

Problemática en el cálculo del Balance Hídrico en vertederos. Revisión bibliográfica

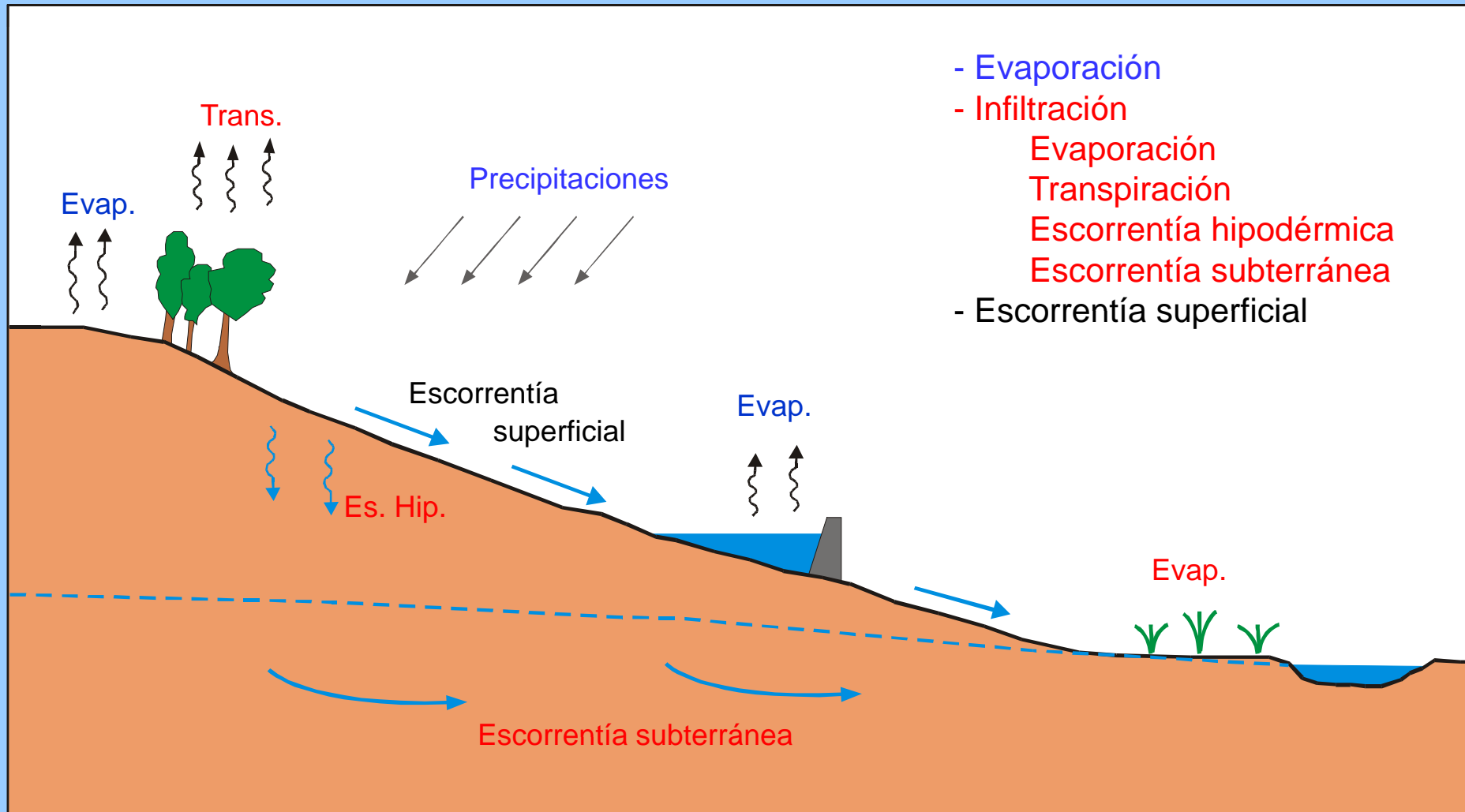
Inma Mugerza. **hydrolur**

Iñaki Antiguada. UPV-EHU



*10-12 noviembre 2010 azaroak 10-12
La Alhóndiga, Bilbao*

Uraren Zikloa – Ciclo Hidrológico

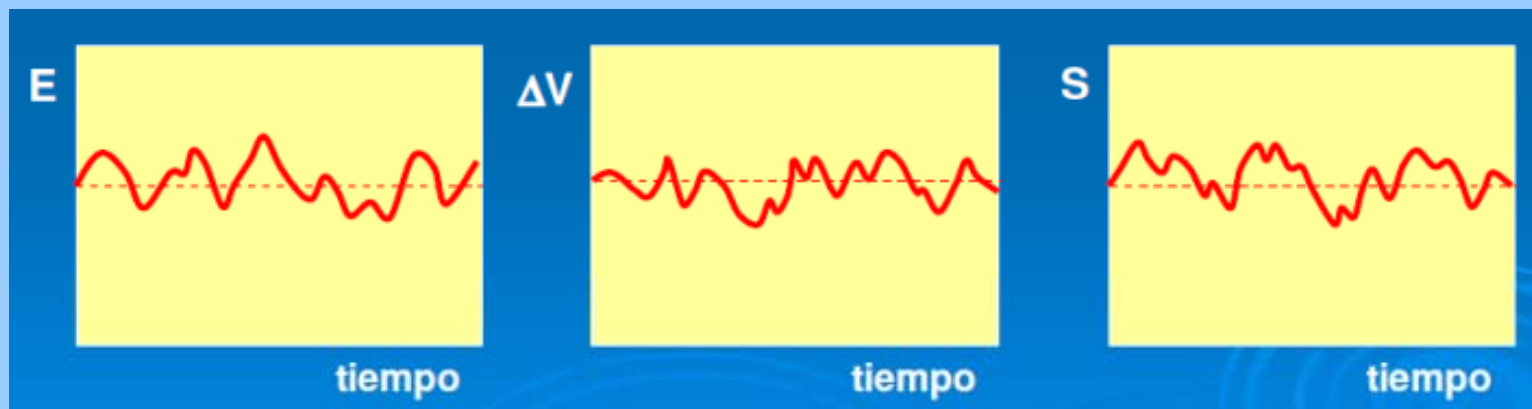
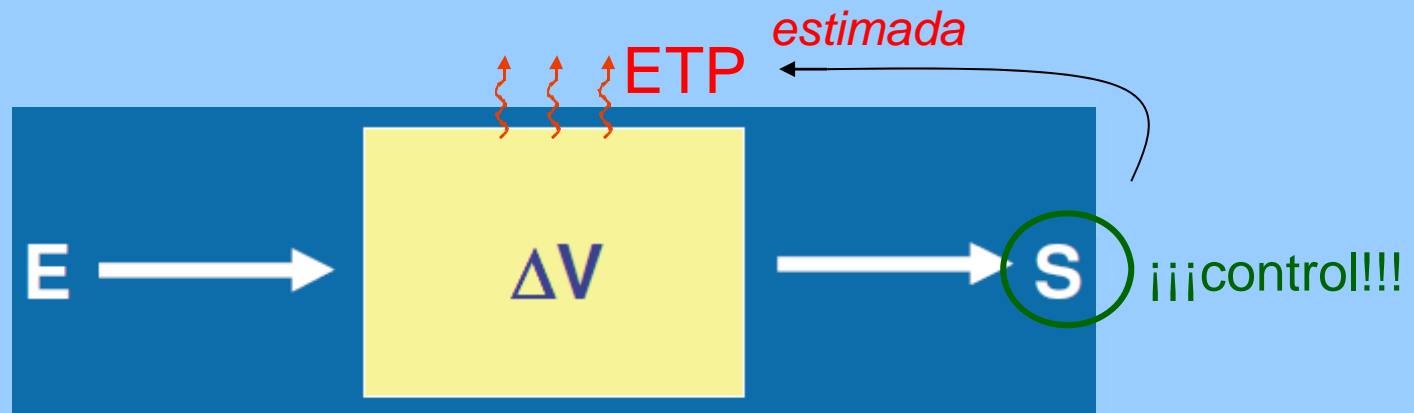


