



**Universidad de Ciego de Ávila**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Centro de Estudios Hidrotécnicos**



**Uso eficiente del agua en los países  
del tercer mundo en el siglo XXI**

**Dr. C. Ing. Manuel Peña Casadevalls.**  
**Profesor titular CEH, Cuba.**

**Chiquimula, Guatemala, Marzo 2012**

# Objetivos

- 1. Reflexionar sobre la disponibilidad de agua en el mundo en el siglo XXI y los problemas globales más importantes asociados a este recurso**
- 2. Socializar algunas experiencias sobre tecnologías de irrigación apropiadas para los países del tercer mundo desarrolladas en Cuba.**

# Recursos renovables

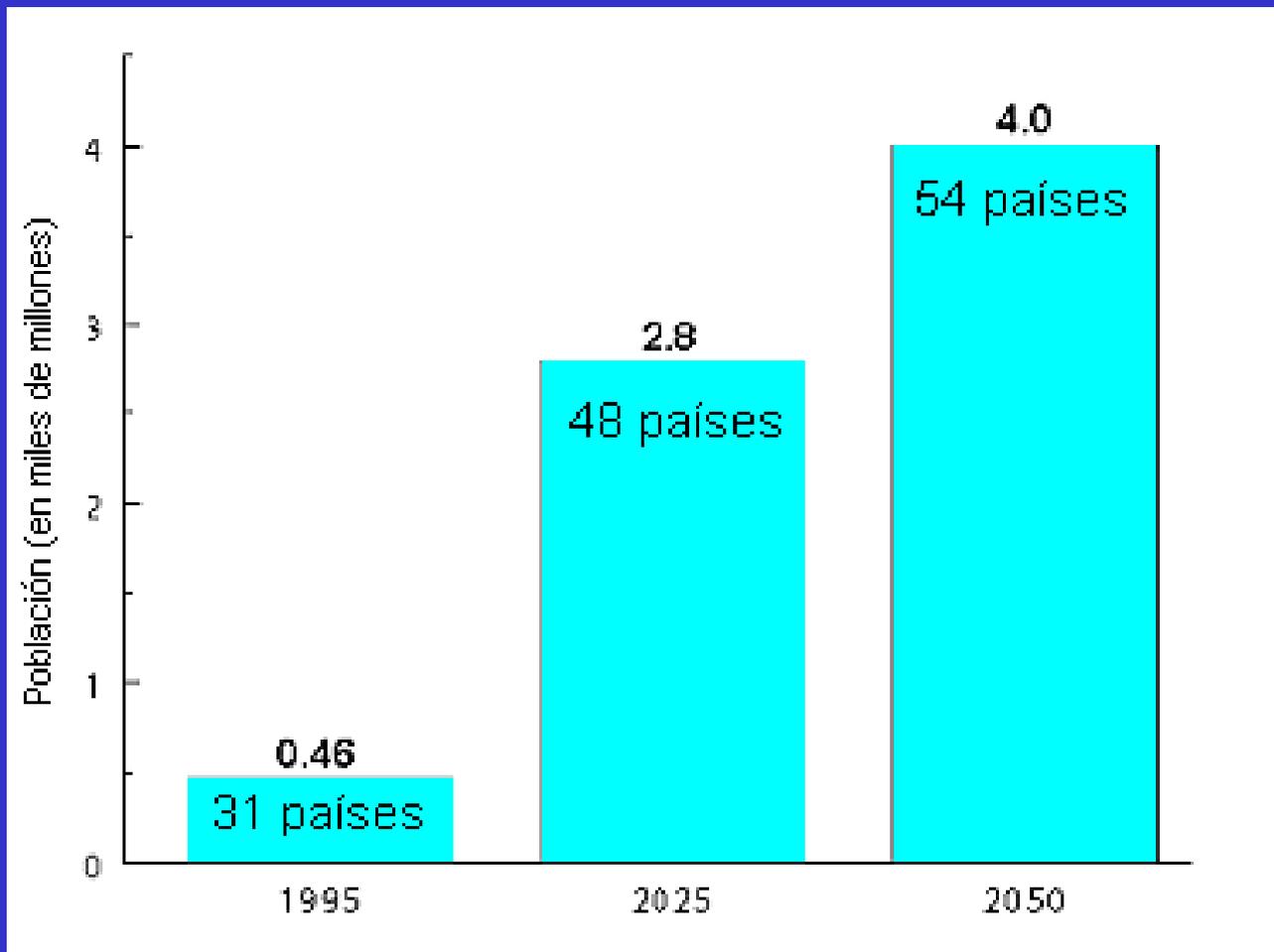
Es aquel que se encuentra siempre disponible de forma natural. No se agota, pero se contamina

En la actualidad es difícil definir este tipo de recurso debido a:

1. Crecimiento explosivo de la población
2. Necesidades de recursos para la población
3. Deterioro del **medioambiente**
4. El clima en la tierra está cambiando

