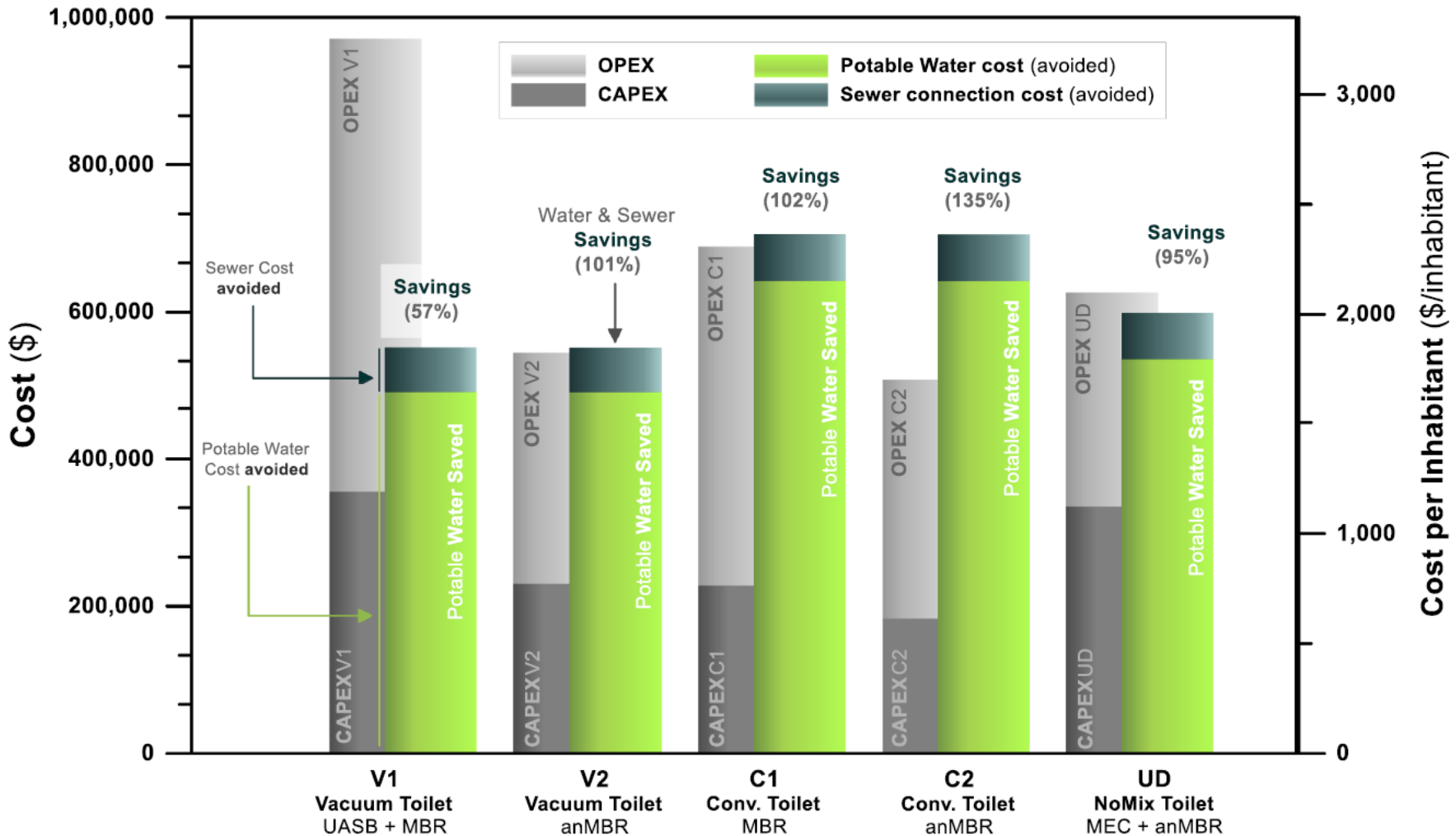
