



## **“CAPACIDAD DE RESPUESTA PRODUCTIVA ANTE EL RETO ALIMENTARIO”.**

**D. Alberto Garrido Colmenero**

Departamento de Economía y Ciencias Sociales Agrarias, Universidad Politécnica de Madrid

---

Buenos días,

Me he permitido introducir algunos cambios en la presentación, que ustedes no tienen, y es deliberado, ahora lo verán, porque creo que en estas conferencias hay que introducir un poquito de salsa. Entonces, voy a pasar sin más a los prolegómenos supuestos y es que mi conferencia no va a prestar atención a los problemas de la energía, ni del cambio climático, ni los gases de efecto invernadero, ni al problema de la pérdida de biodiversidad, ni al reto de la pobreza, ni a los organismos genéticamente modificados... voy a tratar de contestar y de analizar **la capacidad de respuesta productiva al reto alimentario**, sí examino lecciones de la historia del comercio y la agricultura porque creo que son importantes.

### **1. Prolegómenos (supuestos)**

No se presta atención:

- a) al problema de la energía, ni CC, ni GEI
- b) al problema de la pérdida de biodiversidad
- c) al problema del desarrollo económico, ni al reto de la pobreza
- d) a la cultura alimentaria de los pueblos del mundo, ni a los OGMs

Sí examino las lecciones de la historia del comercio y de la agricultura



En el año 825, Al-Khowârizmi inventó los números arábigos, hizo que las matemáticas empezaran a crecer y que el cálculo y la ciencia avanzaran notablemente. Pero en el año 1435, en Italia, todavía se publican edictos prohibiendo el uso de números infieles y han pasado más de más de 600 años, es decir, que todavía hay ciudades en Italia donde se prohíbe la utilización de números arábigos y se obliga a la utilización de números romanos.

Vamos a lo que nos ocupa. Después de examinar la literatura y las revistas de más impacto sobre la pregunta inicial, voy a tratar de resumir muy brevemente las conclusiones a las que he llegado. Casi todos los experimentos con modelos establecen que el calentamiento global y el aumento de la concentración de CO<sub>2</sub> va a incrementar la actividad fotosintética de las plantas, en concreto, en las plantas C<sub>3</sub> entre un 30% y un 50% y en las plantas C<sub>4</sub> un 10% y un 25%, y esto se puede traducir en incrementos de rendimientos del 10% al 20% en plantas de C<sub>3</sub>, y del 0% al 10% en plantas C<sub>4</sub>, incluso en árboles el aumento de la biomasa podría estar entre el 0% al 30%.

## 2. Potencial productivo fisiológico

- Experimentos bajo condiciones óptimas muestran que la duplicación del CO<sub>2</sub> atmosférico incrementa la fotosíntesis entre el 30 y el 50% en plantas C3, y el 10-25% en C4.
- Se traduce en incrementos de rendimientos de 10–20% C3 crops y 0-10% en C4. Aumentos hasta 550 ppm CO<sub>2</sub> en árboles aumenta la biomasa en 0–30%

Tubiello et al. (2007). **Crop and pasture response to climate change. Proc of the Amer Acad of Science.**

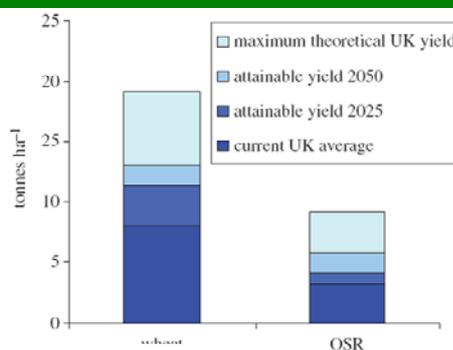
Otros autores, más recientes, consideran que Tubiello et al. (2007) infravaloran el efecto del CO<sub>2</sub> (Hoff et al. 2010; J. of Hydrology). José M<sup>a</sup> Durán (UPM, CEIGRAM) cree que la inyección de CO<sub>2</sub> en las tuberías de riego es....



Otros autores posteriores a Tubiello en 2007 establecen que estos pronósticos sobre cambios en los rendimientos y aumento de la biomasa han podido estar infravalorados. Un compañero de la Universidad Politécnica de Madrid trabaja con la idea de inyectar CO<sub>2</sub> en las tuberías de riego de forma que ese CO<sub>2</sub> junto con el agua proporcione en el ambiente de las plantas más CO<sub>2</sub>, tanto en invernaderos como en otro tipo de cultivos intensivos, y por tanto un aumento mayor de la producción.

