**PROGRAMA PARA EL CÁLCULO DE UN BALANCE BÁSICO DE AGUA EN EL SUELO**

Realizado por: Luis Solís

ÍNDICE

[1 INTRODUCCIÓN 2](#_Toc46224203)

[2 ORGANIZACIÓN 2](#_Toc46224204)

[3 ALGORITMO DE CÁLCULO DEL BALANCE DE AGUA EN EL SUELO 3](#_Toc46224205)

[4 xbhimes 3](#_Toc46224206)

[4.1 DATOS REQUERIDOS 3](#_Toc46224207)

[4.1.1 Acuífero 3](#_Toc46224208)

[4.1.2 Afloramiento 3](#_Toc46224209)

[4.1.3 Datos meteorológicos 4](#_Toc46224210)

[4.1.4 Fichero xml de proyectos 4](#_Toc46224211)

[4.2 MODO DE TRABAJO 5](#_Toc46224212)

[5 xbhimes\_sensitivity 6](#_Toc46224213)

# INTRODUCCIÓN

Es una aplicación (app) para calcular el balance hidrometeorológico en el suelo creada en python. Para ejecutar la aplicación debes tener instalado python +3.7, preferentemente a través de Anaconda. Además de los módulos estándar, los siguientes deben ser instalados:

* Numpy
* Matplotlib
* Numba (opcional)

La app no tiene interfaz de usuario. El usuario debe tener conocimientos básicos de:

* Lenguaje de programación python.
* Creación y edición de ficheros de texto
* Creación y edición de ficheros xml
* Sql estándar

Los resultados se aplican a la infiltración en acuíferos

Cada acuífero se divide en afloramientos permeables con sus características y cada acuífero debe tener una serie temporal de datos completos de precipitación y temperatura diarias. Se puede utilizar el programa idw para calcular las series meteorológicas representativas de cada acuífero.

El programa está en desarrollo y el algoritmo de cálculo poder variar.

Asimismo no está garantizado que no contenga errores, tanto conceptuales como de programación

# ORGANIZACIÓN

La app está dividida en módulos:

No callables

1. swb.py: es el módulo fundamental y tiene los módulos de cálculo.Muchas funciones utilizan numba; si no has instalado numba debes poner un símbolo de comentario (#) en cada línea que empieza por @jit y las que puedan seguirla hasta la siguiente línea en que se define la función correspondiente (def). El módulo incluye el cálculo de la ET por el método de Hargreaves, para lo que se requiere el fichero sqlite r0.db; este fichero contiene la radiación solar incidente por latitud (Allen et al., 1998): la tabla original de Allen incluye los valores de r0 en latitudes con grados impares, que se han interpolado en las latitudes con grados pares.
2. bhimes.py: implementa el cálculo de la infiltración en un acuífero dividido en uno o más afloramientos permeables para una serie temporal dada.

Callables

1. swb\_tests.py: módulo que permite hacer el balance de agua en el suelo con datos de prueba que pueden introducirse fácilmente en el módulo
2. xbhimes.py: módulo desde el que se llama a bimes. Calcula la infiltración de un acuífero para un conjunto de parámetros definidos por el usuario y una serie de datos de precipitación y temperatura diaria
3. xbhimes\_sensitivity. Ejecuta la función de balance para un conjunto de valores de los parámetros suministrados por el usuario. Para una serie de precipitación y temperaturas dada, ejecuta un conjunto de ejecuciones de la función de balance en que se van variando los valores de el contenido de agua en el suelo y la permeabilidad de la zona no saturada y grafica los resultados

# ALGORITMO DE CÁLCULO DEL BALANCE DE AGUA EN EL SUELO

Examina la función swb01 en el módulo swb.py

# xbhimes

El algoritmo principal está definido en la función swb01 en el módulo bhimes.py

## DATOS REQUERIDOS

Los datos se cargan inicialmente desde ficheros de texto a una base de datos db en formato sqlite. Una vez cargada la db. Para hacer el balance de agua en el suelo y hacer los gráficos, la app lee directamente de la db.

