

ESCASSEZ DE ÁGUA E AGRICULTURA SUSTANTÁVEL EM FUTUROS CENÁRIOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS: FERRAMENTAS, ESTRATÉGIAS E DESAFIOS

Iván Francisco García Tejero

Centro IFAPA "Las Torres-Tomejil. Ctra. Sevilla-Cazalla km. 12'2. Alcalá del Río (Sevilla)
21 de Marzo de 2018



As Cultivares e os Melhoristas do Futuro

21 e 22 de Março de 2018

Centro de Convenções da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF)

Mais informações: www.ganhogenetico.wix.com/uenf
Members of the DuPont Plant Sciences Symposia Series
www.pioneer.com/Symposia

Realização



Patrocínio



Apoio



IFAPA

Instituto de
Investigación y
Formación Agraria
y Pesquera



Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera
CONSEJERÍA DE AGRICULTURA, PESCA Y DESARROLLO RURAL



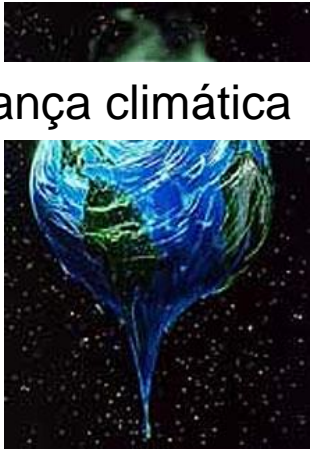


1. O PAPEL DA AGRICULTURA NO SÉCULO XXI
2. QUAL É O NOSSO PONTO DE PARTIDA HOJE?
3. O QUÉ É UMA AGRICULTURA SUSTENTÁVEL?
4. MUDANÇA CLIMÁTICA E SUSTENTABILIDADE
5. MUDANÇA CLIMÁTICA E AGRICULTURA
6. RESPOSTA DAS CULTURAS À MUDANÇA CLIMÁTICA
7. MUDANÇA CLIMÁTICA E GESTÃO DA AGUA
8. A FOLHA COMO ESPELHO DA CULTURA
9. É POSSÍVEL ATINGIR PRODUÇÕES ÓTIMAS COM UM MENOR CONSUMO DA AGUA?
10. PLANT BREEDING: FERRAMENTA PARA O MELHORAMENTO DAS ADAPTAÇÕES À MUDANÇA CLIMÁTICA
11. O MELHORAMENTO GENÉTICO: A SEGUNDA REVOLUÇÃO DA AGRICULTURA
12. CONCLUSÕES



- ✓ População Mundial: 7.600.000.000 2018 ⇒ >9.000.000.000 2050
- ✓ Os recursos naturais não podem ser gerados, ainda mais, tendem a diminuir

Mudança climática



Degradação dos recursos naturais



FOME!!!

OVERPOPULATION



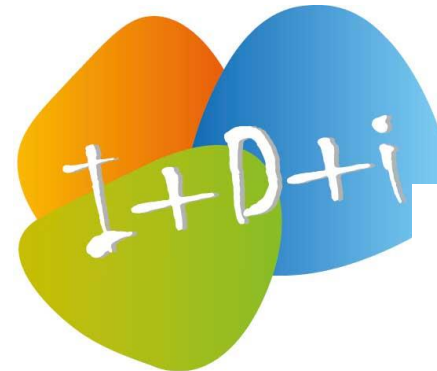
SOBREPOPUIAÇÃO



Conhecimento da nossa realidade



Mudar os pensamentos para mudar as acções



Investigação, desenvolvimento e inovação



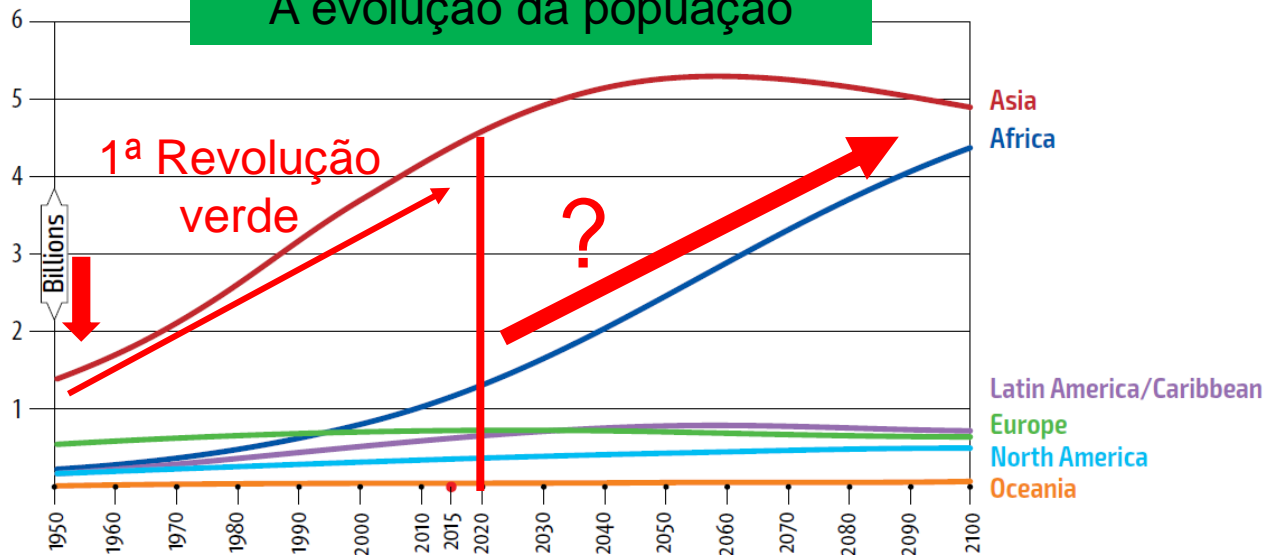
O aquecimento global é um mito



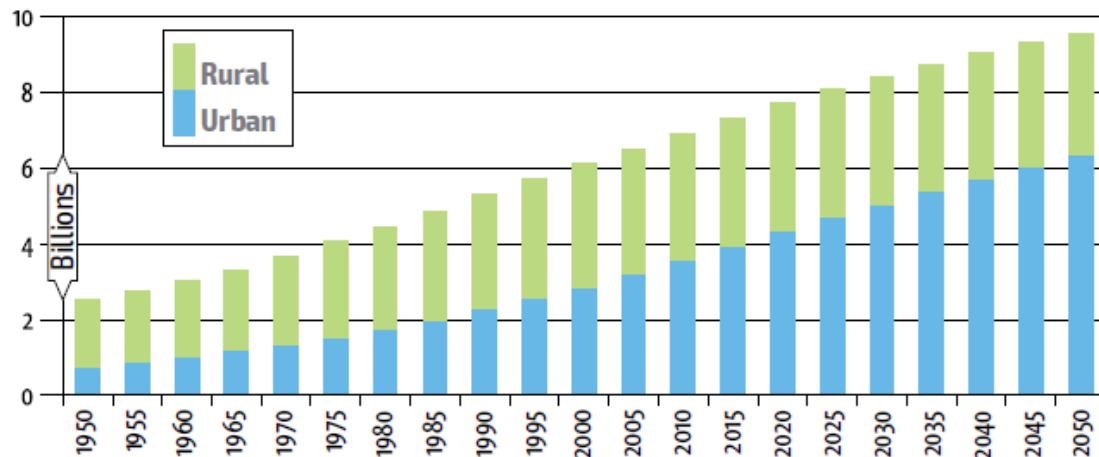
O régimen iraquí tem armas de destruição masiva



A evolução da população



Source: UN, 2015.

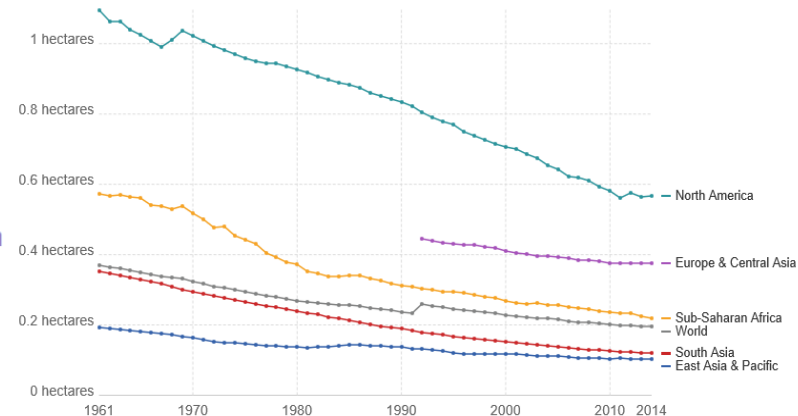


Source: UN, 2015.

Ratio da superfície de Terra

Arable land use per person

The per capita allocation of land to arable agriculture, measured as the area under arable cultivation divided by the national or regional population (hectares per person). Arable land includes land defined by the FAO as land under temporary crops (double-cropped areas are counted once), temporary meadows for mowing or for pasture, land under market or kitchen gardens, and land temporarily fallow.



Source: World Bank - WDI

A população está a crescer, mais a superfície da Terra investida na produção agrária não é infinita, mesmo que os recursos naturais não podem ser criados.

Por tanto, temos dois alternativas para ter em conta: uma melhor gestão dos mesmos e a procura de “novas culturas” para um novo mundo

1950

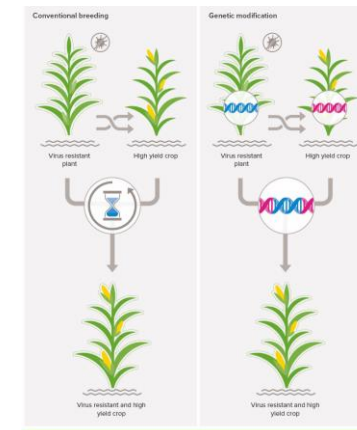
S XXI

Primeira Revolução verde



- Aumento da produção de alimentos
- Novas áreas para a produção agraria
- Mais control das pragas e doenças
- **Maior agotamento dos recursos naturais**
- **Maior vulnerabilidade as mudanças**

Segunda Revolução verde



- **Novas práticas mais sustentáveis**
- **Conservação dos recursos naturais**
- **Novas culturas para novas condições**



Viável

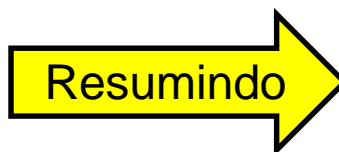
Respeito ao
meio
ambiente

Socialmente
Justa



Capaz de
suprir as
necesidades
de produção

Equilíbrio
com os
recursos
naturais



- Atividade sustentável
- Capaz de se manter por um longo tempo
- Os recursos naturais não são postos em risco, fazendo um uso da água, do solo e da vida de forma que seja perdurável.
- Uma atividade que permita o desenvolvimento das pessoas, a geração de riqueza, mesmo que a protecção e conservação do meio ambiente

Desenvolvimento
economico ao
longo prazo

Perdurável
no tempo

Medo

Incerteza

Mudança climática

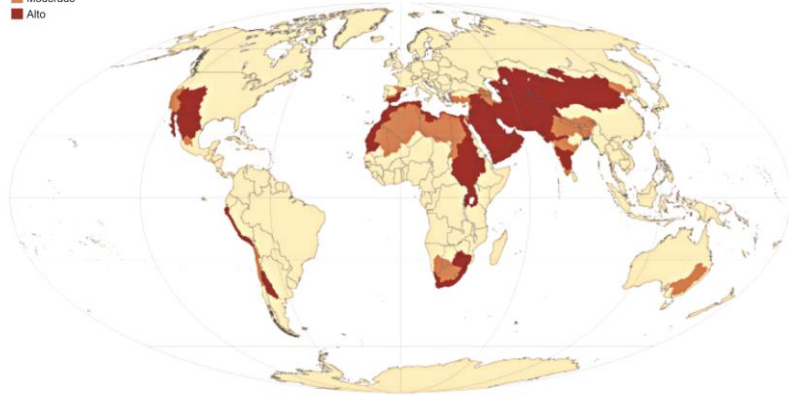
O clima determina a forma e o estilo de vida em nosso Mundo. É por isso que talvez, este seja o mais grande dos problemas deste novo século.