**Hay muchos artículos científicos que demuestran que el potencial productivo puede aumentar considerablemente.** La siguiente diapositiva muestra, en oscuro, el rendimiento del trigo en la actualidad y el que se podría lograr en 2025 y 2050 en Reino Unido. El máximo teórico estaría entorno a las 20 toneladas de trigo por hectárea. A la derecha se muestra el caso de la colza. Hay muchos estudios que establecen este tipo de resultados.

## 2. Potencial productivo fisiológico



obtainable potential yields for wheat in the UK (from Berry & Street *et al.* 2006; Street *et al.* 2009).

Beddington (2010) Food security: contributions from science to a new and greener revolution  
*Phil. Trans. R. Soc. B* 2010 **365**, 61-71

Review  
Food security: contributions from science to a new and greener revolution  
John Beddington\*

También existen muchos análisis sobre la **evolución de la producción primaria en la tierra**. A continuación, se representa un gráfico sobre el cálculo de la producción primaria neta de cultivos en giga toneladas en el mundo en tres escenarios distintos; el de ahora, el de cambio climático solamente y el de cambio climático y CO<sub>2</sub> y en las líneas horizontales figuran los escenarios del año 2000 y los escenarios del cambio climático donde hay una serie de pronósticos sobre población, etc.... Lo que se aprecia con claridad es que **la producción neta primaria, lo que es el potencial productivo de la Tierra, va a aumentar como consecuencia del calentamiento global y del incremento de CO<sub>2</sub>**. Por lo tanto, si atendemos a esta abundante literatura podemos concluir que el potencial productivo de la Tierra va a aumentar y es todavía muy importante.

## 2. Potencial productivo fisiológico

### ESTRATEGIAS

- Vapour shift (VS)
- Rainwater harvesting (RH)

Rost, S., et al. (2009)  
Global potential to increase crop  
production through water  
management in rainfed  
agriculture  
Environ. Res. Lett. 4 (2009)

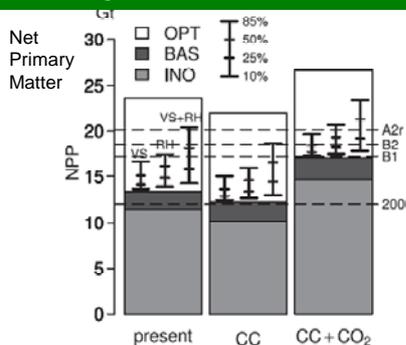
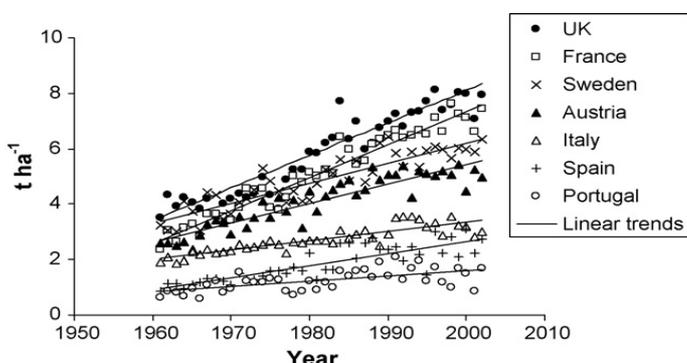


Figure 2. Crop NPP (Gt) for the different simulations under present climate (1971–2000 averages), under future climate change (CC), and under both climate and CO<sub>2</sub> change (CC + CO<sub>2</sub>) (2041–2070 averages of three climate models, A2 emission scenario). Horizontal lines indicate NPP requirements at a population of 6.1 billion in 2000 and the estimated requirements for different population scenarios (SRES B1, B2, A2r).