- Evaporación
- Infiltración
- Evaporación
- Transpiración
- Escoorrentía hipodérmica
- Escoorrentía subterránea
- Escoorrentía superficial

Ur-balantzea – Balance Hídrico

Principio de conservación de masas

$$\text{Entradas} - \text{Salidas} = \pm \Delta V$$



Ur-balantzea – Balance Hídrico

$$\text{Entradas} - \text{Salidas} = \pm \Delta V \pm \varepsilon$$

$$IP + IR + Q_{Te} + Q_e + RA - DR + ET + Q_{Ts} + Q_s + Q_m + B = \pm \Delta V \pm \varepsilon$$

Entradas

IP	Infiltración procedente de la precipitación
IR	Infiltración a partir de aguas superficiales (incluidos retornos)
Q_{Te}	Entradas subterráneas por los límites
Q_e	Entradas subterráneas desde otros acuíferos
RA	Recarga artificial

Salidas

DR	Descargas directas del acuífero a los ríos
ET	Evapotranspiración
Q_{Ts}	Salidas subterráneas por los límites
Q_s	Salidas subterráneas a otros acuíferos
Q_m	Salidas por manantiales
B	Bombeos (extracciones de aguas subterráneas)

ΔV	Variación del volumen de agua almacenada
ε	Error de cierre del balance

Ur-balantzea – Balance Hídrico

Se aplica a una región, una cuenca, un acuífero o porciones de estos sistemas

*Un vertedero es un **sistema** al que se puede aplicar un balance*

TIEMPO

- A mayor período, menor variación del almacenamiento
- Variaciones estacionales (períodos más cortos)
- Períodos secos, períodos húmedos, año medio

ESPACIO

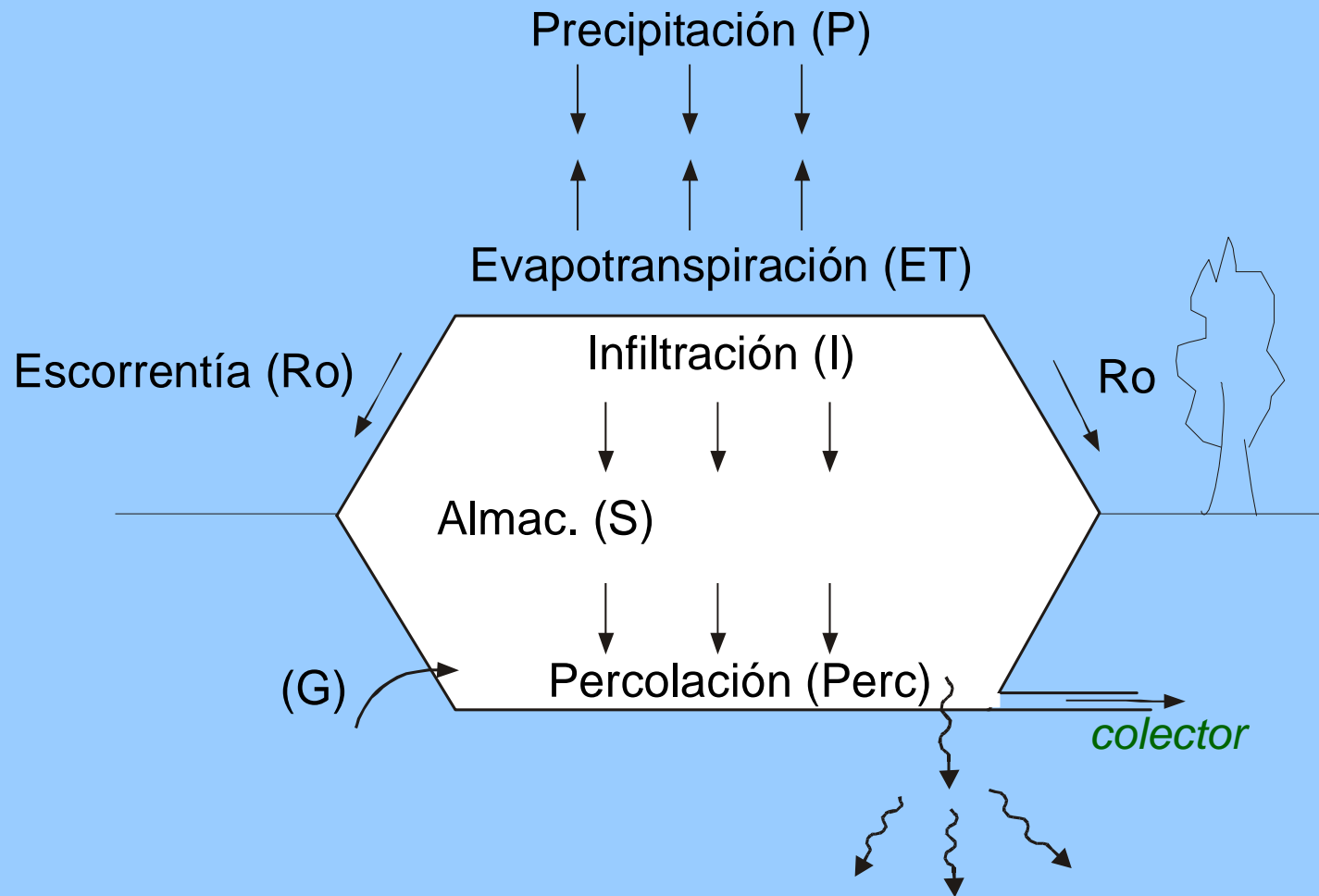
- Variables
- Divisorias de aguas superficiales o subterráneas
- Límites impermeables