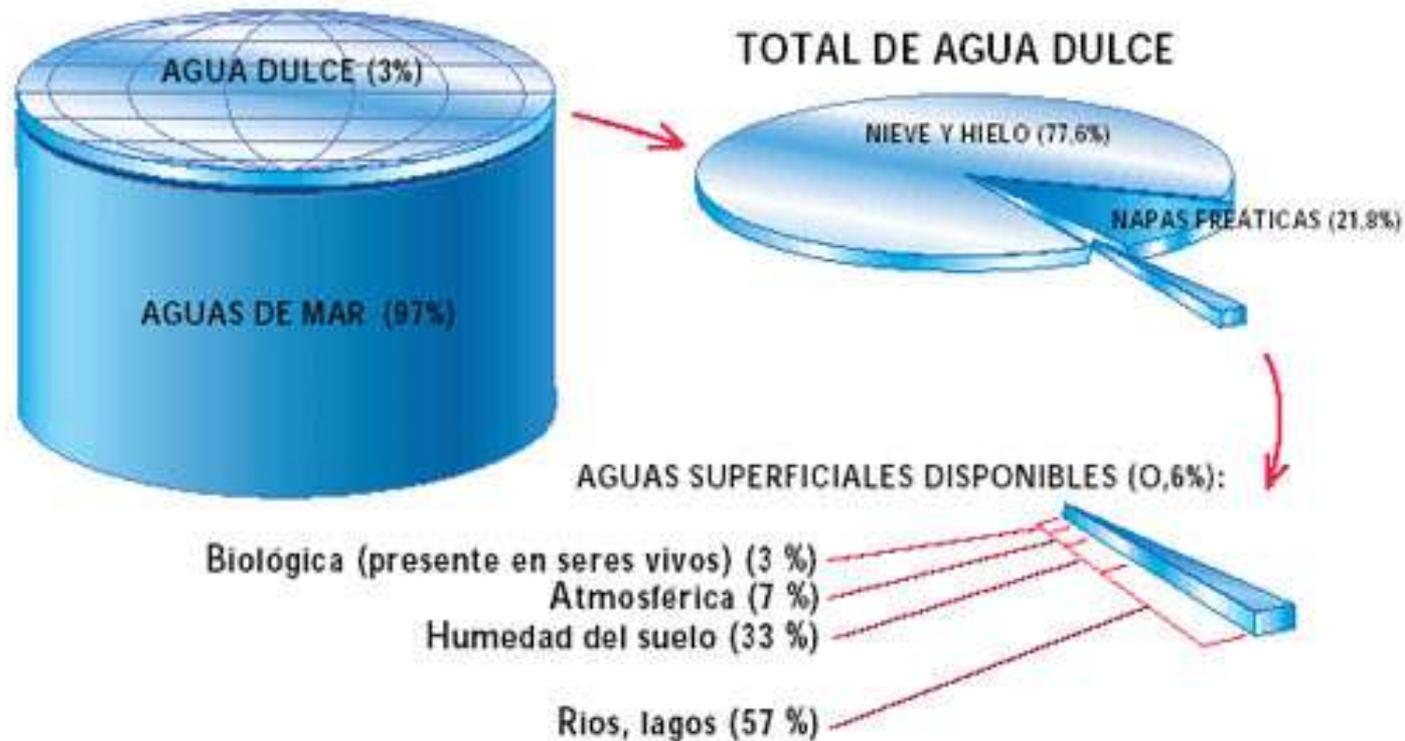
# El agua

Es un recurso renovable muy importante para el desarrollo económico y social de cualquier país; sin embargo, puede contaminarse por las actividades humanas.



Estimado de población en países con escasez y tensión hídrica, 1995-2050: Fuente FAO(2012)

## TOTAL DE AGUA EN EL PLANETA



*Nota : Los porcentajes señalados son aproximados.*

Distribución del agua en la hidrosfera.

# Cantidad de agua en el planeta

**Cantidad total:** 1 300 millones de Km<sup>3</sup>.

**Profundidad media:** 3.8 Km.

**Océanos:** 97,23 % (1 322 x 10<sup>6</sup> km<sup>3</sup>)

**Casquetes polares:** 2,15 %

**Acuíferos:** 0,61 %.

**Lagos:** 0,009 %

**Mares interiores:** 0,008 %.

**Humedad del suelo:** 0,005 %

**Atmósfera:** 0,001 % (12 000 km<sup>3</sup>)

**Ríos:** 0,00015 %.

# El sol evapora

Cada año: 500 000 Km<sup>3</sup> de agua de las cuales:

En los océanos: 425 000 Km<sup>3</sup> (85%)

Continentes: 75 000 Km<sup>3</sup>

# Sobre la Tierra sólo caen

Cada año: 480 000 Km<sup>3</sup> de agua en forma de lluvia; de las cuales:

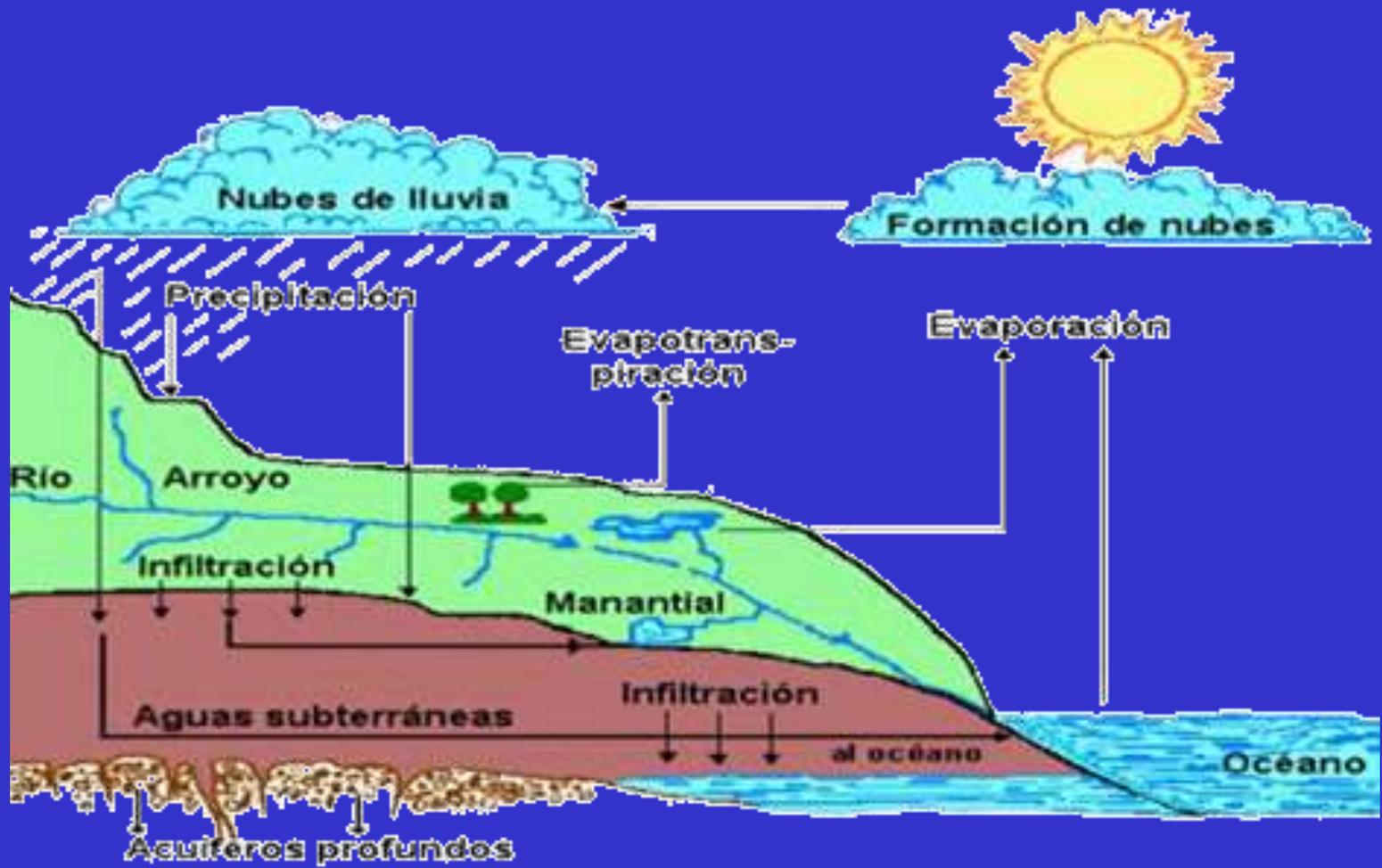
En los océanos: 370 000 Km<sup>3</sup> (77%)

En los continentes: 100 000 Km<sup>3</sup> (23%)

Escurrimiento: 40 000 Km<sup>3</sup>

# Ciclo Hidrológico

Representa el movimiento y transformación del agua en la tierra y su reciclaje continuo debido a los fenómenos de: precipitación, evaporación, evapotranspiración, escurrimientos superficiales e infiltración.



Esquema del ciclo hidrológico

# Ciclo Hidrológico

## Aspectos fundamentales

1. El agua se mantiene prácticamente constante a lo largo del tiempo.
2. Comienza con la evaporación del agua desde la superficie de los océanos.
3. Se produce debido a la radiación solar con una energía media anual 0,1 a 0,2 KW/m<sup>2</sup>.

