

Desarrollo del balance hídrico de un vertedero en explotación

Monitorización in situ mediante lisímetros y sondas de humedad

Utilización como herramienta de control y vigilancia

Francesc Ferrer (*Lab-Ferrer*)
Álvaro Hernández (*Consultor*)
Unai Martínez (*Vascontainer*)
Francisco Fonseca (*IRTA-UdL*)

VERSOS '10. II Congreso Internacional de MTD en vertederos
Bilbao, 10-12 noviembre 2010

La problemática del cálculo del balance hídrico en un vertedero

- **Legislación**

- El balance hídrico como instrumento de control y vigilancia de la generación de lixiviados en un vertedero en fase de explotación o clausurado.

- **Complejidad y Dificultad**

- ¿Cómo obtener datos y parámetros lo más realistas posible?
 - Modelos empíricos
 - Tablas

..... Sin validación

- **En concreto, no hay datos sobre:**

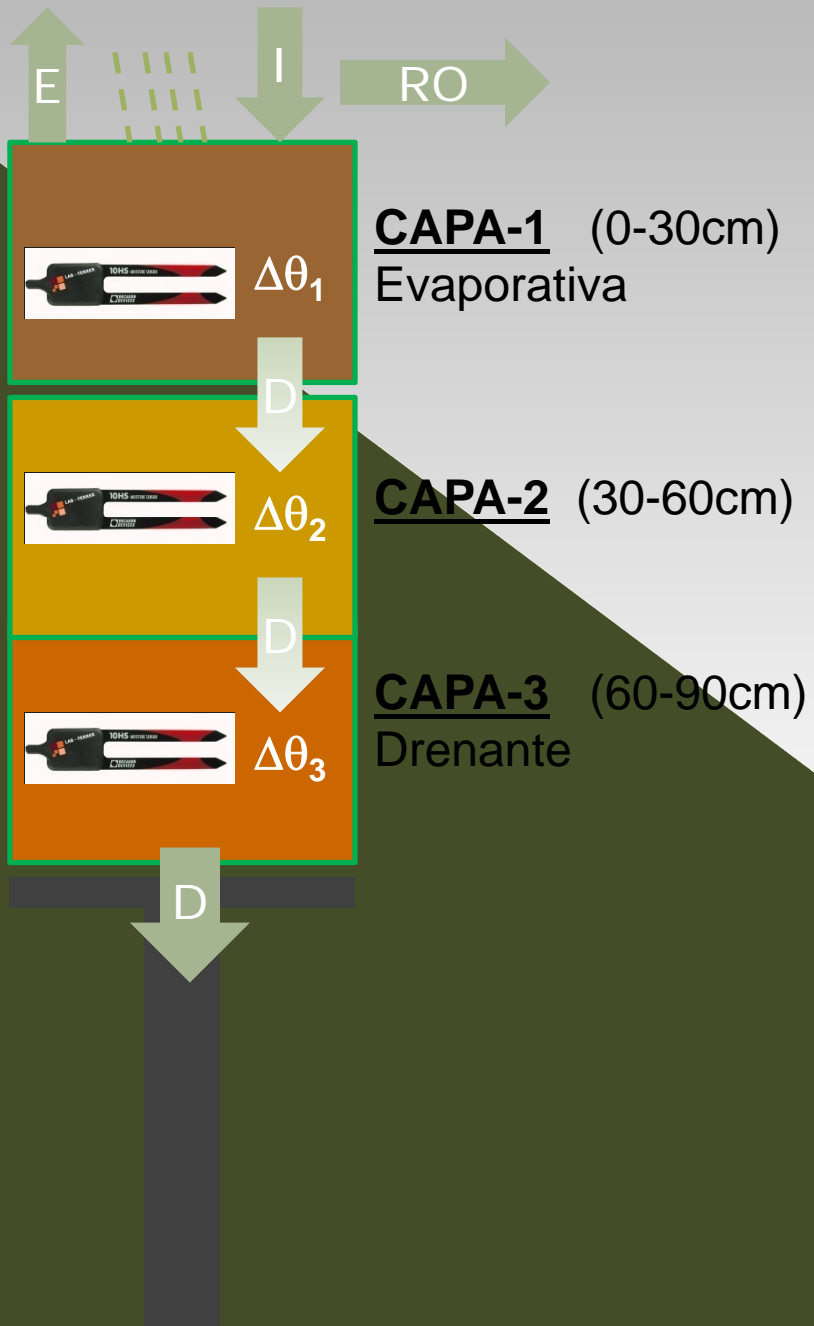
- Humedad de los residuos
- Evaporación real
- Capacidad de campo del residuo
- Precipitación (+/-)

Contenidos

- ⊙ **I. Caracterización hidráulica de residuos y monitorización in situ de variables y procesos hidrológicos en un vertedero**
- ⊙ **II. Consideraciones sobre el balance hídrico de un vertedero en explotación**