Até hoje, as mais grandes mudanças do clima que aconteceram na Terra, não tiveram nenhuma relação com a atividade do ser humano



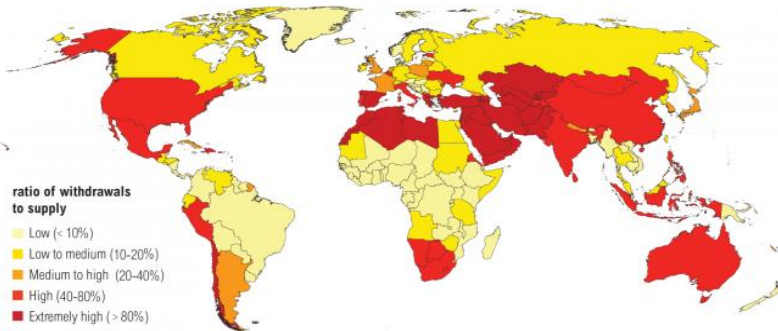
DISTRIBUIÇÃO GLOBAL DE ESCASSEZ DE ÁGUA POR MAIORES BACIAS DE RIOS

- Baixo
- Moderado
- Alto



THE STATE OF THE WORLD'S LAND AND WATER RESOURCES FOR FOOD AND AGRICULTURE | FAO LAND & WATER | www.fao.org/nr/solaw

Water Stress by Country: 2040



- ratio of withdrawals to supply
- Low (< 10%)
 - Low to medium (10-20%)
 - Medium to high (20-40%)
 - High (40-80%)
 - Extremely high (> 80%)

NOTE: Projections are based on a business-as-usual scenario using SSP2 and RCP8.5.

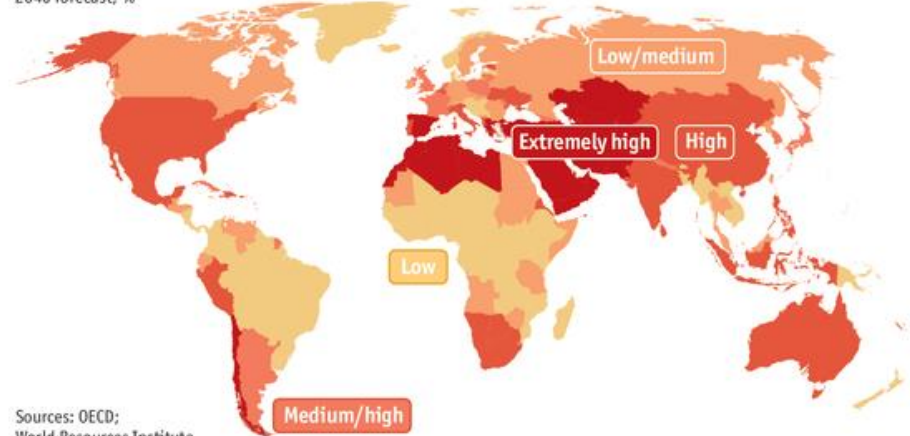
For more: ow.ly/RWop

WORLD RESOURCES INSTITUTE

Water pressure

Water stress, ratio of withdrawals to supply
2040 forecast, %

- Below 10
- 10-20
- 20-40
- 40-80
- Over 80

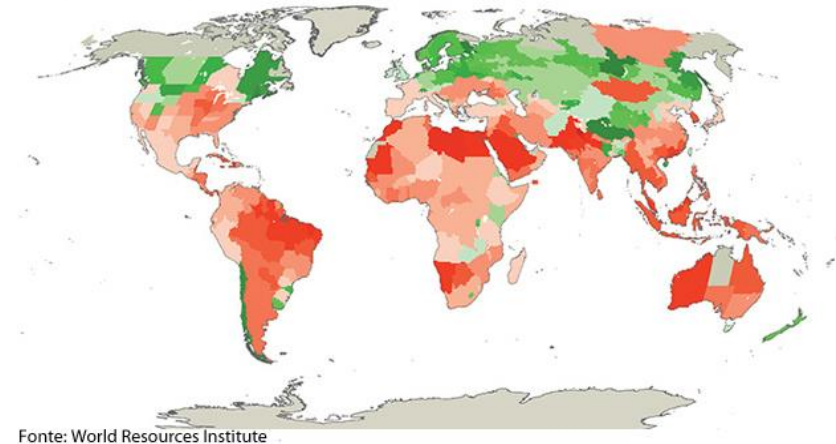


Sources: OECD; World Resources Institute

Ecnoinist.com

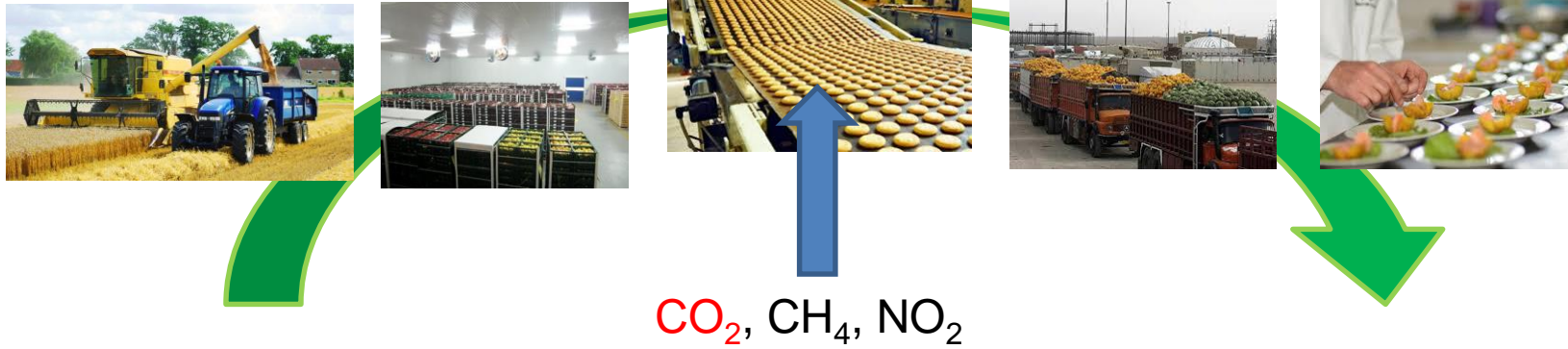
Impacto do aumento de 3°C nas colheitas mundiais até 2050

- Variação de -50%
- Variação de 100%
- Dados não disponíveis



Fonte: World Resources Institute

DUPONT PLANT SCIENCES SYMPOSIA



AGRICULTURA

MUDANÇA CLIMÁTICA

Água, solo, Temp, Rd



PRINCIPAIS EFEITOS DA MUDANÇA CLIMÁTICA NA AGRICULTURA

Desafios para a sustentabilidade da água

Aumento dos requerimentos de irrigação

Aumento da salinidade da água e do solo, meso que a erosão

Aumento dos custos para acções de emergencia e remediação da perda da biodiversidade

Mudanças nos regimes hidrológicos

Mudanças nas necessidades da água pelas culturas

Aumentos das restricções de água

Regões com uma Baixa capacidade de adaptação

Regões com uma grande vulnerabilidade



Disminuções na disponibilidade de água

Salinização das reservas de água

Disminuição das reservas subterrâneas da água

Conflitos entre os usuarios da água

Aumento da demanda de recursos

Perdas em produção

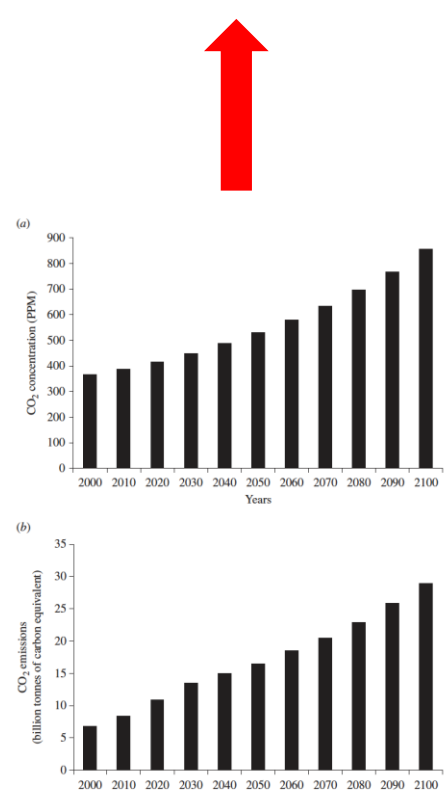
Abandono da terra e desertificação

Disminuição da capacidade de geração de riqueza pelo mundo rural

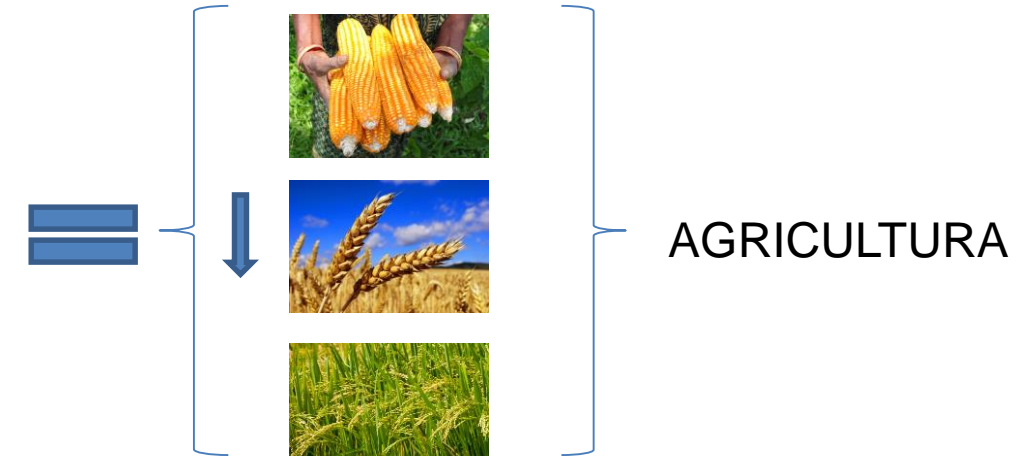
Perdas de opções naturais de adaptação

Desequilíbrios económicos e sociais

MUDANÇA CLIMÁTICA



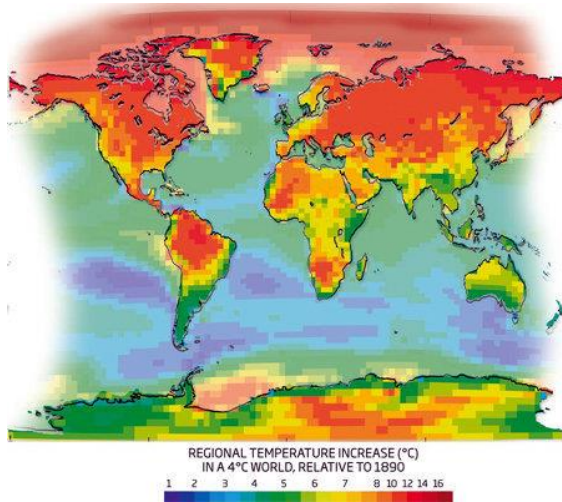
- ↓ Precipitações
- ↑ Temperatura
- ↑ [CO₂]
- ↑ Estresse da seca
- ↑ Degradação da Terra
- ↑ Estresse biótico e abiotico



Lobell et al. (2008). Prioritizing climate change adaptation needs for food security in 2030. *Science*, 312, 1918-1921.