## 3. Potencial productivo real

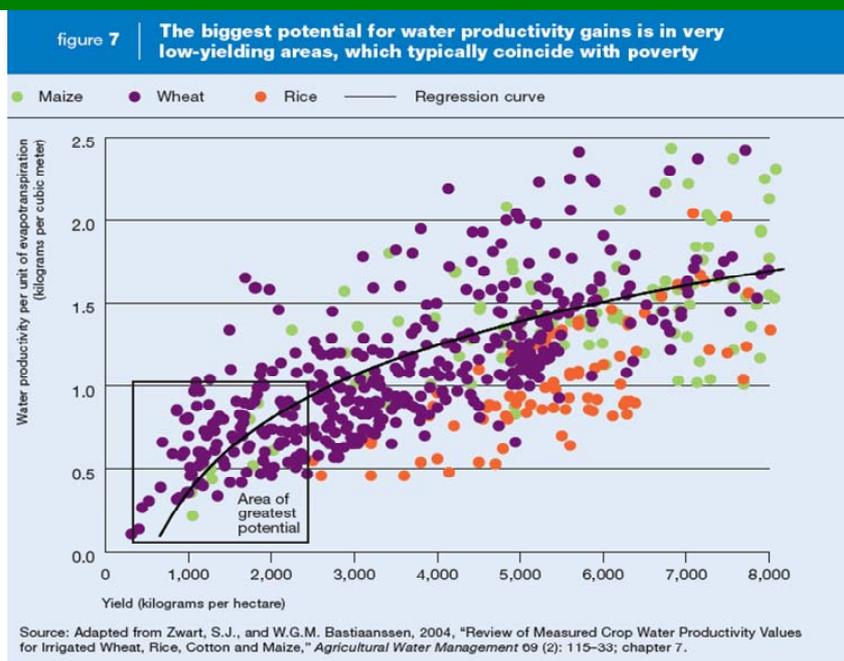


J.S.I. Ingram et al. / Agriculture, Ecosystems and Environment 126 (2008) 4–12

Pasamos al **potencial productivo real** sobre la evolución de los rendimientos. A la izquierda vemos un gráfico de un artículo reciente, que analiza esta evolución en algunos países. Desde el año 60 han aumentado considerablemente los rendimientos. En el caso de los cereales, unos han aumentado más y otros menos, influidos por el tipo de asignación de recursos, como el agua.

Pero, ¿dónde se encuentra el potencial? En la página siguiente, se muestran observaciones para distintos cultivos, a la izquierda se representa la productividad de los cultivos en términos de agua y a la derecha el rendimiento clásico de kilos por hectárea. Se aprecian niveles muy altos, pero en la parte izquierda inferior muy bajos. Por lo tanto, este gráfico también refleja el potencial productivo real.

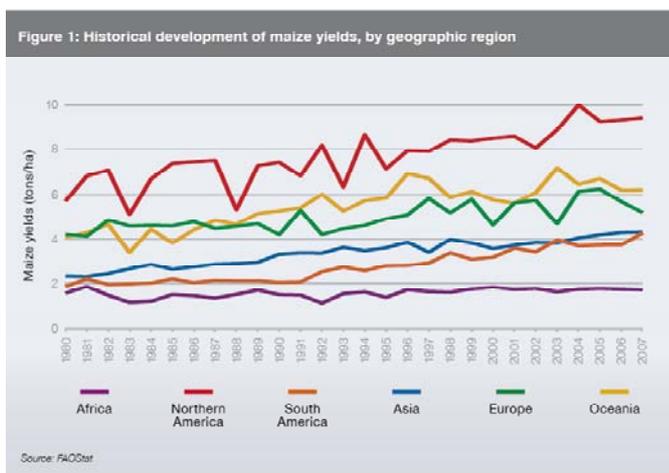
### 3. Potencial productivo real



Fuente: CAWMA (2007). IWMI, Sri Lanka, Earthscan

Este gráfico de la FAO demuestra que **los rendimientos en algunas zonas del mundo aumentan mientras que en otras zonas, como en África, se estancan manteniendo prácticamente el mismo nivel que en los años 80.**

### 3. Potencial productivo real

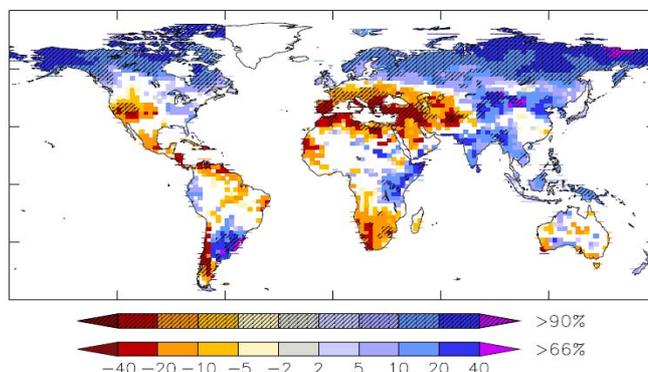


Fuente: FAO "How to feed the world. **The technology challenge.** Roma, 12-13 c High-level Expert Forum