# Aceleración del ciclo hidrológico por incremento de temperatura

## Provoca.

1. Derretimiento de las capas de hielos polares.
2. Aumento en el nivel del mar.
3. Inundación de áreas costeras densamente pobladas como Nueva Orleans, Miami y Bangladesh.
4. Mayor evaporación y, por lo tanto, mayor precipitación.
5. Frecuencia y severidad de los eventos de El Niño

# Sostenibilidad

Son procesos que permiten *los desarrollos antrópicos óptimos* en el planeta, basado en una relación armónica entre los procesos naturales, socioeconómicos y políticos, con el objetivo de satisfacer el bienestar de la actual y futura generación.

Padison (2005)

# Desarrollo sostenible de los recursos hídricos

1. Manejo y conservación de los recursos hídricos.
2. Aplicación de tecnologías y políticas apropiadas.
3. Aseguramiento de la satisfacción continua de las necesidades hídricas de las presentes y futuras generaciones.

## El desarrollo sostenible debe ser:

- Técnicamente apropiado.
- Económicamente viable.
- Sociablemente aceptable.

# Medio Ambiente

Es un sistema complejo y dinámico, que se interrelaciona con los componentes ecológicos, socioeconómicos y culturales.

## Comprende:

1. La naturaleza.
2. La sociedad.
3. El patrimonio histórico - cultural

## Manejo del medio ambiente

Es la integración del medio ambiente con los procesos de desarrollo.

# Principales problemas ambientales Globales

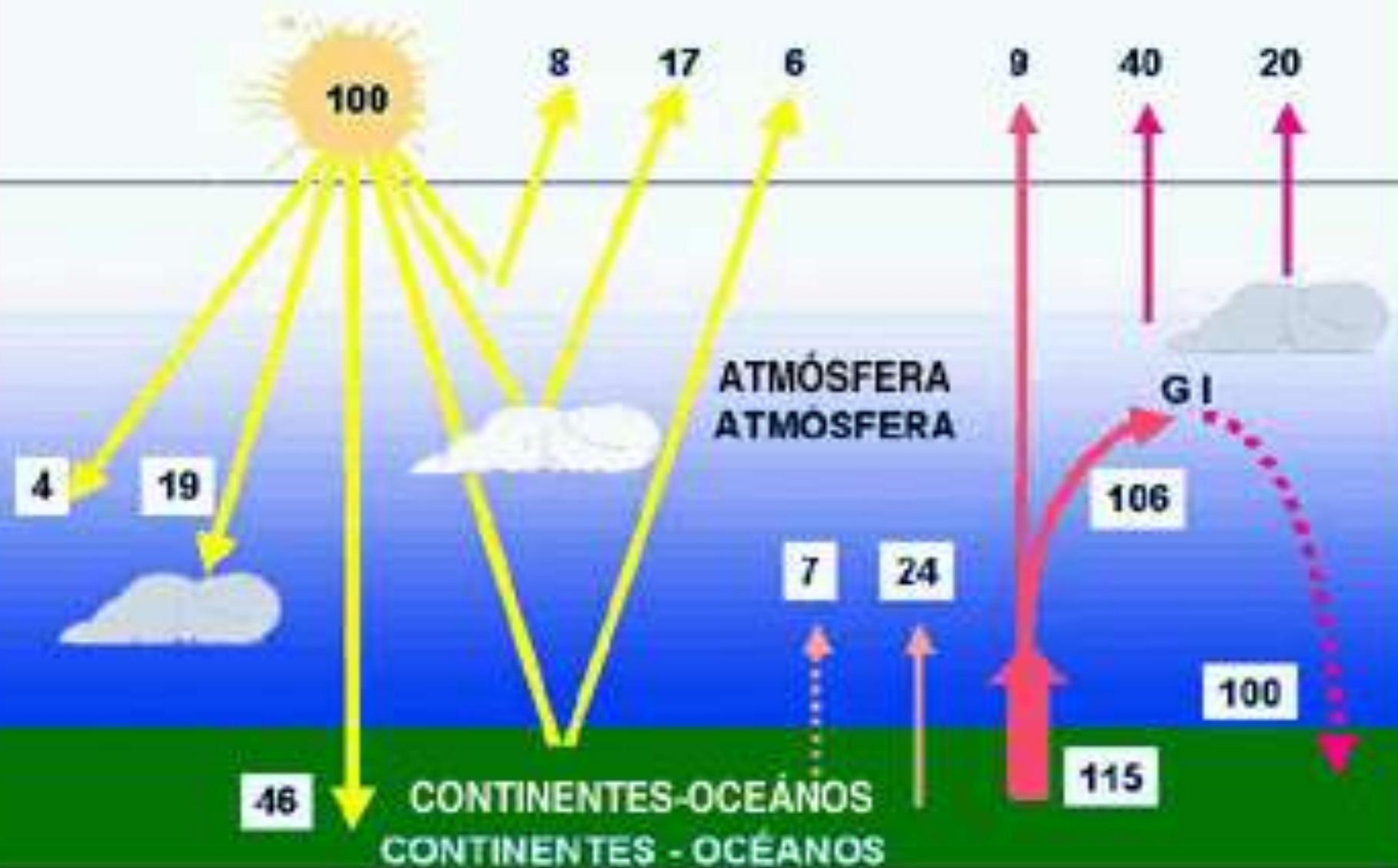
- 1. Agotamiento de la capa de ozono:** Emisión de sustancias que provocan la descomposición del ozono.
- 2. Cambios climáticos:** Incremento de la temperatura, alteración de los regímenes de lluvia, eventos meteorológicos severos, incremento del nivel medio del mar.

- 3. Aumento de la contaminación:** Originada por la actividad industrial, agrícola, urbana y comercial, deteriorando la calidad del aire y las aguas.
- 4. Degradación del suelo:** La formación de 2 cm de suelo puede demorar 1000 años; sin embargo esa misma cantidad puede ser erosionada en un aguacero o contaminada.
- 5. Pérdida de la diversidad Biológica:** Se estima que cada 24 horas se extinguen entre 150 y 200 especies.

# Efecto invernadero natural

Para que exista un *equilibrio energético*, la Tierra debe emitir hacia el exterior la misma cantidad de energía que absorbe del Sol; sin embargo la radiación emitida por la superficie terrestre es menor, porque es absorbida por los componentes atmosféricos, provocando un *calentamiento de las capas bajas de la atmósfera*. Este fenómeno, es llamado efecto invernadero natural.

# BALANCE DE CALOR DEL SISTEMA CLIMÁTICO



- RADIACIÓN TERRESTRE O DE ONDA LARGA
- RADIACIÓN SOLAR O DE ONDA CORTA
- FLUJO DE CALOR SENSIBLE
- FLUJO DE CALOR LATENTE

# Gases que producen el efecto invernadero natural

Son los gases que no dejan salir al espacio la energía que emite la Tierra; produciendo un efecto similar al que producen los vidrios de un invernadero.