Las funciones que leen los ficheros de datos iniciales están definidas en el módulo bhimes y son:

* aquifer\_upsert\_from\_file, para los acuíferos
* outcrop\_upsert\_from\_file, para los afloramientos
* met\_upsert\_from\_file01, para los datos meteorológicos

### Acuífero

Fichero de texto con 1 línea por acuífero. Cada línea:

* gid. Identificador del acuífero (número entero)
* x. coordenada x del centroide en coordenadas proyectadas
* y. coordenada y
* y4326. latitud en epsg 4326 (WGS84)

### Afloramiento

Fichero de texto con al menos 1 línea por afloramiento y acuífero

* gid. Identificador único de cada afloramiento (código entero)
* acu. Identificador del acuífero
* lito. Descripción litológca
* edad. Edad geológica
* perme. Clasificación precia de la permeabilidad (muy alta, alta, media, baja, muy baja)
* sup\_m2. Superficie del acuífero (m2)
* ai. Abstracción inicial (mm)
* ru. Reserva útil del suelo (mm)
* kdirecta. Velocidad de percolación infiltración directa de la lluvia (mm/d)
* kzns. Velocidad de percolación en la zona no saturada a través del suelo; sólo funciona cuando el suelo está lleno de agua (mm/d)
* klateral. Velocidad de desvío del agua en la zona no saturada; este agua no alcanza el acuífero (mm/d)
* kescorrentia. Velocidad de percolación de la escorrentía que se genera en el balance del suelo y se infiltra como escorrentía directa (mm/d)

### Datos meteorológicos

Fichero de texto con al menos 1 serie temporal por acuífero. Varios acuíferos pueden compartir la misma serie de datos meteorológicos.

Se recomienda que cada serie temporal debe ser completa, aunque el programa no lo comprueba.

Si hay más de una serie temporal, se recomienda que todas tengan el mismo rango de fechas

Para cada línea del fichero:

* gid. Identificador de la serie meteorológica
* fecha. Fecha de los datos (peden ser calculados)
* pd. Precipitación diaria (mm/d)
* tdmin. Temperatura mínima diaria ºC
* tdmax. Temperatura máxima diaria ºC

### Fichero xml de proyectos

Los datos de cada ejecución se agrupan en proyectos, definidos en el fichero bhimes.xml

Los contenidos del fichero xml con un proyecto se indican más adelante en este fichero; bhimes.xml puede tener más de un proyecto. El fichero xml tiene una estructura fija: los nombres de los elementos y subelementos deben respetarse.

La explicación de los elementos de cada proyecto es la siguiente:

* description: short project description
* db: sqlite3 db, including path 2 file -get double dir separator in windows, e.g. c:\\path2\\dbname
* file\_aquifers: path 2 text file with aquifers data
* upsert: if 1 peforms upsert in aquifer table; otherwise do nothing
* nskip: number of lines to skip in the head of the file
* sep; column separator
* file\_outcrops: path 2 text file with outcrops data
* upsert, nskip & sep: as described previously
* file\_met: path 2 text file with meteorological data
* upsert, nskip & sep: as described previously
* select\_aquifers: select to aquifer table; you can change the aquifers in each project but not the columns in the select
* select\_outcrops: select to aquifer table; do not change this select
* select\_met: select to met(eorological) table; you can change the limits of the dates to be procesed
* initial\_conditions str: a value in (dry, normal, wet)
* time\_step int: max iter number; between 1 and 12
* et\_avg 12 float values separated by commas: average daily evapotranspiration from Jan. to Dec.
* table\_output: nombre de la tabla de resultados
* sensitivity: parameters related with sensivity analysis; this element is optional. The element has 2 subelements: whc (soil water holding content) and kuz (unsatured zone permeability); each has two attributes, delta and neval
* neval is de num of parameter evaluations beginning at the value in the outcrop
* delta is the increment of parameter value in each evaluation.
* For instance, whc = [outcrop.whc + (outcrop.whc \* delta \* i) for i in neval]