Ceccarelli et al. (2010). Climate change and Agriculture Paper: Plant breeding and climate changes. *J Agric. Sci.* 148, 627-637

Mudança Climática



Vamos tentar descer ao nível da folha para perceber o que pode acontecer ao nível da planta

Ao nível da cultura

- Plant growth
- Biomass accumulation
- Produção
- Qualidade da colheita

Ao nível de folha

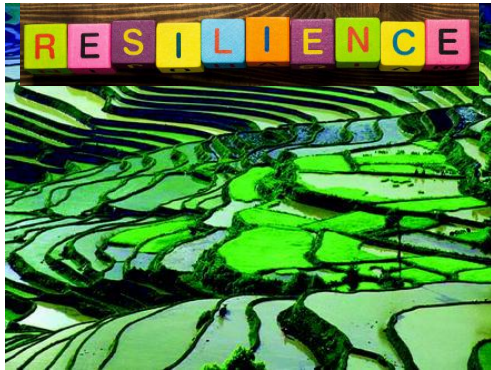
- Transpiração
- Plant CO₂ assimilation
- Stomatal Conductance
- WUE

Descenso das chuvas
Aumento das temperaturas
Acontecimentos climáticos extremos

PESSOAS

Sistemas complexos que procuram uma maior diversificação para ter a oportunidade de oferecer uma resposta diversa aos possíveis efeitos da mudança climática

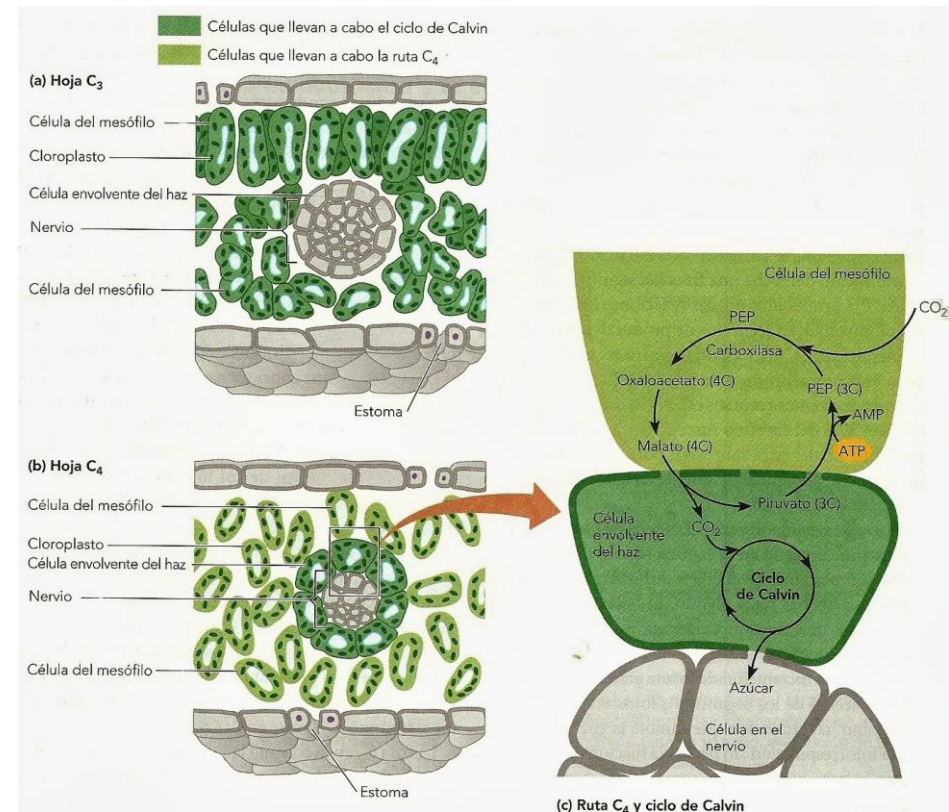
Altieri & Koohafkan (2003)



-High degree of biodiversity
Poly-cultures or agro forestry patterns

CULTURAS

C3 vs C4 A localização da RuBisCO



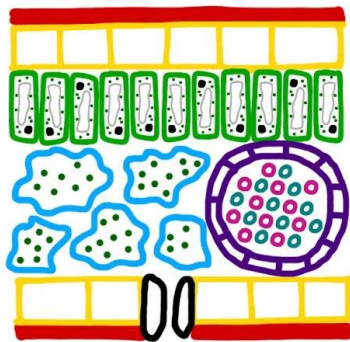
C3 Plants

- Called C3 because the CO₂ is first incorporated into a 3-carbon compound.
- Stomata are open during the day.
- RUBISCO, the enzyme involved in photosynthesis, is also the enzyme involved in the uptake of CO₂.
- Photosynthesis takes place throughout the leaf.
- Most plants are C3.



Arroz, trigo, soya, cevada, árvores

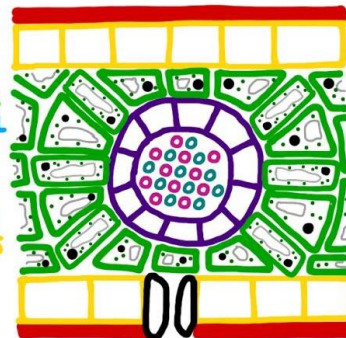
C3 PLANT



WAXY CUTICLE
LOWER EPIDERMIS
PALISADE MESOPHYLL
SPONGY MESOPHYLL
VASCULAR BUNDLE
XYLEM
PHLOEM
BUNDLE SHEATH
LOWER EPIDERMIS
WAXY CUTICLE
STOMATE

Cana de açúcar, milho, sorgo, painço, quinoa

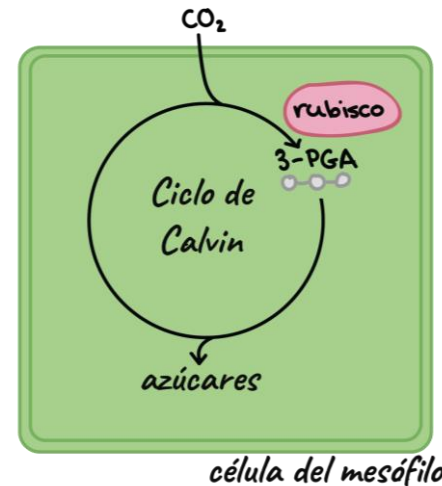
C4 PLANT



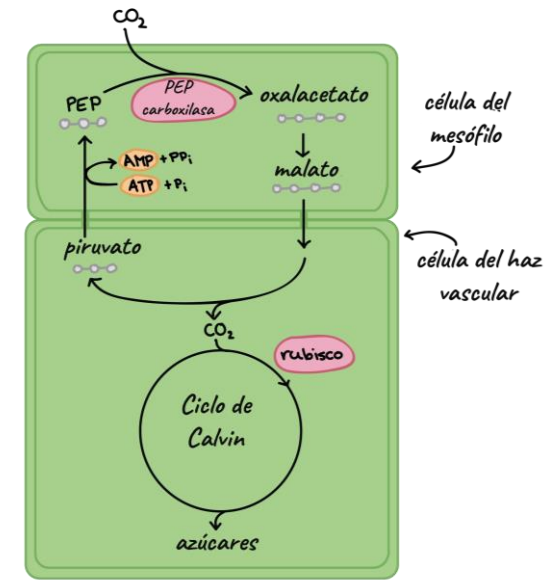
C4 Plants

- Called C4 because the CO₂ is first incorporated into a 4-carbon compound.
- Stomata are open during the day.
- Uses PEP Carboxylase for the enzyme involved in the uptake of CO₂. This enzyme allows CO₂ to be taken into the plant very quickly, and then it "delivers" the CO₂ directly to RUBISCO for photosynthesis.
- Photosynthesis takes place in inner cells (requires special anatomy called Kranz Anatomy)

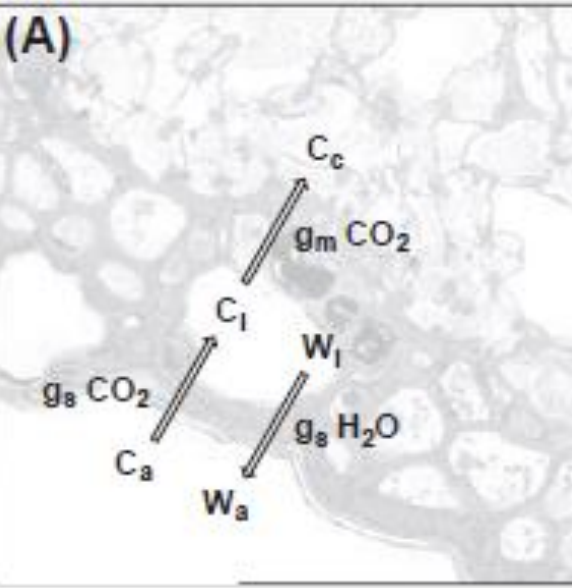
VIA C3



VIA C4



MOVIMIENTO DO CO₂ E DA AGUA A TRAVÉS DA FOLHA



$$A_n = g_s(C_a - C_i)$$

$$A_n = g_m(C_c - C_i)$$



$$A_n/g_s = \frac{g_m/g_s}{1 + g_m/g_s} (C_a - C_c)$$

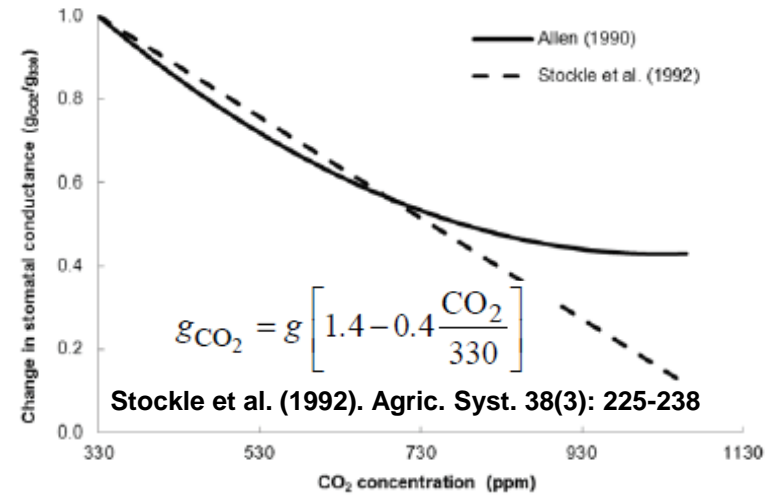


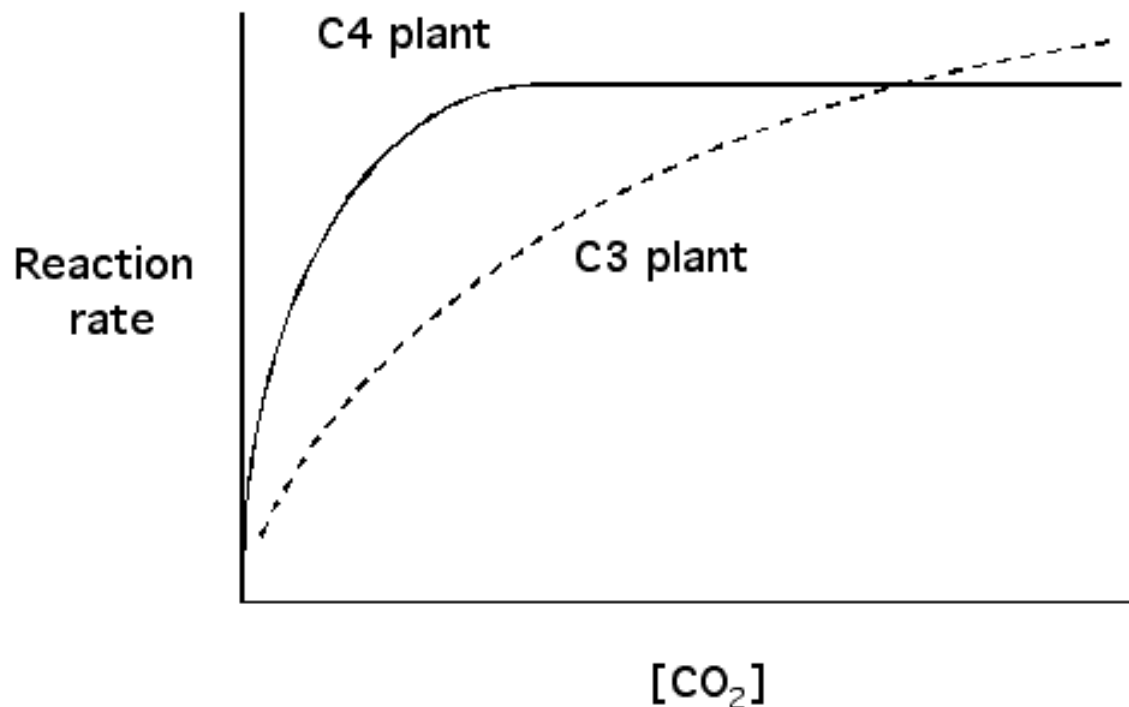
Figure 1. Effect of elevated CO₂ on stomatal conductance. Islam et al. (2012). ASABE, 55, 2135 – 2146

Nadal and Flexas (2018). In: García-Tejero IF, Durán-Zuazo VH (eds). Water scarcity and sustainable agriculture in semi-arid environment. Elsevier AP.

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34 u_2)}$$

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma \left(1 + \frac{0.34 * u_2}{CO_2\text{-factor}} \right)}$$

Devido à disposição da RuBisCO, nas plantas C4, acontece uma rápida saturação da enzima, e portanto no proceso da fotosíntesis.



Mesmo assim, C4 têm uma maior capacidade de adaptação a situações de estresse hídrico pois podem fechar os estomatos, mantendo altas concentrações de CO₂ nas células do feixe vascular das plantas.

Nesta maneira, num contexto de fechamento estomático, a indução da fotorrespiração é maior nas plantas C3

A capacidade de resposta em C3 num contexto de aumento de CO₂ é ainda maior.

