

# Manejo del riego

**Professor Vijay P. Singh, Ph.D. D.Sc., P.E., P.H. Hon. D.WRE**  
**Distinguished Professor**  
**Regents Professor**

**Caroline & William N. Lehrer Distinguished Chair in Water Engineering**

**Honorary Professor , Beijing Normal University, China**

**Honorary Professor , Sichuan University, Chengdu, China**

**Distinguished Visiting Professor, Indian Institute of Technology Roorkee,  
India**

**Department of Biological and Agricultural Engineering &  
Zachry Department of Civil Engineering**

# Importancia del riego

- La agricultura es de secano o depende del riego.
- Se ve muy afectada por los caprichos de la naturaleza, especialmente el clima.
- La precipitación varía de un lugar a otro para un mes o año determinado y de un mes( o año) a mes ( o año) para un lugar determinado..
- El riego es necesario para la agricultura productiva, porque la lluvia rara vez es adecuada y oportuna para satisfacer las necesidades agrícolas , incluso en áreas húmedas.
- Para la agricultura productiva y la consecuente seguridad alimentaria, el riego es vital.

# Importancia del Riego

## ( continuación)

- Las tierras no agrícolas, como las tierras baldías, pueden someterse a la agricultura mediante riego.
- El riego también sirve como fuente de recarga.
- Mitiga la sequía meteorológica.
- Permite más de una cosecha al año.
- Ayuda al cultivo de diferentes cultivos.
- Ayuda a mantener el ecosistema.
- Es fundamental para la seguridad alimentaria y nutricional , especialmente en áreas semiáridas y áridas.

# Definición de riego

- El riego se define como una aplicación artificial de agua a las plantas para superar la falta, insuficiencia o mala distribución de la lluvia.
- Es la aplicación controlada de agua a las tierras de cultivo, con el objetivo principal de crear un régimen óptimo de humedad del suelo para maximizar la producción y calidad de los cultivos, y al mismo tiempo minimizar la degradación ambiental inherente al riego de tierras agrícolas.

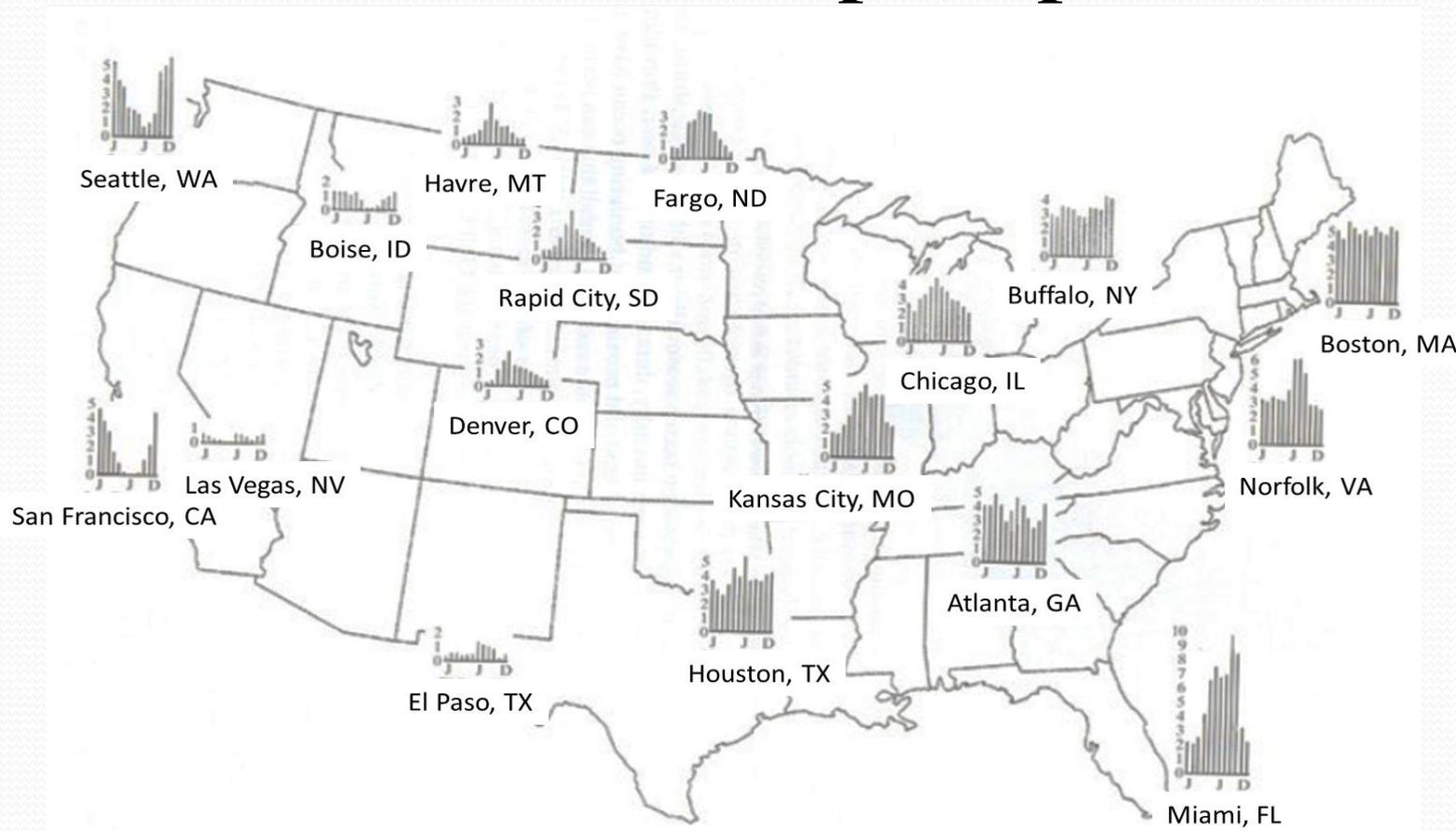
# Propósito del riego

- El propósito del riego es proporcionar agua a los cultivos donde y cuando los requisitos de agua de los cultivos no puedan ser satisfechos por la lluvia natural.
- En muchas áreas hay precipitaciones deficitarias y en algunas áreas las precipitaciones no son suficientes durante la temporada de cultivo y en otras áreas apenas hay precipitaciones.
- Muchas áreas sin o con poca lluvia son terrenos baldíos, pero se pueden transformar en áreas productoras de cultivos mediante riego.

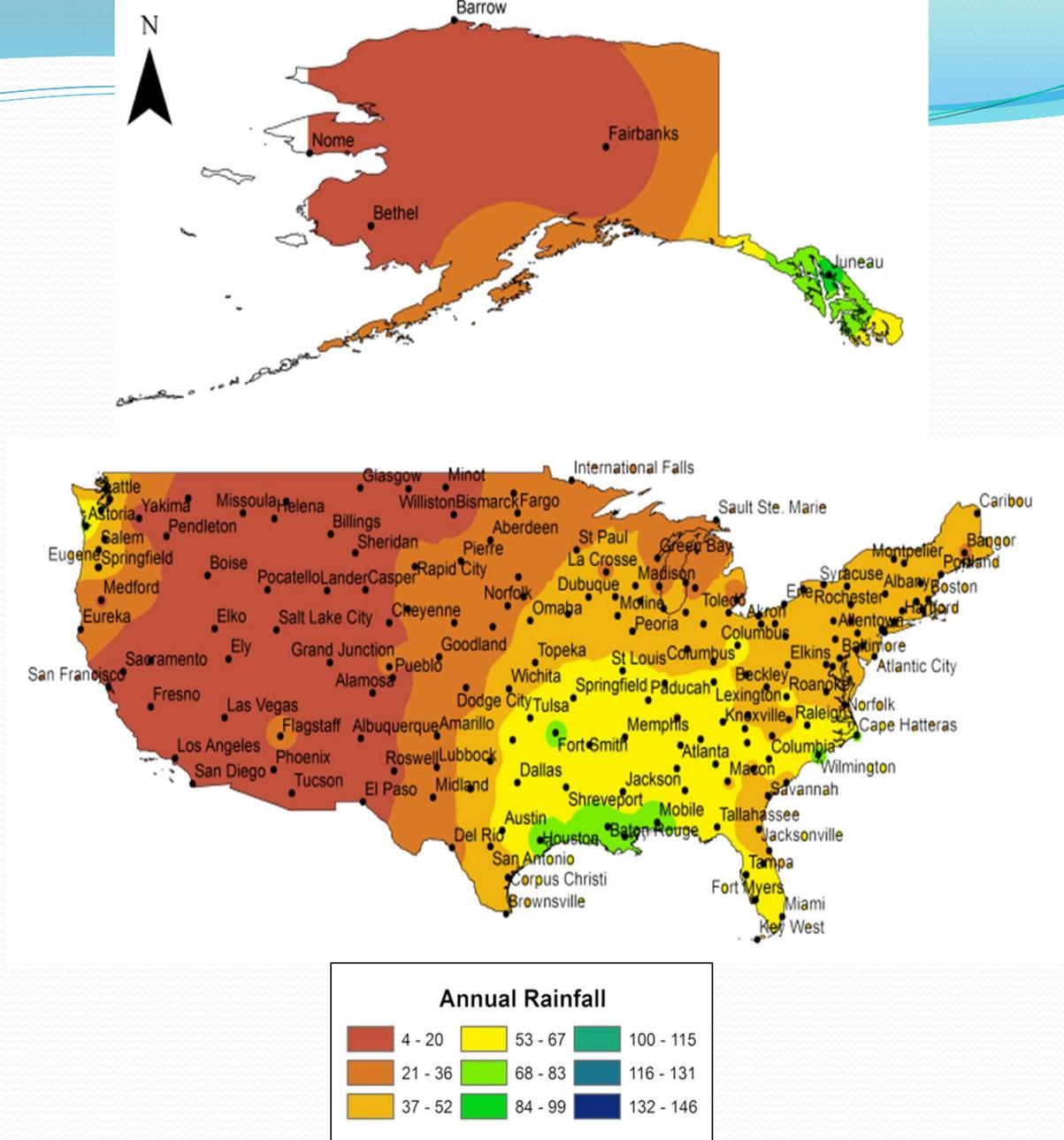
# Factores que afectan el riego

- Sin embargo, el requisito de riego se ve afectado fundamentalmente por el clima, el suelo y los cultivos que se van a regar.
- También se ve afectado por la fuente, la disponibilidad y la calidad del agua.
- Al proporcionar una vistazo del riego en todo el mundo, así como en los Estados Unidos, la discusión reflexiona sobre el futuro del riego.