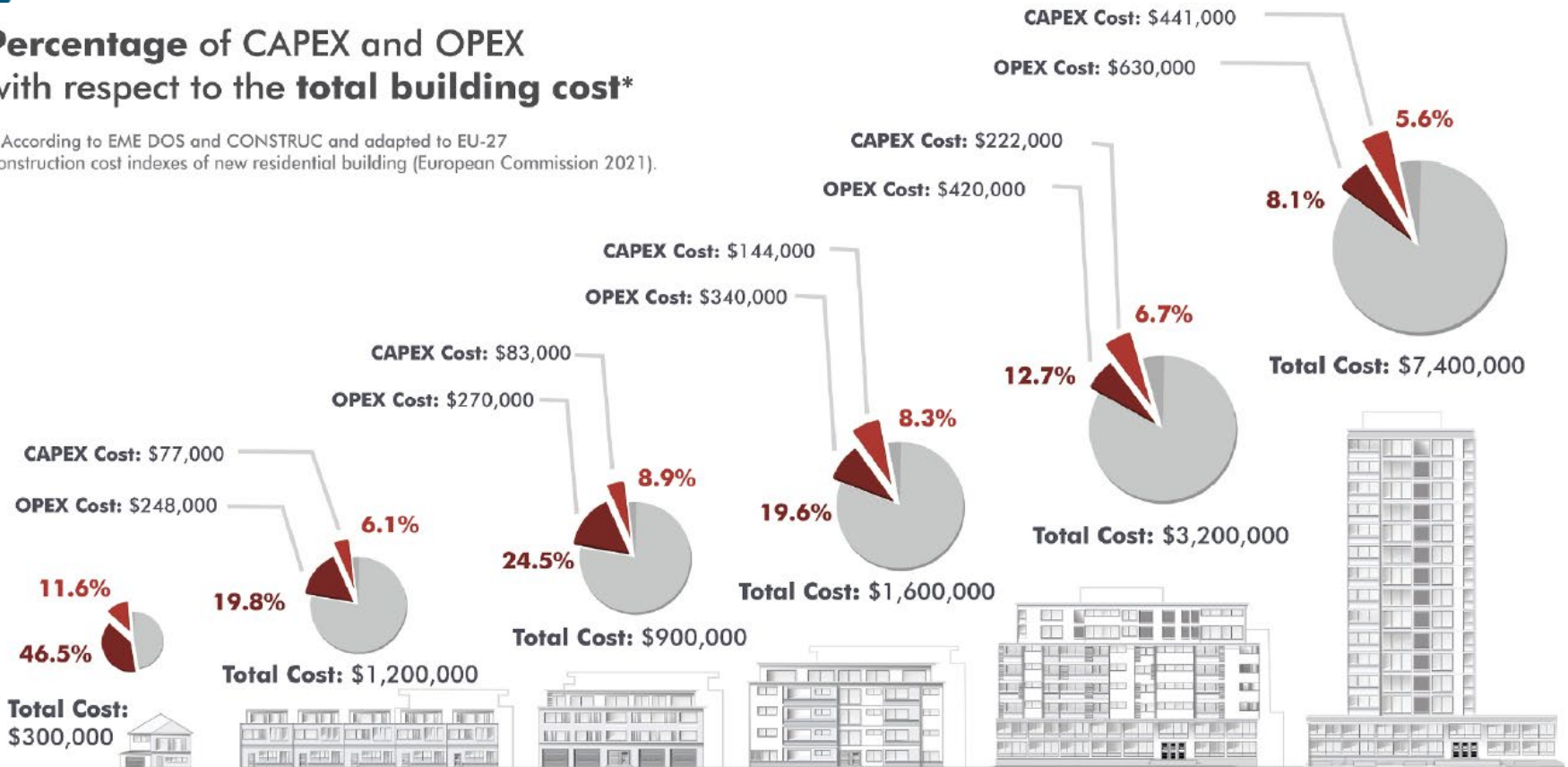