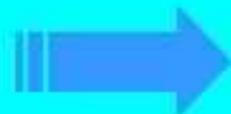
1. Vapor de agua (60 al 70%)
2. Dióxido de carbono.
3. Metano.
4. Ozono.
5. Óxidos de nitrógeno.

No se citan los gases originados por la actividad antrópica.

# ATMÓSFERA



PRECIPITACIÓN



ADVECCIÓN DE CALOR Y VAPOR

FLUJO  
TURBULENTO  
DE CALOR



FLUJO  
TURBULENTO  
DE VAPOR

FUSIÓN-CONGELAMIENTO



**CRIOSFERA**  
(NIEVE-HIELO)

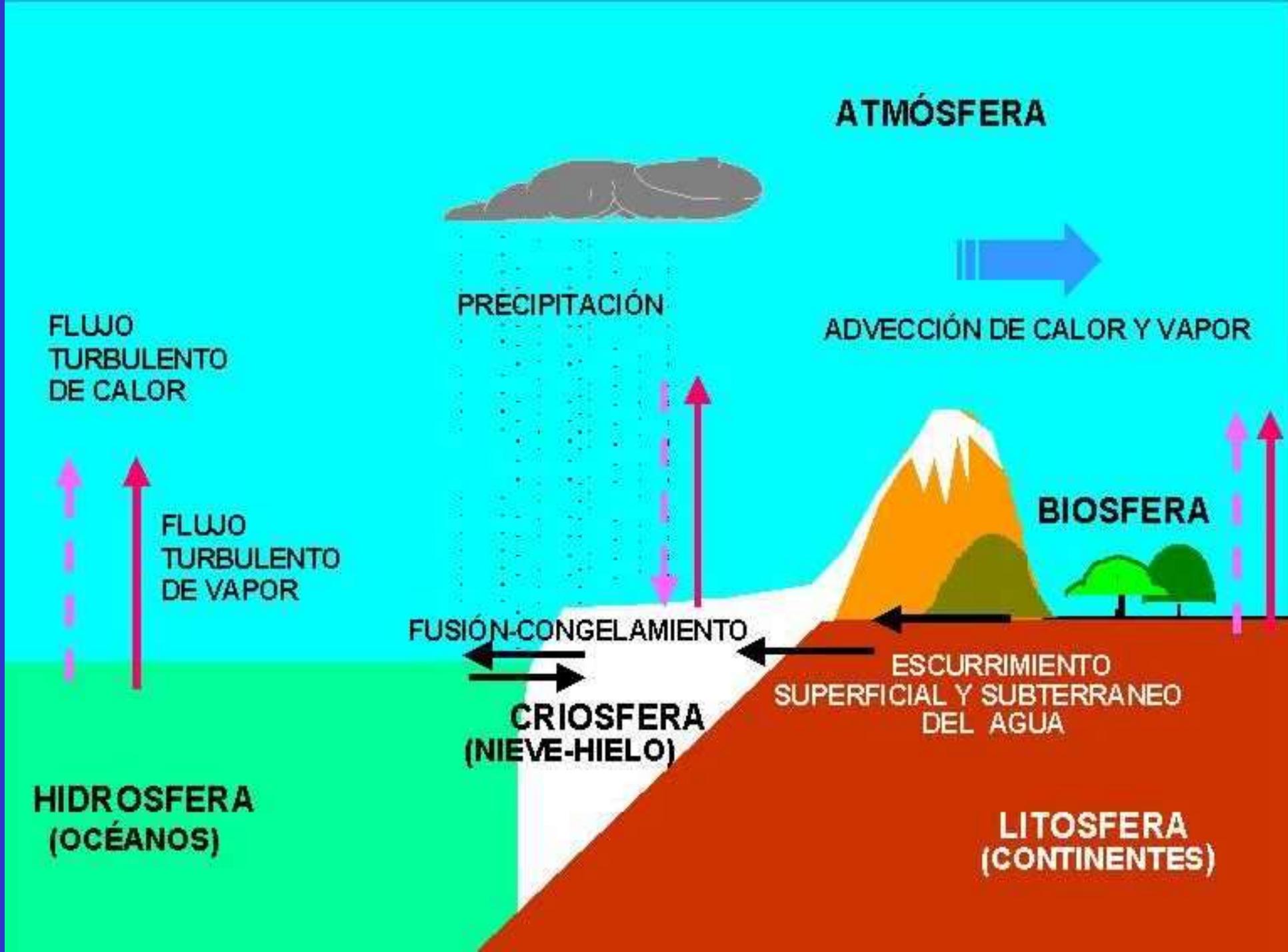
ESCURRIMIENTO  
SUPERFICIAL Y SUBTERRANEO  
DEL AGUA

# BIOSFERA



**HIDROSFERA**  
(OCÉANOS)

**LITOSFERA**  
(CONTINENTES)



# Importancia del efecto invernadero natural

El efecto invernadero es un fenómeno natural, que hace posible la vida, ya que regula el clima de la Tierra. Sin él las temperaturas descenderían 30 °C, provocando la congelación de los océanos.

**Composición de los gases:** debe ser en las proporciones adecuadas; de lo contrario subiría la temperatura debido al calor atrapado en la baja atmósfera.

## **Incidencia de los países desarrollados**

Los países más ricos del mundo, donde vive el 20% de la población mundial, emiten el 60% de los gases causantes del efecto invernadero.

# Consecuencias del cambio climático en la vida urbana

1. Desabasto de agua por la reducción de las precipitaciones y la recarga de los mantos acuíferos.
2. Inundaciones ocasionadas por precipitaciones extremas.
3. Aumento de las concentraciones de ozono en la atmósfera de las ciudades, que afecta la calidad del aire, provocando daños sobre la salud de la población y la destrucción de los bosques.

4. Contaminación de las reservas de agua dulce.
5. Disminución de los rendimientos agrícolas en la mayor parte de las regiones tropicales y subtropicales; así como en las templadas si la subida de la temperatura es de más de unos grados.
6. Incremento del proceso de desertificación de zonas continentales interiores como el Asia central, en África y las Grandes Llanuras de los Estados Unidos.

**7. Escasez de precipitaciones:** Por debajo de 300 mm/año. En estas condiciones viven más de 600 millones de personas.

**8. Mala gestión del hombre:** Debido al consumo excesivo de agua, prácticas agrícolas inadecuadas, escasos tratamientos de las aguas residuales. Esto provoca:

- Variaciones climáticas.
- Degradación de la tierra.
- Deforestación.
- Contaminación de las aguas.

# Contradicción entre el uso del agua y la contaminación

El agua en el planeta es fija; pero el volumen disponible para usos prácticos decrece constantemente:

1. Las personas necesitan utilizarla.
2. El agua al ser utilizada, se devuelve al medio con algún nivel de contaminación.

**Problema ambiental fundamental del siglo XXI:** La disminución de los recursos mundiales de agua dulce en cantidad y calidad.

# Causas de la crisis mundial del agua

1. Crecimiento de la población de forma acelerada.
2. Industrialización.
3. Urbanización.
4. Agricultura intensiva, que es el mayor consumidor sobre todo en el riego.
5. Patrones de vidas que provocan alto consumo de agua.