A continuación, se presenta el contenido del fichero bhimes.xml con un proyecto de ejemplo:

<?xml version="1.0" encoding="iso-8859-1" standalone="yes"?>

<bhimes>

<project name="DHS\_QCC">

<description>Acuífero Cuaternacio del Campo de Cartagena</description>

<db>H:\\off\\balan\\ch\_202006.db</db>

<file\_aquifers upsert="0" nskip="1" sep=",">H:\\\\balan\\acu.txt</file\_aquifers>

<file\_outcrops upsert="0" nskip="1" sep="\t">H:\\\\balan\\aflo.txt</file\_outcrops>

<file\_met upsert="0" nskip="1" sep=";">H:\\off\\balan\\met\_centroids.txt</file\_met>

<select\_aquifers>

select a.fid, a.name, round(a.y4326,0) lat

from aquifer a

where a.fid in (1, 4, 5, 10, 11, 13, 16, 31, 44);

</select\_aquifers>

<select\_outcrops>

select fid, round(area,0) as sup, ia, whc, kdirect, kuz, klateral, krunoff

from outcrop

where aquifer=?;

</select\_outcrops>

<select\_met>

select m."date", m.p , m.tmin, m.tmax, m.tavg

from met m

where m."date" >= '1970-01-01' and m."date" &lt;= '2010-12-31' and m.fid=?

order by m."date";

</select\_met>

<initial\_condition>normal</initial\_condition>

<time\_step>24</time\_step>

<et\_avg>0.6, 0.5, 0.7, 0.8, 0.9, 1.1, 1.2, 1.2, 0.9, 0.8, 0.7, 0.6</et\_avg>

<table\_output>recharge\_202003</table\_output>

<xy\_annual\_dir>H:\\off\\balan\\xy</xy\_annual\_dir>

<sensitivity>

<kuz delta="0.25" neval="5" />

<whc delta="0.25" neval="10" />

</sensitivity>

</project>

</bhimes>

## MODO DE TRABAJO

Rellena los datos del proyecto en el fichero bhimes.xml

Prepara los ficheros de texto de acuíferos, afloramientos y datos meteorológicos. Una vez que los has cargado en la db del proyecto, el programa lee directamente de esta db. Una vez que has hecho la carga de datos, cambia el atributo del fichero bhimes.xml de 1 a 0; en caso contrario vuelve a cargar los datos de los ficheros cada vez que se ejecuta el programa.

Además de los parámetros del programa que están en bhimes.xml, los parámetros:

* Abstracción inicial (ia)
* Reserva útil del suelo (whc)
* Velocidad de filtración directa en la zona no saturada, sin pasar por el suelo (kdirect)
* Velocidad de filtración en la zona no saturada (kuz)
* Velocidad de filtración lateral, que desvía el agua de kuz (klateral)
* Velocidad de filtración de la escorrentía generada, que se filtra en la zona no saturada como escorrentía directa (krunoff)

, están definidos en cada afloramiento y determinan los resultados obtenidos

Para modificar los valores de los parámetros, que están almacenados en la db del proyecto, tienes que utilizar la sentencia sql update; otra manera es modificar los ficheros de texto iniciales y hacer la carga del fichero de afloramientos cada vez que se ejecuta el programa (atributo upsert 1 en bhimes.xml)

# xbhimes\_sensitivity

Tiene por objeto evaluar los resultados del programa de balance (p, runoff y etr) variando los valores de los parámetros capacidad de campo del suelo y permeabilidad de la zona no saturada. Los valores que determinan los rangos de evaluación se han explicado en el apartado 3.1.4 Fichero xml de proyectos.

Un acuífero puede tener más de un afloramiento. En esta opción se promedian los valores de los parámetros que intervienen el balance según su área. De esta manera se puede tener un gráfico de la variación de la recarga de cada acuífero según lo hacen los parámetros. Esto es posible porque a todos los afloramientos de un acuífero se le asigna la misma serie de precipitación en ET.