DINÁMICO
en el tiempo y en el espacio

MITO

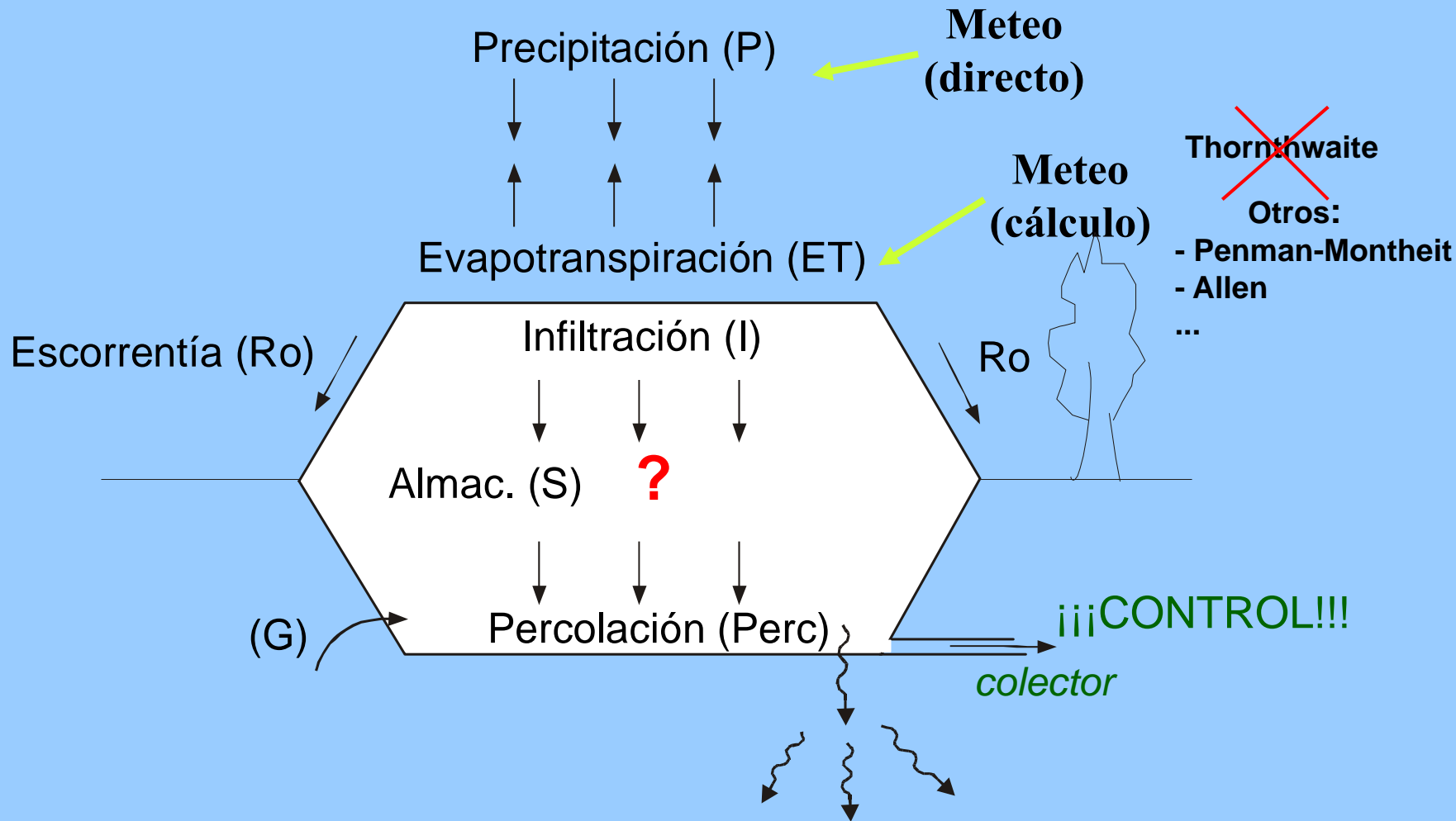
~~ESTACIONALIDAD~~

Ur-balantzea zabortegietan – Balance hídrico en vertederos