Caracterización hidráulica de residuos y monitorización in situ

- Variables y Procesos en la capa superficial: $\Delta\theta$, E, D_i , P, I, RO
- Celda de Monitorización
- Punto de Monitorización Lisimétrico (PML)
 - Precipitación
 - Humedad en el perfil
 - Drenaje interno (a $z=90\text{cm}$)
- Caracterización hidráulica del residuo
- Estimación de los términos del balance hídrico
 - Medidas directas
 - Cálculos directos independientes
 - Ajuste y calibración de submodelos



**Celda de
Monitorización y PML**

Red de monitorización y PML



Red de monitorización y PML



Red de monitorización y PML



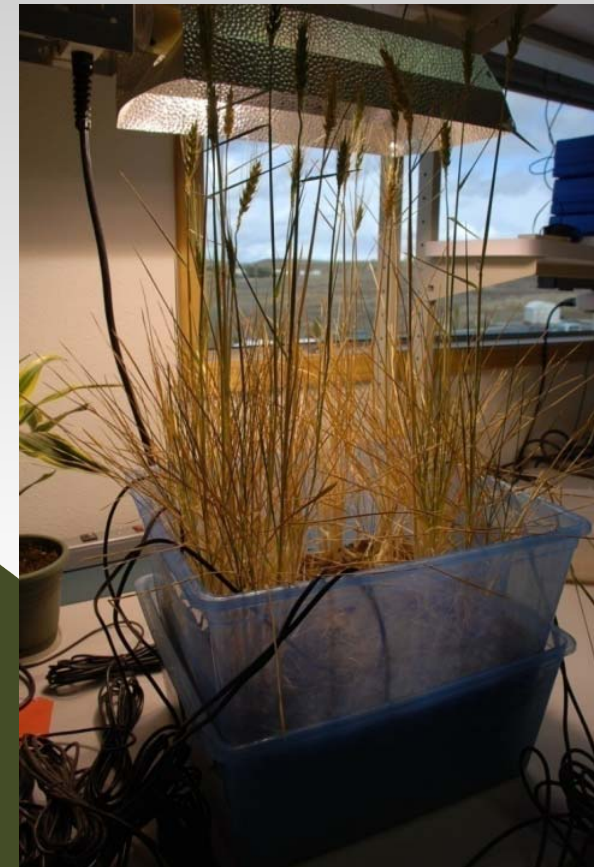
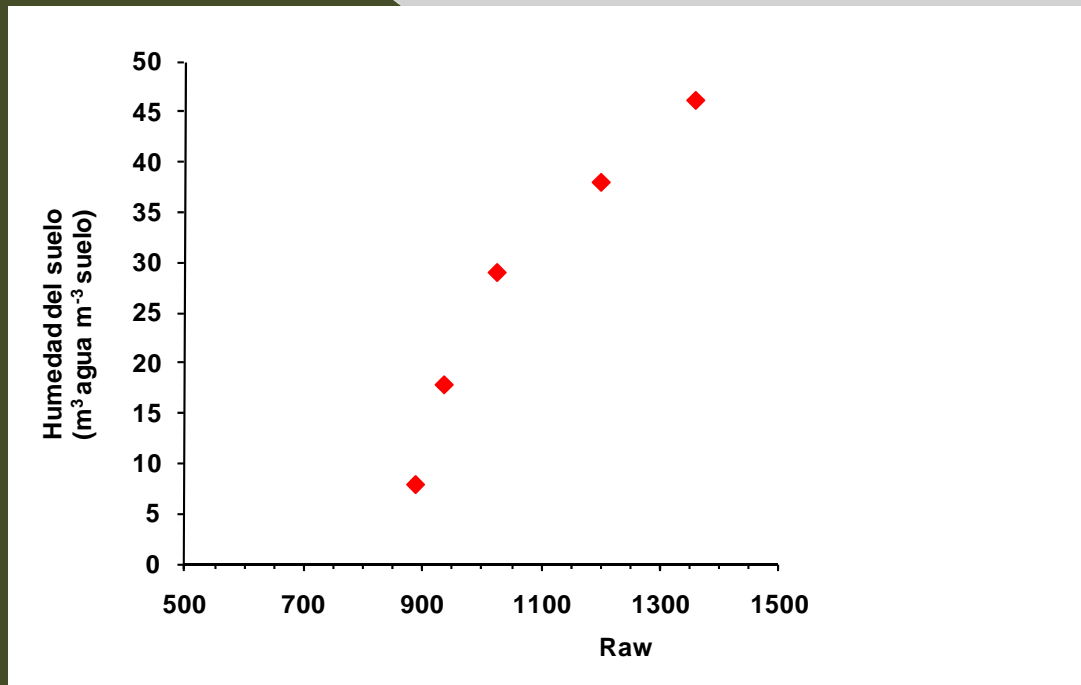
Red de monitorización y PML