# Variabilidad de la precipitación



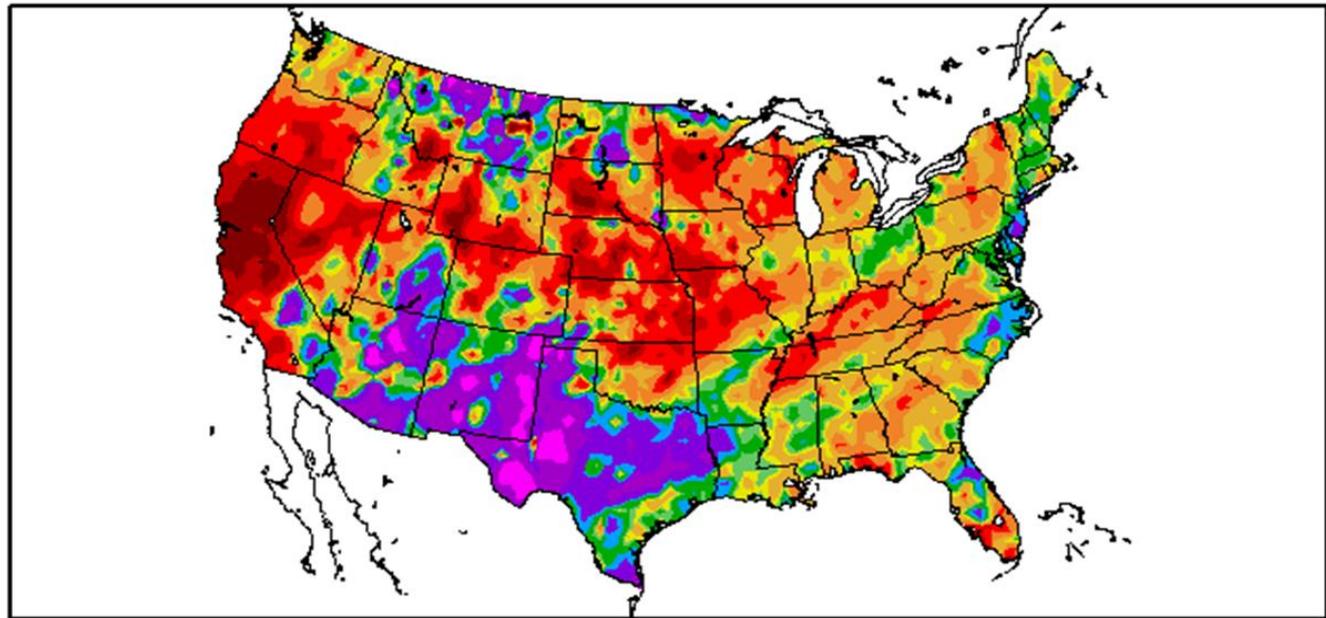
**Figura 1. Distribución promedio de precipitación mensual en los Estados Unidos (U.S. Environmental Data Service, 2013)**



**Figura 2. Precipitación anual en 2015 en los Estados Unidos**  
 (<https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/national/201501>)

# Variabilidad de la precipitación (Cont...)

Percent of Normal Precipitation (%)  
1/1/2015 – 1/31/2015



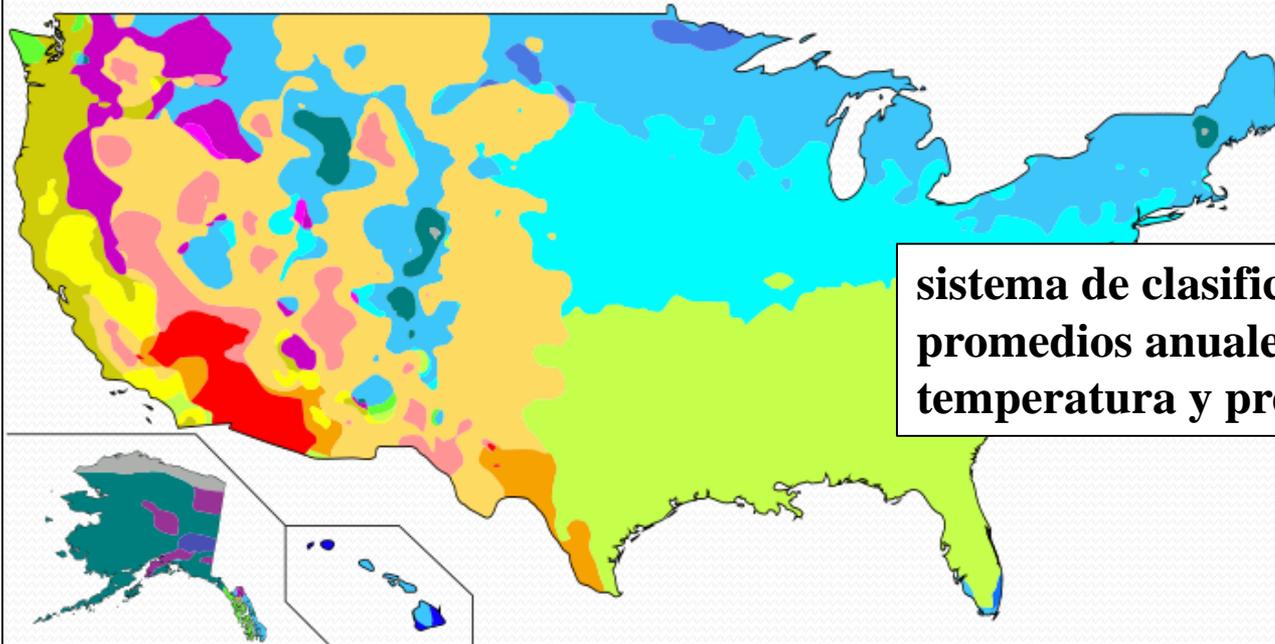
Generated 2/1/2015 at HPRCC using provisional data

Regional Climate Centers

**Figura 3. Aumento de la precipitación normal en 2015 en los Estados Unidos (<https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/national/201501>)**

# Variabilidad de la precipitación (Cont...)

United States map of Köppen climate classification



sistema de clasificación basado en los promedios anuales y mensuales de temperatura y precipitación.

- |  |   |   |
|--|---|---|
| ■ Warm desert climate (BWh)                                | ■ Warm continental climate/<br>Humid continental climate (Dfa)      | ■ Cool continental climate/<br>Subarctic climate (Dwc)                      |
| ■ Warm semi-arid climate (BSh)                             | ■ Temperate continental climate/<br>Humid continental climate (Dfb) | ■ Warm continental climate/<br>Mediterranean continental climate (Dsa)      |
| ■ Cold desert climate (BWk)                                | ■ Cool continental climate/<br>Subarctic climate (Dfc)              | ■ Temperate continental climate/<br>Mediterranean continental climate (Dsb) |
| ■ Cold semi-arid climate (BSk)                             | ■ Warm continental climate/<br>Humid continental climate (Dwa)      | ■ Tundra climate (ET)   |
| ■ Warm mediterranean climate (Csa)                         | ■ Temperate continental climate/<br>Humid continental climate (Dwb) |   |
| ■ Temperate mediterranean climate (Csb)                    |   |   |
| ■ Warm oceanic climate/<br>Humid subtropical climate (Cfa) |   |   |
| ■ Temperate oceanic climate (Cfb)                          |   |   |

Figura 4. Clasificación climática de Köppen para los Estados Unidos ([https://en.wikipedia.org/wiki/Humid\\_subtropical\\_climate](https://en.wikipedia.org/wiki/Humid_subtropical_climate))

# Beneficios del riego

- Transformación de áreas improductivas a áreas de producción agrícola.
- Productividad incrementada.
- Garantía de producción → déficit hídrico
- Cosechando fuera de temporada
- Permitiendo más de una cosecha por año
- La mejor calidad de producción
- Creación de empleo



# Beneficios del Riego ( continuación...)

**Tabla 1. Aumento del rendimiento debido al riego.**

<b>Cultivo</b>	<b>No irrigado (kg/ha)</b>	<b>Irrigado Kg/ha</b>	<b>Incremento del rendimiento (%)</b>
Algodón	848	2,700	218
Arroz	1,739	3,750	115
Frijol	388	2,300	492
Maíz	1,985	5,500	177
Haba de soya	1,844	3,000	62
Avena	1,668	3,400	104

**Tabla 2. Rendimientos promedio de cultivos no irrigados en comparación con cultivos irrigados (NGWI = no cultivado sin riego, NP = no publicado, bu. = Bushels y bo. = Cajas)**

Crops, State grown in and year	Yield per acre			Crops, State grown in and year	Yield per acre		
	Non-irrigated	Irrigated	Increase		Non-irrigated	Irrigated	Increase
<b>Alfalfa</b>				<b>Pole beans</b>			
North Dakota (1966)	2.0 tons	4.4 tons	2.4 tons	Georgia (1950)	2583 lbs.	6025 lbs.	3442 lbs.
South Dakota (1966)	2.5 tons	5.3 tons	2.8 tons	<b>Potatoes (Irish)</b>			
<b>Cabbage</b>				Arizona (1964-65)	NGWI	6.5 tons	6.5 tons
New Jersey (1955-59)	12.5 tons	18.9 tons	6.4 tons	California (1968)	350 sacks	450 sacks	100 sacks
<b>Corn</b>				New York (1946)	NP	NP	57 bu.
Florida (1971)	115 bu.	190 bu.	75 bu.	Texas	1.5 tons	7.0 tons	5.5 tons
Nebraska (1966)	36 bu.	102 bu.	66 bu.	Wisconsin (1946)	NP	NP	100 bu.
North Carolina (1963-68)	101.0	139 bu.	38 bu.	<b>Silage</b>			
North Dakota (1966)	44.0	77.9 bu.	33.9 bu.	Alabama (1966-68)	31 tons	47 tons	16 tons
South Dakota (1949-55)	32.0	92.0 bu.	60 bu.	<b>Soybeans</b>			
Virginia (1954-55)	83.3	109.2 bu.	28.9 bu.	Arkansas (1966-68)	28.9 bu.	37.2 bu.	8.3 bu.
<b>Cotton (lint and seed)</b>				Georgia (1978)	30 bu.	53 bu.	23 bu.
Arizona (1964-65)	NGWI	2137 lbs.	2137 lbs.	Missouri (1959)	NP	NP	8.0 bu.
Arkansas (1950-52)	1608 bu.	2083 lbs.	475 lbs.	<b>Sugar Beets</b>			
Georgia (1949-53)	1216 bu.	1902 lbs.	686 lbs.	Arizona (1964-85)	NGWI	20.5 tons	20.5 tons
Missouri (1953)	1414 bu.	2683 lbs.	1269 lbs.	North Dakota (1949-52)	NGWI	20 tons	20 tons
North Carolina (1963-67)	1836 bu.	1932 lbs.	96 lbs.	Wyoming (1956)	NGWI	16 tons	25.0 tons
South Carolina (1954-55)	1077 bu.	1668 lbs.	591 lbs.	<b>Sweet Corn</b>			
<b>Field beans (edible)</b>				New Jersey (1955-58)	5600 lbs.	11,900 lbs.	6,300 lbs.
Nebraska (1956)	27 bu.	54 bu.	27 bu.	<b>Sweet Potatoes</b>			
<b>Grain Sorghum</b>				Louisiana (1953-56)	117.9 bu.	271.9 bu.	154 bu.
Arizona (1964-65)	NGWI	72 bu.	72 bu.	<b>Tobacco</b>			
Nebraska (1966)	39 bu.	87 bu.	48 bu.	South Carolina (1951-54)	1183 lbs.	1547 lbs.	364 lbs.
Oklahoma (1958-62)	9.3 bu.	44.4 bu.	35.1 bu.	Virginia (1954-57)	2699 lbs.	3042 lbs.	343 lbs.
<b>Grapefruit</b>				<b>Tomatoes</b>			
Florida (1960-67)	735 bu.	1056 bo.	321 bo.	Georgia (1947-53)	17430 lbs.	23485 lbs.	6055 lbs.
<b>Oranges</b>				<b>Wheat</b>			
Florida (19600-67)	369 bo.	493 bo	124 bo.	Kansas (1954-59)	21 bu.	48.6 bu.	27.6 bu.
<b>Peanuts</b>				Oklahoma (1954)	13 bu.	34 bu.	21.0 bu.
North Carolina (1963-68)	2632 lbs.	3168 lbs.	536 lbs.	Texas (1966-67)	15.8 bu.	53.8 bu.	38 bu.
Oklahoma (1956-59)	1014 lbs.	2306 lbs.	1292 lbs.				
<b>Peaches</b>							
Maryland (1955-64)	300 lbs.	372 lbs.	72 lbs.				