# Consecuencias de la crisis mundial del agua.

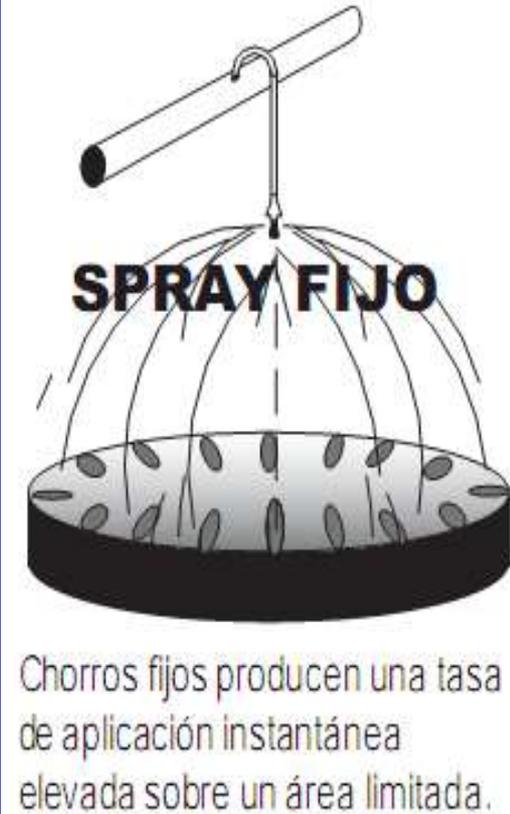
1. El 20% de la población carece de agua potable.
2. El 50% de los habitantes de planeta no tienen acceso a un buen sistema de saneamiento.
3. Incremento en 6 veces del consumo mundial del agua (el doble del crecimiento de la población).

# Ante esta situación.

La comunidad científica mundial, particularmente la del tercer mundo, está llamada a buscar alternativas propias para el siglo XXI que ayuden a:

1. Mitigar los efectos del cambio climático
2. Producir alimentos sanos de forma sostenible en nuestros países
3. Hacer eficiente el uso del agua particularmente en la agricultura de regadíos que es el mayor consumidor de agua
4. Buscar alternativas que nos eviten la dependencia tecnológica de los países desarrollados
5. Contribuir al desarrollo sostenible de las futuras generaciones

**ALGUNAS TECNOLOGIAS PROPIAS DE PAISES  
DESARROLLADOS .**



# ASPERSORE DE IMPACTO.



**300 – 600 kPa**

# EMISORES DE BAJA PRESIÓN



**ROTATOR**



**SPINER**



**SPRAYHEAD**



**WOBLER**

**40 – 300 kPa**

# MAQUINAS DE PIVOTE.



## **Estas tecnologías son buenas, pero:**

- 1. Son privativas de los países del tercer mundo (\$)**
- 2. Necesitan energía para su funcionamiento**
- 3. Requieren de un cuidadoso manejo y operación**
- 4. Por su naturaleza, son contaminantes**
- 5. Requieren de capacitación y entrenamiento**
- 6. Generan dependencia tecnológica**

# ¿Qué hemos hecho los cubanos ?

Pensamos en desarrollar una tecnología de riego apropiada a nuestras condiciones para producir alimentos de forma rápida y barata bajo las siguientes premisas.

1. Uso de energía cero
2. Uso mínimo de agua
3. Producciones ecológicas, altas y estables
4. Sostenible y respetuosa con el medioambiente
5. Fácil de adaptar y de operar