La situación del calentamiento global implica más actividad fotosintética, lo que aumenta la necesidad de agua de las plantas. Porque se sabe que los cultivos para fijar una molécula  $\text{CO}_2$ , mediante la fotosíntesis, necesitan, según las especies, entre 50 y 100 moléculas de agua, por tanto si va a ver más  $\text{CO}_2$ , más actividad fotosintética, las plantas para fijar esa molécula de  $\text{CO}_2$  necesitan más agua. Entonces, tenemos que relacionarlo indudablemente con los escenarios de agua del futuro. El gráfico siguiente presenta la evolución a 2050 de los **cambios esperados en las escorrentías**, que es una relación bastante positiva, no directa, no lineal con la precipitación, pero muestra claramente que hay algunas zonas en el mundo, especialmente las latitudes nortes, donde va a aumentar la escorrentía y las precipitaciones, y otras zonas donde va a disminuir las escorrentías, respecto a las precipitaciones hay muchas más dudas, pero el pronóstico de que disminuya la escorrentía, la cantidad de agua que fluye, normalmente está ligado al aumento de la temperatura y por lo tanto al aumento de la evaporación. Vemos que el área mediterránea o el clima mediterráneo que podemos situar e en Sudáfrica, en California o en Chile, etc... casi todos los modelos nos muestran una fotografía como la que hay aquí.

## 4. El problema del agua

### Cambios esperados de escorrentía



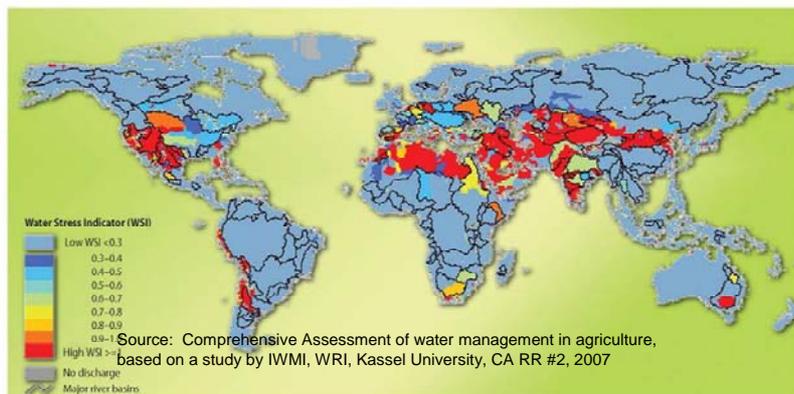
Fuente: Faurès, FAO (2009)

ceigram  
Centro de Estudios e Investigación para  
la Gestión de Riesgos Agrarios y Medioambientales



## 4. El problema del agua

### Indicadores de estrés de recursos hídricos (usos sobre recursos sostenibles)



ceigram  
Centro de Estudios e Investigación para  
la Gestión de Riesgos Agrarios y Medioambientales

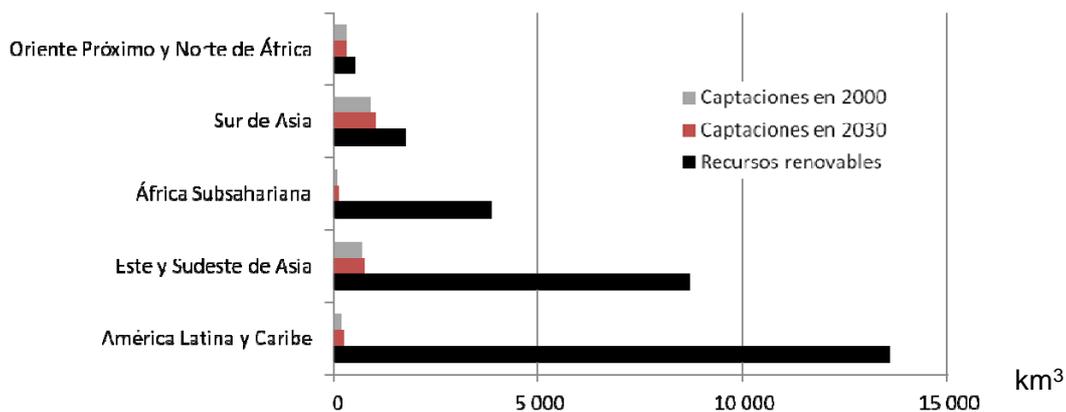


Los **indicadores de estrés de recursos hídricos** son indicadores sencillos que comparan en una cuenca la utilización del agua frente a los recursos renovables. En rojo se encuentran las zonas del mediterráneo, del norte de África y algunas zonas del oeste de América.

Pero, realmente **¿nos estamos enfrentamos a un escenario de agua escasa?**, el siguiente gráfico, que muestra intencionadamente números agregado (estamos poniendo grandes continentes, estamos sumando cosas que tienen un despliegue en el territorio y en la geografía muy amplio y diverso), representa las captaciones, usos de agua, en el año 2000 (color gris) y 2030 (color rojo) y los recursos renovables (color negro). Apreciamos claramente que hay grandes zonas del mundo con un nivel de utilización de agua muy bajo mientras que hay otras zonas del mundo, entre ellos España, donde este nivel es muy alto y por tanto, hemos sobrepasado el límite de lo sostenible en algunas cuencas pero en otras cuencas estamos **muy lejos de aproximarnos a un porcentaje de utilización mínimo de agua de los recursos disponibles**.