# Limitaciones del riego

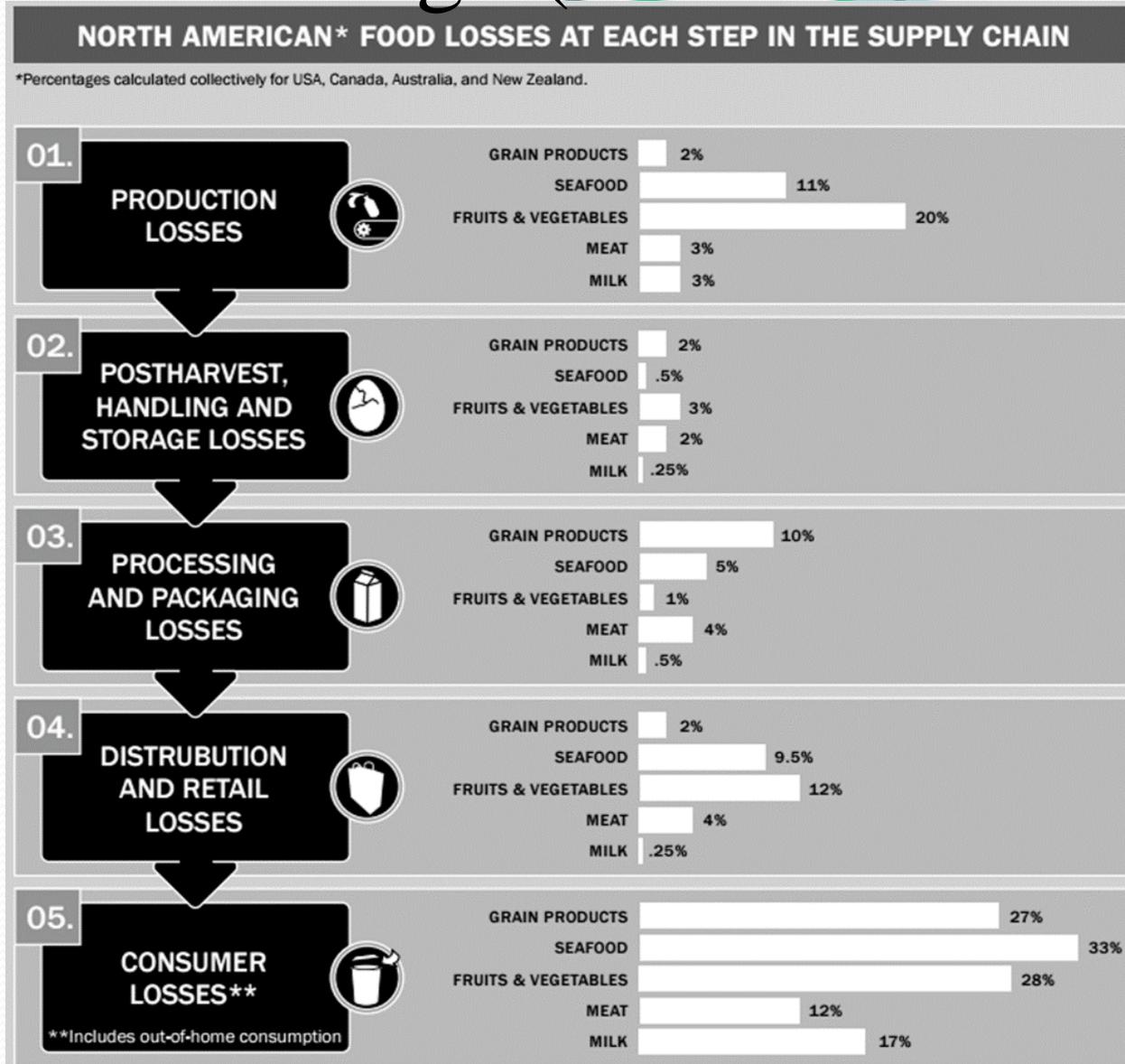
- Alto consumo de agua, gestión de riego
- Altos costos de implementación
- Falta de mano de obra especializada
- Salinización de suelos manejados inadecuadamente
- Impactos ambientales → Residuos, mosquitos, cambio en los ecosistemas
- Disponibilidad de agua en el suelo



# Necesidad del riego

- La demanda de alimentos aumenta cada año debido al aumento de la población, el aumento de las necesidades alimentarias y el aumento del nivel de vida.
- Además, se desperdician muchos granos alimenticios y otros productos agrícolas durante la cosecha, el transporte, la distribución, el almacenamiento y el consumo, como se muestra en la Figura 1.7.

# Necesidad del Riego (continuación...)



# Necesidad del Riego ( continuación...)

- La pérdida de alimentos per cápita en Europa y América del Norte es de 280-300 kg / año.
- En África subsahariana y Asia meridional / sudoriental es de 120-170 kg / año (FAO, 2011).
- Esto significa que habrá que producir más alimentos para garantizar la seguridad alimentaria.

# Necesidad del Riego (continuación...)

- En los próximos 35 a 45 años, la producción mundial de alimentos tendrá que duplicarse para satisfacer las demandas de una mayor población.
- Cabe señalar que el 90% de esta mayor producción de alimentos tendrá que provenir de tierras existentes y el 70% de esta mayor producción de alimentos tendrá que provenir de tierras de regadío.

# Necesidad del Riego ( continuación...)

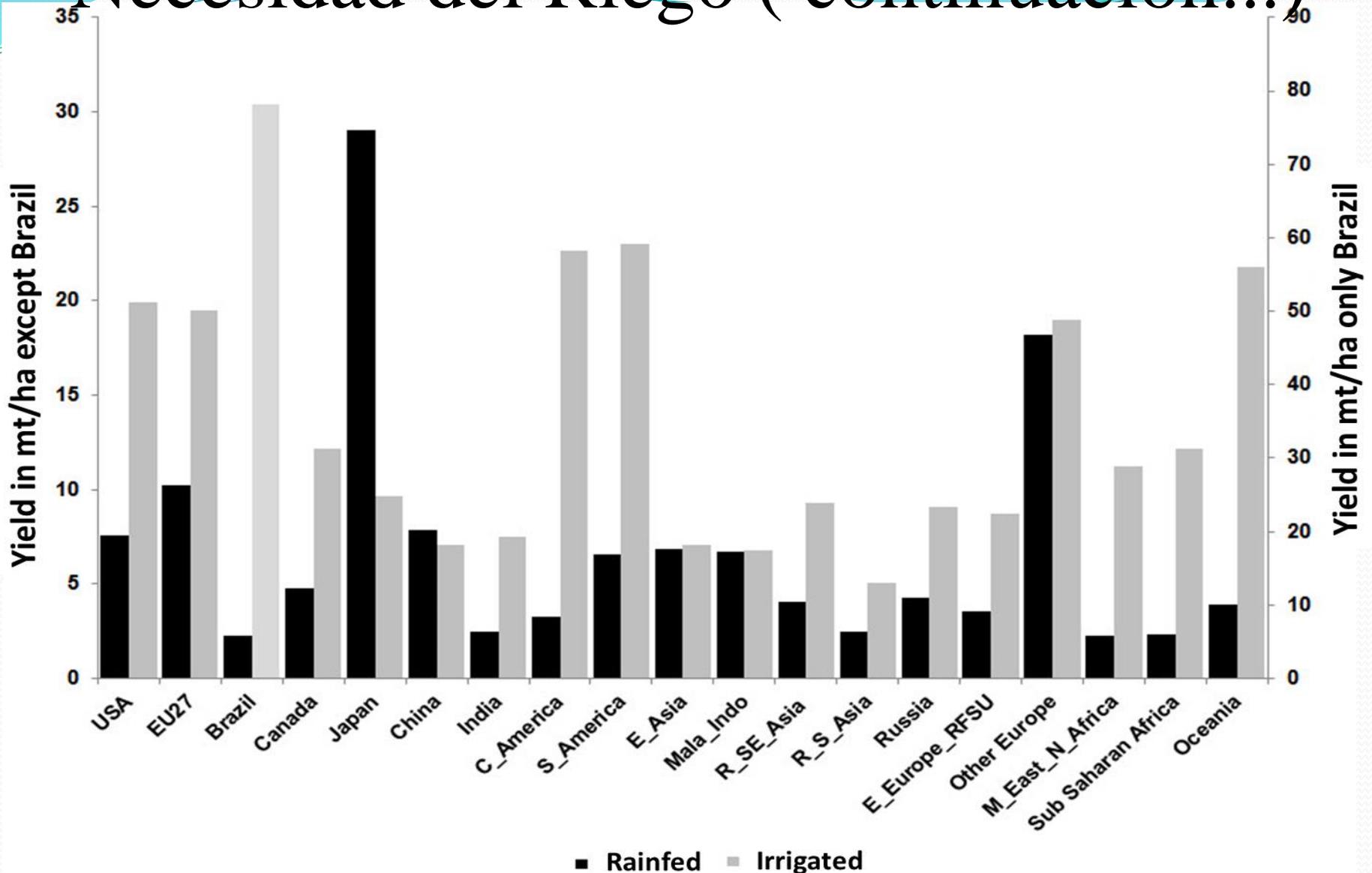


Figura 8. Diferentes países tierras agrícolas de regadío y de secano y su producción (de Taheripour et al., 2013)

