

 **CIATF**
Consejo Insular
de Aguas de Tenerife

Santa Cruz de Tenerife
29-30 septiembre 2009


**JORNADAS SOBRE
HIDROLOGÍA DE SUPERFICIE
EN TENERIFE**



Primera Jornada:
**EL MODELO HIDROLÓGICO
DE SUPERFICIE**

1
**INTRODUCCIÓN A LA
MODELIZACIÓN
HIDROLÓGICA EN
TENERIFE**

D. José Fernández Bethencourt.
Gerente del CIATF

INDICE 

1 CONCEPTOS

2 ANTECEDENTES. EL ANTERIOR MODELO MHS

3 NECESIDAD, CONDICIONANTES Y NOVEDADES DEL NUEVO MODELO MHS

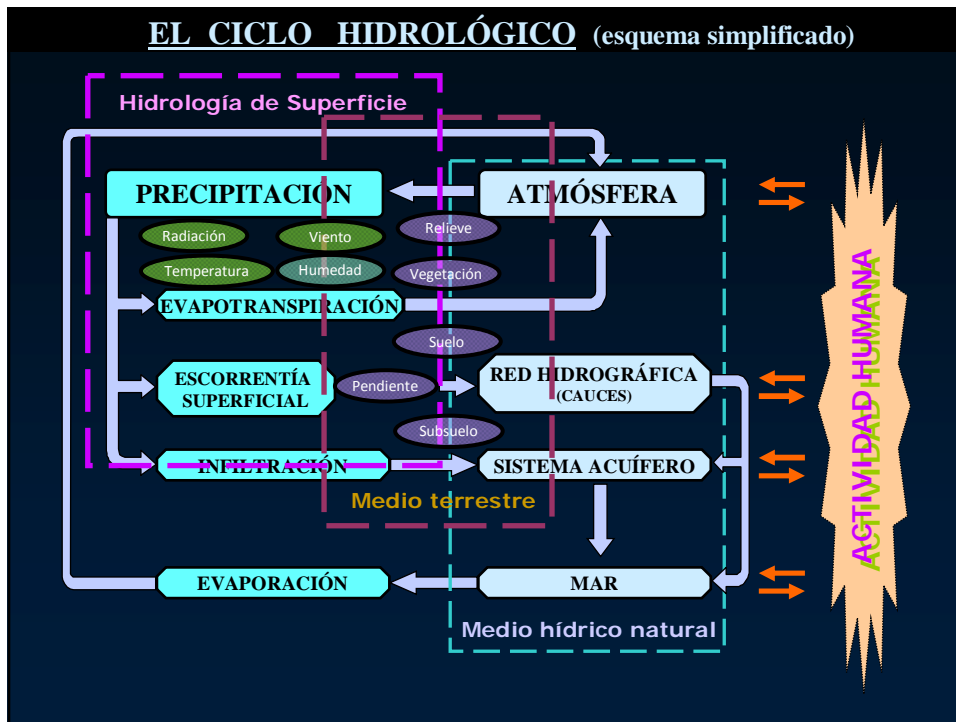
1.- CONCEPTOS

- **HIDROLOGIA** [del griego ὕδωρ (hidro): agua, y Λογος (logos): estudio]:
 - Ciencia que se dedica al estudio de la distribución -espacial y temporal- y las propiedades del agua presente en la atmósfera y en la corteza terrestre. Esto incluye las precipitaciones, la escorrentía, la humedad del suelo, la evapotranspiración y el equilibrio de las masas glaciares.
 - El estudio de las aguas subterráneas corresponde a la **HIDROGEOLOGÍA**, por lo que, para destacar la diferencia, la anterior definición suele adjetivarse como **HIDROLOGÍA DE SUPERFICIE**
- **BALANCE HIDROLÓGICO:**
 - Ecuación que expresa el cumplimiento del “principio de conservación de la masa” en un determinado ámbito espacial bien delimitado (p.e. una cuenca hidrográfica, o una isla):

$$\text{ENTRADAS} = \text{SALIDAS} + \text{VARIACIÓN DEL ALMACENAMIENTO}$$

(en la superficie, en el suelo y en el acuífero)