## 4. El problema del agua

### ¿Realmente escasa?



Fuente: Comprehensive Assessment of water management in agriculture (2007)

Desde hace unos años se habla del concepto **agua azul y agua verde**; el agua azul es el agua que se aplica a los cultivos artificialmente a través de sistemas de regadío, y el agua verde es el agua de lluvia, el agua disponible para las plantas que se acumula en el suelo procedente de la precipitación. Como se ve en el siguiente gráfico, la producción de la mayor parte de los países productores (EEUU, Argentina, Australia, Canadá...) proviene de cultivos en secano que utilizan el agua de lluvia, salvo el arroz.

## 4. El problema del agua

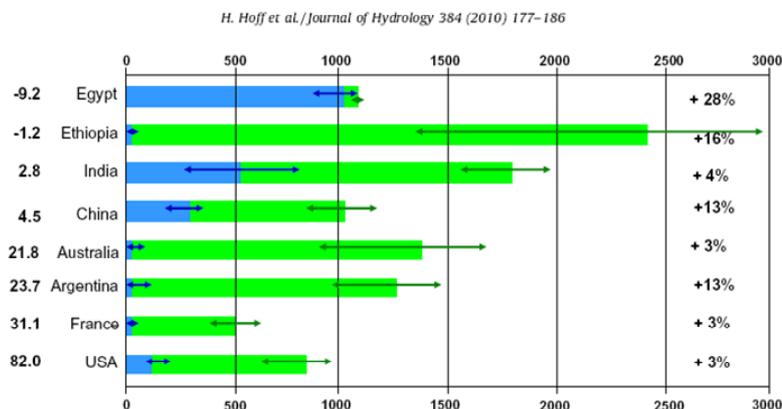


Fig. 1. Virtual water content ( $m^3$ /ton of yield) of cereals green (blue) bars show mean green (blue) virtual water contents (VWC) for the four models Gc LPjml, green and blue arrows the spread between them. LPjml values were only calculated for temperate cereals and maize (Ethiopia only for temper. left of the country name show net cereal trade in the year 2000 (million tons), negative numbers indicate net importers, positive numbers net export. Numbers right of the bars show projected average change in VWC between now and 2041–2070, calculated with LPjml, averaged across HadCM3, climate simulations and with and without  $CO_2$  effect; note, that these numbers were not taken from contributions to this special issue, but were separated authors for this synthesis. (For interpretation of the references to colour in this figure legend, the reader is referred to the web version of this article.)

Pero en el mundo hay **agujeros negros**, les he llamado así para ilustrar un agujero físico, astronómico, de **¿porqué hay zonas del mundo donde no se ha podido aumentar la producción?** Por ejemplo, en África Subsahariana los rendimientos de cereales son 1,2 toneladas por hectárea, siendo 3 toneladas la media en los países en desarrollo. El consumo de fertilizantes son 13 kilos por hectárea, mientras que en los países del norte de África y el medio Oeste son 73 o en Asia Oriental y el Pacífico 190. Otro dato importante es que sólo el 4% de la tierra cultivable se riega en África Subsahariana frente al 20% del mundo o el 38% de Asia. También se ha calculado que la capacidad de regulación de los ríos en África es solo del 4%, en España es del 38 o 40%.

## 5. Los agujeros 'negros'

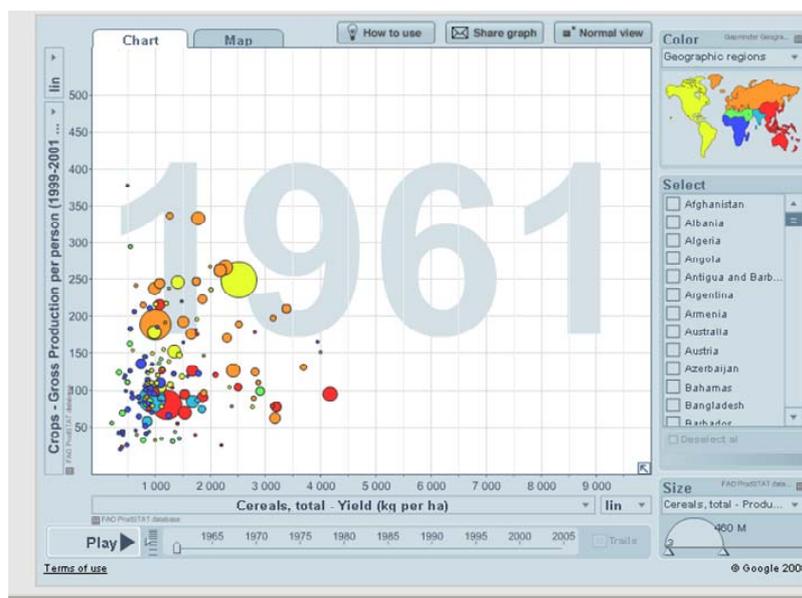
### África (No solo la Sub-sahariana)