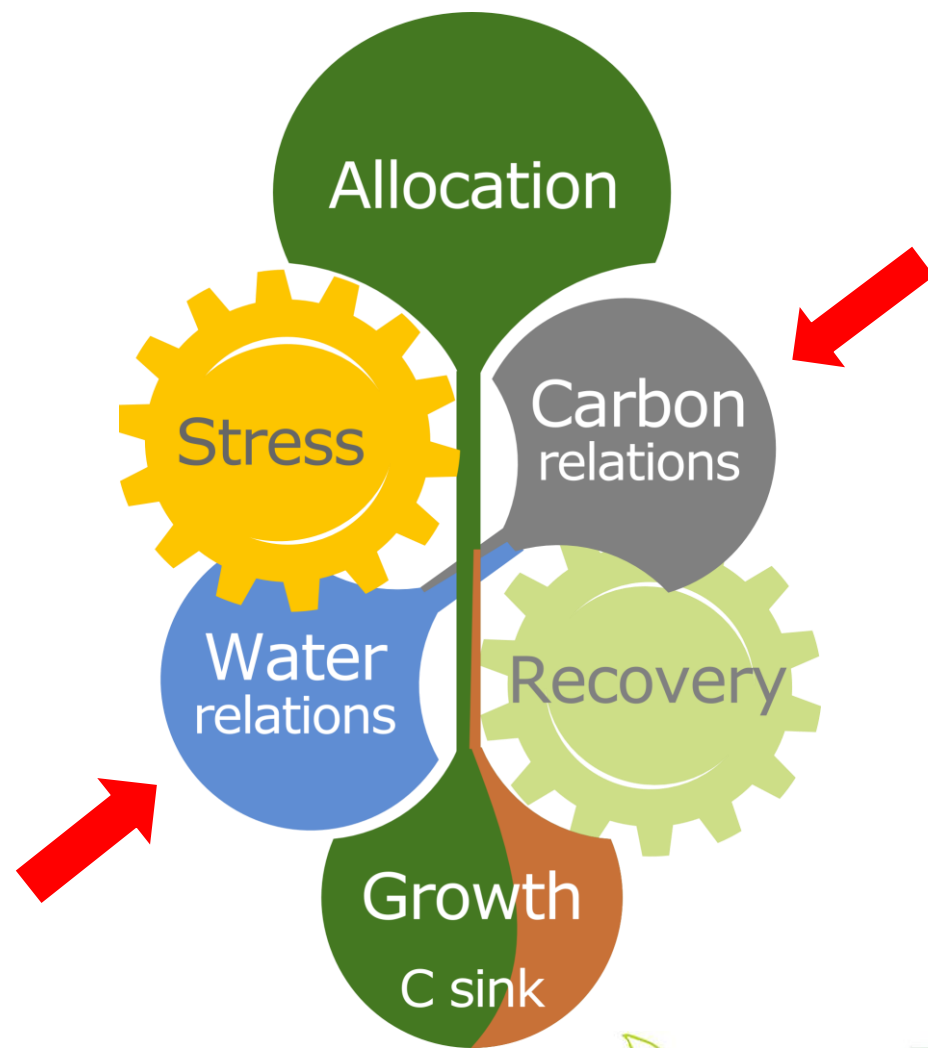
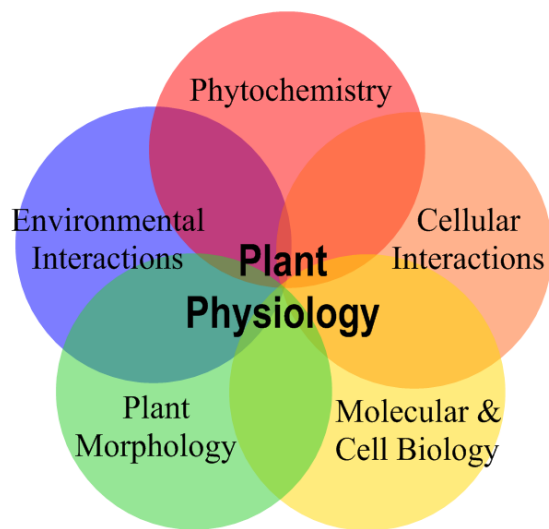


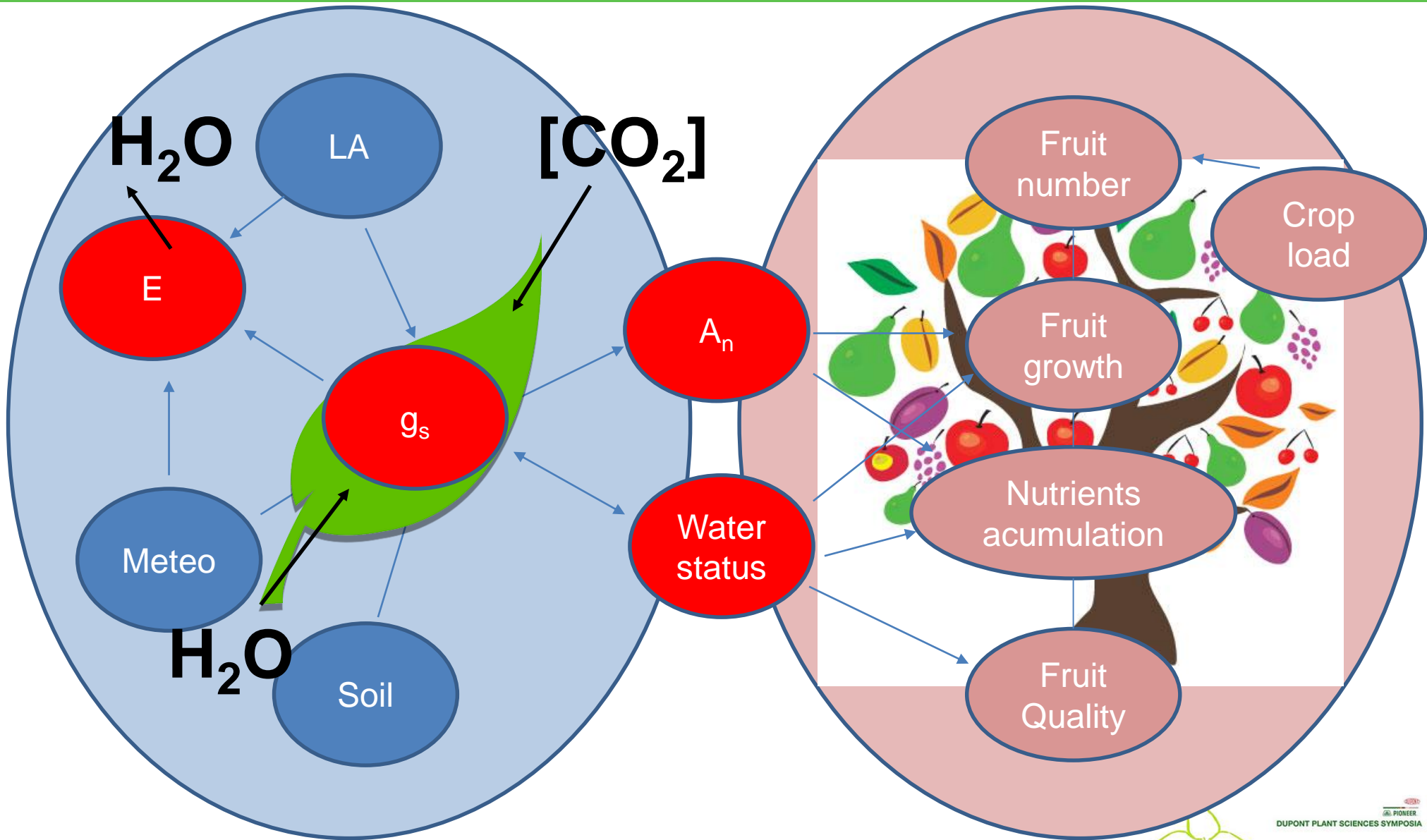
Não é possível falar da gestão da água na agricultura sem considerar que estamos a trabalhar com um sistema muito mais complexo:

O sistema SOLO-PLANTA-AMBIENTE e as complexas interações e relações que acontecem entre as partes do SISTEMA

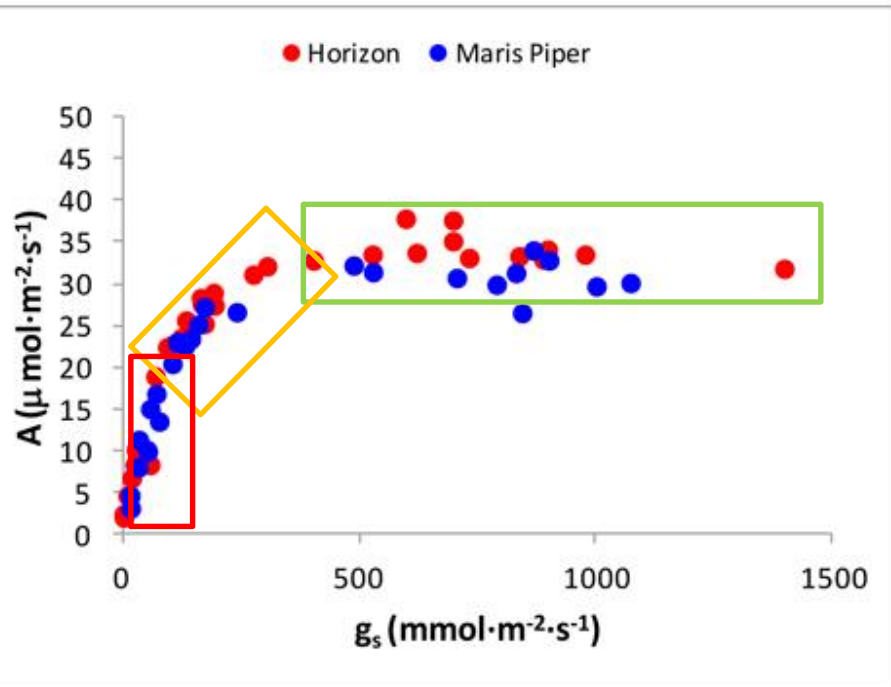
Não é possível falar da gestão da água na agricultura e dos efeitos da mudança climática sem ter em conta o conjunto de procesos e interacções que acontecem na planta.

A fisiología das plantas permite-nos perceber o funcionamento das culturas, a sua interacção com o meio ambiente, as mudanças na morfología, e as interacções ao nível celular e molecular

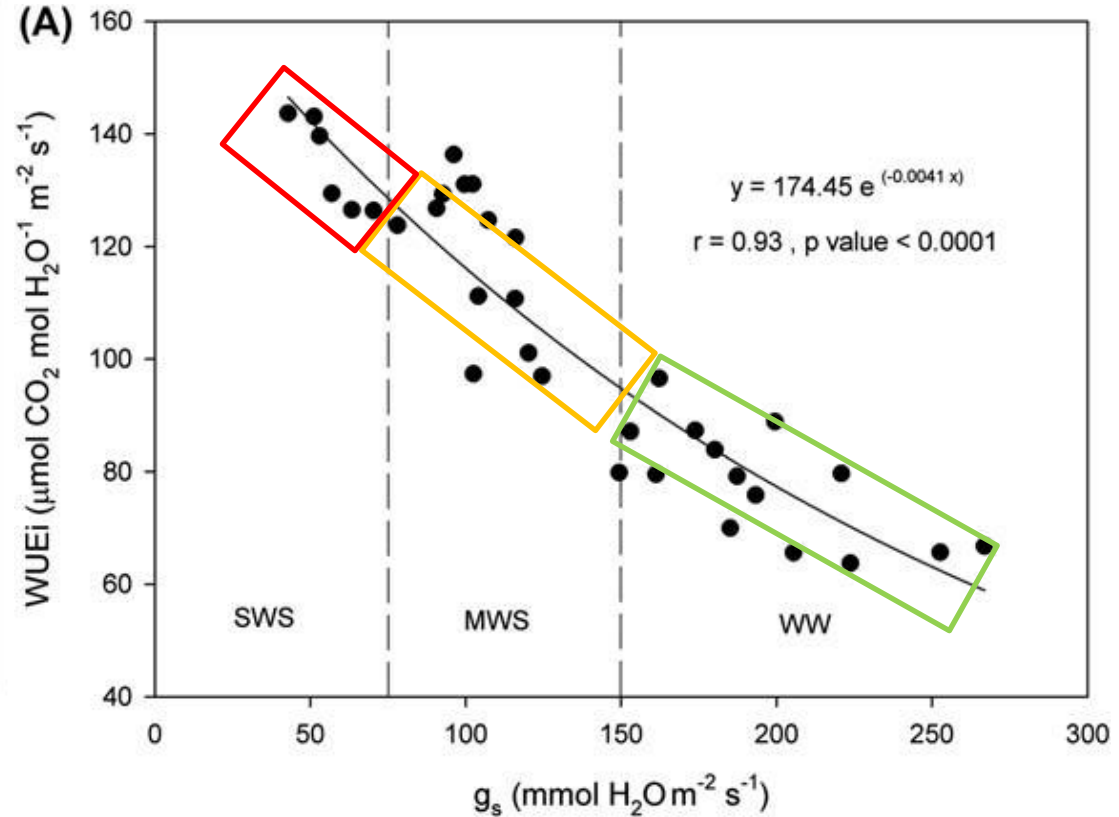




O PAPEL DA CONDUCTÂNCIA DOS ESTOMATOS COM O NÍVEL DA ACTIVIDADE FOTOSSINTÉTICA: A EFICIÊNCIA INTRÍNSECA DO USO DE ÁGUA (WUE_i)