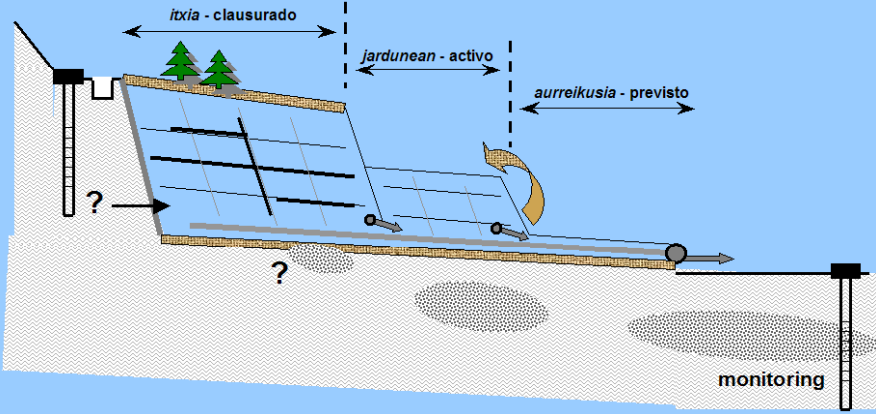
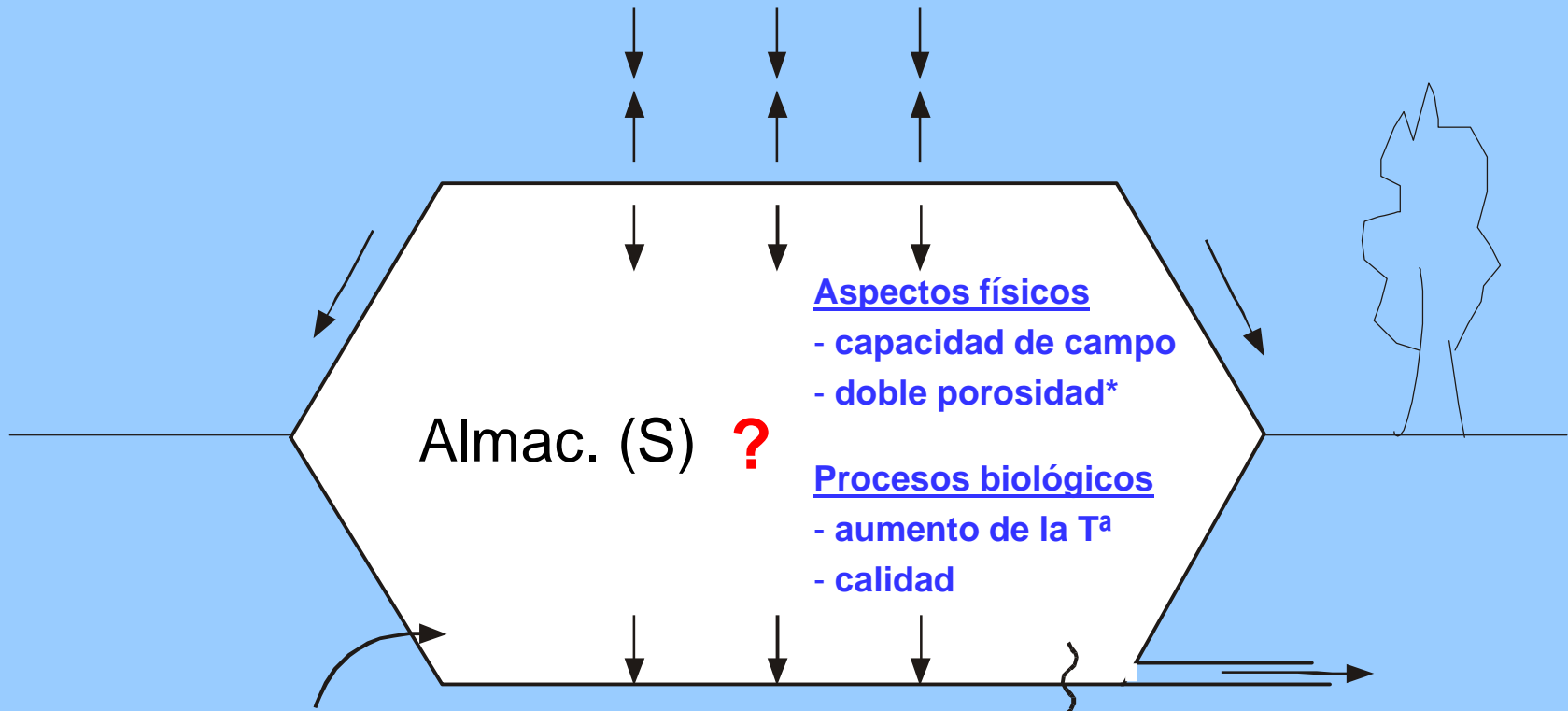
$$\text{PERC} = P - \text{RO} - \text{ET} - \Delta S + G$$

