

La **hidrología agrícola** es el estudio de los componentes del [balance hídrico](#) en los suelos y en el manejo de agua especialmente en el [riego](#) y el [drenaje subterráneo](#). [1]

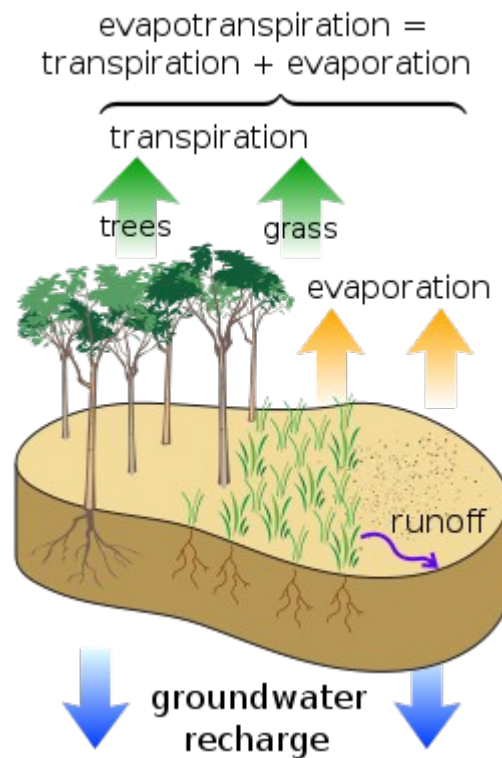
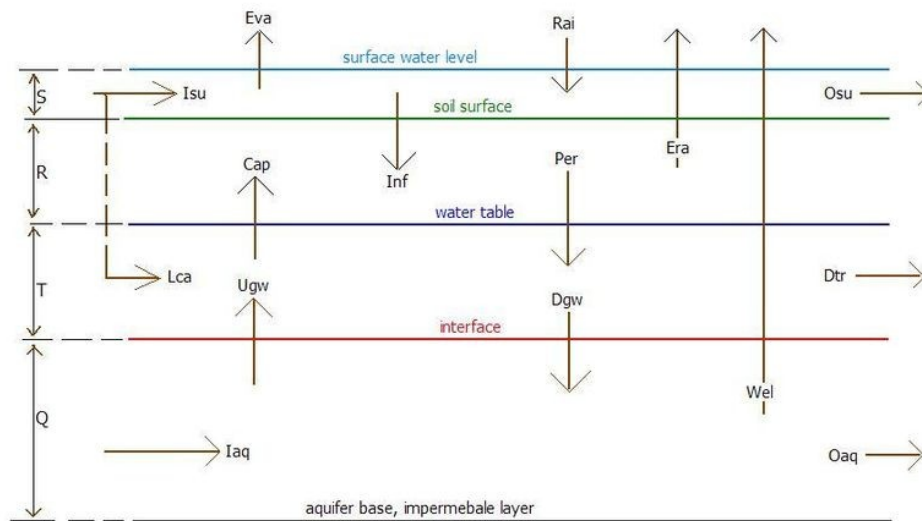


Ilustración de algunos componentes del balance de agua en el suelo

Contenido

- [1 Componentes del balance de agua](#)
 - [1.1 Balance superficial](#)
 - [1.2 Balance de la zona de raíces](#)
 - [1.3 Balance en la zona de transición](#)
 - [1.4 Balance de agua del acuífero](#)
- [2 Balances específicos](#)
 - [2.1 Balances combinados](#)
 - [2.2 Freático afuera de la zona de transición](#)
 - [2.3 Numero disminuido de zonas](#)
 - [2.4 Valores netos y de exceso](#)
 - [2.5 Balances de sales](#)
- [3 Requerimientos de riego y drenaje](#)
- [4 Referencias](#)
- [5 Enlaces externos](#)

Componentes del balance de agua



Water balance components in a vertical soil section

S = surface reservoir R = root zone or unsaturated (vadosé) zone T = transition zone Q = aquifer

Componentes del balance hídrico en el suelo

Los componentes del balance de agua se dejan agrupar conforme a las zonas en una sección vertical en el suelo constituyendo reservorios con flujo de entrada y de salida y almacenaje del agua: [2]

1. el reservorio superficial (*S*)
2. la zona de los raíces o zona no saturada (*R*) con flujo mayormente vertical
3. el acuífero (*Q*) con flujo mayormente horizontal
4. la zona de transición (*T*) en la cual se convierte el flujo horizontal y vertical uno al otro

El balance general se escribe como:

- flujo entrante = flujo saliendo + cambio de almacenamiento

y se aplica a cada uno de los reservorios o una combinación de ellos.