Red de monitorización y PML

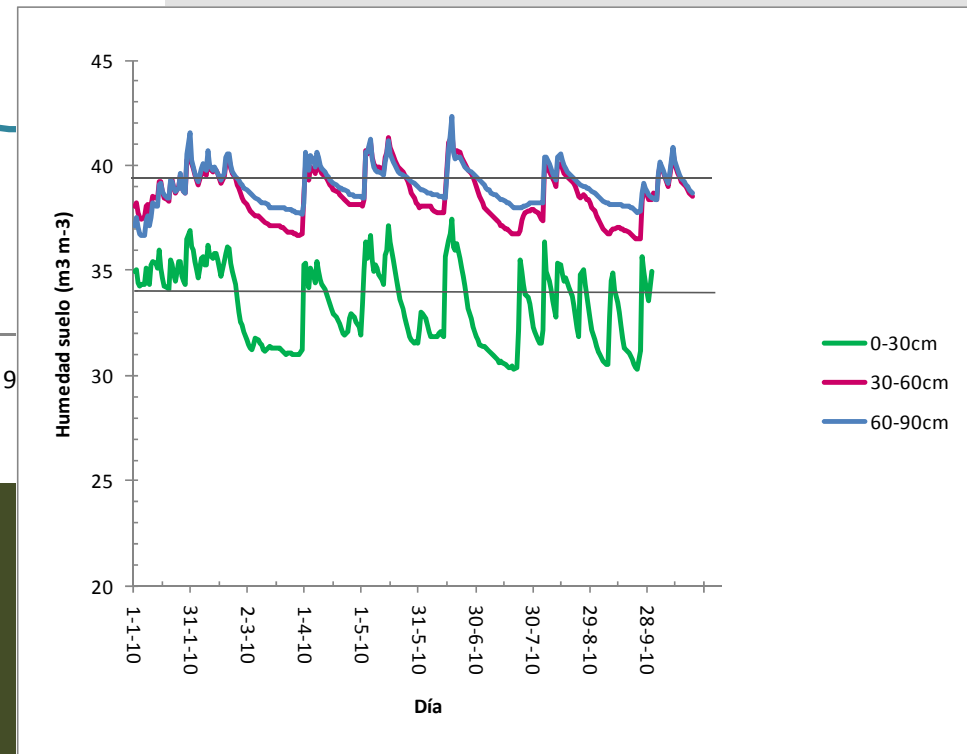
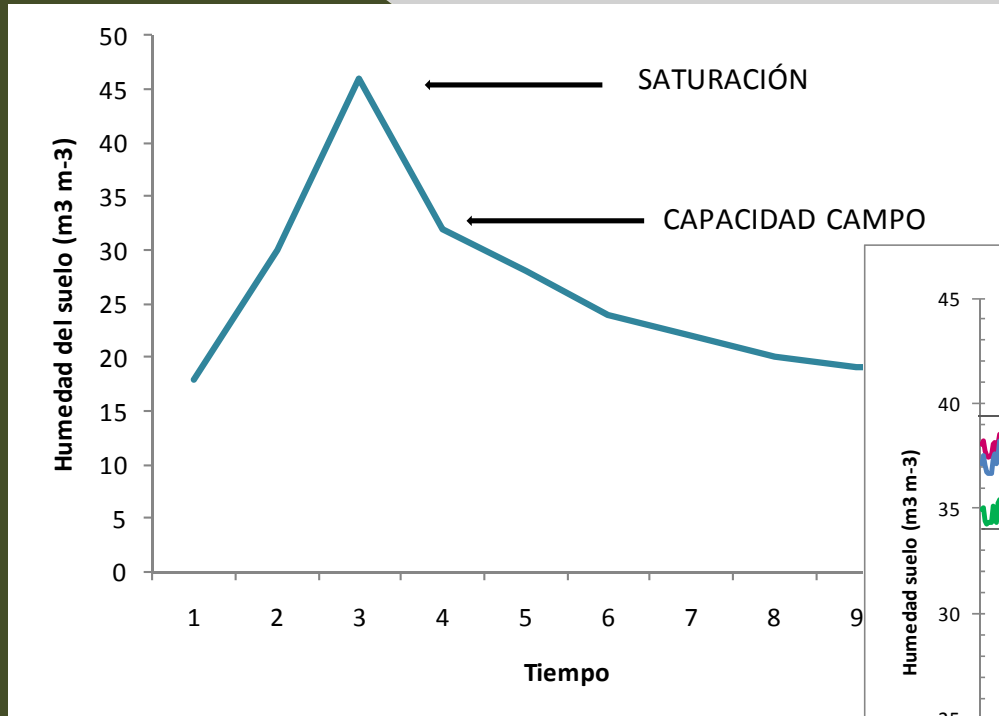