Ur-balantzea zabortegietan – Balance hídrico en vertederos

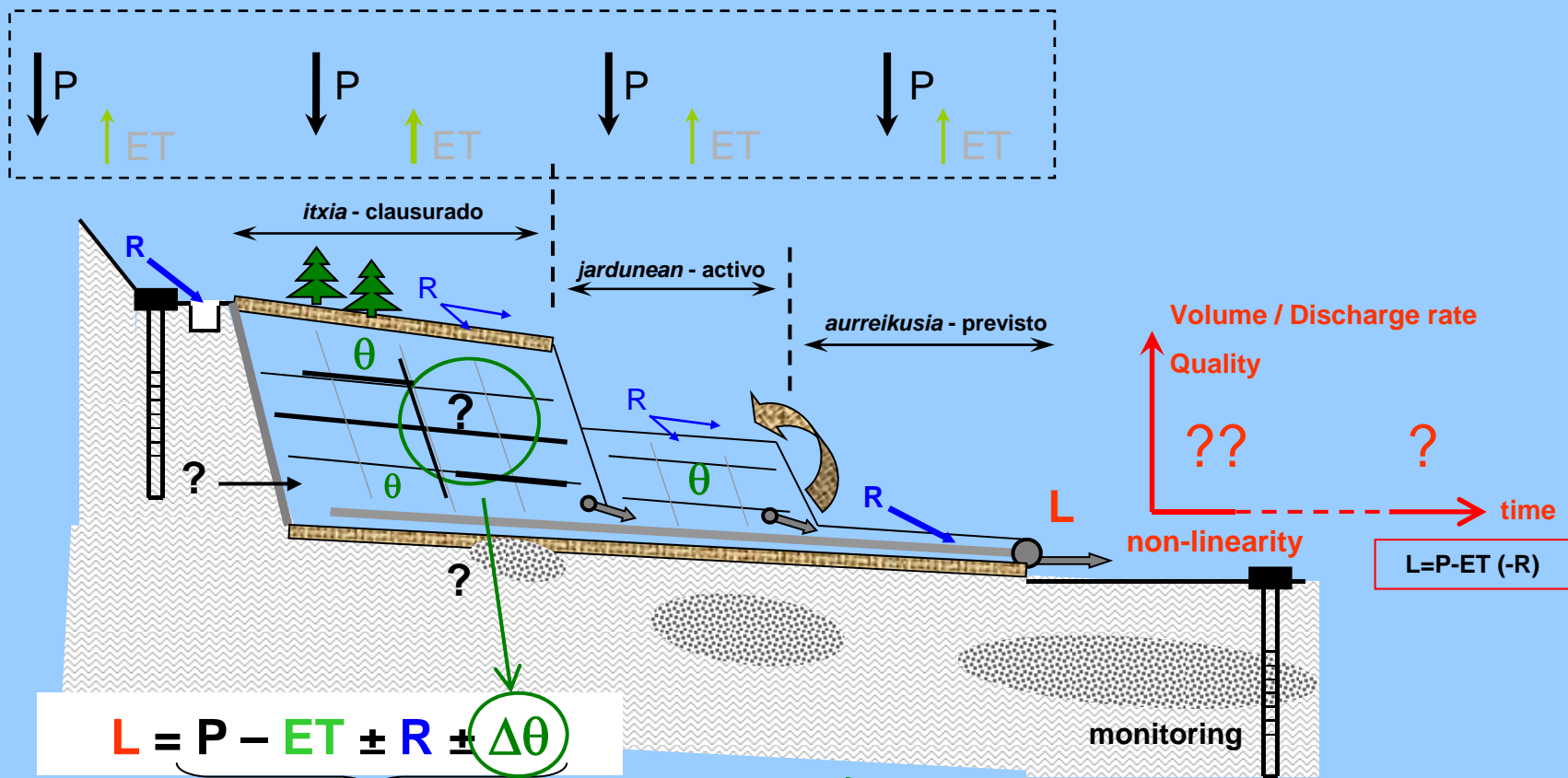


$$PERC = P - RO - ET - \Delta S + G$$

Ur-balantzea zabortegietan – Balance hídrico en vertederos



Ur-balantzea zabortegietan – Balance hídrico en vertederos



$$L = P - ET \pm R \pm \Delta\theta$$

???

internal processes

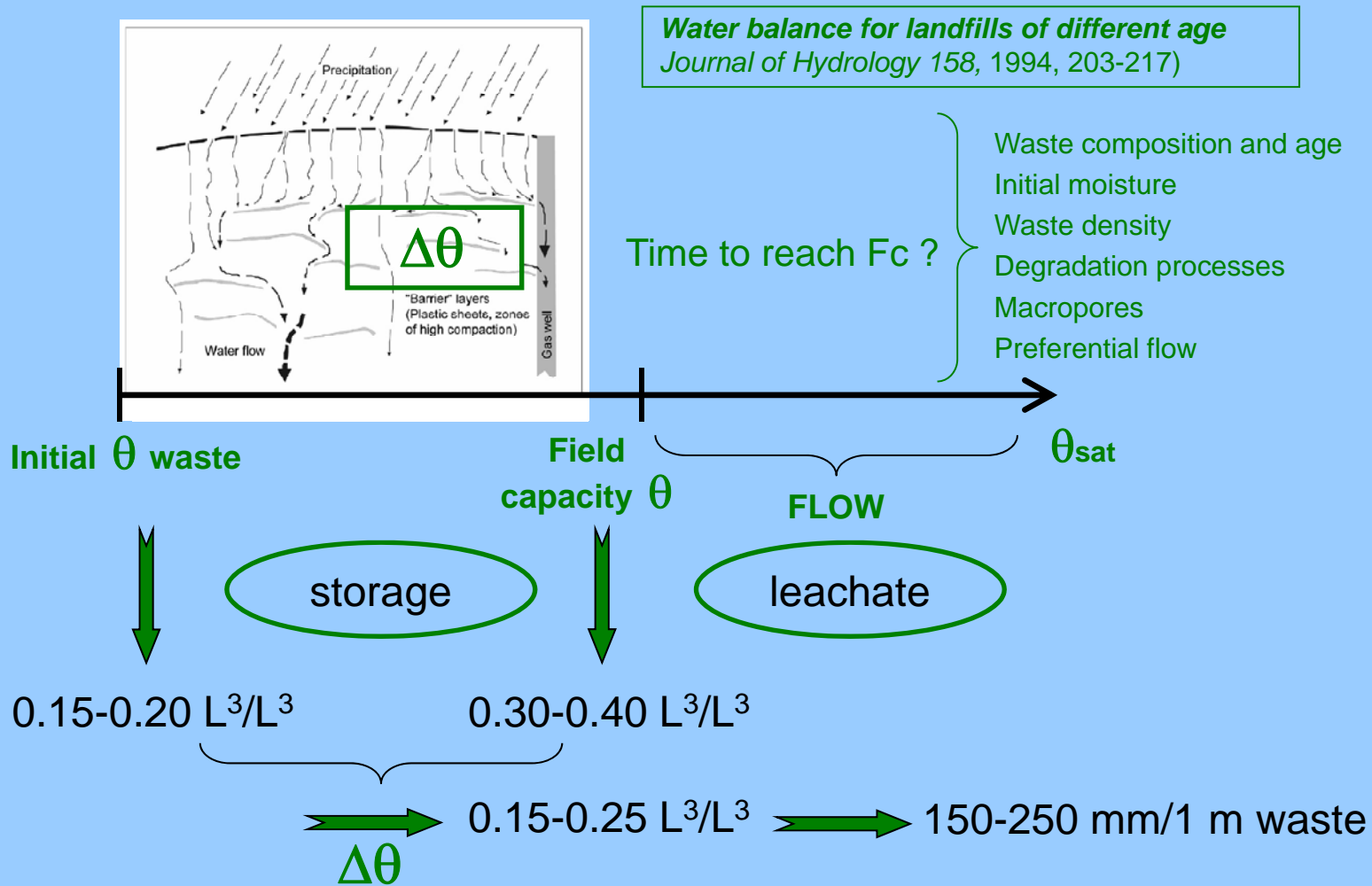
Water storage capacity
= f (time)

- Hydraulic characteristics (cover, waste)
- Waste moisture (Fc), initial conditions → storage
- Preferential flow → discharge
- Biological processes = f (moisture and flow)