# Necesidad del Riego ( continuación...)

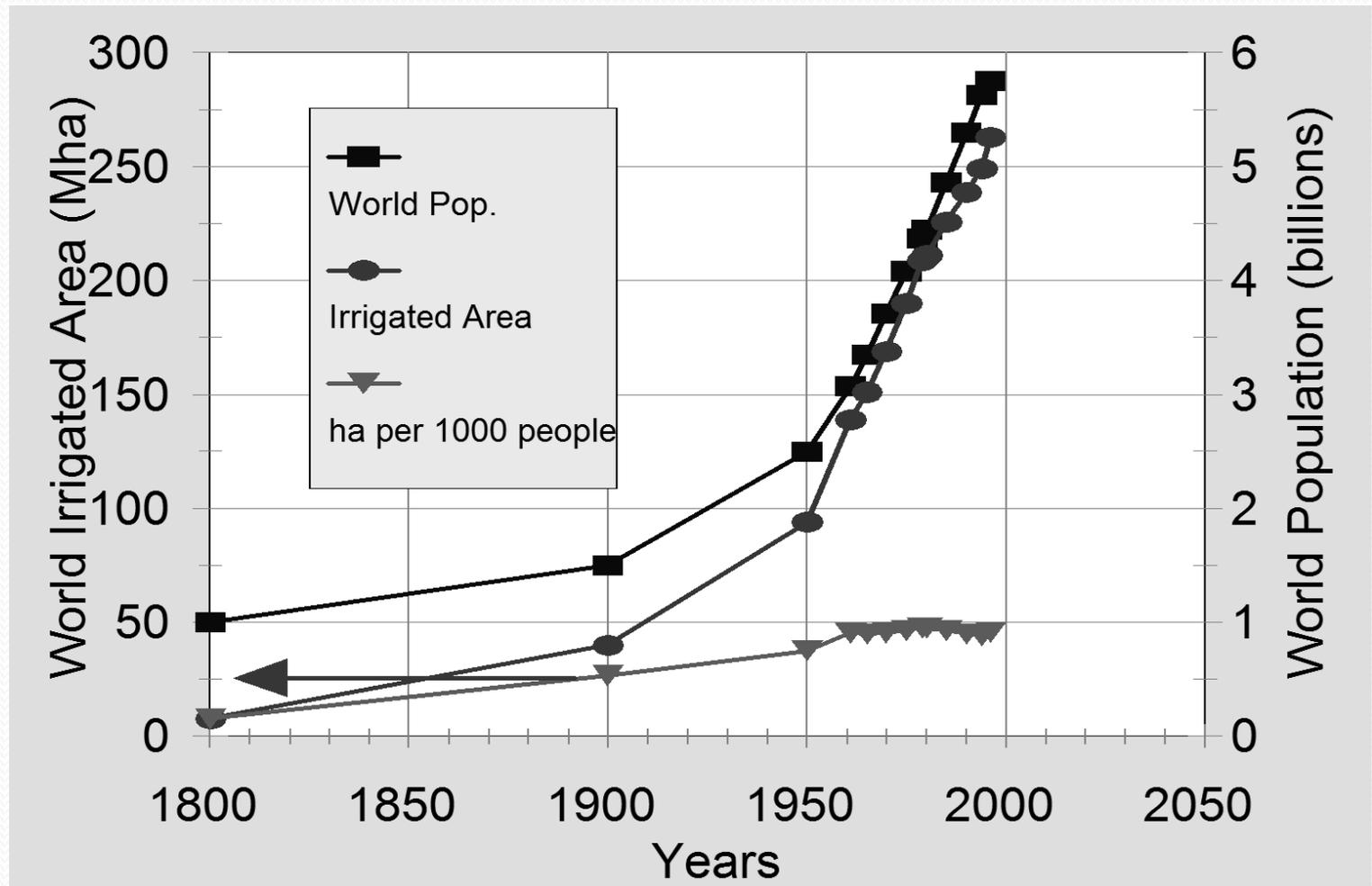


Figura 9. Contaminación mundial, área de riego mundial y hectare por cada mil personas (de Howell, 2006).

# Necesidad del Riego ( continuación...)

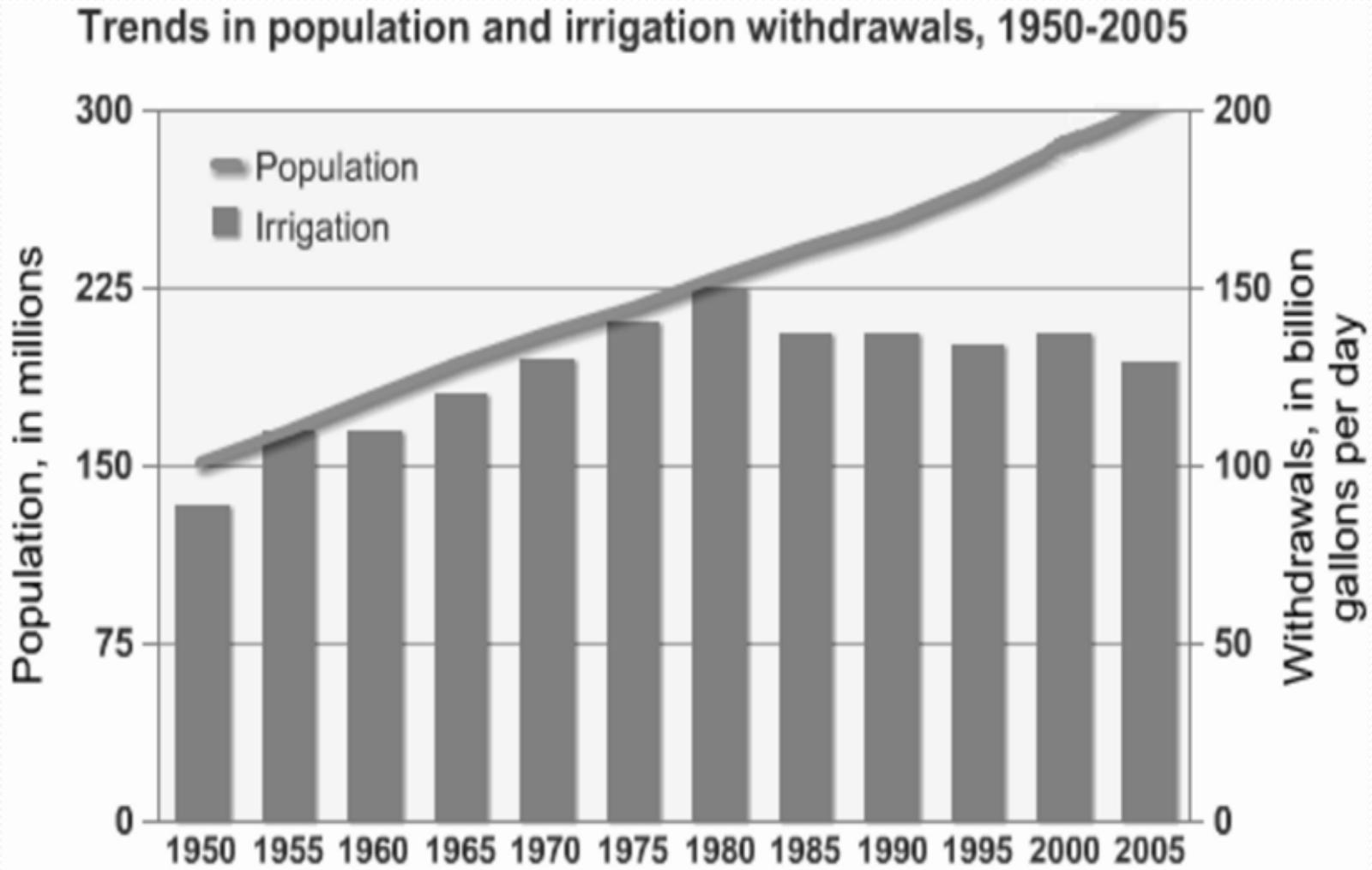


Figura 10. Tendencia de los retiros de riego con el aumento de la población en los Estados Unidos (<http://water.usgs.gov/edu/wuir.html>)

# Seguridad Alimentaria

- **1. Patrón de población y crecimiento**
- **2. Requisito de alimentos**
- **3. Nivel de vida creciente**
- **4. Seguridad nutricional**

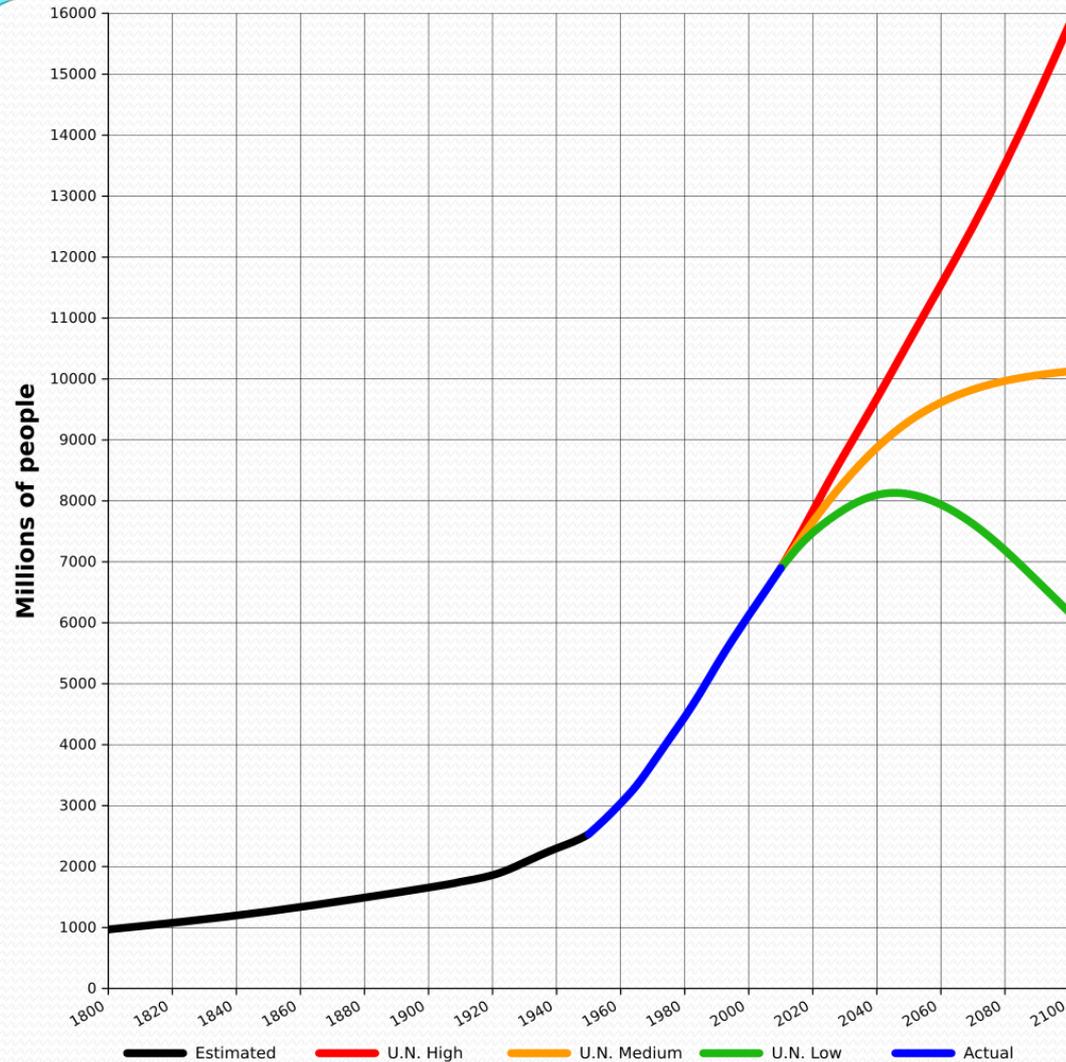
# Patrón de población y crecimiento

- La población mundial superó los 6 mil millones en 2000 y se prevé que supere los 9 mil millones para 2050 y 10 mil millones para el cambio de 2100 (Naciones Unidas, 2011).
- A medida que la población mundial ha aumentado desde la década de 1960, la superficie de tierra regada también ha aumentado. El área de tierra regada per cápita se mantuvo relativamente estable en el tiempo.