En los balances siguientes se asuma que la tabla de agua se encuentra en la zona de transición. Cuando no, se deben hacer ajustes.

Balance superficial

Los componentes de entrada en el reservorio superficial son:

1. Rai - agua entrando verticalmente como la [precipitación](#) (la [lluvia](#) incluyendo la [nieve](#), y la irrigación por [aspersión](#))
2. Isu - agua entrando horizontalmente, que puede ser por [inundación](#) y/o irrigación superficial

Los componentes de salida del reservorio superficial son:

1. Eva - evaporación actual de agua abierta
2. Osu - escurrimiento superficial natural o drenaje superficial artificial
3. Inf - [infiltración](#) del agua a través de la superficie del suelo hacia la zona de los [raíces](#)

El *balance hídrico superficial* se expresa como:

$$\bullet \text{ Rai} + \text{Isu} = \text{Eva} + \text{Inf} + \text{Osu} + \text{Ws}$$

donde Ws es el cambio de almacenamiento en la superficie del suelo.

Balance de la zona de raíces

Los componentes de entrada en en la zona de raíces son:

1. Inf - infiltración del agua a través de la superficie del suelo hacia la zona de los raíces
2. Cap - [ascenso capilar](#) de la zona de transición hacia la zona de raíces

Los componentes de salida de la zona de raíces son:

1. Era - [evapotranspiración](#) actual desde la zona de los raíces, sea directamente o por la vegetación
2. Per - percolación de la zona radicular hacia la zona de transición

El *balance hídrico de la zona de raíces* se expresa como:

$$\bullet \text{ Inf} + \text{Cap} = \text{Era} + \text{Per} + \text{Wr}$$

donde Wr es el cambio de almacenamiento en la zona radicular.

Balance en la zona de transición

Los componentes de entrada en la zona de transición son:

1. Per - percolación de la zona radicular hacia la zona de transición
2. Lca - infiltración de aguas del río, de canales o otros conductores de agua
3. Ugw - flujo vertical ascendente desde el acuífero hacia la zona de transición

Los componentes de salida de la zona de transición son:

1. Cap - ascenso capilar de la zona de transición hacia la zona de raíces
2. Dtr - [drenaje subterráneo](#) artificial horizontal
3. Dgw - drenaje natural vertical descendente desde la zona de transición hacia el acuífero

El *balance hídrico de la zona de transición* se expresa como:

$$\bullet \text{ Per} + \text{Lca} + \text{Ugw} = \text{Cap} + \text{Dtr} + \text{Dgw} + \text{Wt}$$

donde Wt es el cambio de almacenamiento en la zona de transición que se nota como un cambio del nivel de la tabla de agua.

Balance de agua del acuífero

Los componentes de entrada en el acuífero son:

1. Dgw - drenaje natural vertical descendente desde la zona de transición hacia el acuífero
2. Iaq - flujo de agua subterránea horizontal entrando en el acuífero

Los componentes de salida del acuífero son:

1. Ugw - flujo vertical ascendente desde el acuífero hacia la zona de transición
2. Oaq - flujo de agua subterránea horizontal saliendo del acuífero
3. Wel - [drenaje subterráneo](#) artificial vertical por pozos colocados en el acuífero

El *balance hídrico del acuífero* se expresa como:

$$\bullet \text{ Dgw} + \text{Iaq} = \text{Ugw} + \text{Wel} + \text{Oaq} + \text{Wq}$$

donde Wq es el cambio de almacenamiento en el acuífero que se nota como un cambio de la presión hidráulica del acuífero.

Balances específicos

Balances combinados

Balance de agua de dos zonas adyacentes se dejan combinar. En el balance combinado los componentes de entrada y salida de la una zona la otra desaparecen.

En balances de tiempo largo (un mes, una estación, un año), la menudo os componentes de almacenamiento son pequeños y despreciables. Eliminando se obtiene el [estado estacionario](#) o el *balance en equilibrio*.

La combinación del reservorio superficial (S) y la zona radicular (R) rinde el **balance de agua del suelo superior**:

- $R_{ai} + I_{su} + Cap = E_{va} + E_{ra} + O_{su} + Per$

donde el factor de conexión Inf ha desaparecido.

La combinación del reservorio radicular (R) y la zona de transición (T) rinde el **balance de agua del subsuelo**:

- $Inf + L_{ca} + U_{gw} = E_{ra} + D_{tr} + D_{gw}$

donde los factores de enlace Per y Cap han desaparecido.

La combinación la zona de transición (T) y la zona del acuífero (Q) rinde el **balance geohidrológico**:

- $Per + L_{ca} + I_{aq} = Cap + D_{tr} + Wel + O_{aq}$

donde los factores de enlace U_{gw} y D_{gw} han desaparecido.