Non-linearity of the system is caused by seasonal changes in water content (storage)

FOCUS: presence and mobility of water in the landfill interior

Internal processes (waste moisture, preferential flow)



Internal processes (hydraulic characteristics, preferential flow)

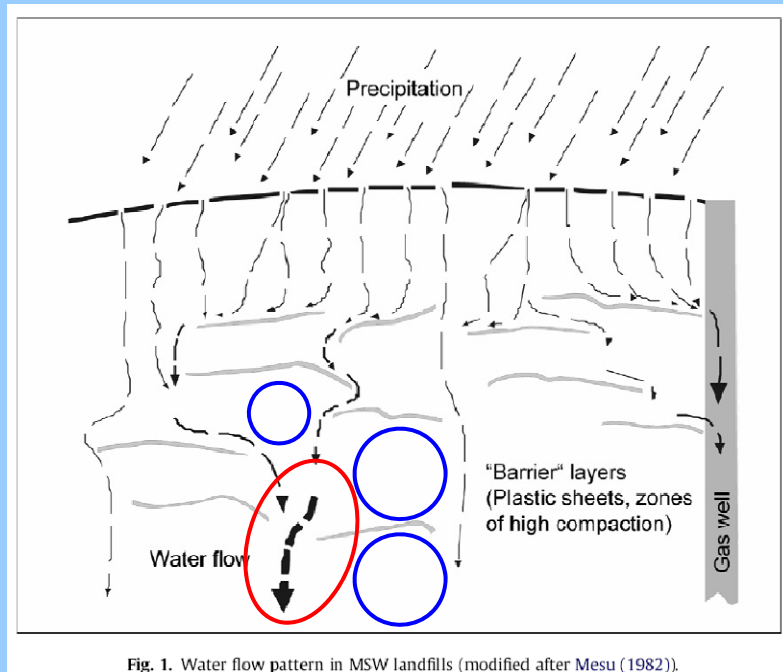
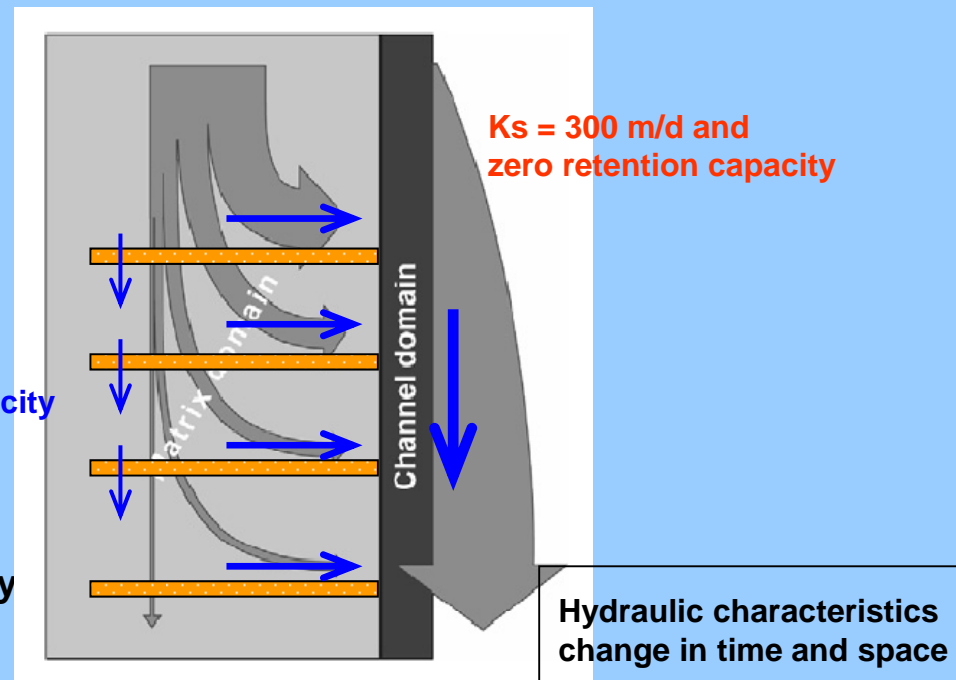


Fig. 1. Water flow pattern in MSW landfills (modified after Mesu (1982)).