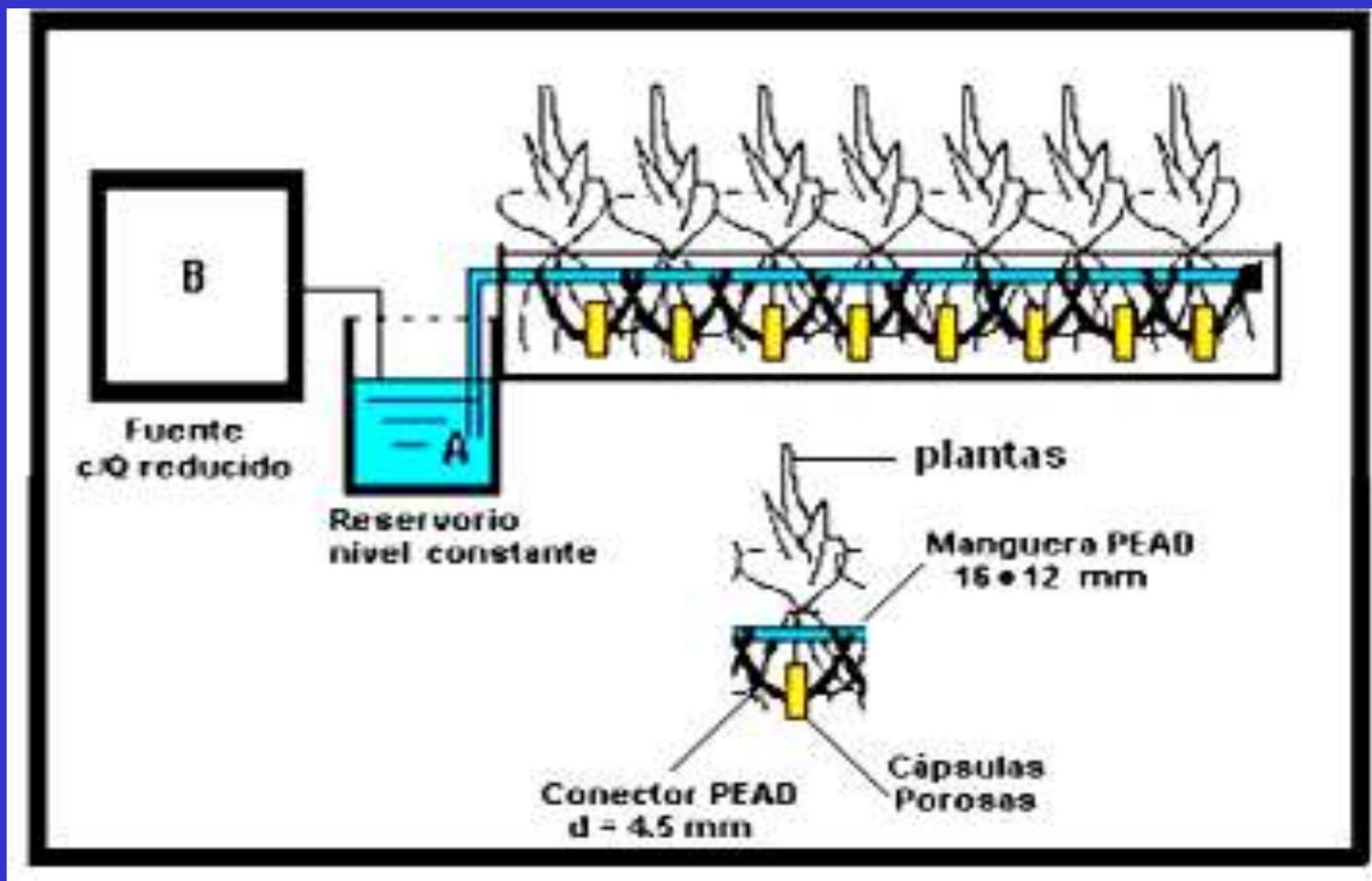
**Huerto en un centro escolar, Cuba**

**Instalación agricultura urbana (cultivos protegidos), Cuba**



**Vista huertos intensivos de agricultura urbana en Cuba**

## Desarrollo de la tecnología del riego por succión con el uso de capsulas porosas en Cuba.



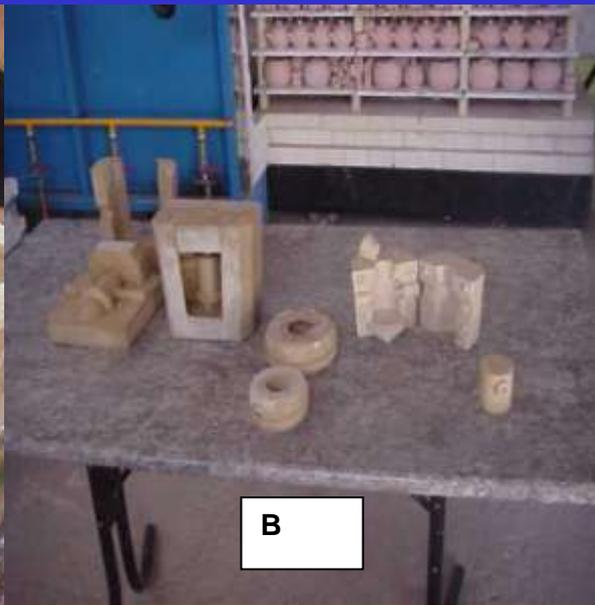
Corte transversal de un sistema de riego por succión con el uso de capsulas porosas para huertos intensivos.

## **Ventajas de la tecnología del riego por succión con el uso de capsulas porosas.**

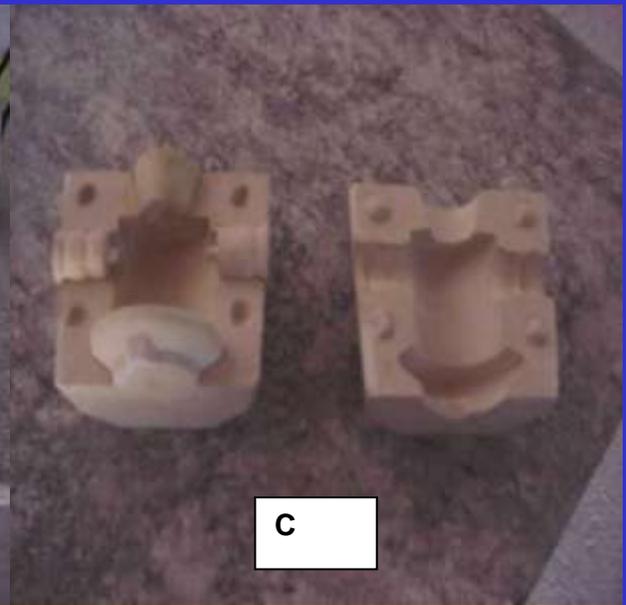
- 1. Se reducen las pérdidas debidas a la evaporación, la percolación profunda y el rozamiento, por lo que se logran eficiencias de riego cercanas al 100%.**
- 2. No genera impactos ambientales negativos, mejora los niveles de compactación, erosión, estabilidad estructural y grado de agregación del suelo.**
- 3. Es una tecnología de bajo costo, la utilización de energía es nula.**
- 4. Se minimiza el vandalismo y facilita las operaciones de mantenimiento.**
- 5. La proliferación de plantas indeseables es mínima.**
- 6. Es compatible con el fertirriego y presenta perspectivas en suelos con problemas de salinidad, mal drenaje o en zonas áridas y semiáridas.**
- 7. Es un sistema de riego auto regulado y el aprovechamiento del agua es óptimo, esto implica un desarrollo y rendimiento favorables en los cultivos.**
- 8. Permite estimar con bastante precisión las necesidades hídricas**
- 9. Puede ser utilizado en condiciones de extrema sequía y reduce el ciclo de vida de los cultivos respecto a otras técnicas.**
- 10. El costo de instalación es menor que con otras técnicas de riego.**
- 11. Todos los componentes se producen en el país a bajos costos**



A



B



C

Secuencia de fabricación de los moldes para cápsulas porosas A: Matriz; B: Modelo C: Molde de yeso



Secuencia de experimentación en condiciones controladas



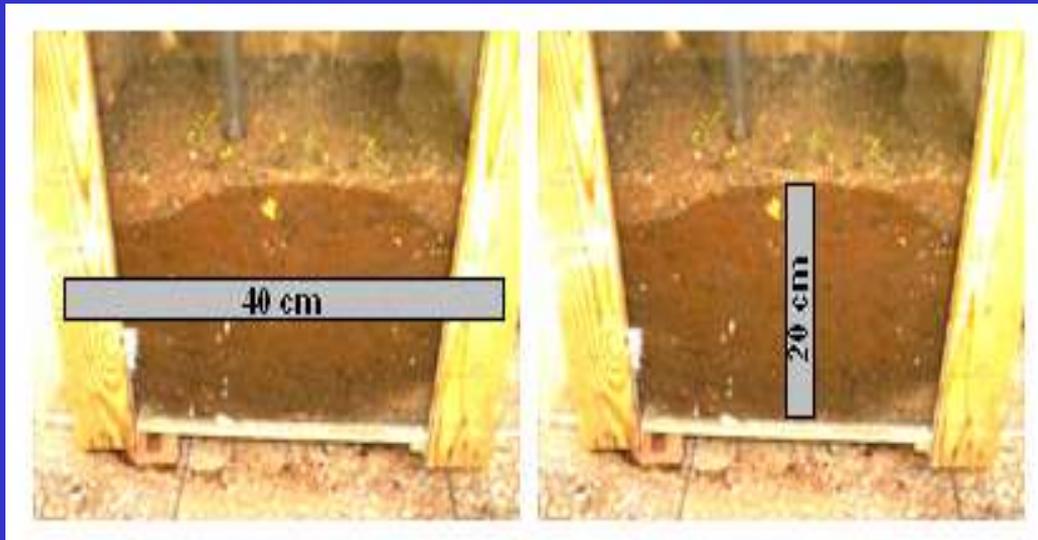
**Montaje de experimento en condiciones controladas.**



**Vista del experimento en condiciones controladas.**



Etapas de evaluación de la tecnología en condiciones controladas.