Calibración en laboratorio de las ondas de humedad



Fuente: www.decagon.com

Capacidad de campo del residuo



θ_{cc} : entre 0,34 y 0,40 $m^3 m^{-3}$

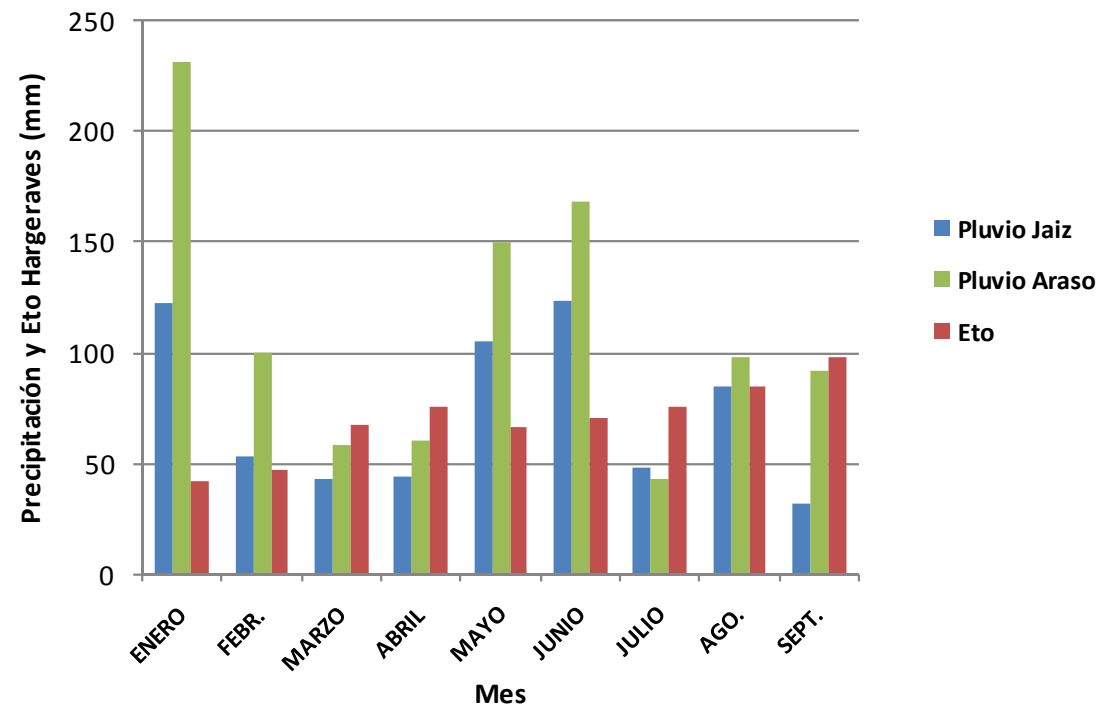
θ_{sat} : entre 0,39 y 0,44 $m^3 m^{-3}$

Precipitación

Precipitación acum
(En-sept2010).

JAIZKIBEL: 655mm

VETEDERO: 1002mm



Evaporación

Método 1:

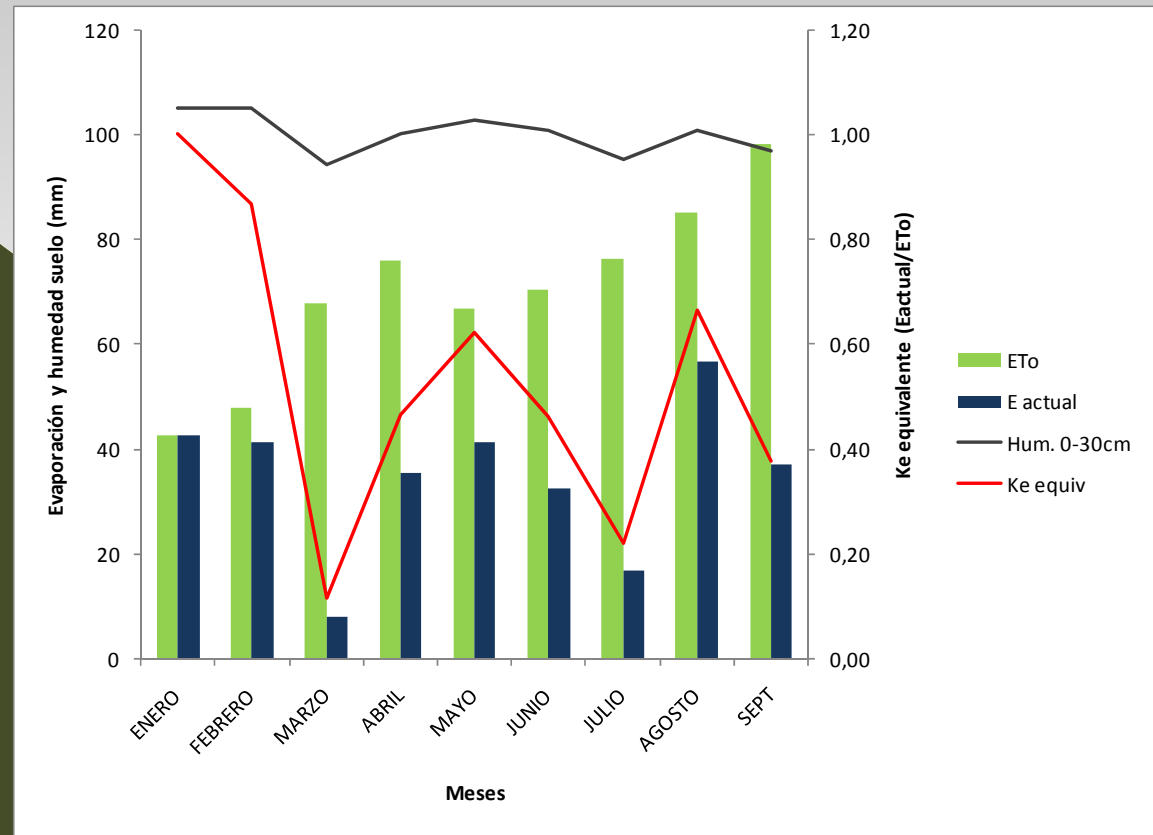
$$E = \Delta W_r \text{ (sondas)}$$

Método 2:

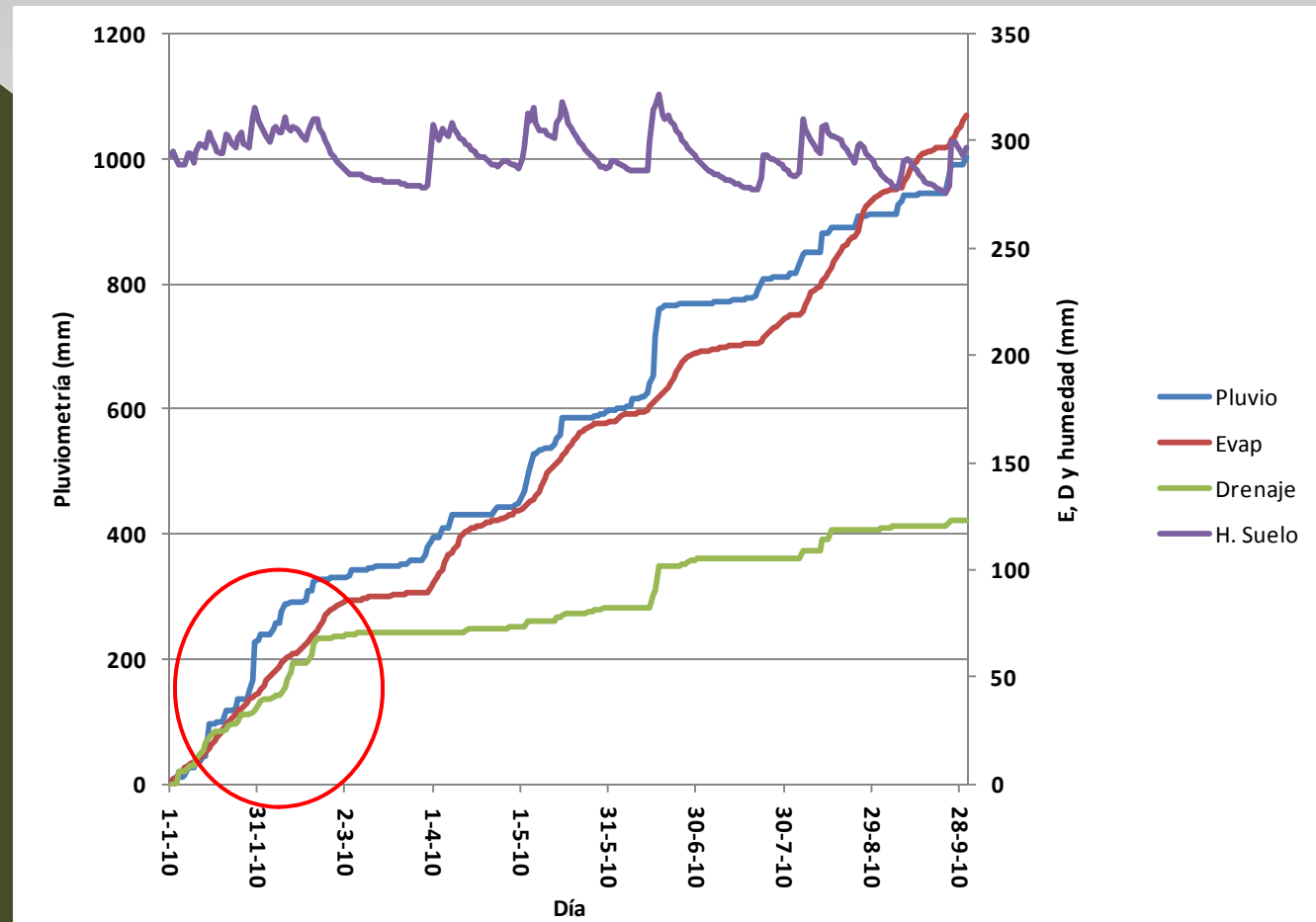
Calib. Modelo Aquacrop

Error promedio:

4,4mm mes⁻¹

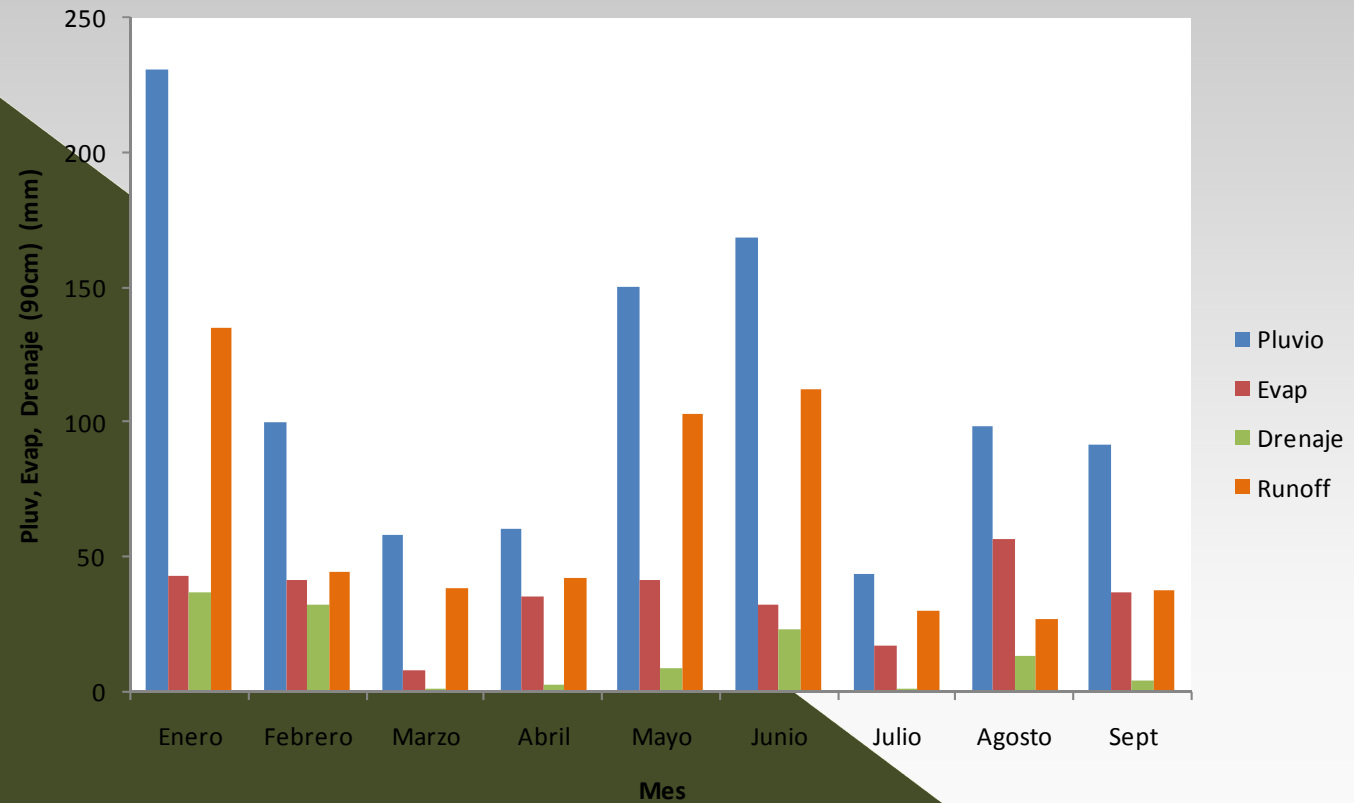


enaje



Medida directa recogida por el lisímetro a 90cm

Corrientía superficial



- $RO = (W_{rini} - W_{rfinal}) + P - E - D$
- Mensual, 0-90cm
- Si $P < 6\text{mm}$, no se detecta $\Delta\theta_{0-30\text{cm}}$

Ecuación del balance hidráulico

$$\frac{dm_{sys}}{dt} = \frac{d}{dt} \int_{VC} \rho dV + \int_{SC} \rho(\vec{v}_r \cdot \vec{n}) dS$$



$$\Delta \text{Almacenamiento} + \sum \text{salida} - \sum \text{entrada} = 0$$



$$P + \theta_{inicial} - \theta_h - E - R_o - D = 0$$

P precipitación ($m^3 \cdot m^{-2}$)

E Evaporación Real ($m^3 \cdot m^{-2}$)

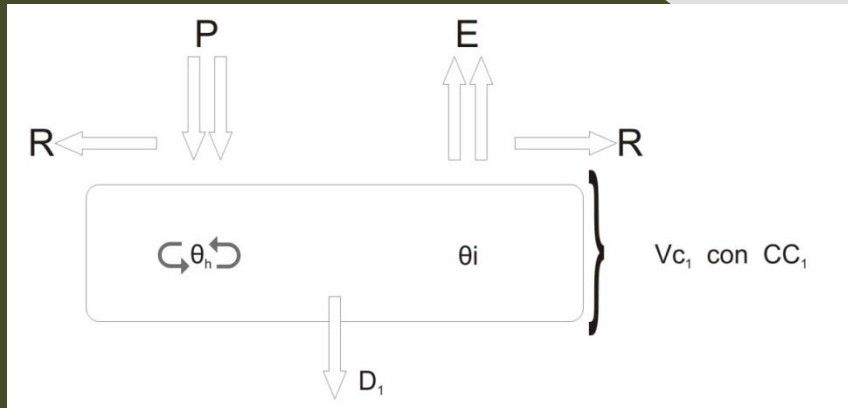
θ_h agua retenida en la estructura de los residuos (m^3 agua m^{-3} residuo)