$K_s = 0.1 \text{ m/d}$ and
high retention capacity

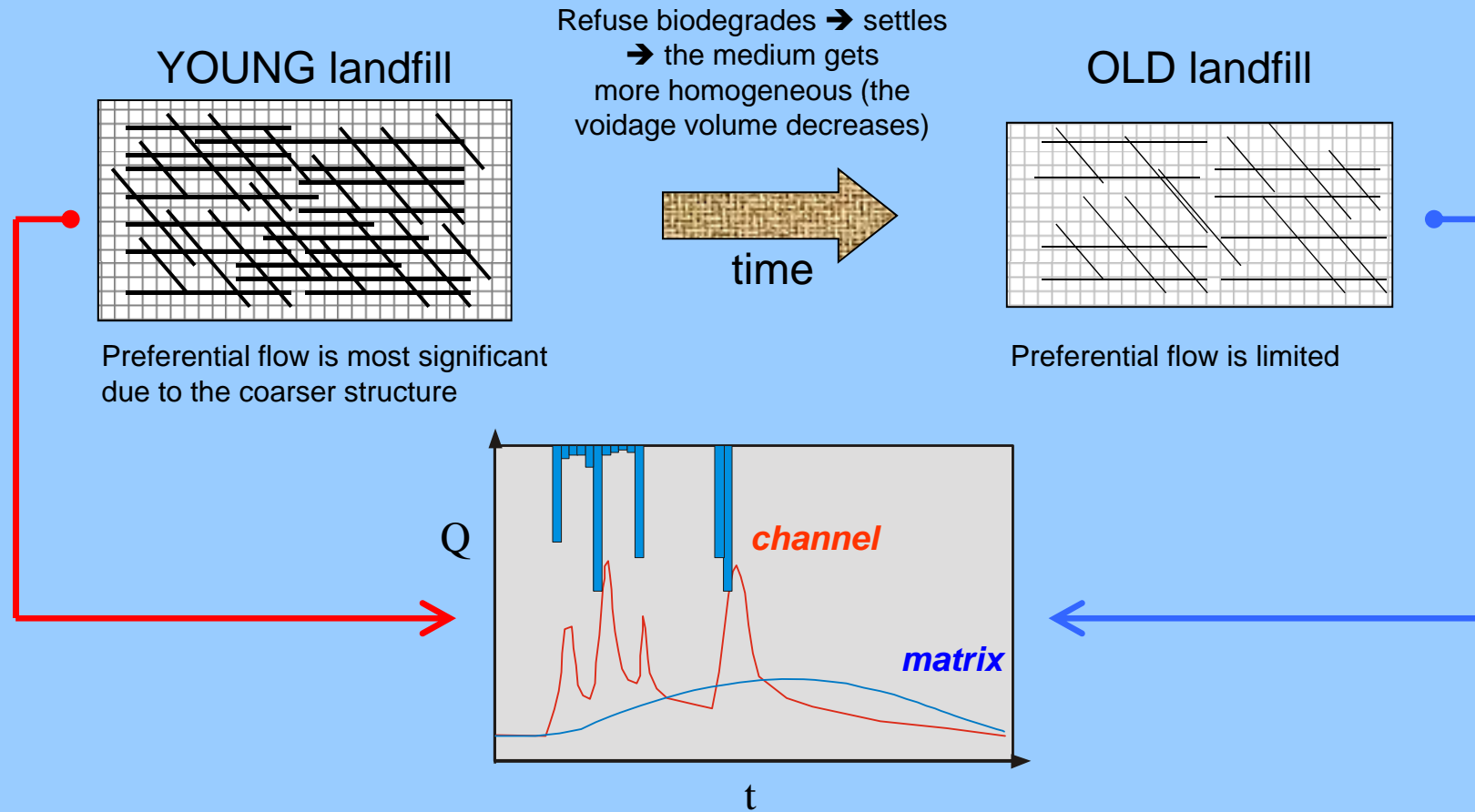
The flow of water through landfills is highly **non-uniform** and dominated by **preferential** pathways.

Recent models are based on a 2-domain approach, differentiating between **channel domain** with high hydraulic conductivity, and **matrix domain** of slow water movement with high water retention capacity.



The most **sensitive parameters** of the model are the **hydraulic conductivities** of the channel domain and the matrix domain, and the **anisotropy** of the matrix domain.

Internal processes (preferential flow)



The existence of preferential flow is very important and is believed to be the reason why existing models are not in agreement with actual field observations

Accumulation of water and generation of leachate in a young landfill
D. Bendz, V.P. Singh, M. Akesson (*Journal of Hydrology* 203, 1997, 1–10)

***Ur-balantzea zabortegietan* – Balance hídrico en vertederos**

Estudio hidrológico de vertederos controlados de Residuos Sólidos Urbanos: Vertederos de Gipuzkoa y Navarra. El vertedero como sistema acuífero.

Miguel Angel GOMEZ MARTIN. Tesis Doctoral UPV-EHU. 1997

Capítulo 3: Balance Hídrico en Vertederos R.S.U.

Capítulo 4: Generación de lixiviados en los vertederos de R.S.U. estudiados

Ninguna predicción ni interpretación precisa de los volúmenes de lixiviados puede realizarse si no se conocen las características de almacenamiento en el interior del vertedero. Desafortunadamente, estas características son uno de los aspectos que presentan mayores incertidumbres dentro de los que intervienen en los cálculos del balance hídrico ya que cambian en el tiempo en un mismo vertedero y varían también considerablemente según el tipo de residuos vertidos.

El gran interés mostrado en los aspectos teóricos que intervienen en la formación de los lixiviados no se ha visto reflejado en la práctica en la gestión diaria de los vertederos en fase de actividad o ya clausurados. Es relativamente frecuente encontrar en la literatura referencias sobre estudios llevados a cabo en lisímetros o celdas experimentales **pero no así en relación a vertederos reales.**

Ambos vertederos (Lapatx y Gongora) pueden considerarse como sistemas poco inerciales. Curiosamente, **el comportamiento de estos sistemas es similar al de los acuíferos kársticos sensu stricto**, con redes de conductos bien desarrollados y jerarquizados. En estos casos, el papel de la red de conductos sería realizado por las redes de drenaje de lixiviados.

Modelling

Preface: Landfill process modelling
Waste Management 24, 2004, 225-226)

Landfill processes are very complex and almost impossible to analyse in a deterministic way. Thus, while landfill models can be used to carry out calculations based on reasonably representative landfill bio-chemical processes, the results cannot be expected to provide an accurate simulation of the events taking place in a material as complex and heterogeneous as a landfilled waste. **The value of a landfill model is that it provides an effective methodology for organising and assessing complex biochemical datasets.**

Accumulation of water and generation of leachate in a young landfill
D. Bendz, V.P. Singh, M. Akesson (Journal of Hydrology 203, 1997, 1–10)

The existing water budget models **assume that the waste is at the field capacity** and that a certain water input produces an equal amount of outflow at the lower boundary. The most widespread and well-known model is the computer model **HELP**. This model takes into account the initial accumulation of water up to the field capacity and the time lag in the precipitation-leachate discharge relation by calculating the flow rate through the landfill. However, since the HELP model **assumes a uniform flow field**, neither the water budget method nor the HELP model can handle the phenomenon of fast preferential flow or channeling.

Modelling

Model comparison of flow through a municipal solid waste incinerator ash landfill

C.A. Johnson, M.G. Schaap, K.C. Abbaspour (*Journal of Hydrology* 243, 2001, 55–72)

All model approaches would have benefited from a **more exact knowledge of initial water content.**

Water-Budget analysis of landfill covers using simplified models

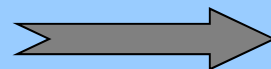
K.A. Kapsi, G.W. Gee, C.S. Simmons (*American Geophysical Union, Fall Meeting* 2001)

In the absence of calibration, water-budget models estimate drainage rates that are highly unreliable, **with errors typically exceeding 300% or more...** When applied to a dry site and a humid site where up to 50 years of drainage records were available... the results illustrate **how sensitive the simulations are to the input soil parameters and to the climatic extremes.**

Application of simulation models to the diagnosis of MSW landfills: An example

A. Lobo, I. Tejero (*Waste Management* 27, 2007, 691-703)

Nonetheless, **the accuracy of the simulation results was limited by the scant quality of the available data, which highlights the need for implementing continuous monitoring** and characterizing protocols to take advantage of these programs as a tool for landfill optimization.