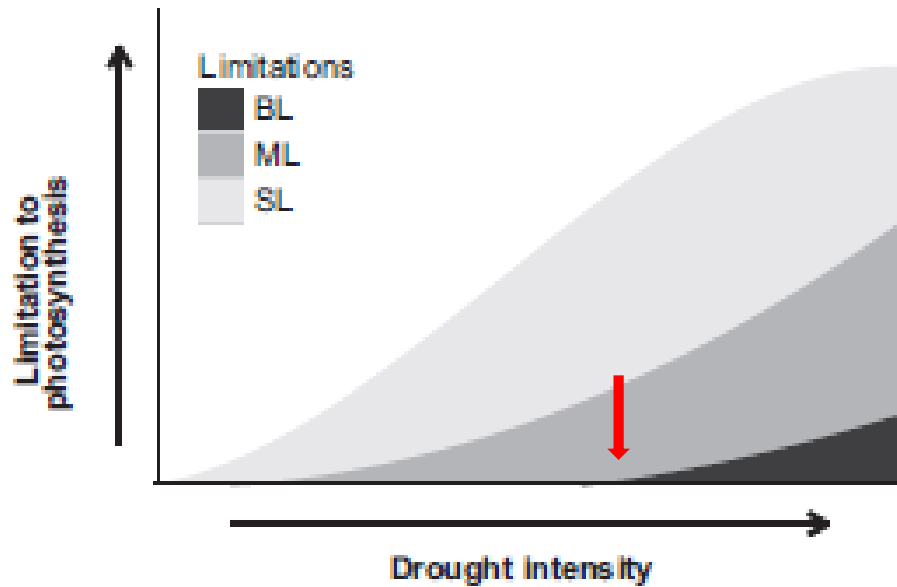


Região onde o aumento da g_s não produz um aumento da actividade fotossintética



Medrano et al. (2018). In: García-Tejero IF, Durán-Zuazo VH (eds). Water scarcity and sustainable agriculture in semi-arid environment. Elsevier AP.

$$WUE_i = A_n / g_s$$



Três limitações fundamentais ao estresse:

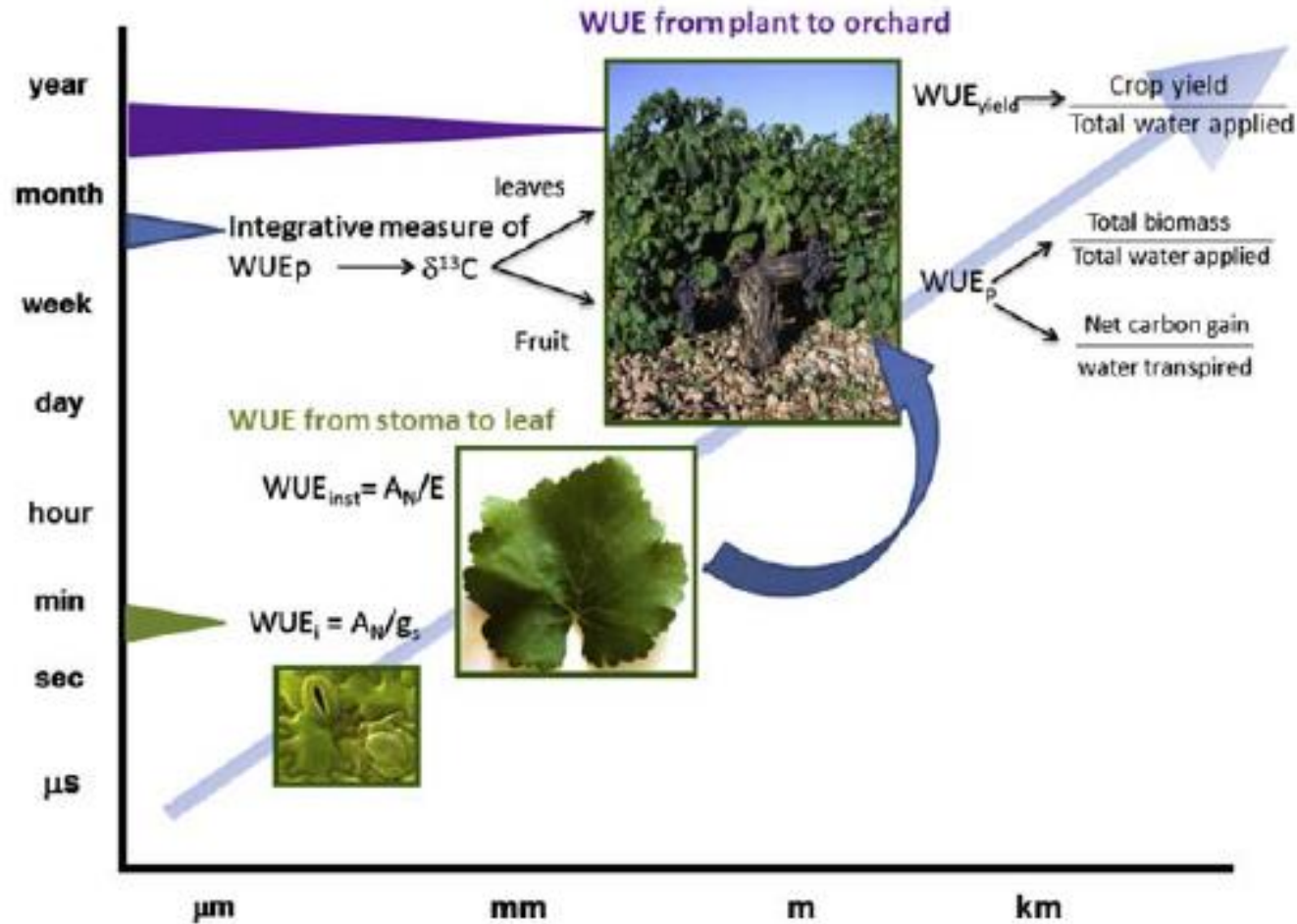
→ Ao nível da condutância dos estômatos

→ Ao nível da condutância do mesófilo

→ Ao nível bioquímico

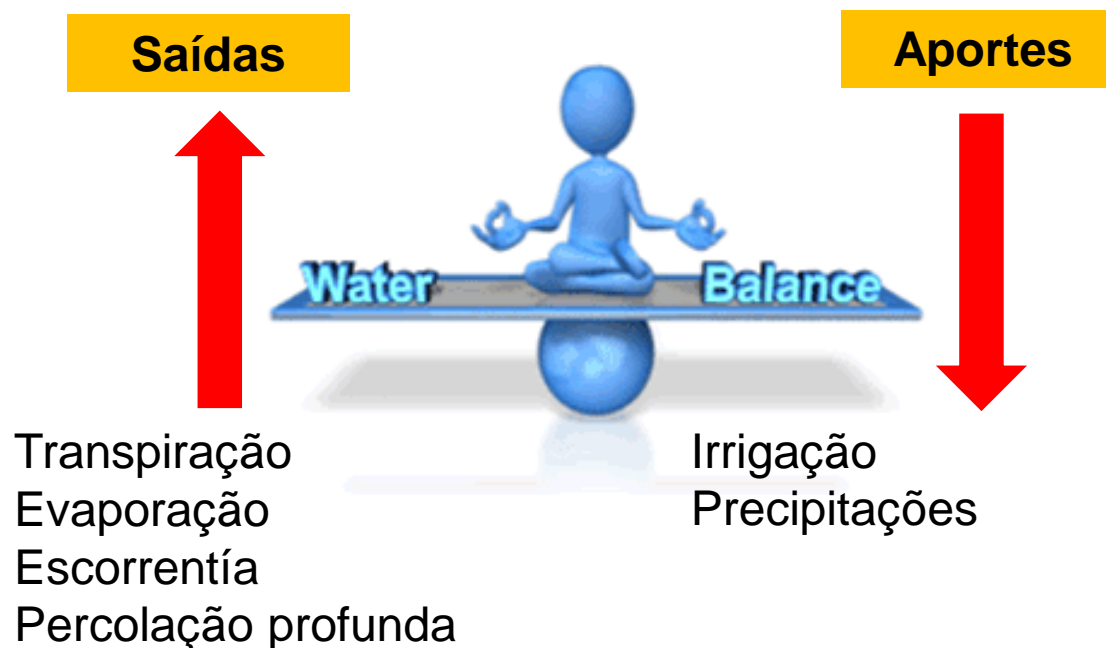
Nadal and Flexas (2018). In: García-Tejero IF, Durán-Zuazo VH (eds). Water scarcity and sustainable agriculture in semi-arid environment. Elsevier AP.

RELAÇÃO DA WUE_i COM WUE_p E WUE_{yield} : O QUE ACONTECE NA FOLHA, ACONTECE NA PLANTA



Medrano et al. (2018). In: García-Tejero IF, Durán-Zuazo VH (eds). Water scarcity and sustainable agriculture in semi-arid environment. Elsevier AP.

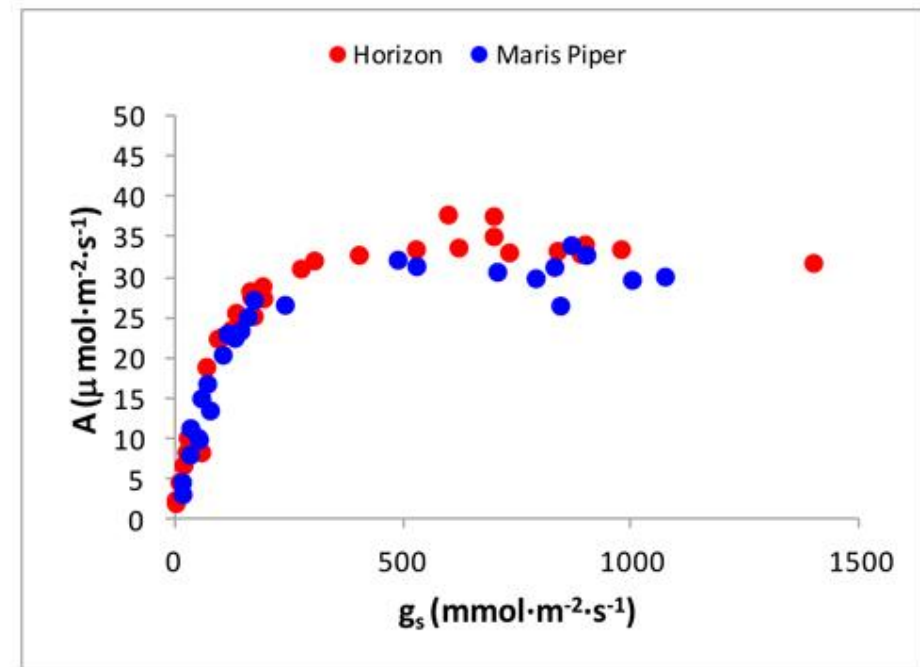
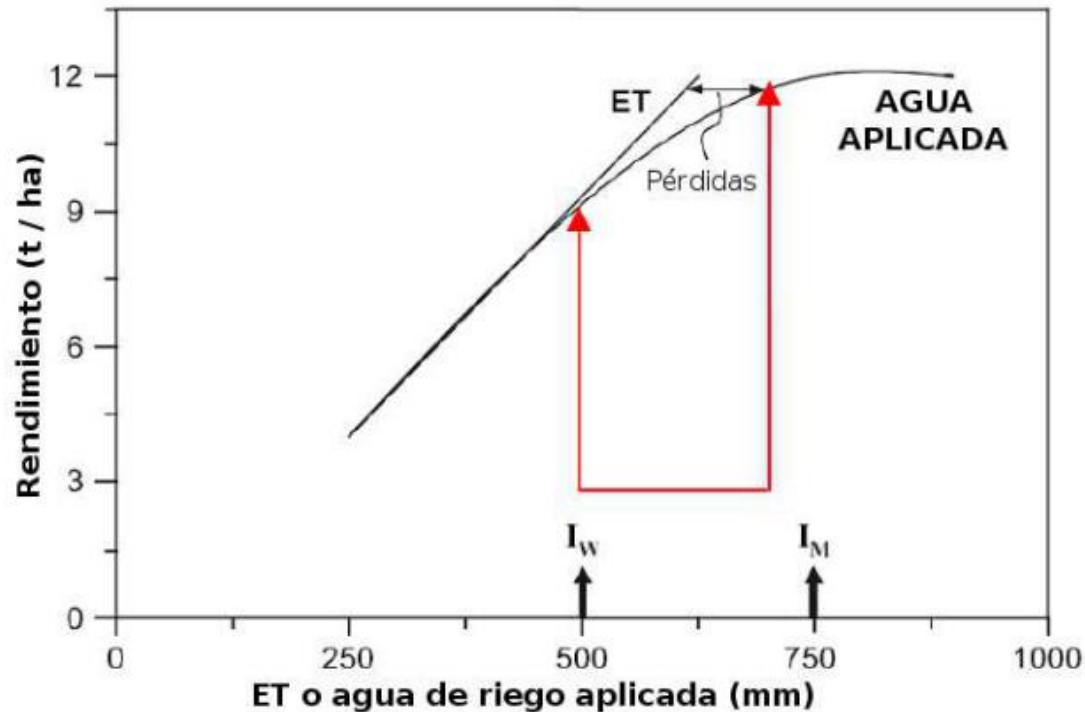
Para conhecer as consequências da mudança climática na gestão da água na agricultura, talvez o primeiro passo é deixar claro os componentes do balanço hídrico