**Tabla 3. Presión de la población en las principales zonas de escasez de agua del mundo (<http://pai.org/wp-content/uploads/2012/04/PAI-1293-WATER-4PG.pdf>)**

País	Población 2010 (Miles)	Población Proyectada 2035 (Miles)	Disponibilidad de agua per cápita 2035 (m <sup>3</sup> /persona/año)
Kuwait	2737	4328	4.6
United Arab Emirates	7512	11042	13.6
Qatar	1759	2451	21.6
The Bahamas	343	426	46.9
Saudi Arabia	27448	40444	59.3
Bahrain	1262	1711	67.8
Libya	6355	8081	74.3
Maldives	316	392	76.6
Yemen	24053	46196	88.8
Singapore	5086	6098	98.4

# Patrón de población y crecimiento(Contd.)



Crecimiento de la población en función del tiempo [Estimaciones de la población mundial de 1800 a 2100, basadas en proyecciones de las Naciones Unidas "altas", "medias" y "bajas" en 2010 (colores rojo, naranja y verde) y estimaciones históricas de la Oficina del Censo de los Estados Unidos (en negro). Las cifras reales de población registradas están coloreadas en azul. Según la estimación más alta, la población mundial puede aumentar a 16 mil millones para 2100; Según la estimación más baja, puede disminuir a 6 mil millones [From Wikipedia, the free encyclopedia].

# Requerimiento Alimenticio

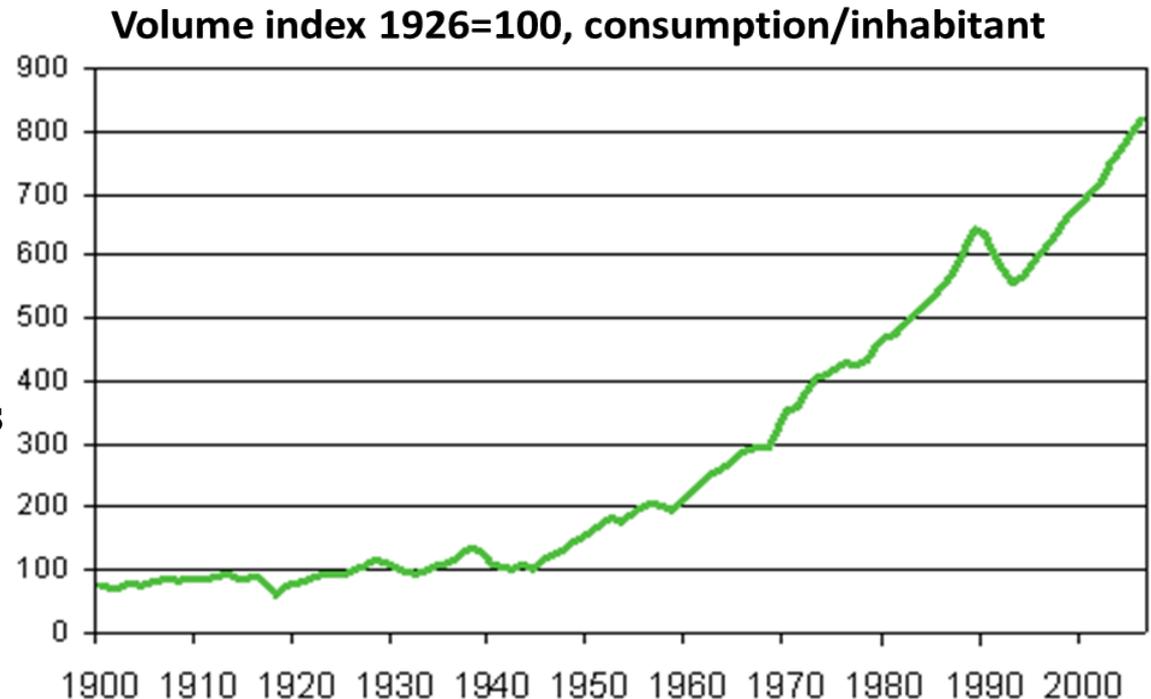
- En términos de calorías, el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos estima que la mayoría de las mujeres necesitan entre 1.600 y 2.400 calorías, mientras que la mayoría de los hombres necesitan entre 2.000 y 3.000 calorías por día para mantener un peso saludable.
- Para producir suficientes alimentos para satisfacer los requisitos mundiales de alimentos, se necesita una gran cantidad de agua.

**Tabla 4 .: Consumo de alimentos per cápita (kcal / persona / día) en todo el mundo (<http://www.fao.org/docrep/005/ac911e/ac911e05.htm>)**

Region	1964 - 1966	1974 - 1976	1984 - 1986	1997 - 1999	2015	2030
World	2358	2435	2655	2803	2940	3050
Developing countries	2054	2152	2450	2681	2850	2980
Near East and North Africa	2290	2591	2953	3006	3090	3170
Sub-Saharan Africa <sup>a</sup>	2058	2079	2057	2195	2360	2540
Latin America and the Caribbean	2393	2546	2689	2824	2980	3140
East Asia	1957	2105	2559	2921	3060	3190
South Asia	2017	1986	2205	2403	2700	2900
Industrialized countries	2947	3065	3206	3380	3440	3500
Transition countries	3222	3385	3379	2906	3060	3180

# Requerimiento Alimenticio (Contd.)

- El consumo de alimentos ha cambiado significativamente en los últimos 100 años, como se muestra en la Figura 1.12.
- En estos días, la gente come más y desperdicia más. Para producir suficientes alimentos para satisfacer los requisitos mundiales de alimentos, se necesita una gran cantidad de agua. Por ejemplo, para producir una tonelada de grano se requieren casi 1,000 m<sup>3</sup> de agua.



**Figura 12 .. Consumo de alimentos en función del tiempo. (after USDA, 2010).**

# Requerimiento Alimenticio (Contd.)

- Se necesita mucha más agua para producir productos ganaderos, ya que, por ejemplo, se necesitan aproximadamente 15,500 m<sup>3</sup> de agua para producir 1 tonelada de carne de res, como se muestra en la Tabla 1.5.

**Tabla 5. Requisitos de agua: valores típicos para el volumen de agua requerido para producir alimentos comunes (fuente: [www.theguardian.com/news/datablog/2013/jan/10/how-much-water-food-production-waste](http://www.theguardian.com/news/datablog/2013/jan/10/how-much-water-food-production-waste))**

Alimento	Cantidad	Consumo de agua/litros	Alimento	Cantidad	Consumo de agua/litros
Chocolate	1 kg	17,196	Pizza	1 unit	1,239
Carne de vaca	1 kg	15,415	Manzana	1 kg	822
Carne de oveja	1 kg	10,412	Plátano	1 kg	790
Puerco	1 kg	5,988	Papá	1 kg	287
Mantequilla	1 kg	5,553	Leche	250ml	255
Pollo	1 kg	4,325	Col	1 kg	237
Queso	1 kg	3,178	Jitomate	1 kg	214
Aceituna	1 kg	3,025	Huevo	1 ea	196
Arroz	1 kg	2,497	Vino	250ml	109
Algodón	250g	2,495	Cerveza	250ml	74
Pan	1 kg	1,608	Té	250 ml	27

# Requerimiento Alimenticio (Contd.)

- Existe una gran variación en la huella hídrica de varios artículos de alimentos y bebidas, como se ilustra en la Figura 1.13.

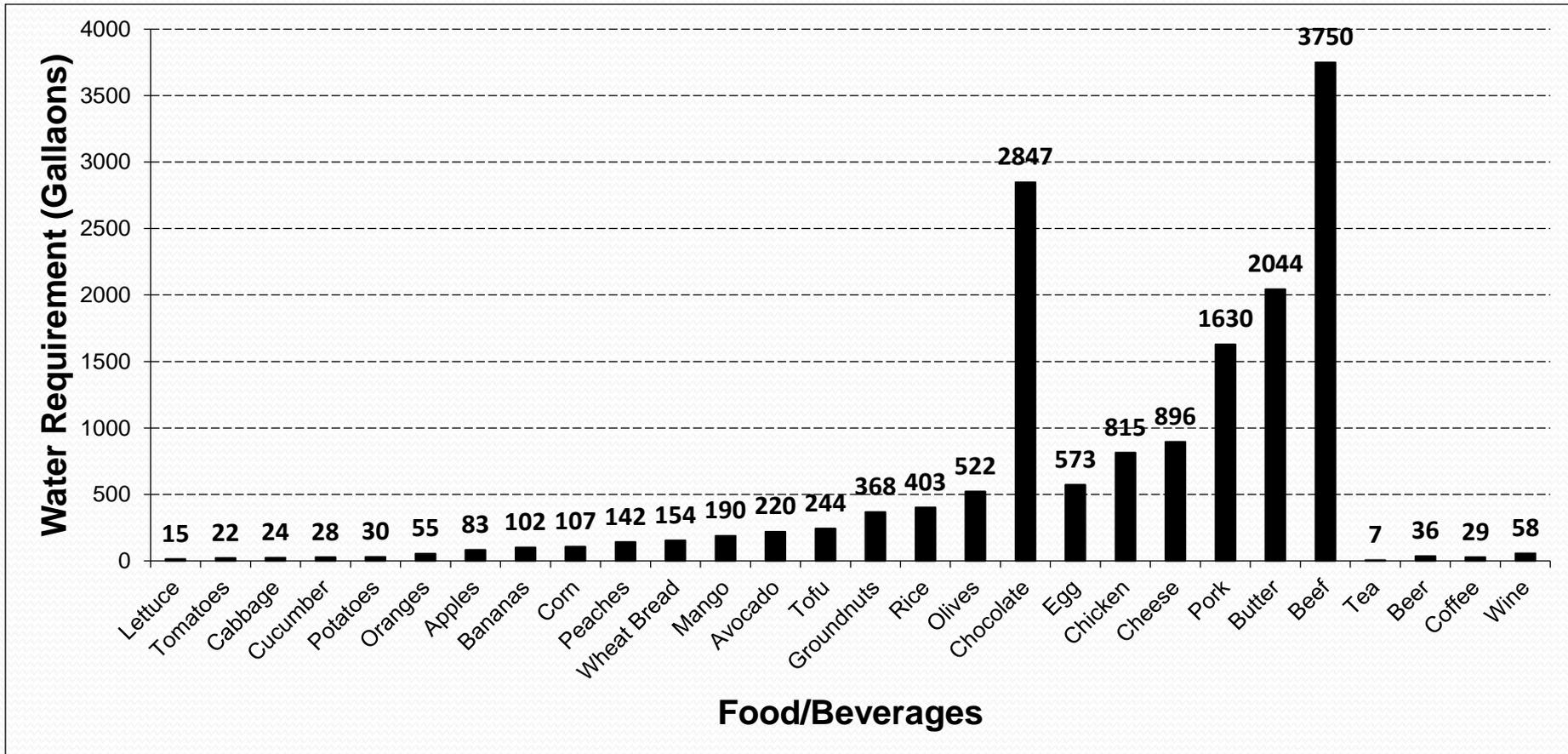


Figura 13. Huella hídrica de varios alimentos / bebidas.