- Rendimientos de cereales 1.2 T/ha; 3 T/ha en los países en desarrollo como media
- Consumo de fertilizante 13 kg/ha en África Sub-Sahariana en 2002; comparado con 73 kg MENA y 190 Asia Oriental y Pacífico
- Solo el 4% de la tierra cultivable se riega en Africa Sub-Sahariana, frente al 20% del mundo y 38% de Asia.
- El 40% de la población del Africa Subsahariana vive en países sin acceso al mar, frente al 7.5% de otros países, los costes de transporte son el 75% del valor del producto.



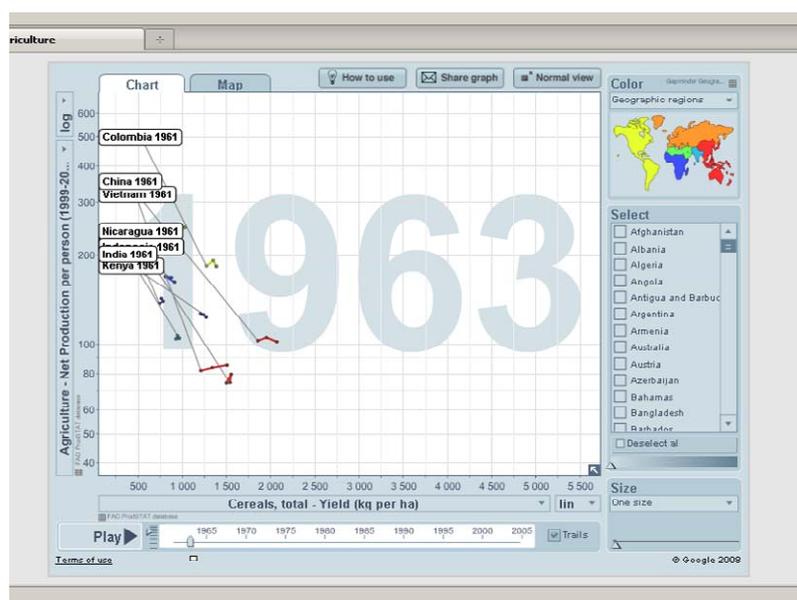
Otro factor muy importante es que el **40% de la población de África Subsahariana vive en países sin acceso al mar** y por tanto muy alejados de los puertos, así se encuentran económicamente, geográficamente y físicamente muy alejados de las posibilidades de comercio, frente al 7,5% del resto de los países del mundo. Otro dato es que el 75% del valor del producto es el transporte lo que eleva muchísimo el coste y la relación con los mercados.

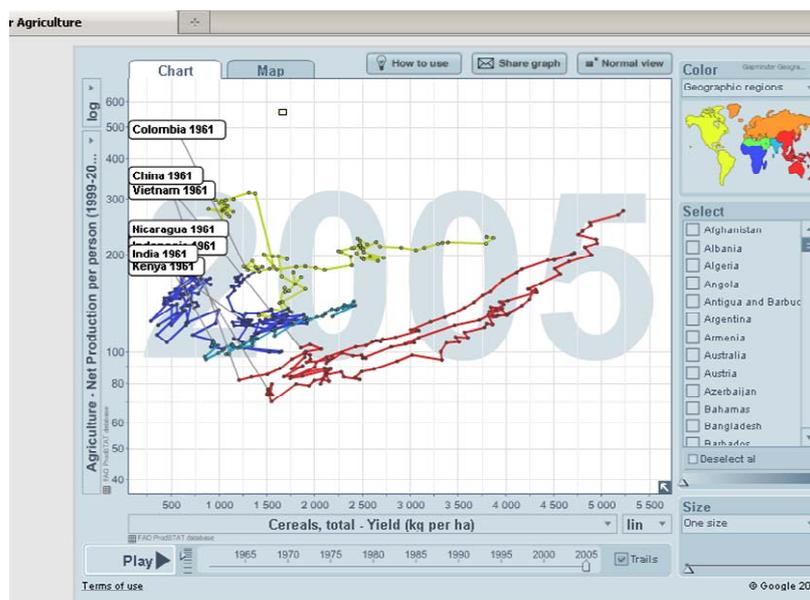
Pero hay otros agujeros negros, como Rusia y las antiguas repúblicas soviéticas, Mongolia... a través de estos gráficos dinámicos (disponible en [www.gapminder.com](http://www.gapminder.com)) realizados por el sueco Hans Rosling podemos ver la evolución en el tiempo de todos los países del mundo. Cada punto es un país y se representan tres variables: una la producción de granos de cada país (por ejemplo, China son 429 millones de toneladas), los rendimientos de cereales y la producción bruta per cápita en dólares del año 1999-2001. Por lo tanto, es una medición en términos reales de la producción agrícola de todos los países.