$S > A$ ou bem $S < A \rightarrow$

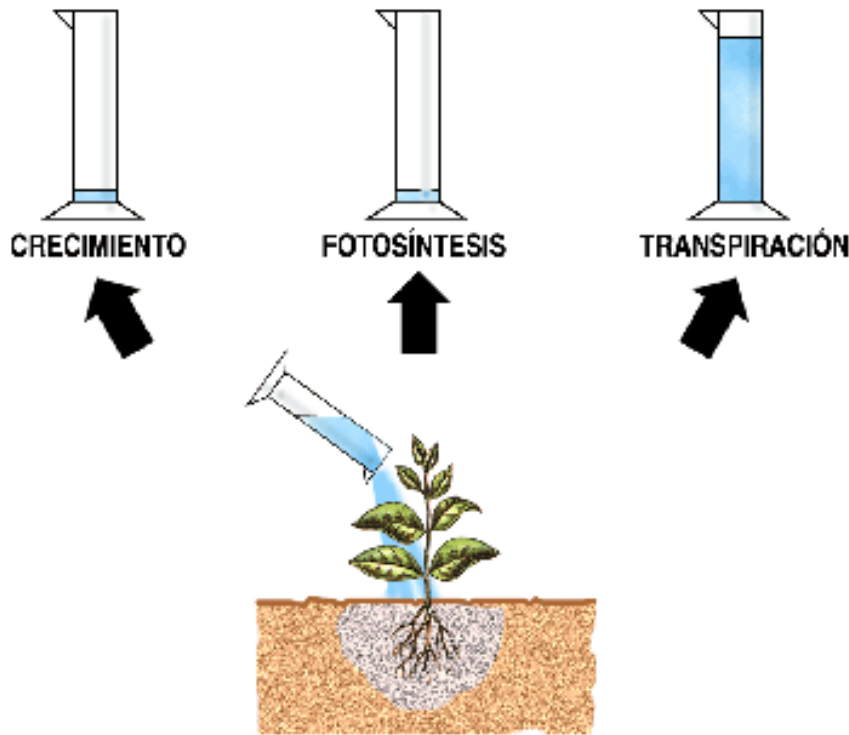


A rega deficitária abrange um conjunto de estratégias que tenham como objectivo uma mudança na filosofia produtiva; baseada num aumento da produtividade da água para encontrar um equilíbrio entre as perdas de produção e a poupança de água.



Modified of Fereres and Soriano (2007). J Exp. Bot. 58:147-159

Os caminhos da água



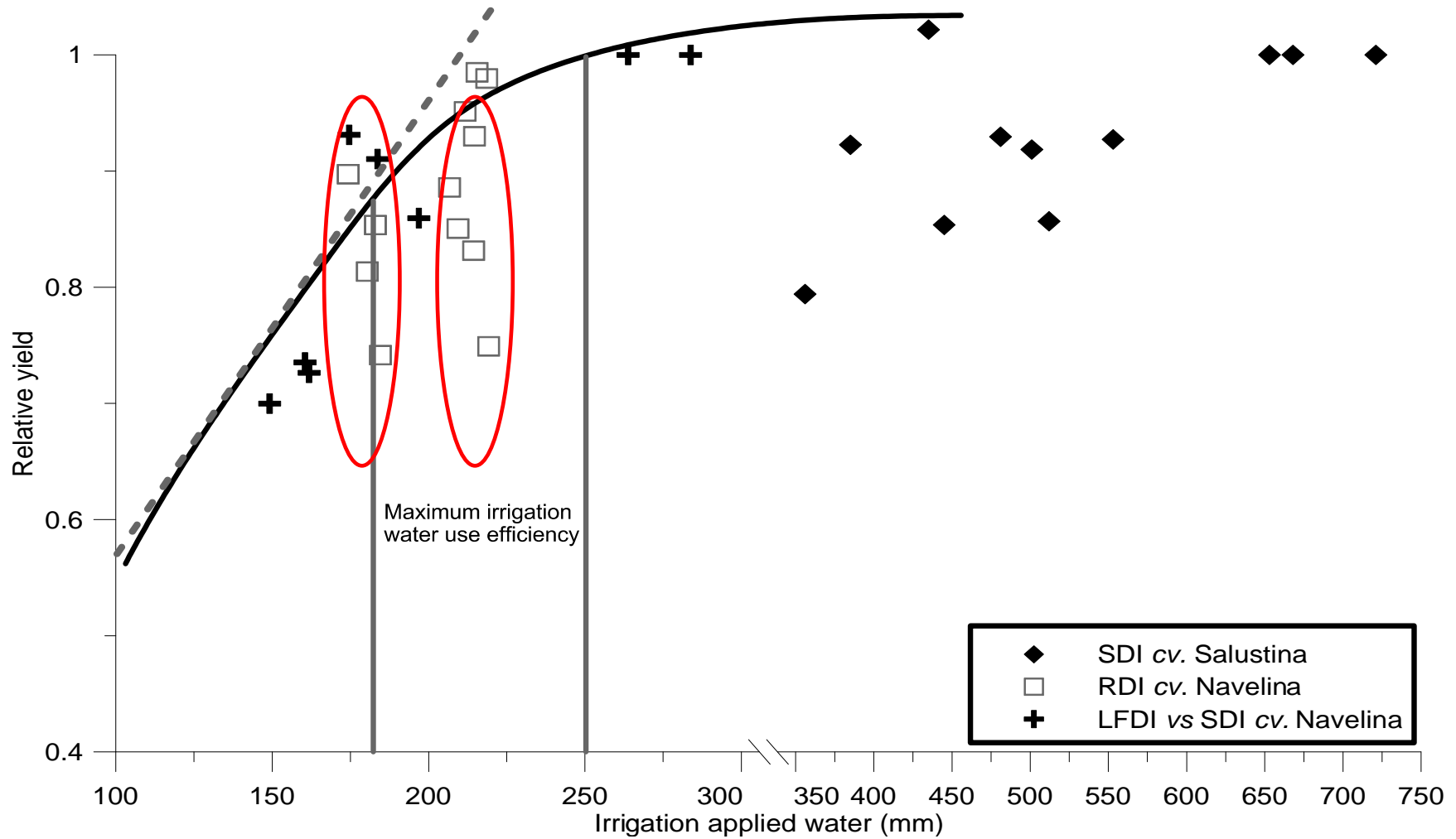
A maioria da água que atravessa a planta não tem nenhuma função em termos de crescimento nem atividade fotosintética.

Esta água tem uma função de transporte, refrigeração, e conservação dos níveis de turgescência da planta.

Isto é; “a taxa” da vida.

Mesmo assim, a pergunta é que possibilidade temos de poupar água sem produzir um prejuicio na cultura.

O QUÉ É MAIS IMPORTANTE, A QUANTIA DE ÁGUA, OU A ESTRATÉGIA DE IRRIGAÇÃO

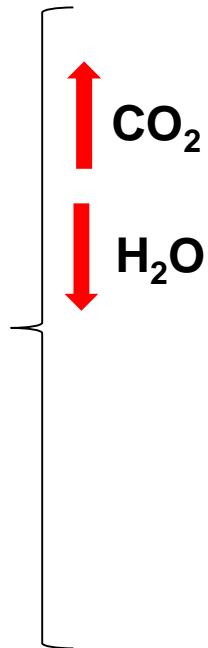


García-Tejero et al. (2011). Sci Hort 124:274-282



- Disponibilidade de água
- A cultura e a sua fenologia
- O cultivar
- Objectivos procurados
- Condições agro-climáticas
- A estratégia para seguer

Mudança climática



Fechamento dos estómatos



Aquelas culturas ou cultivares que tiverem uma boa capacidade do control dos estómatos, poderão conseguir uma maior eficiencia na gestão da rega

↑ **WUE**



PRODUÇÕES SOSTENÍVEIS

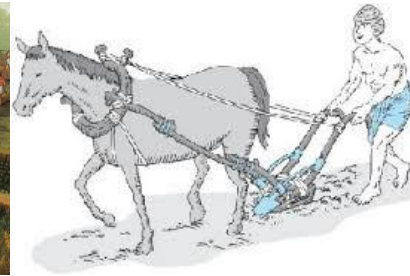
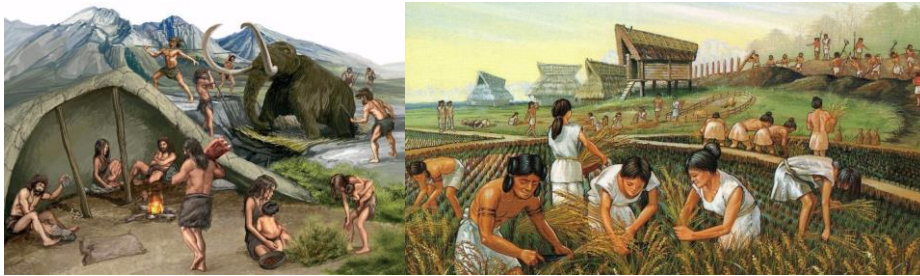


POUPANÇA DE AGUA

Não esquecer outros efeitos que sem dúvida nenhuma, vão por em risco uma agricultura sustentável

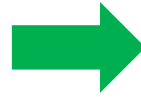
T_a
Radiação
Degradação RRNN
Pragas e doenças

A agricultura é o menos parecido a uma atividade natural. A evolução da agricultura durante séculos tem estado ligada a procura de aquelas especies mais importantes desde o ponto de vista da produção, a capacidade de resistência e dum manejo mais fácil possível.



Quase todas as características desejadas das culturas é o resultado duma selecção de genes e um forçamento geração tras geração. A diferença das práticas atuais com aquelas que eram feitas há muitos anos é que agora é possível a selecção individual daqueles genes que tem uma propriedade de interesse para o produtor.

É preciso a modificação das culturas?

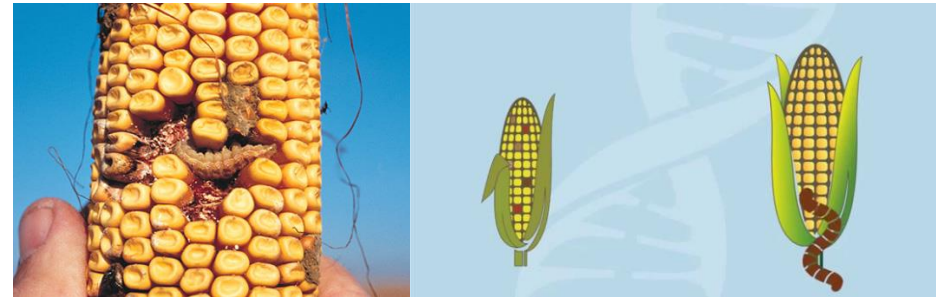


É possível a produção de alimentos para toda a população?