Combinando los tres balances superiores (de las zonas S , R y T) produce el **balance de agua agronómico**:

- $R_{ai} + I_{su} + L_{ca} + U_{gw} = E_{va} + E_{ra} + O_{su} + D_{tr} + D_{gw}$

donde los componentes de conexión Inf , Per y Cap han desaparecido.

La combinación de todos los reservorios en estado estacionario rinde el **balance de agua total**:

- $R_{ai} + I_{su} + L_{ca} + I_{aq} = E_{va} + E_{ra} + O_{su} + D_{tr} + Wel + O_{aq}$

donde los factores de enlace Inf , Per , Cap , U_{gw} and D_{gw} se eliminaron.

Tabla de agua afuera de la zona de transición

Cuando la napa freática se encuentra por encima de la superficie del suelo, los balances conteniendo los factores *Inf*, *Per*, *Cap* no son aplicables porque estos factores no existen.

Cuando el freático se ubica dentro de la zona de los raíces, los balances usando los componentes de enlace *Per* y *Cap* no son apropiados porque ellos no son presentes.

Cuando la capa freática está por debajo de la zona de transición, solo el *balance hídrico del acuífero* es aplicable.

Disminución del numero de zonas

En las condiciones naturales del terreno puede ser que no haya ninguno acuífero, zona de transición o zona radicular. Los balances de agua se pueden adaptar a estas condiciones.

Valores netos y de exceso

Los componentes verticales a lo largo de los límites entre dos zonas con flechas en la misma dirección (es decir ambos ascendentes o ambos descendentes) se dejan combinar en *valores netos*.

Por ejemplo : $Npc = Per - Cap$ (percolación neta) , $Ncp = Cap - Per$ (ascenso capilar neto).

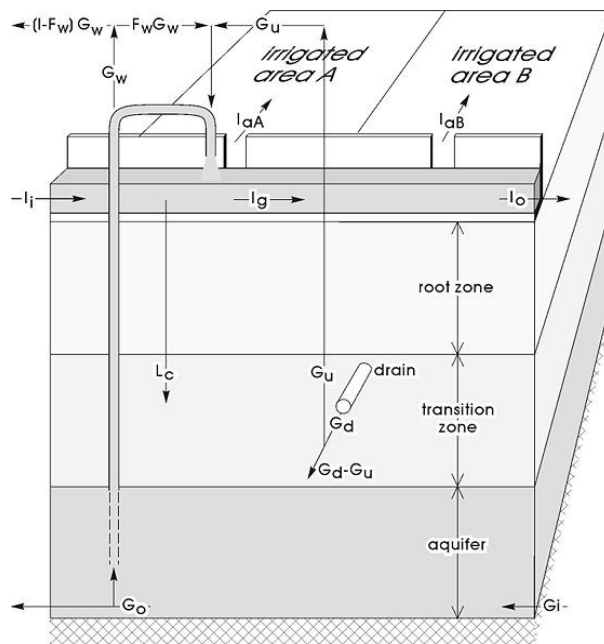
Flujos horizontales en el mismo sentido se pueden unir como *valores de exceso*.

Por ejemplo : $Egio = Iaq - Oaq$ (exceso de flujo subterráneo entrando sobre flujo subterráneo saliendo) , $Egoi = Oaq - Iaq$ (exceso de flujo subterráneo saliendo sobre flujo subterráneo entrando).

Balances de sales

Balances agrícolas de agua se usan también para balances de sales en el suelo y en el control de la [salinidad del suelo](#) en áreas regadas.

Además los balances de agua y sales se emplean en modelos agro-hidro-salino-drenaje como *SaltMod*, [3] que requiere concimiento de los flujos horizontales en el acuífero, y *SahysMod*, [4] que incluye un modelo polygonal de flujo en el acuífero.



Componentes del balance de agua en el modelo *Saltmod*

Requerimientos de riego y drenaje

El *requerimiento de riego* (Irr) se calcula del *balance hídrico del suelo superior*, el *balance hídrico agronómico* y/o del *balance de agua total* dependiente de la disponibilidad de datos de los factores que intervienen.