Quiero descender a países más pequeños como Vietnam, China, Nicaragua, Kenia, India o Colombia. El siguiente gráfico que representa en un eje los rendimientos y en el otro eje la producción, traza la evolución de cada país. Si nos situamos en cada una de estas curvas, se aprecia como Indonesia ha aumentando las dos producciones mientras que Kenia apenas se mueve en ninguno de los dos ejes. En otros países como Nicaragua encontramos incluso descensos en el valor de producción, y en Vietnam ha aumentado muchísimo la producción y la secuencia de años presenta una clara tendencia al aumento de la producción tanto en valor económico como de producción de cereales. Por lo tanto, estos datos reflejan que **en el mundo la evolución agrícola ha sido enormemente variable** y que, a pesar de que la agricultura de los países es diferente, existe una gran diversidad en la evolución agrícola de los mismos.





Pasamos a la síntesis de la FAO, y lo digo en tono canónico, es decir, en tono de canon de conocimiento, quiero resaltar lo siguiente: en primer lugar, el **potencial de que aumentan los rendimientos todavía es considerable**, segundo, que contando con **los incentivos socioeconómicos apropiados, las diferencias de los rendimientos pueden acortarse y**, tercero, que **los temores de que los rendimientos pueden estar acercarse a una meseta, a una fase de maduración, tampoco tiene sustento**.

La historia de la agricultura, y el libro de dos autores franceses *“A History of World agriculture” Marcel Mazoyer and Laurence Roudart*, da pistas de cómo ha evolucionado la agricultura en los últimos 100 años y 150 años y porqué África Subsahariana está donde está y otros países están donde están. Lo que representamos aquí (página ss.) es, en primer lugar, la productividad de cada trabajador en euros constantes y a la derecha las hectáreas que labra cada persona. Vemos lo que los autores llaman las cinco etapas de la motomecanización desde la 1ª etapa de principios del siglo XX hasta la etapa 5ª que es la agricultura más capitalizada. En cada una de estas etapas nos encontramos lo siguiente:

El **umbral de renovación de las explotaciones agrarias va elevándose**, es decir, que para que un agricultor continúe su actividad es necesario aumentar la productividad y eso es debido, no tanto a que la agricultura se hace más productiva, sino fundamentalmente a que otros sectores de la economía han succionado la fuerza de trabajo hacia las ciudades e industrias a lo largo del siglo XX elevando el coste de mantenimiento de la explotación.