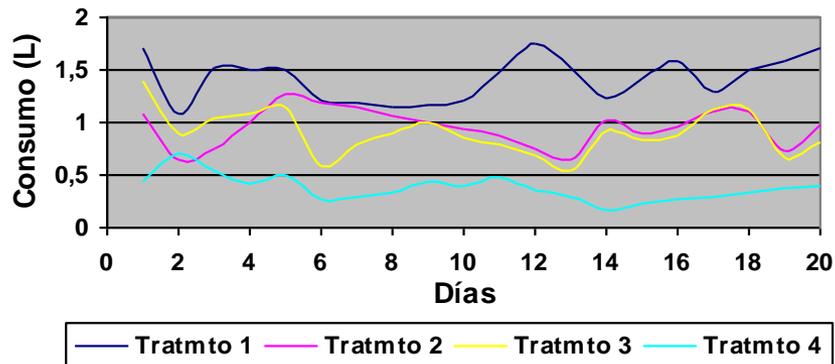


Observaciones de bulbo húmedo

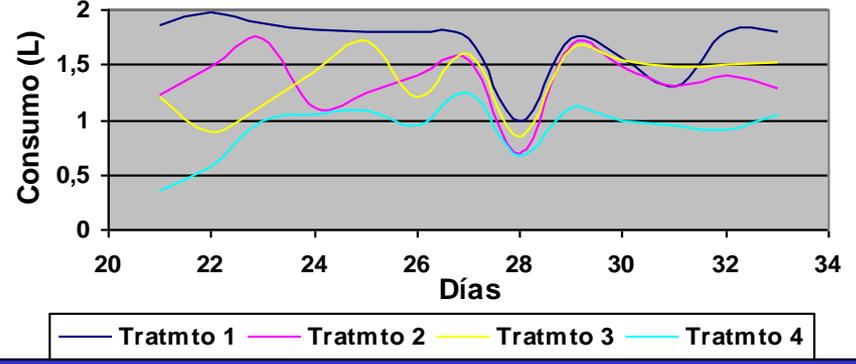


Los sabrosos tomates

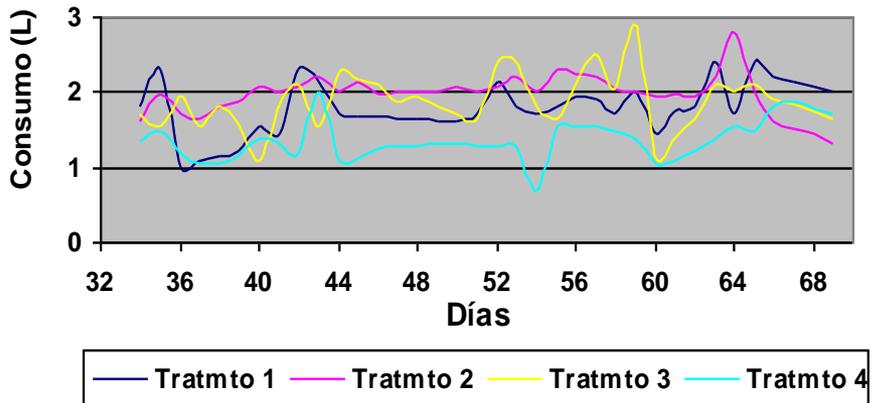
**CONSUMO DE AGUA ETAPA INICIAL  
(7/2 al 26/2)**



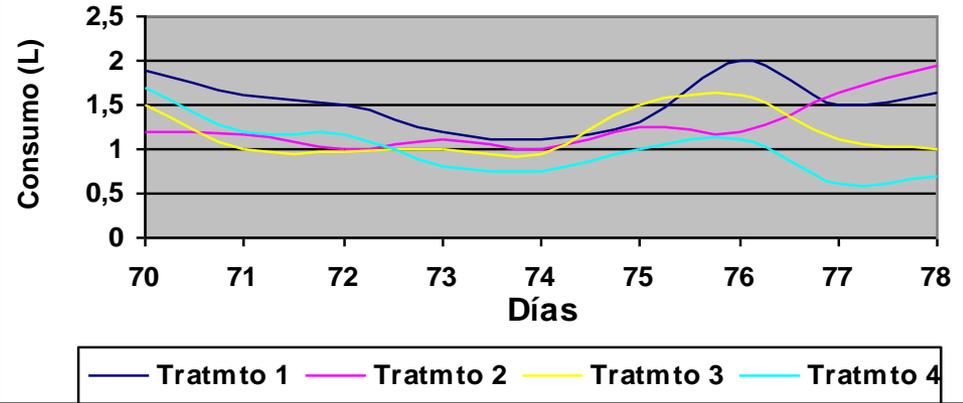
**CONSUMO DE AGUA ETAPA FLORACIÓN  
(27/2 al 11/3)**

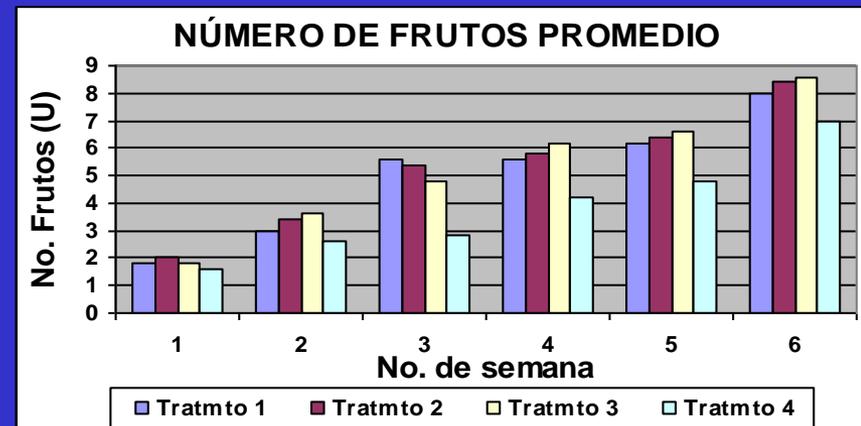
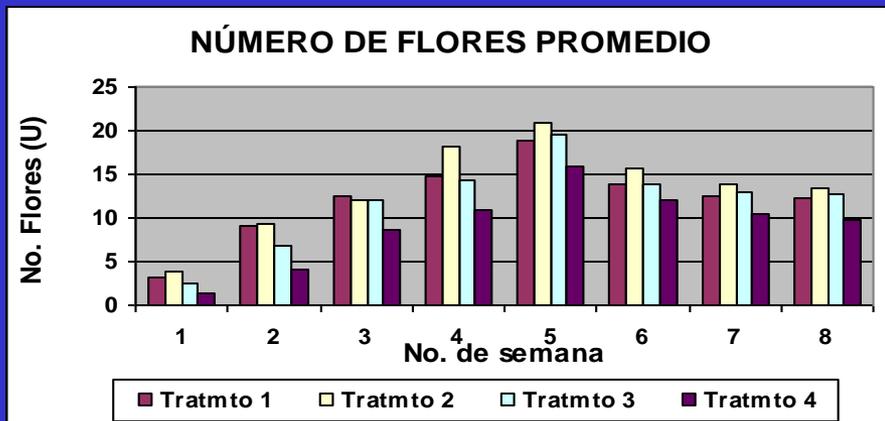
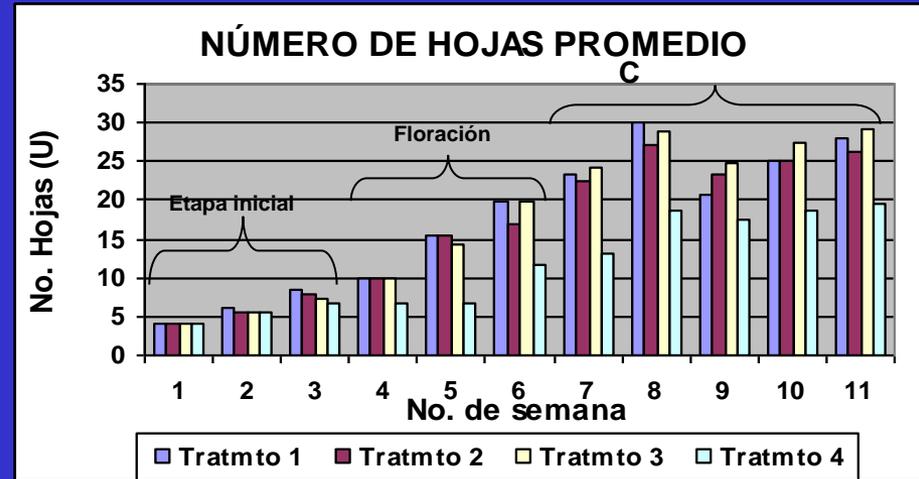
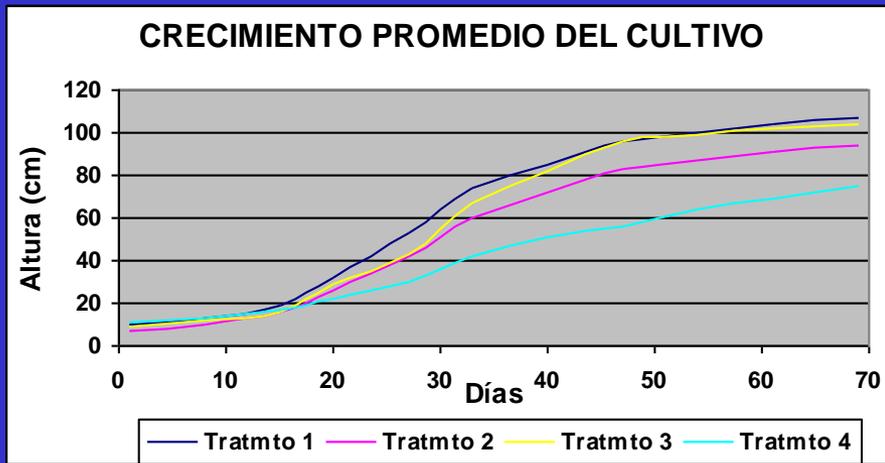