R_o escorrentía superficial (m^3 agua $\cdot m^{-3}$ de precipitación)

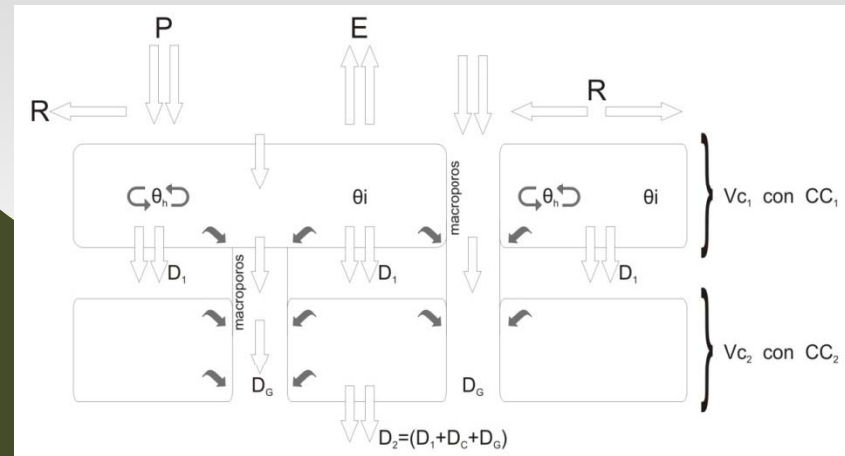
D drenaje por gravedad (m^3)

θ_{ini} humedad del residuos entrantes (m^3 agua m^{-3} residuo)

Representación esquemática de la dinámica del balance de agua en la celda de



Representación esquemática del flujo de agua en un vertedero



MODELO DEL BALANCE HIDRAULICO A NIVEL DE VERTEDERO

Presentación de datos calculados en modelos de balance hidrológico global

Función θ_{cc} $\rightarrow D = P_{\text{efectiva}} + \theta_{\text{inicial}} - \theta_h - E + R_o$, siendo $P_{\text{efectiva}} = P - R_o$, O , $D = P + \theta_{\text{inicial}} - \theta_h - E$

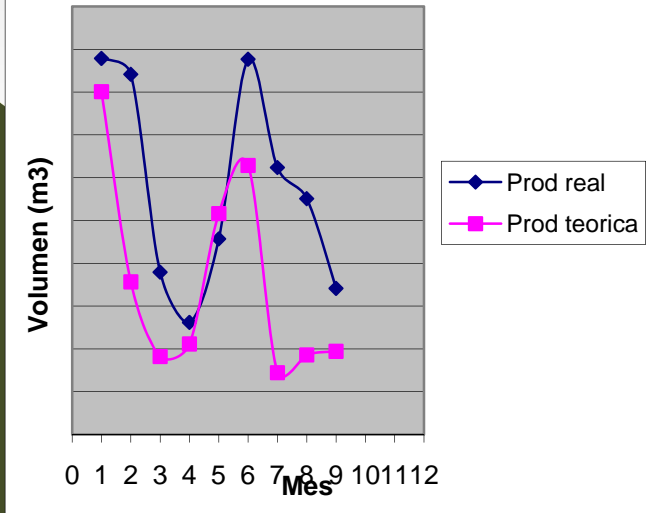
Función drenaje lisímetro $\rightarrow D = D_L + R_o$, O , $D = D_L + (R_o + \theta_{\text{inicial}} - \theta_h - E)$

BALANCE HIDRICO
AÑO MEDIO

Superficie celda		(m ²)	
Densidad RSU		(T/m ³)	1,50
Capacidad campo		(m ³ /m ³)	0,340