Fig. 10. Savings (avoided cost) in front of CapEx and OpEx of the plants, where sewer connection biogas and water savings are quantified (struvite and biogas benefits are considered negligible).

¿Cuánto cuesta la descentralización en relación al hogar?

Percentage of CAPEX and OPEX with respect to the total building cost*

* According to EME DOS and CONSTRUC and adapted to EU-27 construction cost indexes of new residential building (European Commission 2021).



Percentage of occupied space with respect to one entire floor plant or basement (%)

Calculation details in supplementary information

EVIDENCIAS DE SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL

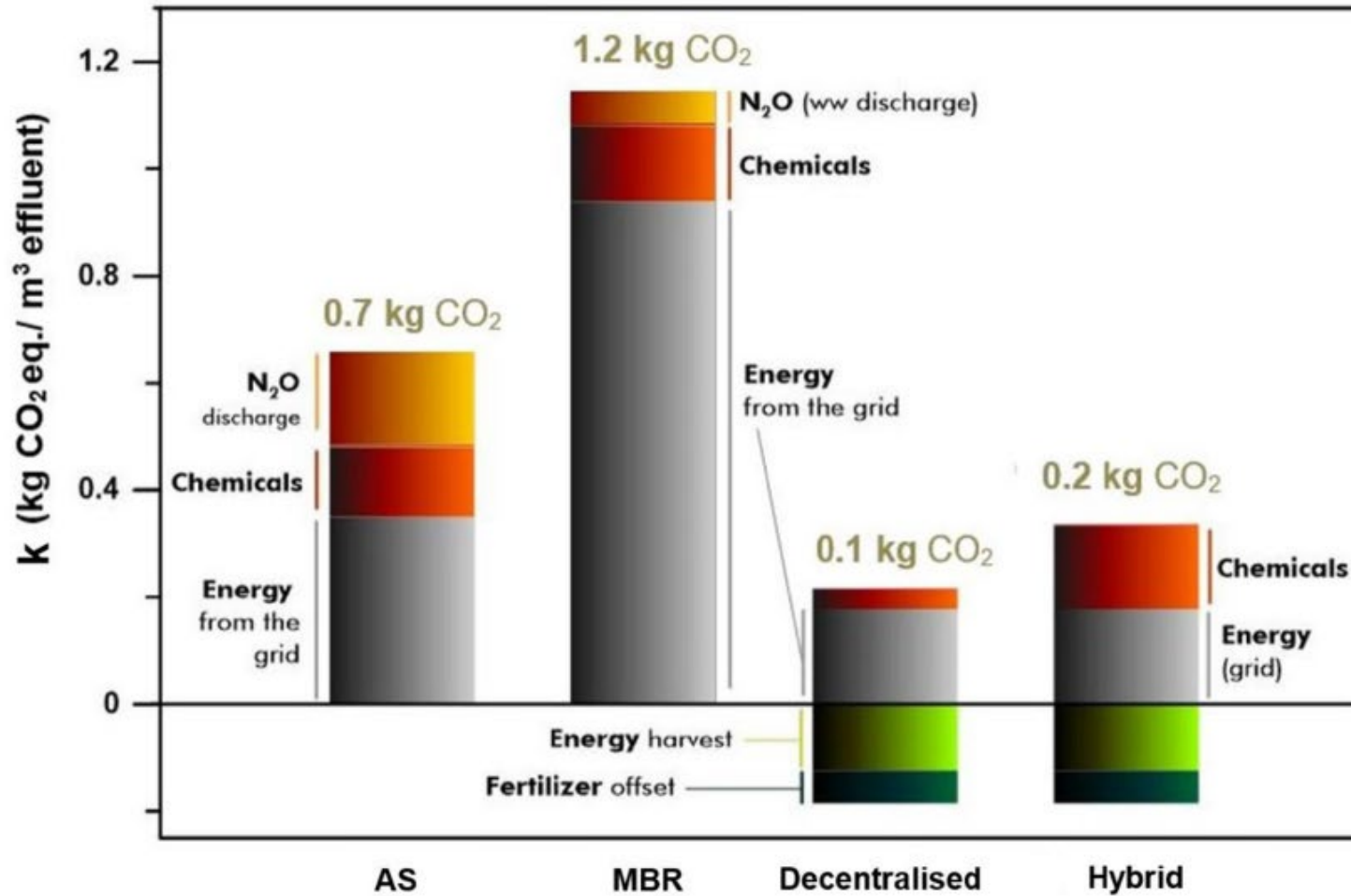


Fig. 4. Carbon emission intensity (kg CO₂ eq. m⁻³ effluent) for the four alternatives.