● **MODELO**

- Esquema teórico, generalmente en forma **matemática**, de un **sistema** o de una **realidad compleja**, ... que se elabora para facilitar su **comprensión** y el **estudio de su comportamiento** (DRAE-acep.4/11).
- Representación gráfica o **esquemática** de una realidad, sirve para **organizar y comunicar** de forma **clara** los **elementos** que involucran un todo.
- Fases de la modelización en hidrología:
 - Modelo **conceptual** Formulación esquemática teórica de la realidad y los procesos observados
 - Modelo **físico** Utilizado en el diseño de obras hidráulicas. En declive.
 - Modelo **análogo** Basado en sistemas físicos diferentes regidos por formulaciones matemáticas equivalentes. Prácticamente en desuso.
 - Modelo **de datos** Apoyo estructural para el modelo numérico
 - Modelo **numérico** De simulación por ordenador en base a una formulación matemática

- **SIMULACIÓN**

- *Experimentación* con un *modelo* de una *hipótesis* o un conjunto de hipótesis de trabajo

- **ETAPAS DE LA SIMULACIÓN**

- *Definición del sistema*
- *Formulación del modelo*
- *Organización y obtención de datos*
- *Implementación del modelo en el ordenador*
- *Verificación*
- *Validación del sistema*
- *Experimentación*
- *Interpretación*
- *Documentación*

2.- ANTECEDENTES. EL ANTERIOR MODELO MHS.



- **LA REDACCIÓN DEL PHI (1989-1993)**

- Conciencia de que para la **evaluación de los recursos de Tenerife** es trascendente aproximar bien la **INFILTRACIÓN (I)**, dada nuestra dependencia de las **aguas subterráneas**, mientras que los **recursos superficiales** son escasos y de difícil aprovechamiento
- La **distribución territorial de la I** es **muy heterogénea** porque así lo es la **PRECIPITACIÓN (P)**, por los **microclimas** que tenemos y por las acusadas **diferencias de la cobertera** (vegetación, suelos edáficos y usos del suelo) **y de la geología superficial**
- Se pretendía mejorar un **modelo matemático de flujo subterráneo** y debía disponerse de una evaluación distribuida de las entradas, especialmente de la infiltración
- **Decisiones metodológicas:**
 - Organizar toda la **información** (embrión de un "modelo de datos") en **celdas de 1 km x 1 km** (división de las hojas cartográficas 1:5000 de 4 km x 3 km en 12 celdas)
 - A partir de los datos puntuales en estaciones o puntos de registro establecer **algoritmos de interpolación-extrapolación** para obtener los valores de las distintas magnitudes en los **centros de la malla** elegida
 - Establecer algoritmos basados en los "**días con lluvia**" de cada tormenta para tener en cuenta las **estaciones pluviométricas totalizadoras** (mensuales / bimensuales)
 - Estimación de la **ETP** con los datos climáticos disponibles (método **Thornthwaite** corregido <> método **FAO Penman - Monteith**) y evaluación de la incidencia en la determinación de la **ETR**
- Esbozo de un **primer modelo de hidrología de superficie** orientado a alimentar la infiltración del **modelo de flujo subterráneo**

● EL PRIMER MODELO DE HIDROLOGÍA DE SUPERFICIE (1999/2000)

- Metodología "**artesanal**".
- Se mejora la **topología de transferencia de caudal de escorrentía superficial entre celdas** (con un algoritmo elemental en las 2188 celdas)
- Con una mejor información (series más largas y más estaciones) se actualizan las **isolíneas de Precipitación**
- A partir de datos empíricos y de observaciones de campo se construye un nuevo mapa de "**umbrales de escorrentía**" (P_0)
- Se precede a una mejor **caracterización de las cuencas**, dando valores paramétricos medios a **cada celda**
- Se introduce el concepto de "**infiltración sobre/en los cauces**"
- Se reelabora el **esquema conceptual, el flujograma y las ecuaciones** para el cálculo.
- Se desarrolla la **aplicación informática** del modelo de cálculo, se añaden "estaciones virtuales" y se calibra con los datos de las observaciones disponibles.
- Sin haber tenido contactos mutuos se descubre que se ha operado con un procedimiento similar al seguido más tarde por el **CEDEX** (Estrela, Estrada, Cabezas y Ruiz) para el **Libro Blanco del Agua en España** y que nuestro producto es un "**modelo distribuido**" de la hidrología de superficie de Tenerife.