Considerando el riego superficial, asumiendo que la evaporación del agua superficial es despreciable ($Eva = 0$), igualando la evapotranspiración real (Era) a la evapotranspiración potencial (Epo), de modo que $Era = Epo$, y tomando el flujo superficial entrando (Isu) como riego (Irr), de manera que $Isu = Irr$, los balance resultan respectivamente en:

- $Irr = Epo + Osu + Per - Rai - Cap$
- $Irr = Epo + Osu + Dtr + Dgw - Rai - Lca - Ugw$
- $Irr = Epo + Osu + Dtr + Oaq - Rai - Lca - Iaq$

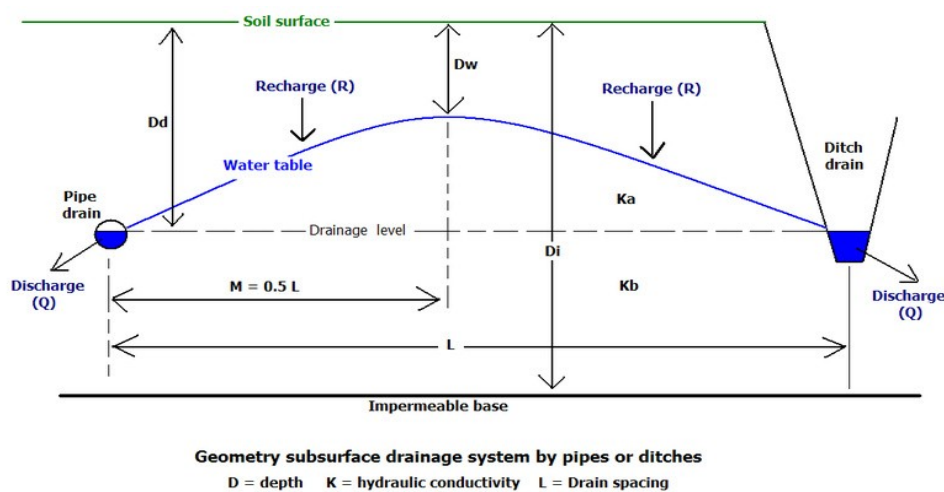
Definiendo la *eficiencia de riego* como $Ieff = Epo/Irr$ que representa la fracción del agua de riego consumida por el cultivo, se desprende que respectivamente:

- $Ieff = 1 - (Osu + Per - Rai - Cap) / Irr$
- $Ieff = 1 - (Osu + Dtr + Dgw - Rai - Lca - Ugw) / Irr$
- $Ieff = 1 - (Osu + Dtr + Oaq - Rai - Lca - Iaq) / Irr$

Así mismo la *abstracción segura* por pozos para el riego, es decir la abstracción que no da lugar a la sobre-explotación del acuífero, se puede determinar del *balance geohidrológico* y/o el *balance de agua total* en dependencia de la disponibilidad de datos.

De manera semejante el requerimiento de drenaje subterráneo se fija como la descarga de drenaje (Dtr) en el *balance de agua del subsuelo*, el *balance hídrico agronómico* y/o del *balance de agua total*.

El *requerimiento de drenaje subterráneo* y el *requerimiento del drenaje por pozos* juegan un papel importante en el diseño de sistemas de drenaje subterráneos (referencias: [5], [6]).



La descarga de drenaje determina el espaciamiento entre los drenes

Referencias

1. ↑ N.A. de Ridder and J. Boonstra, 1994. *Analysis of Water Balances*. In: H.P.Ritzema (ed.), *Drainage Principles and Applications*, Publication 16, p.601-634. International Institute for Land Reclamation and Improvement (ILRI), Wageningen, The Netherlands. [ISBN 90 70754 3 39](#)
2. ↑ *Drainage for Agriculture: Hydrology and Water Balances*. Lecture notes, International Course on Land Drainage (ICLD), International Institute for Land Reclamation and Improvement (ILRI), Wageningen, The Netherlands. On the web : [\[1\]](#)
3. ↑ «[SaltMod, agro-hydro-salinity-drainage model](#)». Consultado el 2010-08-9.
4. ↑ «[SahysMod, agro-hydro-salinity-drainage model combined with a polygonal groundwater flow model](#)». Consultado el 2010-08-9.
5. ↑ *The energy balance of groundwater flow applied to subsurface drainage in anisotropic soils by pipes or ditches with entrance resistance*. On the web : [\[2\]](#) . Paper based on: R.J. Oosterbaan, J. Boonstra and K.V.G.K. Rao, 1996, *The energy balance of groundwater flow*. Published in V.P.Singh and B.Kumar (eds.), *Subsurface-Water Hydrology*, p. 153-160, Vol.2 of Proceedings of the International Conference on Hydrology and Water Resources, New Delhi, India, 1993. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. [ISBN 978-0-7923-3651-8](#). En la web : [\[3\]](#)
6. ↑ Subsurface drainage by (tube)wells, 9 pp. *Well spacing equations for fully or partially penetrating wells in uniform or layered aquifers with or without entrance resistance*. International Institute for Land Reclamation and Improvement (ILRI), Wageningen, The Netherlands. En la web : [\[4\]](#)