**CONSUMO DE AGUA ETAPA  
FRUCTIFICACIÓN (12/3 al 16/4)**



**CONSUMO DE AGUA DURANTE  
1er. CORTE (17/4 a 25/4)**







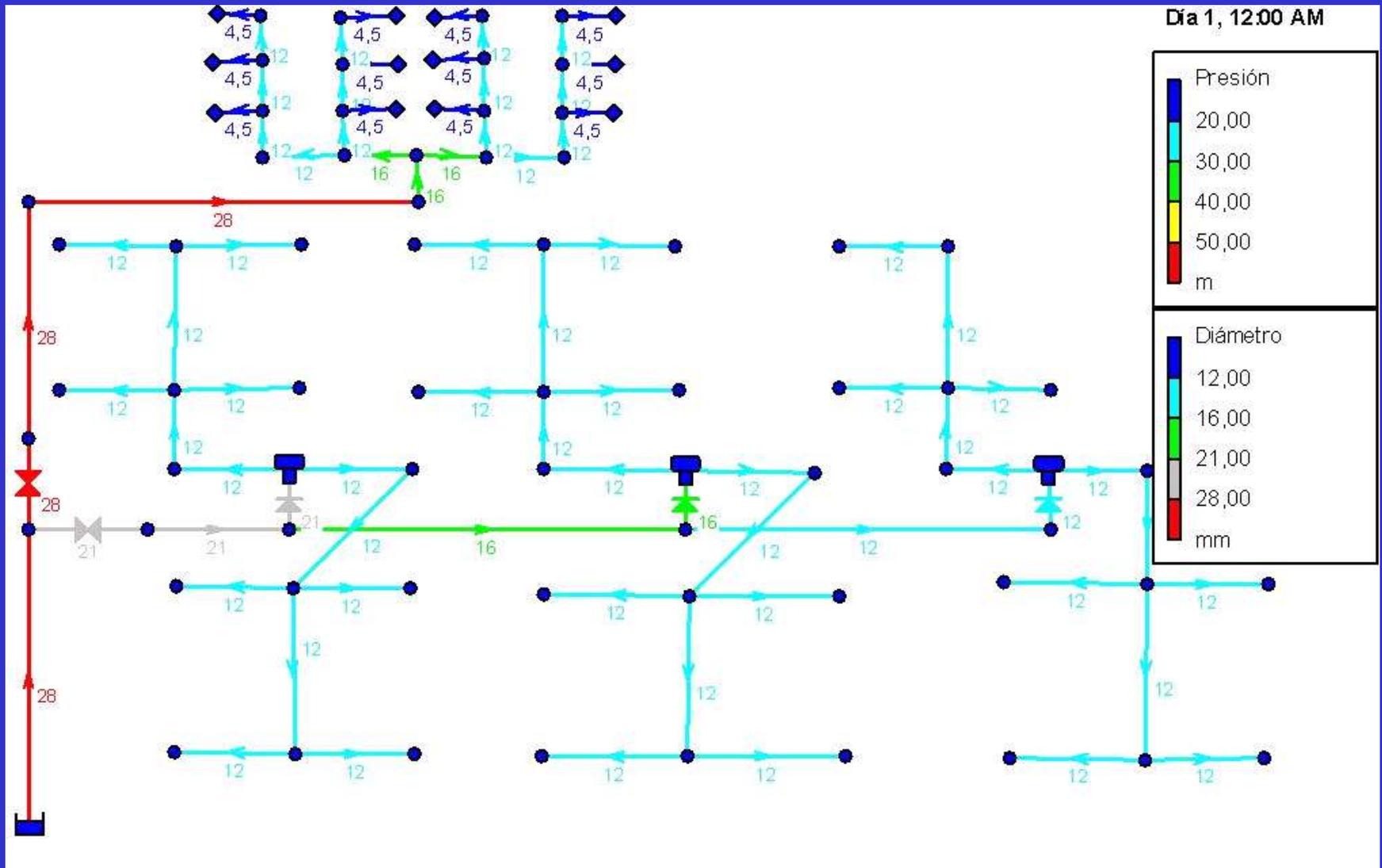
**Estado del sistema radicular del cultivo al finalizar la etapa de experimentación**



**Estado del sistema radicular de las cápsulas al finalizar la etapa de experimentación**



**Los tomates**



**Esquema de la red de riego para un huerto estandarizado en Cuba**



**Vista de un huerto etapa de extensión**



**La instrucción a las nuevas generaciones en la etapa de extensión**



*UN MUNDO MEJOR, ES POSIBLE*

*Muchas gracias*