● VERSIÓN IMPLEMENTADA DEL MHS (2005)

- **Se actualiza** toda la **información** disponible, tanto hidrometeorológica (incorporación de algunas estaciones nuevas y ampliación de las series de precipitación y temperatura, básicamente) como edafológica, de vegetación y de usos del suelo.
- Aunque prevalece la estructura de datos de tipo numérico (raster) según la malla de 1 km x 1 km, se introducen **nuevas utilidades** para facilitar la carga de **datos vectoriales, los ajustes y las salidas de resultados** (ficheros GIS de MapInfo)
- Se disponen **nuevas utilidades para el análisis de resultados** (hojas excel y gráficos prediseñados)
- Se realiza una **nueva recalibración paramétrica** de los valores en las celdas
- Se implanta en el **CIATF** y aumenta la **utilización del MHS en los estudios e informes** del organismo (p.e. evaluación de balances de detalle en Las Cañadas)

3.- NECESIDAD, CONDICIONANTES Y NOVEDADES DEL NUEVO MODELO MHS



- **NECESIDAD**

- La singularidad del **territorio** y los **microclimas** de la isla se representan muy burdamente con una malla de 1 km x 1 km:
 - Los bruscos cambios de **relieve**, con acusadas pendientes, escarpes y valles fluviales angostos.
 - La topología de la densa **red hidrográfica**, con barrancos próximos, estrechos y cuasi paralelos
 - La irregularidad y pequeña dimensión de los **contornos** de los distintos materiales de **cobertera**, pero especialmente la vegetación y los cultivos
 - La variación de algunas **variables climáticas** (p.e. correlación con la altitud)

ponen de manifiesto la **necesidad de disponer de una malla más tupida**.

- Aunque se dispone de mucha información en pixel de 5 m x 5 m, en el momento actual ese paso de malla resulta excesivo. Finalmente se optó por **200 m x 200 m**, que viene a multiplicar por 25 el número de celdas del modelo anterior.
- Reajuste del **modelo conceptual**, incorporación de **nuevas magnitudes registradas** (p.e. humedad) y **por evaluar** (p.e. lluvia horizontal), así como **nuevos parámetros** de caracterización de las celdas

- **CONDICIONANTES**

- **Datos meteorológicos** registrados **disponibles**:
 - Red de **estaciones existentes**: posición, instrumentación, conservación y continuidad.
 - **Series** de datos: extensión, lagunas, fiabilidad
 - **Protocolos de acceso** y transmisión
 - **Carencia o insuficiencia** de registros históricos **de algunas magnitudes** (radiación, viento, etc)
- **Otros datos** disponibles:
 - Mapas, fotos y datos sobre la **vegetación**
 - Mapas, análisis y ensayos de los **suelos** (edáficos)
 - **Red hidrográfica** adaptada al nuevo paso de malla y su topología
- **Estudios e investigaciones** para apoyar, definir y desarrollar las **ecuaciones** para el establecimiento de los **nuevos parámetros** y el cálculo de las **variables hidrológicas**.
- **Medios disponibles**: personal, financiación, tecnología, etc
- **Plazo**: antes de **2009** (apoyo para el **PLAN HIDROLÓGICO** en elaboración)

● **NOVEDADES**

- Se presenta una **metodología** para la evaluación de la **LLUVIA HORIZONTAL**, desarrollada e **implementada en el MHS**
- Se cuenta con una **evaluación** de las **variables climáticas (P, T, Hr y Vv)** e **hidrológicas (ETP, ETR, ES, I, ...)** en las **51.646 celdas** territoriales (malla de 200 m x 200 m) de **808 meses** consecutivos (62 años: **1944 – 2006**) y en breve se podrá ampliar con otros 24 (hasta **2008**)
- Se han implementado **más salidas numéricas y gráficas** para **analizar** las magnitudes y variables indicadas, así como las **tendencias** de su evolución en el tiempo.
- Se ha desarrollado una herramienta para la **obtención de balances** y magnitudes agregadas o medias en **recintos** (ficheros shape) y aplicado a los de principal interés (bandas de **altitud** cada 100 m, términos **municipales, comarcas, vertientes**, unidades **hidrogeológicas, ...**) para el **PHT**

 **Santa Cruz de Tenerife**
29-30 septiembre 2009

JORNADAS SOBRE
HIDROLOGÍA DE SUPERFICIE
EN TENERIFE

Primera Jornada:

**EL MODELO HIDROLÓGICO
DE SUPERFICIE**

1

**INTRODUCCIÓN A LA
MODELIZACIÓN
HIDROLÓGICA EN
TENERIFE**

D. José Fernández Bethencourt.
Gerente del CIATF

FIN
Muchas gracias por su atención