A MODIFICAÇÃO GENÉTICA E SEM DÚVIDA NENHUMA UMA AJUDA AOS PRODUTORES PARA A ADAPTAÇÃO DAS CULTURAS A AQUELAS CONDIÇÕES ESPECÍFICAS DO MEIO MESMO QUE MEJORAR OS RENDIMENTOS NA PRODUÇÃO

O MILHO Bt TEM RESISTÊNCIA AO ESCARABALHO EUROPEIO (Barrenillo). ESTA PRAGA PODE CAUSAR DANOS MUITO IMPORTANTES NA PRODUÇÃO FINAL

IGUALMENTE, A OBTANÇÃO DE NOVAS **VARIETADES RESISTENTES A DIFERENTES SITUAÇÕES PROVOCADAS PELA MUDANÇA CLIMÁTICA, JUSTIFICAM A PROCURA DESTAS NOVAS VARIETADES MESMO QUE O USO DE CULTURAS MELHORADAS GENÉTICAMENTE**

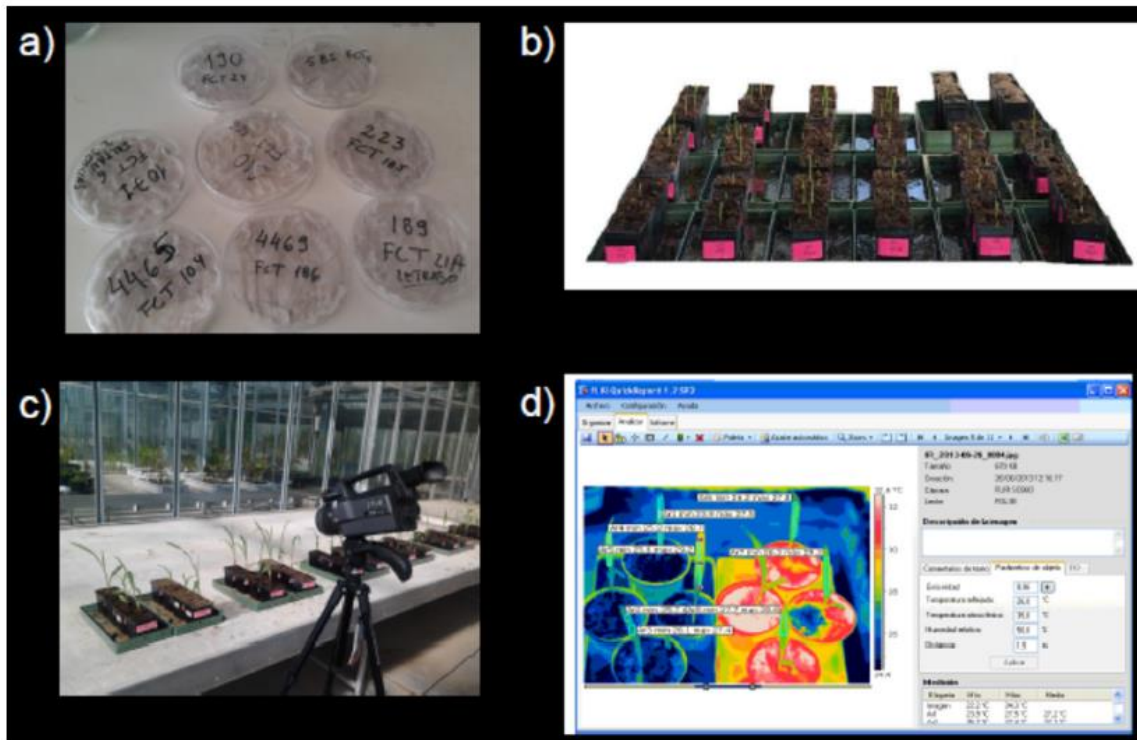


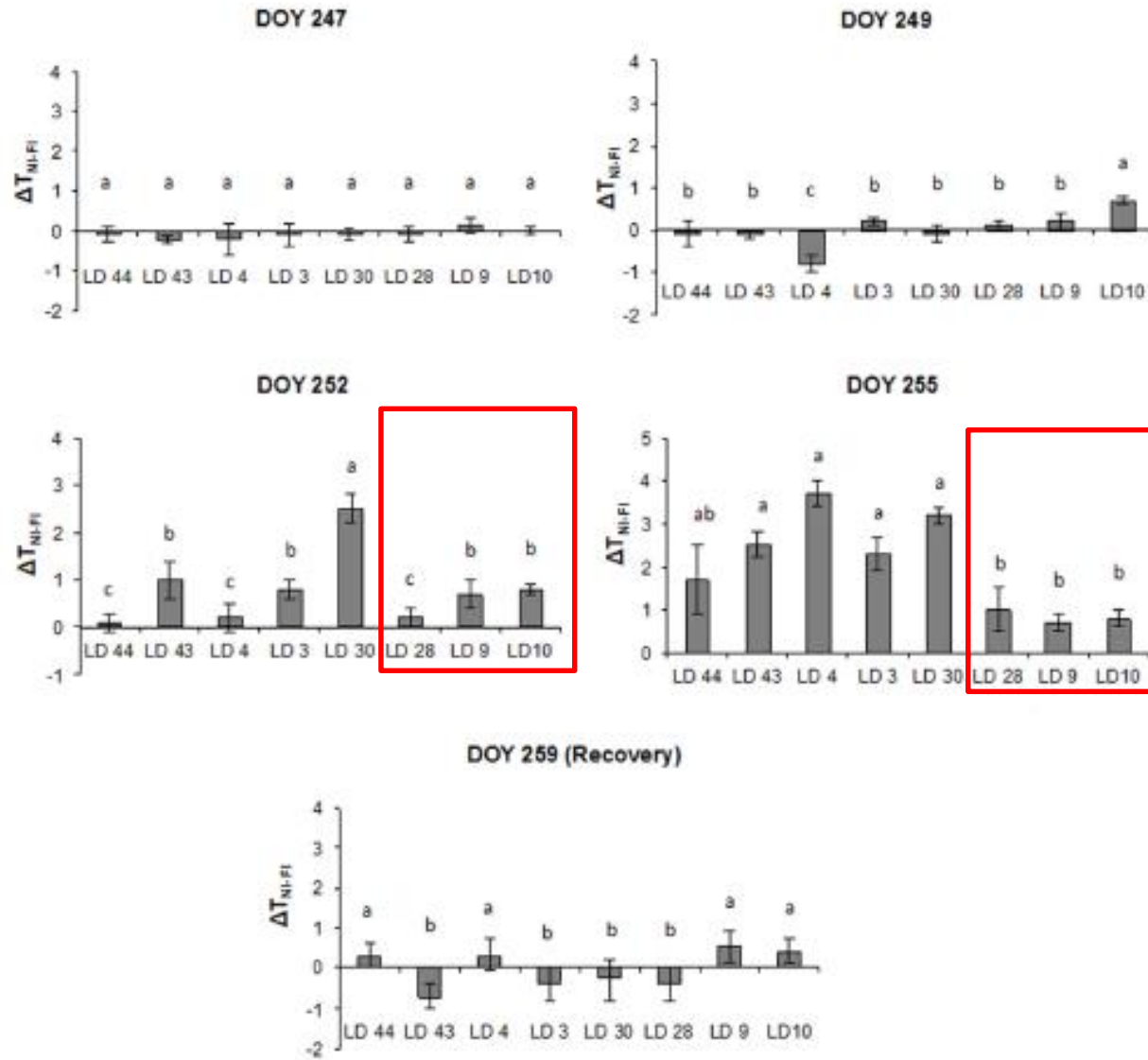
“É muito complicado a justificação razoável a não utilização destas novas tecnologias, como são os OGMs. Tão só com olhar os problemas atuais é futuro do mundo, como a escassez da água por exemplo. As culturas modificadas geneticamente são uma alternativa para estes novos desafios”

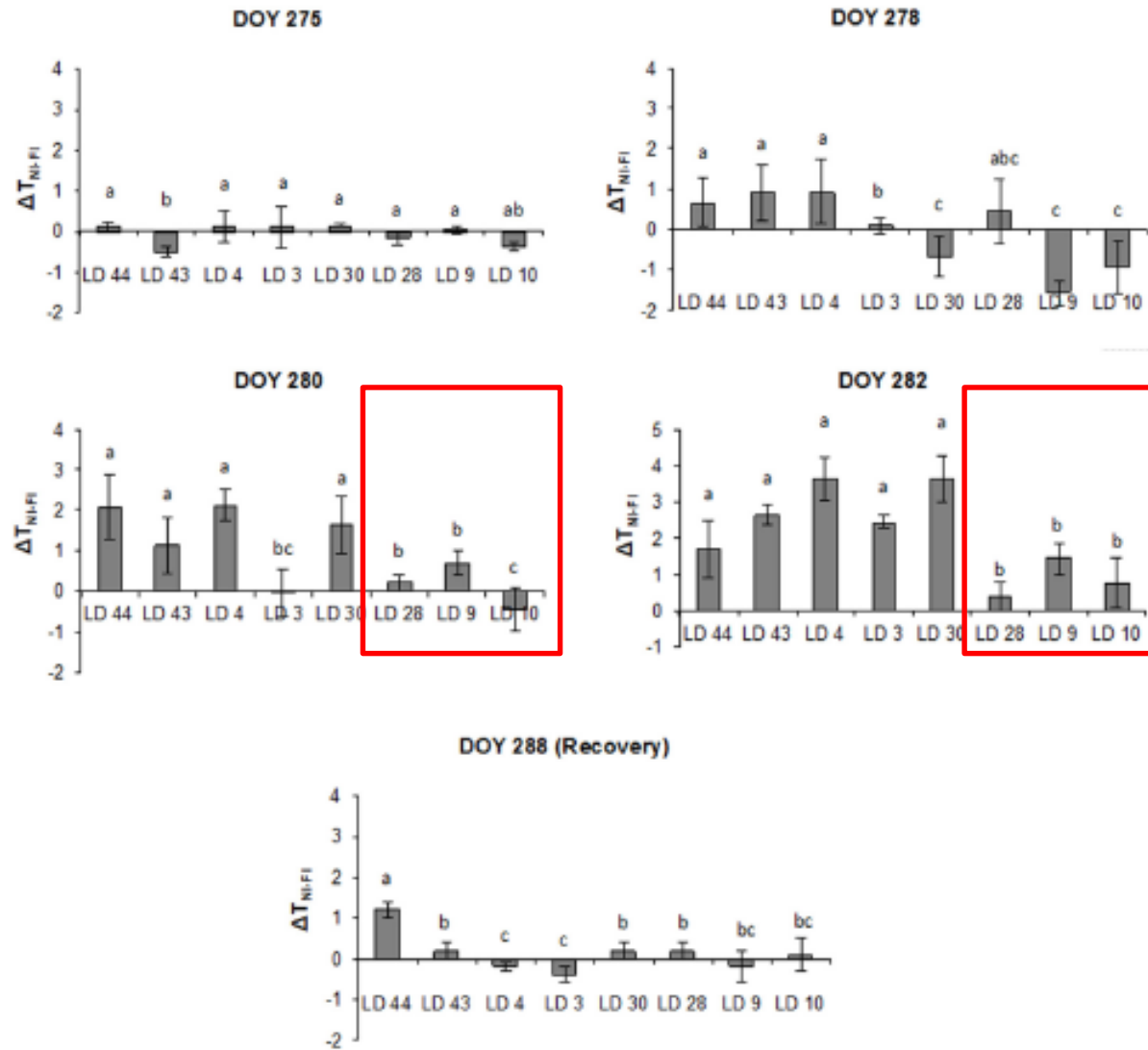
*Sir John Beddington,
Director Científico Asesor
del Reino Unido,
enero de 2011*

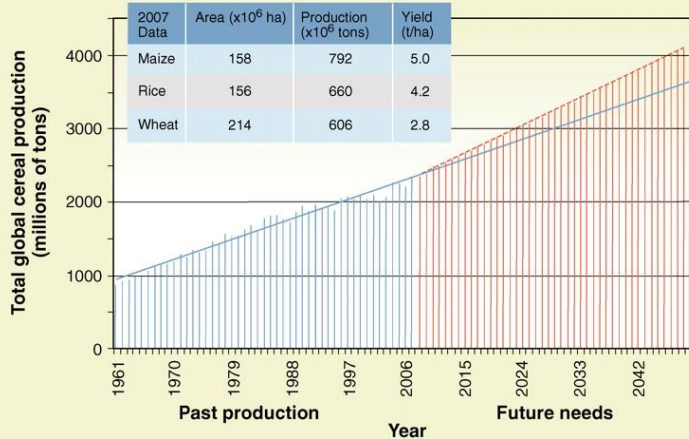
Landraces	Seed colour	Cultivation altitude (m a.s.l.)	Collecting location (GPS)
LD 44	White	338	40°25'326''N 7°55'323''W
LD 43	Yellow	338	40°25'326''N 7°55'323''W
LD 4	Yellow	411	40°36'11''N 7°50'50''W
LD 3	White	411	40°36'11''N 7°50'50''W
LD 30	White	530	40°40'295''N 7°50'193''W
LD 28	Yellow	530	40°40'295''N 7°50'193''W
LD 9	White	862	40°53'765''N 7°42'505''W
LD 10	Yellow	862	40°53'765''N 7°42'505''W

m.a.s.l., meters above sea level.