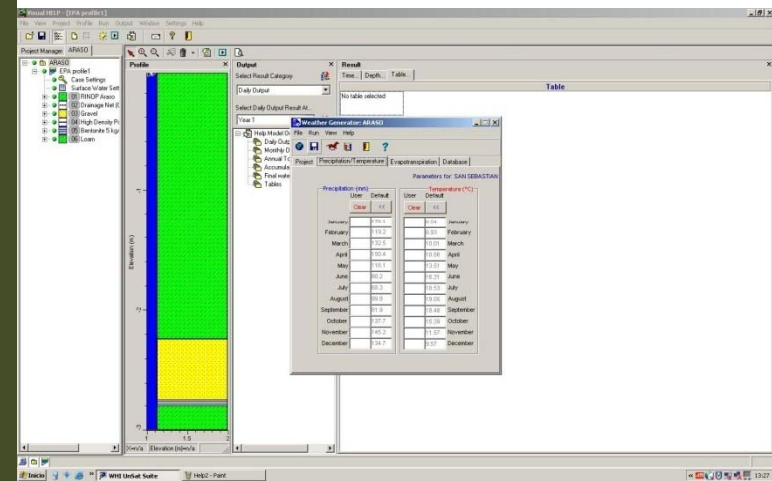
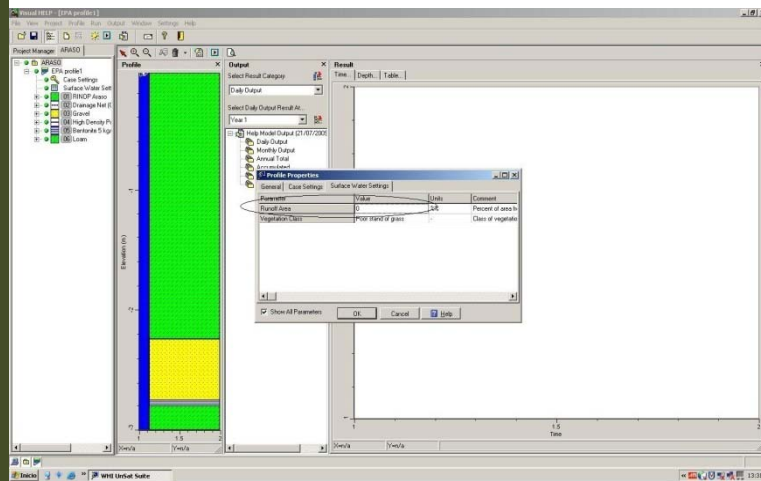
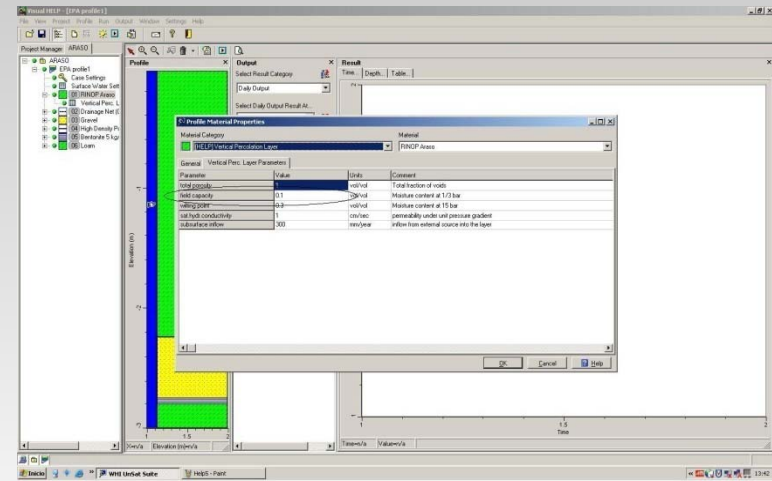
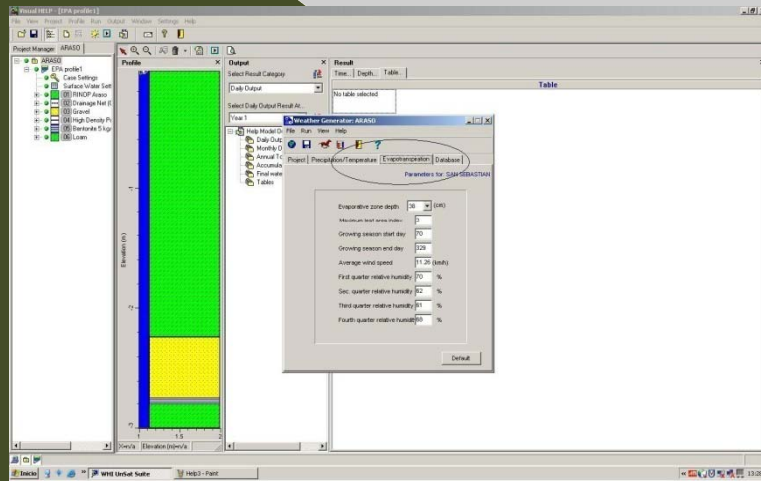
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept	Oct	Nov	Dic	Total
Entradas													
Precipitación (P)													
Precip efectiva (P _{efectiva})													
Escorrentia (R)													
Entrada residuos (T)													
% humedad residuo (θ_r)													
Humedad residuos (θ_i)													
Precip. Directa													
Precip efectiva (P _{efectiva})													
Escorrentia (R)													
Salidas													
Evaporación real (E)													
Evaporación real (E)													
Humectación residuos (θ_r)													
Gasto fermentación													
Drenaje Lisímetro (D _L)													
Resultados													
Gen. lixiv. teorico													
Gen. lixiv. Real													
Dif. real/teorico													

Comparación producción teorica vs real



MODELO DEL BALANCE HIDRAULICO A NIVEL DE VERTEDERO

Aplicación de datos calculados en modelos de flujo de humedad en el vertedero. Modelo HELP



GRACIAS