Fuente: Sun et al. (2020)

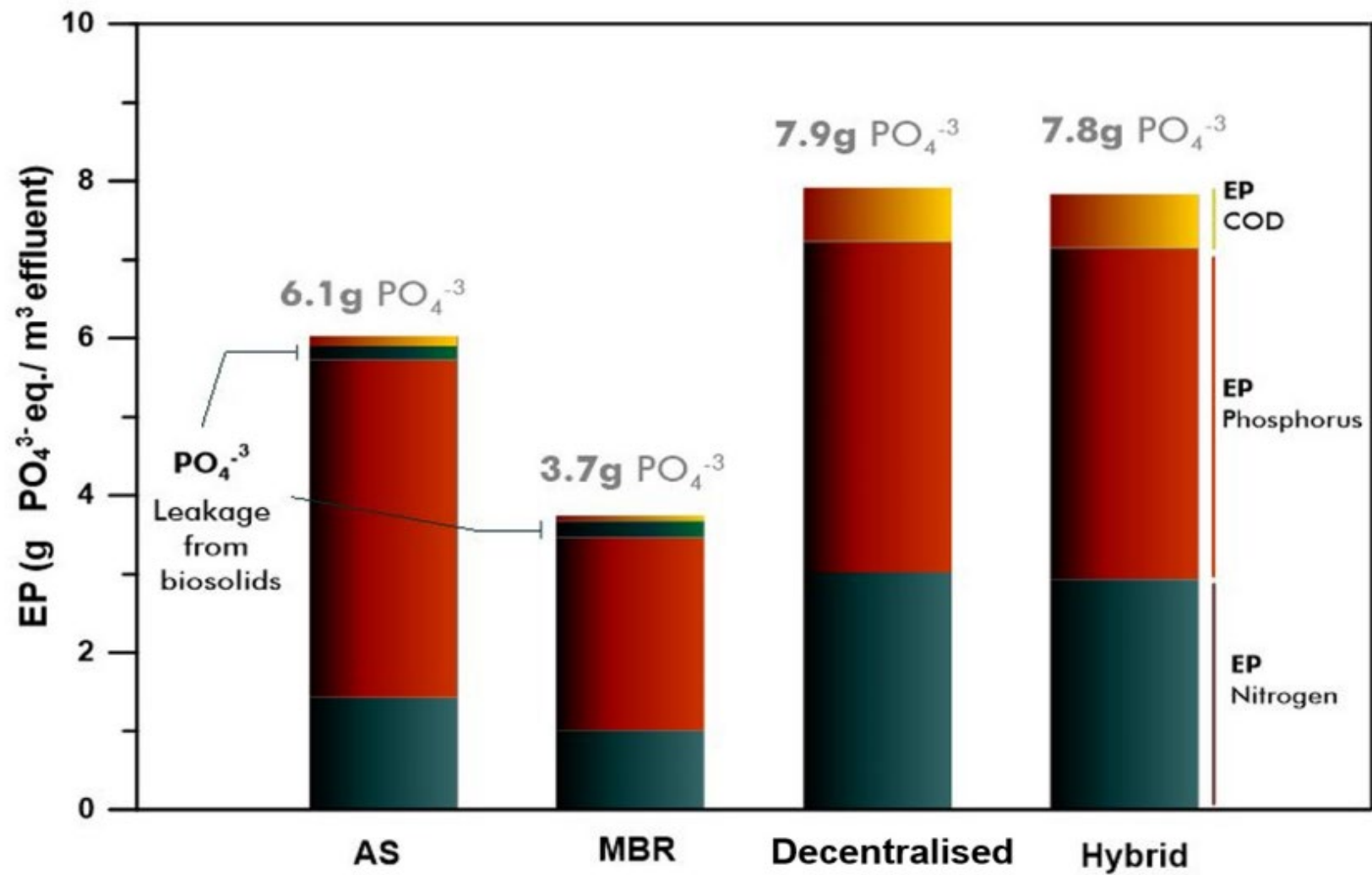


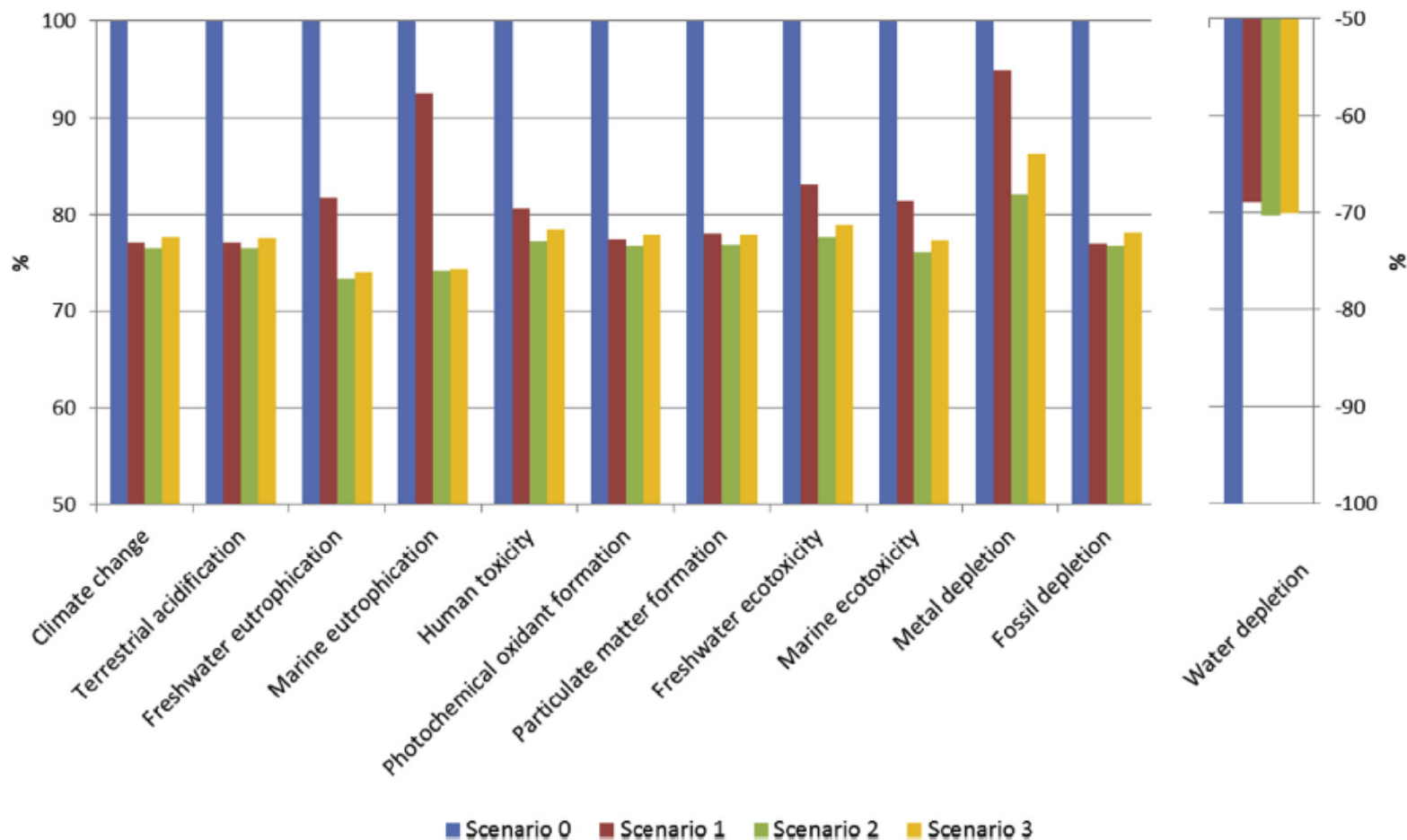
Fig. 5. Eutrophication Potential (g PO₄³⁻ eq. m⁻³ effluent) for the four alternatives.

Fuente: Sun et al. (2020)

Table 1
Main characteristics distinguishing between the four alternatives, adapted from Opher and Friedler (2016).

Scenario	Greywater treatment	Urban reuse
0	Central WWTP	None
1	Central WWTP	Toilet flushing, private and cluster gardening
2	Cluster RBC	Toilet flushing, private and cluster gardening
3	On-site RBC	Toilet flushing, private and cluster gardening

Fuente: Opher & Friedler (2016)



DESAFIOS CIENTÍFICOS PARA AVANZAR EN LA DESCENTRALIZACIÓN EXTREMA

- Modelación económica, ambiental y técnica de sistemas integrados (agua potable y saneamiento)
- Edificios como factorías de agua, energía y nutrientes: Integración de otros elementos: vertical farming y producción de energía renovable in-situ.
- Proyecciones de cambio climático y envejecimiento de la infraestructura actual (Coste de la inercia tecnológica)
- Valorización monetaria de externalidades positivas y negativas: resiliencia, reducción huella de carbono, recuperación de nutrientes, etc...
- Escala barrio / ciudad
- Diversidad climática y capacidad tecnológica
- Impacto en la tarifa
- Aceptación social del “modelo”

Gracias por su atención



FONDO EUROPEO DE
DESARROLLO
REGIONAL



UNIÓN EUROPEA