FOOD SECURITY

Novas culturas com resistencia à seca, pragas e doenças

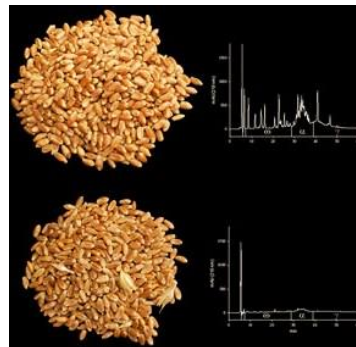
FOOD QUALITY

Produtos com uma maior concentração de substâncias nutricionais (Azeite)

NUTRICIONAIS

Culturas (cereias) com uma maior concentração de proteínas, trigo sem glúten...

AS RAZOES DO PLANT BREEDING E O USO DO OGMs



¿SÃO OS OGMs SEGUROS PARA A SAÚDE E O MEIO AMBIENTE?

A base desta questão fica no desconhecimento e a falta de interesse, mesmo que talvez, um conjunto de empresas e instituições que não têm interesse neles.

No dia de hoje, todos os OGMs são seguros para a saúde. Não só porque previamente têm de passar uma estrita avaliação do risco pela Autoridade Europeia de Segurança Alimentar (EFSA).

No caso da Comissão Europeia, foram publicados dois informes nos anos 2000 e 2010 que englobavam 25 anos de estudos sobre os riscos potenciais destes OGMs

A conclusão foi que:

Dacordo com os resultados obtidos, não há, até hoje, nenhuma evidência científica que relacione os OGMs com riscos para a saúde nem o meio ambiente

¿Qué concluyeron los informes?

1.- Variabilidade genética para o melhoramento de plantas



O ponto de equilíbrio entre biodiversidade, manutenção e sobrevivência

2.- Os cultivares para o futuro



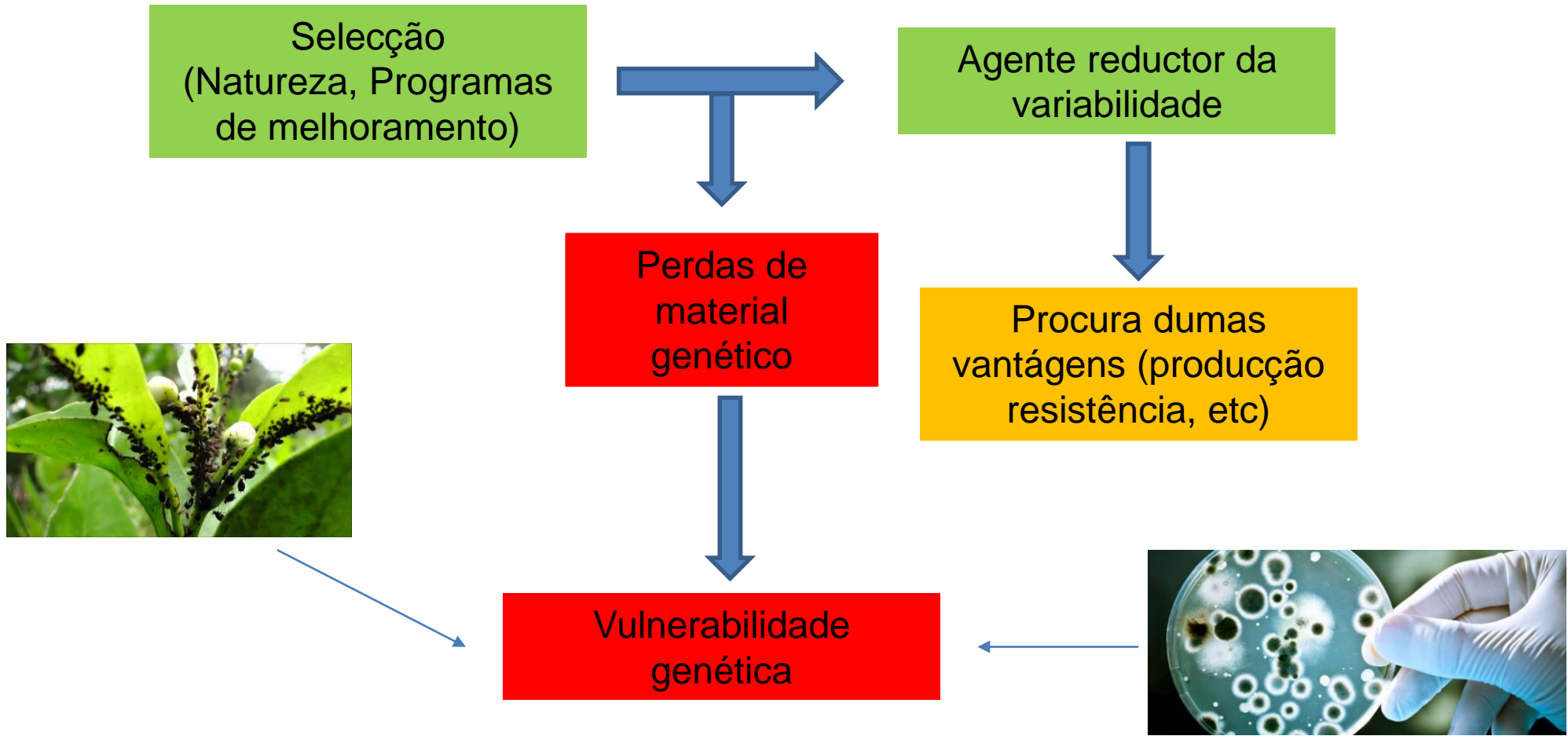
A importancia da preservação da variabilidade genética nos programas de melhoramento

3.- Uma visão do melhorista para o futuro



Respostas rápidas num mundo complexo para um mundo melhor

O PONTO DE EQUILIBRIO ENTRE BIODIVERSIDADE, MANUTENÇÃO E SOBREVIVÊNCIA



Se todos são iguais, a resposta vai ser a mesma (Para o melhor e pior)

Não tudo é a produção



Um material que não atenda às demandas do mercado poderia ser descartado e depois servir como fonte de alelos



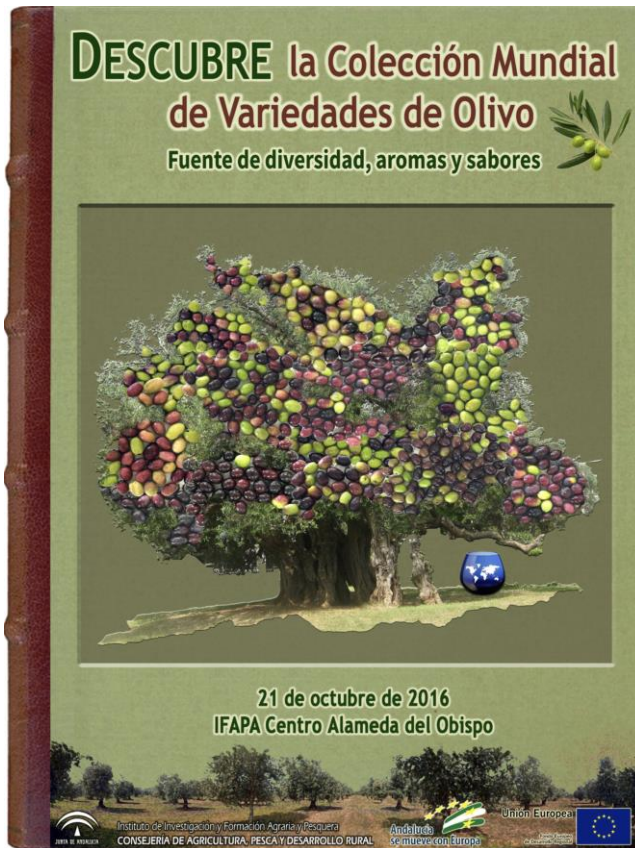
Conservação genética



Reserva de recursos como fonte de riqueza para problemas futuros

Não tem sentido nenhum ter medo de fazer o mesmo que a natureza faz

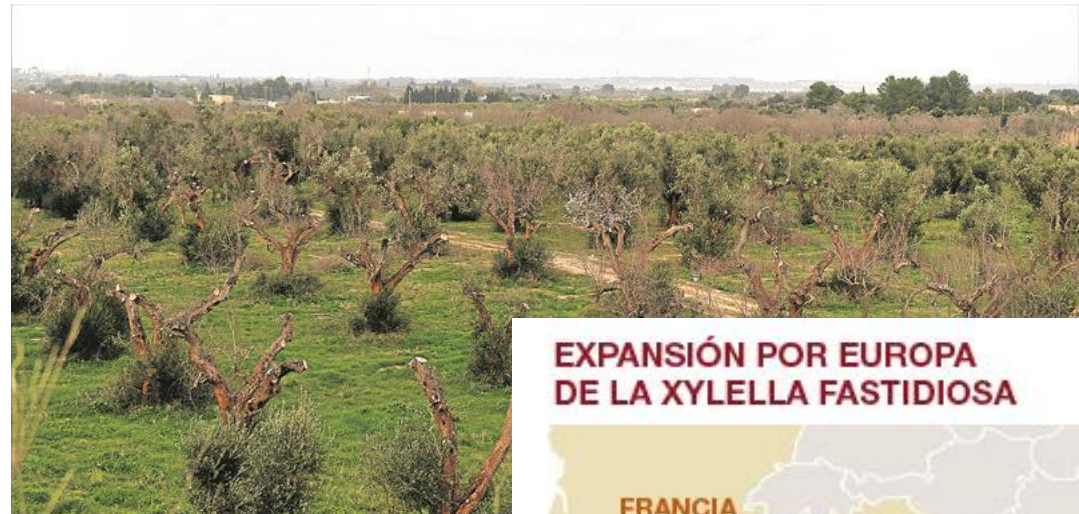
El Banco Mundial de Germoplasma del Olivo



A maior coleção mundial de variedades de olivo fica em Córdoba (Andalucía, España). 890 variedades de 23 países, cada uma delas com umas características e capacidades.



40.000 € / ano

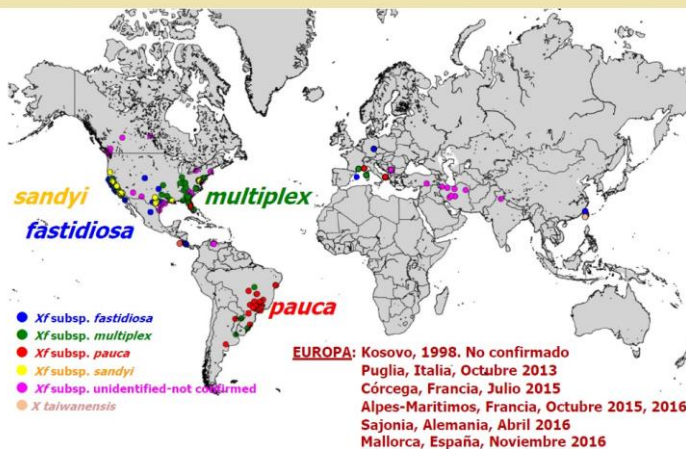


EXPANSIÓN POR EUROPA DE LA XYLELLA FASTIDIOSA



@elperiodico / @EPGraficos

Distribución geográfica de *Xylella fastidiosa*



Adapted from EFSA, 2016. EFSA Journal 13 (1): 3989

Adiantarse ao tempo,
aprendendo do passado



O dia de hoje é
efêmero.

Conhecer a riqueza,
não esquecer o
passado

Nas suas mãos fica o futuro do seu país e a nossa Terra.
Vocês são a elite intelectual. Não esqueçam que outro mundo é possível, é
só por seu conhecimento, a sua força e a sua perseverança.

Sem eles não foi possível



Muito obrigado pela sua atenção

IFAPA

Instituto de
Investigación y
Formación Agraria
y Pesquera

www.ifapa.es
www.servifapa.es



Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera
CONSEJERÍA DE AGRICULTURA, PESCA Y DESARROLLO RURAL