(<http://www.treehugger.com/green-food/from-lettuce-to-beef-whats-the-water-footprint-of-your-food.html>)

# Requerimiento Alimenticio (Contd.)

- Casi mil millones de personas, aproximadamente una de cada seis personas en todo el mundo, actualmente no tienen acceso a una alimentación adecuada.
  - Solo en India, casi 195 millones de personas están desnutridas, aproximadamente el 25% de la población mundial desnutrida.
  - China tiene alrededor de 134 millones de personas desnutridas. La desnutrición es causada por la pobreza, las cadenas de suministro inadecuadas, el desperdicio desenfrenado de alimentos y la agricultura deficiente.
- Para garantizar la seguridad alimentaria se requieren buenas prácticas agrícolas y de gestión, avances en riego y tecnología, políticas adecuadas y una fuerte voluntad política (Brabeck-Letmathe y Biswas, 2015: Fuente: <http://bit.ly/1MS2tWW>).

# Incrementando el nivel de vida

- La connotación habitual del nivel de vida tiene que ver con la calidad de vida que se mide por una serie de factores, que incluyen ingresos, vivienda, atención médica, educación, calidad ambiental, infraestructura, libertades, etc.
- Ha habido un aumento sustancial en el nivel de vida durante los últimos cincuenta años y esto se ha traducido en un mayor requerimiento de alimentos y fibra.

# Incrementando el nivel de vida(Contd.)

- Asociado con este aumento en el nivel de vida en las economías en rápido desarrollo se encuentra un aumento constante en la demanda de productos cárnicos y el consumo de carne.
- En China, el consumo de carne aumentó de 20 kg / capita en 1995 a 50 kg / capita en 2009, aumentando la presión sobre la producción ganadera y las extracciones de agua.

# Incrementando el nivel de vida(Contd.)

- El consumo de un estadounidense es mayor que el consumo de ocho haitianos (como se muestra en la Tabla 1.6)
- Tabla 6. Consumo de carne (MC) medido en libras / persona / año (Source: <https://vegetarian.procon.org/view.resource.php?resourceID=004716>)

Rank	Country	MC	Rank	Country	MC
1	Luxembourg	314.6	115	Mali	49.4
2	Hong Kong	295.9	116	Egypt	49.2
<b>3</b>	<b>United States</b>	<b>279.1</b>	117	Sudan	48.5
4	Australia	259.3	118	Bosnia and Herzgovina	47.8
5	Austria	240.5	119	Algeria	47.6
6	Spain	237.9	120	Turkey	46.7
7	Cyprus	230.16	121	Congo	46.3
8	New Zealand	229.3	122	Djibouti	46.1
9	Denmark	222	123	Nicaragua	44.8
10	Ireland	222	124	Syria	43
11	Israel	219.8	125	Azerbaijan	42.8
12	Bahamas	217.8	:	:	:
13	Macao	214.3	:	:	:
<b>14</b>	<b>Canada</b>	<b>212.3</b>	:	:	:
:	:	:	:	:	:
:	:	:	<b>137</b>	<b>Haiti</b>	<b>31.1</b>
<b>30</b>	<b>Brazil</b>	<b>178.1</b>	138	Sao Tome and Principe	30.2
31	Greece	174.6	139	Afghanistan	30
32	Antigua and Barbuda	173.7	140	Cameroon	29.8
33	Taiwan	173.5	141	Zambia	29.5
34	Netherlands	171.5	142	Cote d'Ivoire	28.7

# Seguridad Nutricional

- La falta de seguridad alimentaria no es la principal ni la única causa de desnutrición o falta de seguridad nutricional.
- Muchos países en desarrollo producen suficientes alimentos para combatir el hambre, pero una proporción significativa de su población sufre la falta de seguridad nutricional que abarca la desnutrición y la obesidad.
- Esto puede deberse en parte a la falta de comprensión de la seguridad nutricional, la dominación masculina que resulta en discriminación de género, tabúes sociales, falta de educación sanitaria adecuada, corrupción y orgullo nacional.

# Seguridad Nutricional (Cont.)

- Casi 3,1 millones de niños menores de cinco años mueren cada año debido a la desnutrición, lo que representa aproximadamente el 45% de la mortalidad infantil.
- Alrededor de dos tercios de las personas desnutridas del mundo viven en Asia y aproximadamente una de cada cuatro personas que viven en África subsahariana está desnutrida.

# Seguridad Nutricional (Cont.)

- La prevalencia de desnutrición es más alta en África (como se muestra en la Figura 14.).

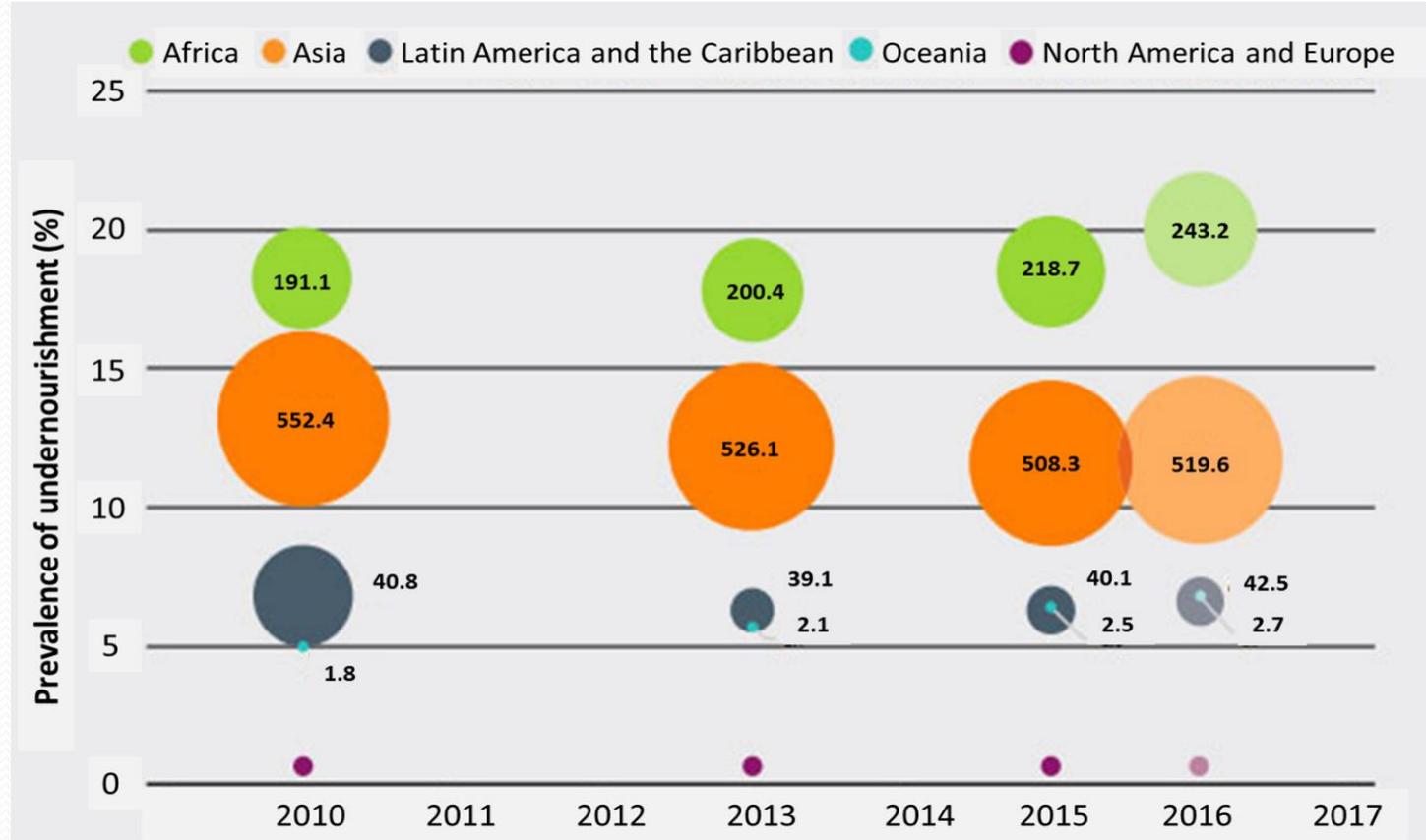


Figura 1.14 El número absoluto de personas desnutridas (Source: FAO, The State of Food Security and Nutrition in the World, 2017 p. 7)

# Desarrollo de riego en todo el mundo

- Actualmente, alrededor del 20% de la tierra cultivada total del mundo se riega y esta tierra regada produce alrededor del 40% de los alimentos y la fibra.