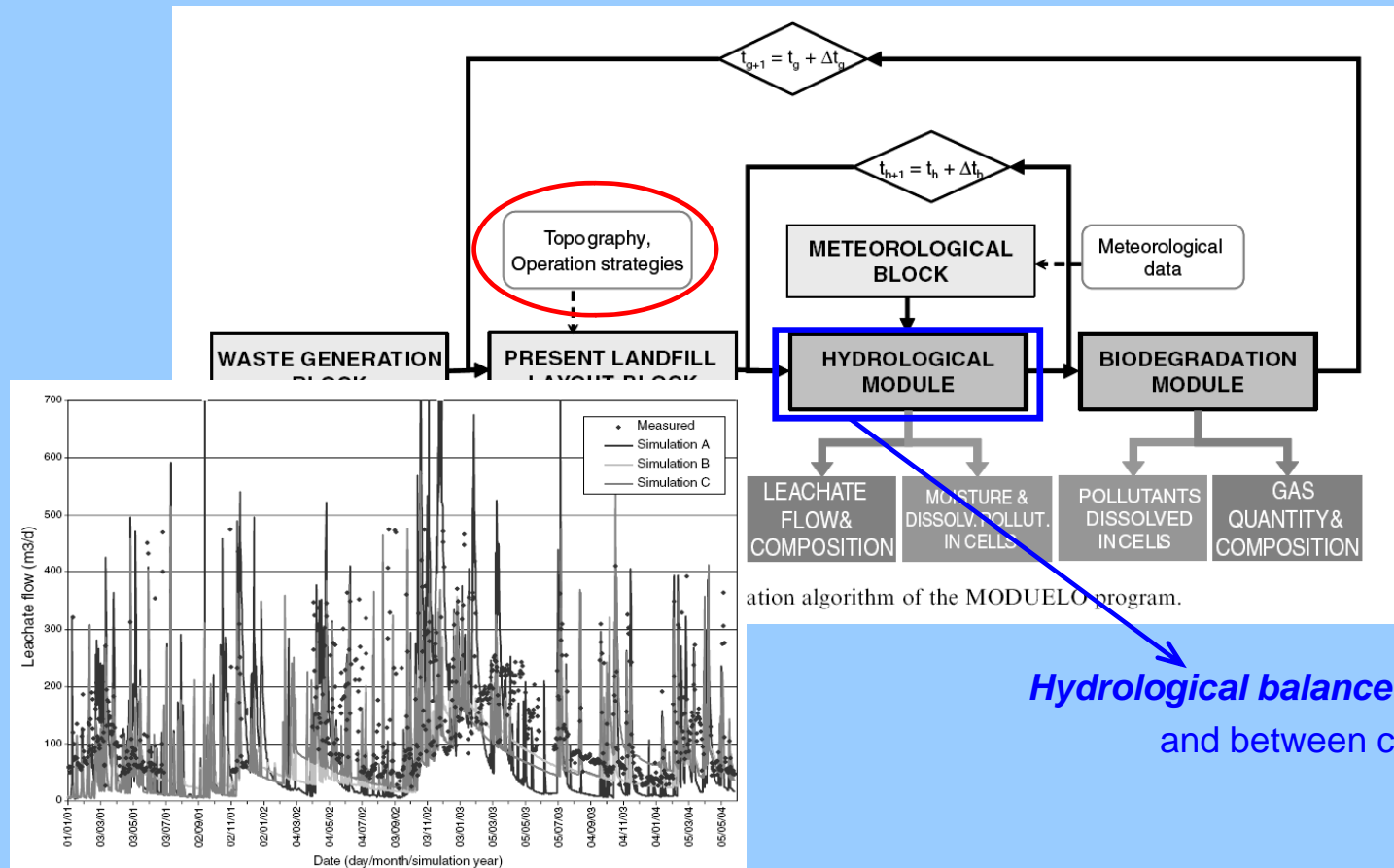
MODUELO

Modelling

Application of simulation models to the diagnosis of MSW landfills: An example
 A. Lobo, I. Tejero (*Waste Management* 27, 2007, 691-703)

The MODUELO model (Environmental Engineering Group, University of Cantabria)

It reproduces the **operational history** of the landfill and is **hydrologic** and **biodegradation processes**, allowing the **estimation of the flow and pollutants emitted** in the leachate and the generated landfill gas over time.



Ondorioak – Conclusiones

- El balance hídrico es **dinámico** en el tiempo y en el espacio. Es necesario establecer los límites temporales y espaciales para cada balance.
- El cálculo del balance no exime de la necesidad de controlar en continuo el caudal de lixiviados (caudalímetros).
- El propio vertedero debiera contar con una estación meteorológica que registre en continuo las variables meteorológicas.
- Cualquier proyecto de gestión debiera incluir en su presupuesto tanto el control de lixiviados como la estación meteorológica.
- El método de Thornthwaite para el cálculo de la ETP debiera reemplazarse por otros más modernos, más exhaustivos y que consideran un mayor número de variables meteorológicas.
- La generación de lixiviados está condicionada por las características físicas del propio vertedero y los procesos biológicos que ocurren dentro de él.

Ondorioak – Conclusiones

- La no-linearidad en la generación de lixiviados se debe a cambios estacionales en el almacenamiento de agua, lo que depende de procesos internos (características hidráulicas, capacidad de campo, flujos preferenciales, procesos biológicos).
- Para que se generen lixiviados no es necesario sobrepasar la capacidad de campo, pueden empezar a producirse antes de alcanzar la saturación.
- El flujo de agua en vertederos no es uniforme, está dominado por vías preferenciales. Existe una zona de alta conductividad hidráulica (conductos) y otra con una gran capacidad de retención (matriz).
- La distribución de la porosidad varía con la edad del vertedero. En vertederos más antiguos el flujo preferencial queda limitado debido a la compactación.
- La existencia de flujos preferenciales es el motivo de que los resultados de la mayoría de los modelos no coincidan con las observaciones de campo.

Eskerrik asko!