## 7. Las enseñanzas de la historia agraria

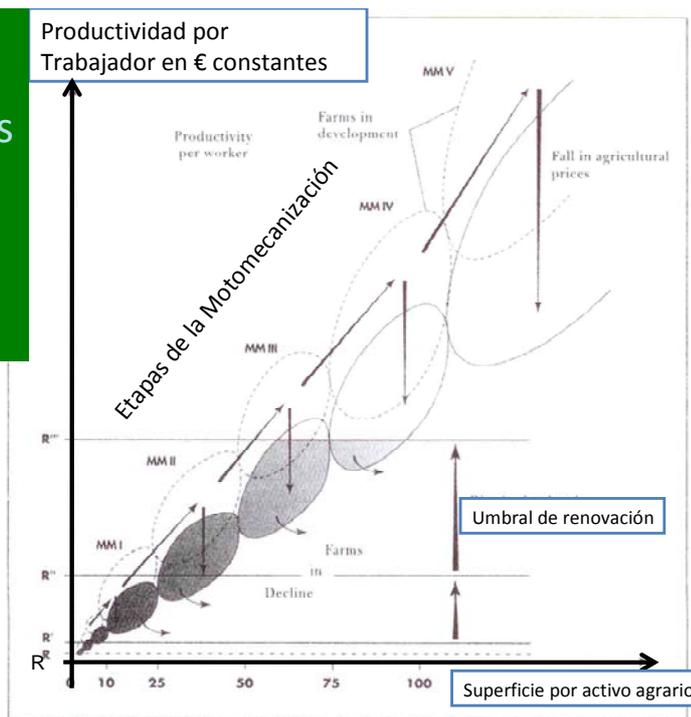
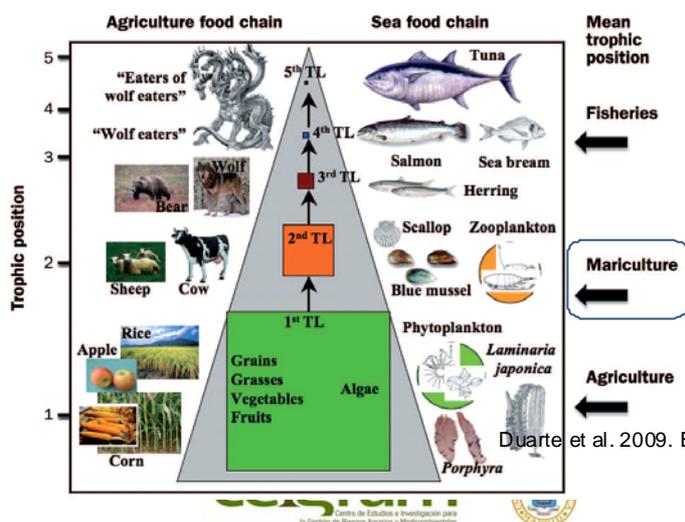


Figure 10.16 Development of Motomechanization, Productivity Gains,

Para un agricultor de subsistencia, que no tiene otro elemento de capital que su propio trabajo y alguna herramienta manual, su nivel de subsistencia se coloca muy bajo. ¿Qué ha pasado? En el S.XX la liberalización de los mercados y el comercio, el acercamiento, que viene desde que en el transporte aparecieron los barcos de vapor..., es decir, desde el año 1860, el precio del trigo en términos reales se ha extendido en todo el mundo, y países que han estado más alejados poco a poco han entrado en contacto con estos precios que rigen en el mercado. Y ¿dónde se fijan estos precios? ¿Qué tipo de estructuras productivas los está fijando?. Todavía nos encontramos en **África con un 80% de campesinos que sólo tienen como capital su fuerza de trabajo y una pequeña herramienta**, mientras que en el norte de África y América Latina este porcentaje es del 40% y 60% respectivamente. Para que un agricultor africano pueda adquirir el capital que puede tener un agricultor español, francés o alemán, tendría que trabajar 3.000 años. Además, hay que añadir que en 1900 la diferencia de productividad entre las zonas más avanzadas del mundo y las menos era de 1 a 10 y ahora es de 1 a 1000, y por tanto este hecho hace imposible que la agricultura de subsistencia pueda realmente generar suficiente excedente para empezar a competir y salir de la subsistencia.

## 8. La especie humana en la cadena trófica



Si todavía tenemos alguna duda sobre la capacidad del mundo para alimentarnos, la siguiente diapositiva servirá para ilustrarnos. Han sido elaboradas por Carlos Duarte, un espléndido investigador español de la Universidad de las Islas Baleares, que habla de un concepto, la **maricultura** que es la analogía con la agricultura y hace un análisis de la cadena trófica.

Me interesa resaltar que el **potencial productivo de la acuicultura es extraordinario** pero no tanto en el formato actual, la acuicultura alimentada con piensos de otras capturas que según estos autores en el año 2040 llegaríamos al tope oceánico de este sistema, sino que lo que demuestran estos autores es que si estos animales los alimentáramos con especies que están en la primera fase de la cadena trófica, el potencial productivo llegaría a 1200 millones de toneladas. Por tanto, esta es una prospectiva a muy largo plazo, pero hay razones científicas para pensar que esto es posible.

Nadie puede predecir el futuro, pero los escenarios de CO<sub>2</sub> se están cumpliendo. También, existen escenarios sobre cómo será el clima o cómo va a funcionar el sistema de alimentación, sin embargo, aunque la relevancia de estos temas cada vez es más importante, es muy difícil hacer predicciones porque los errores de los modelos aumentan casi exponencialmente. Por esa razón, debemos estar abiertos a todo y poner muy en duda que tipo de predicciones podemos hacer porque desconocemos como nos vamos a alimentar en los próximos 30 o 40 años.

Termino con una cita de Darwin:

***“Si la miseria de los pobres no es debida a las leyes de la naturaleza sino por causa de nuestras instituciones, grave es nuestro pecado”.***

Muchas gracias