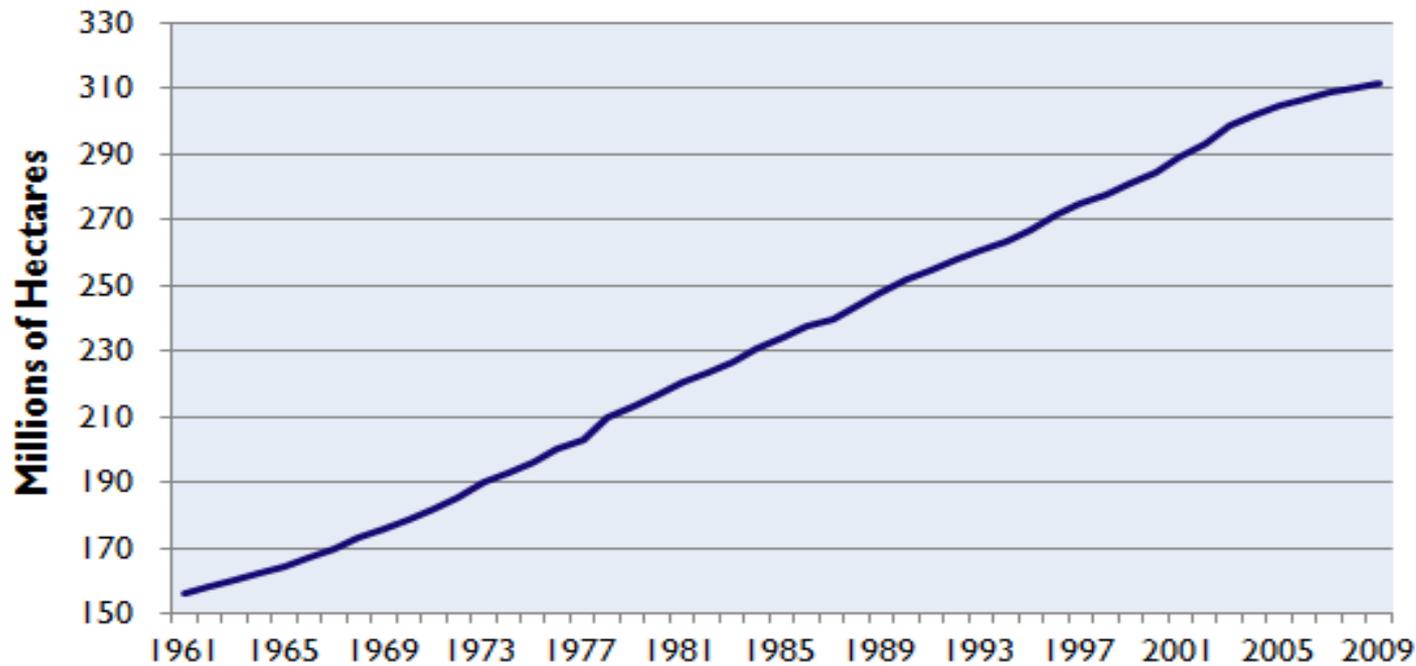


Figura 15. Aumento de la tierra regada durante el siglo XX. (from FAO, 2009)

# Desarrollo de riego en todo el mundo(Cont.)

- La Figura 1.16 muestra los 20 países mejor clasificados en el total de tierras de regadío (km<sup>2</sup>).

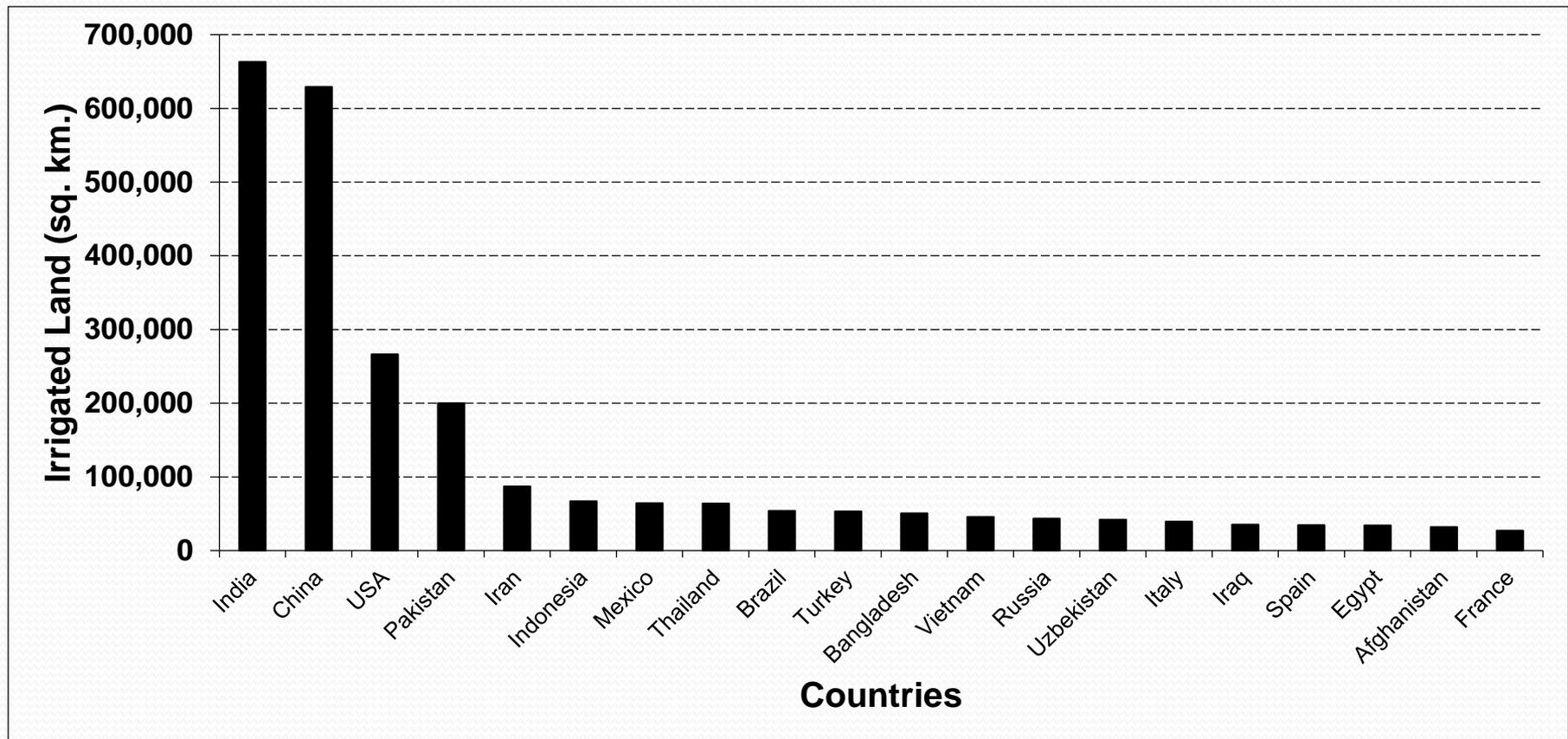
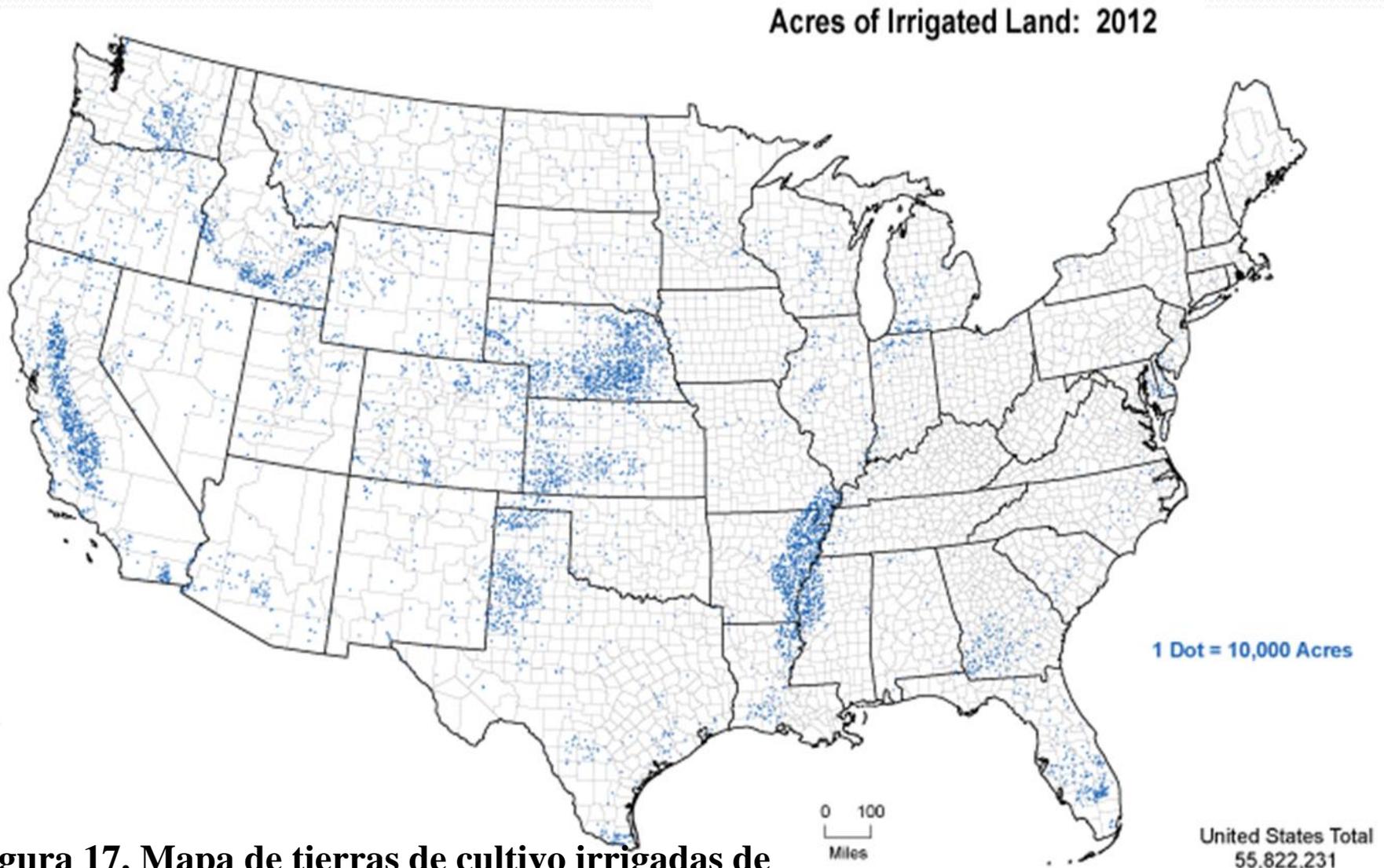


Figura 16. Las 20 principales naciones con tierra de riego máxima (km<sup>2</sup>)  
(<http://world.bymap.org/IrrigatedLand.html>)

# Riego en los Estados Unidos

- Aunque el riego en el suroeste existió alrededor del año 100 a. C., la expansión del riego ocurrió junto con el asentamiento de West, pero gran parte de la expansión se produjo en el siglo XX con el apoyo del gobierno federal.
- La tierra irrigada aumentó de un millón de hectáreas en la década de 1880 a 8 millones de hectáreas a mediados del siglo XX, principalmente en el suroeste, los estados montañosos y el noroeste del Pacífico (Departamento de Comercio de los Estados Unidos, 1983).
- En la segunda mitad del siglo XX, el riego se expandió a las Grandes Llanuras del sur, las Grandes Llanuras centrales y los estados del sudeste, en gran parte provocados por el desarrollo de tecnologías de riego, como los aspersores.

# Riego en los Estados Unidos (Contd.)



**Figura 17. Mapa de tierras de cultivo irrigadas de Estados Unidos(after USDA, 2013)**

# Práctica de riego en los Estados Unidos

- Al principio, el agua se desviaba de los arroyos mediante zanjas excavadas a mano. También se extrajo agua de pozos abiertos excavados.
- Se construyeron depósitos de agua y sistemas de canales.
- Se desarrollaron pozos tubulares. Luego vinieron los rociadores y los sistemas de microirrigación.
- En la segunda mitad del siglo XX, la tecnología de rociadores junto con tubos de aluminio y PVC de bajo costo se hizo popular.
- **Ahora en muchas áreas se riega más tierras de cultivo con rociadores que con métodos de riego de superficie.**

# Práctica de riego en los Estados Unidos(2)

- Al principio, el agua se desviaba de los arroyos mediante zanjas excavadas a mano. También se extrajo agua de pozos abiertos excavados.
- Se construyeron depósitos de agua y sistemas de canales.
- Se desarrollaron pozos tubulares. Luego vinieron los rociadores y los sistemas de microirrigación.
- En la segunda mitad del siglo XX, la tecnología de rociadores junto con tubos de aluminio y PVC de bajo costo se hizo popular.
- **Ahora en muchas áreas se riega más tierras de cultivo con rociadores que con métodos de riego de superficie.**

# Práctica de riego en los Estados Unidos(Cont.)

**Table 1.7 Cropland irrigated by various methods in the United States: Comparison of irrigation methods in the U.S. in 2013 (adapted from 2012 Census of Agriculture, USDA-NASS, 2014).**

Irrigation Method	Irrigated Area (acre)	% of Total
<b>Gravity systems</b>		
Furrow	10,485,453	
Border/basin	8,487,054	
Uncontrolled flooding	1,801,259	
Other	730,918	
<b>U.S. total, gravity systems</b>	<b>21,504,684</b>	<b>35.08</b>
<b>Sprinkler systems</b>		
Center pivot, pressures above 60 psi	1,172,234	
Center pivot, pressures 30 to 59 psi	13,396,454	
Center pivot, pressures below 30psi	12,770,489	
Linear move tower sprinklers (low pressure,<30psi)	257,237	
Linear move tower sprinklers (low pressure,>30psi)	368,329	
Solid set and permanent sprinklers (low pressure,<30psi)	341,288	
Solid set and permanent sprinklers (low pressure,>30psi)	1,145,451	
Side roll, wheel move, or other		
Traveler or big gun		558,308
Hand move		820,806
Other sprinkler systems		1,664,496
<b>U.S. total, sprinkler systems</b>		<b>34,894,109</b>
		<b>56.9</b>
<b>Microirrigation systems</b>		
Surface drip		2,583,201
Subsurface drip		768,901
Microsprinklers		1,269,483
Other micro sprinklers		270,327
<b>U.S. total, microirrigation systems</b>		<b>4,889,912</b>
		<b>8.02</b>
<b>Total U.S. irrigation[a]</b>		<b>61,288,705</b>

<sup>[a]</sup>The U.S. total irrigated area is larger than the 21.3 million ha quoted previously because more than one irrigation method may be used on some lands.

# Una descripción general del sistema de riego

- Para la agricultura, casi siempre se requiere riego y, por lo tanto, los sistemas de riego se planifican, diseñan, construyen, operan y administran.

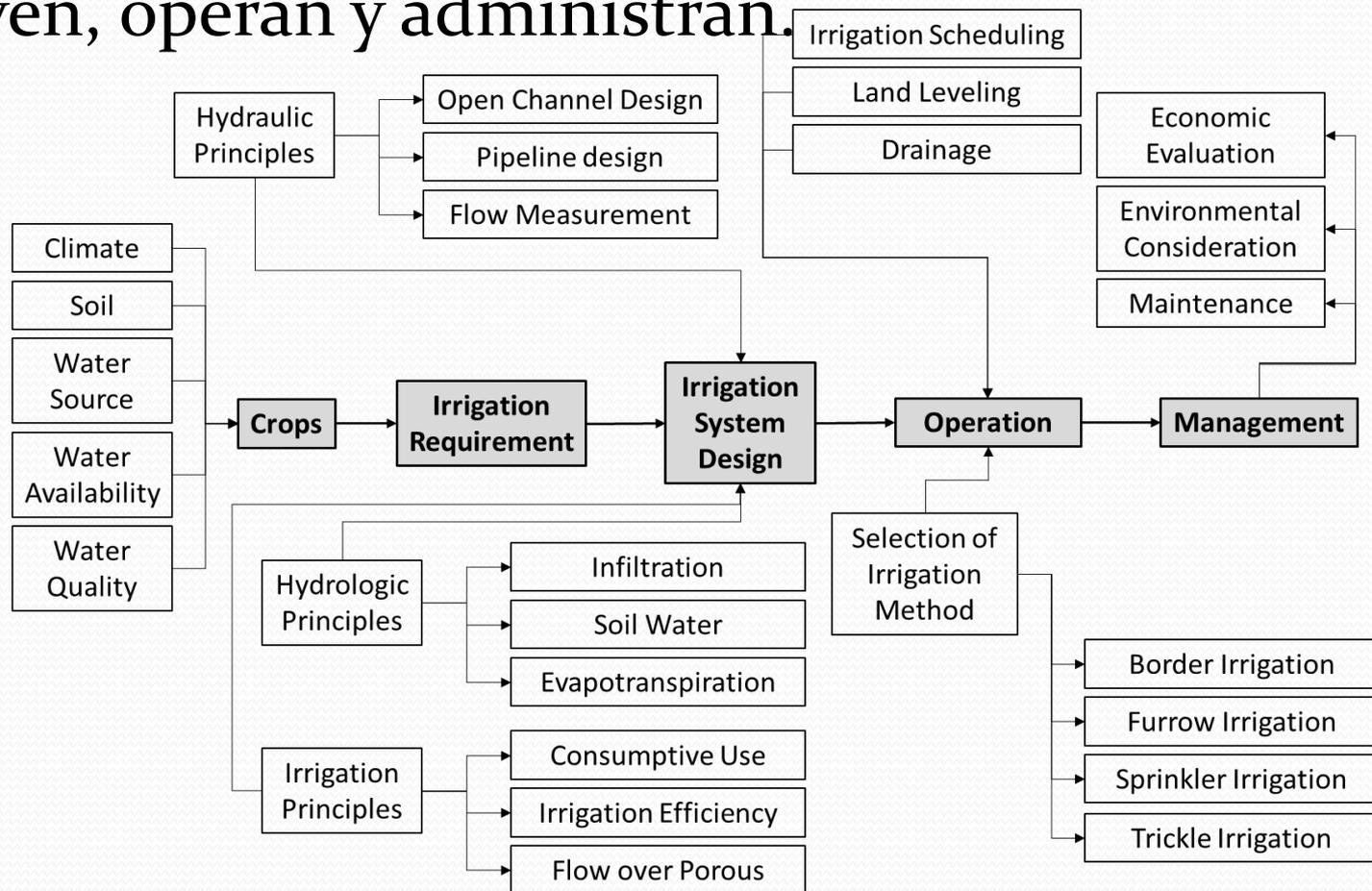


Figura 1.5 Una visión general de la planificación, diseño, operación y mantenimiento de un sistema de riego.

# Consideraciones para el manejo del riego

- La primera consideración es la selección de cultivos. Sin embargo, antes de seleccionar cultivos para el cultivo en una tierra, es importante saber primero cinco cosas, que incluyen el clima, el suelo, la fuente y la disponibilidad de agua y energía, la calidad del agua y los tipos de cultivos.
- La segunda consideración incluye los principios de la hidráulica que son necesarios para llevar el agua desde su fuente al campo. El agua se transporta por canales abiertos o tuberías y, a menudo, es necesario levantarla con bombas.

# Consideraciones para el manejo del riego (Contd.)

- La tercera consideración comprende los principios hidrológicos necesarios para la aplicación de agua. Una vez que el agua se aplica a la tierra, tiene cuatro formas de ir: verticalmente hacia abajo (infiltración), almacenamiento temporal en los espacios porosos del suelo (agua del suelo), movimiento horizontal (drenaje) y verticalmente hacia arriba (evapotranspiración) combinando evaporación y transpiración. .
- La cuarta consideración se compone de principios de riego, que incluyen el uso consuntivo, la eficiencia del riego y las ecuaciones que rigen el flujo sobre lechos porosos.

# Consideraciones para el manejo del riego (Contd.)

- La quinta consideración incluye métodos de riego, que incluyen borde, surco, rociadores y goteo.
- La sexta consideración implica la operación y gestión de los sistemas de riego, incluida la programación del riego, el drenaje, la nivelación del terreno, las consideraciones ambientales, la evaluación económica y el mantenimiento.

# Impacto del calentamiento global y el cambio climático

- Ahora se acepta que el mundo se está calentando y el clima está cambiando y continuará cambiando en el futuro previsible.
- Desde el punto de vista agrícola, el aumento de la temperatura se traduce en una mayor evaporación y evapotranspiración y cambios en los patrones de precipitación y patrones de cultivo.
- **Las estaciones de cultivo también pueden cambiar.**
- **El ciclo hidrológico puede estar experimentando un cambio.**
- **Los extremos hidrológicos, como las sequías y las inundaciones, ocurrirán con mayor frecuencia.**
- Esto supondrá un desafío para la agricultura, el riego agrícola y la operación y gestión de los sistemas de riego.

# Preocupaciones ambientales

- La agricultura de regadío tiene impactos **positivos** y **negativos** en el medio ambiente.
- (+) aumentar los humedales que sirven para una variedad de propósitos útiles, como refugio para aves migratorias y no migratorias, vida silvestre, recreación, reducción de la contaminación y recarga de aguas subterráneas.
- (-) la salinización del suelo, la tala de agua, la disminución de la capa freática, la pérdida de hábitats acuáticos y ribereños, la disminución de las especies nativas, el aumento de la contaminación, la disminución del desove de los peces, etc. pueden ser causados por el riego.

# Preocupaciones ambientales(Contd.)

- Desastre del Mar de Aral en Asia Central
- En la década de 1960, la Unión Soviética expandió la producción de algodón regado que desvió tanta agua para el riego que las entradas al Mar de Aral prácticamente cesaron, lo que condujo al colapso del mar.
- Resultados en la extinción de animales y peces.

**Mar de Aral (NASA, 1998)**



**Río Amudaz (Amu Darya),  
100 miles away from the Aral Sea**



# Futuro del riego

- La población seguirá creciendo, el nivel de vida también aumentará → la demanda de alimentos aumentará
- La producción puede aumentarse desarrollando variedades de mayor rendimiento, aumentando la agricultura de regadío y mejorando la tecnología de riego.
- En el futuro, aumentará la presión sobre los recursos hídricos disponibles.
- → una disminución en la cantidad de agua disponible ahora para la agricultura.

# Futuro del riego(Contd.)

- Para una productividad agrícola sostenida, la tecnología de riego tendrá que ser más eficiente y mejor administrada y deberá competir con estos otros sectores.
- El agua asignada para riego tendrá que estar justificada y puede implicar la fijación de precios del agua.

GRACIAS