

Cómo secarse y no morir en el intento. Anhidrobiosis en vegetales.



El agua es un requisito universal para la vida

Los primeros vegetales colonizaron el medio terrestre en el Devónico, hace $450 \cdot 10^6$ años



Estrategias adaptativas a un medio desecante:

- 1.- No llegar a secarse nunca.
- 2.- Secarse pero no morir.



Tolerancia a la desecación

Introducción al estudio de la tolerancia a la desecación

R.A.E.

Deshidratar.

1. tr. Privar a un cuerpo o a un organismo del agua que contiene.
2. prnl. Dicho de un organismo: Perder parte del agua que entra en su composición.

Desecación.

- 1.f. Extracción o eliminación de la humedad de un terreno o cuerpo

Tolerancia a la desecación: Habilidad de un organismo para secarse¹ hasta el equilibrio con aire moderadamente² seco y después recuperar las funciones normales tras la rehidratación

¹ $<0.1 \text{ g H}_2\text{O} \cdot \text{g}^{-1} \text{ peso seco}$

² H.R. 50-70 % a 20-30 °C, $\Psi = -100 \text{ MPa}$

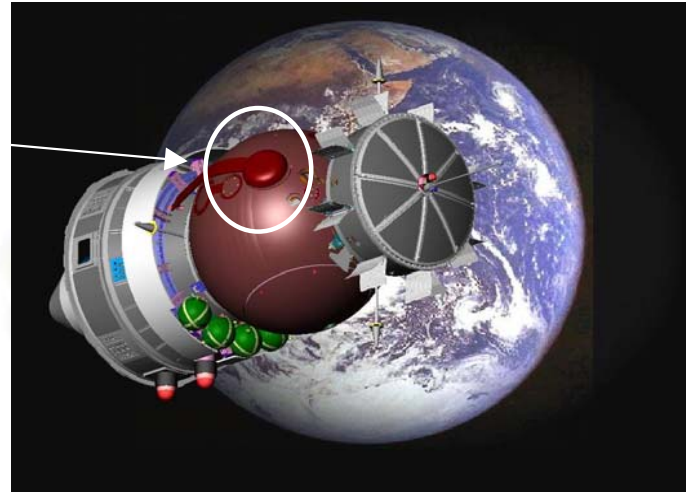
Introducción al estudio de la tolerancia a la desecación

● Secos son **ultra**resistentes a condiciones externas:

- Reviven tras años secos.
- Altas temperaturas $>100\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Bajas temperaturas, N_2 líquido ó $-272\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Vacío.
- Radiaciones UV, iónicas, rayos X.

Introducción al estudio de la tolerancia a la desecación

Foton-M2 mission
ESA Biopan facility
May 31th, 2005



■ Expuestos al vacío absoluto, a amplias fluctuaciones de temperatura, el espectro completo de luz UV y el bombardeo con radiación cósmica durante 14.6 días.

El primer organismo pluricelular en sobrevivir a las condiciones extremas del espacio abierto.



Xanthoria elegans



Rhizocarpon geographicum

Introducción al estudio de la tolerancia a la desecación

1. ¿Cómo sobreviven las plantas a la desecación?

2. ¿Cómo afecta la tolerancia a la desecación la supervivencia de la planta?

Introducción al estudio de la tolerancia a la desecación

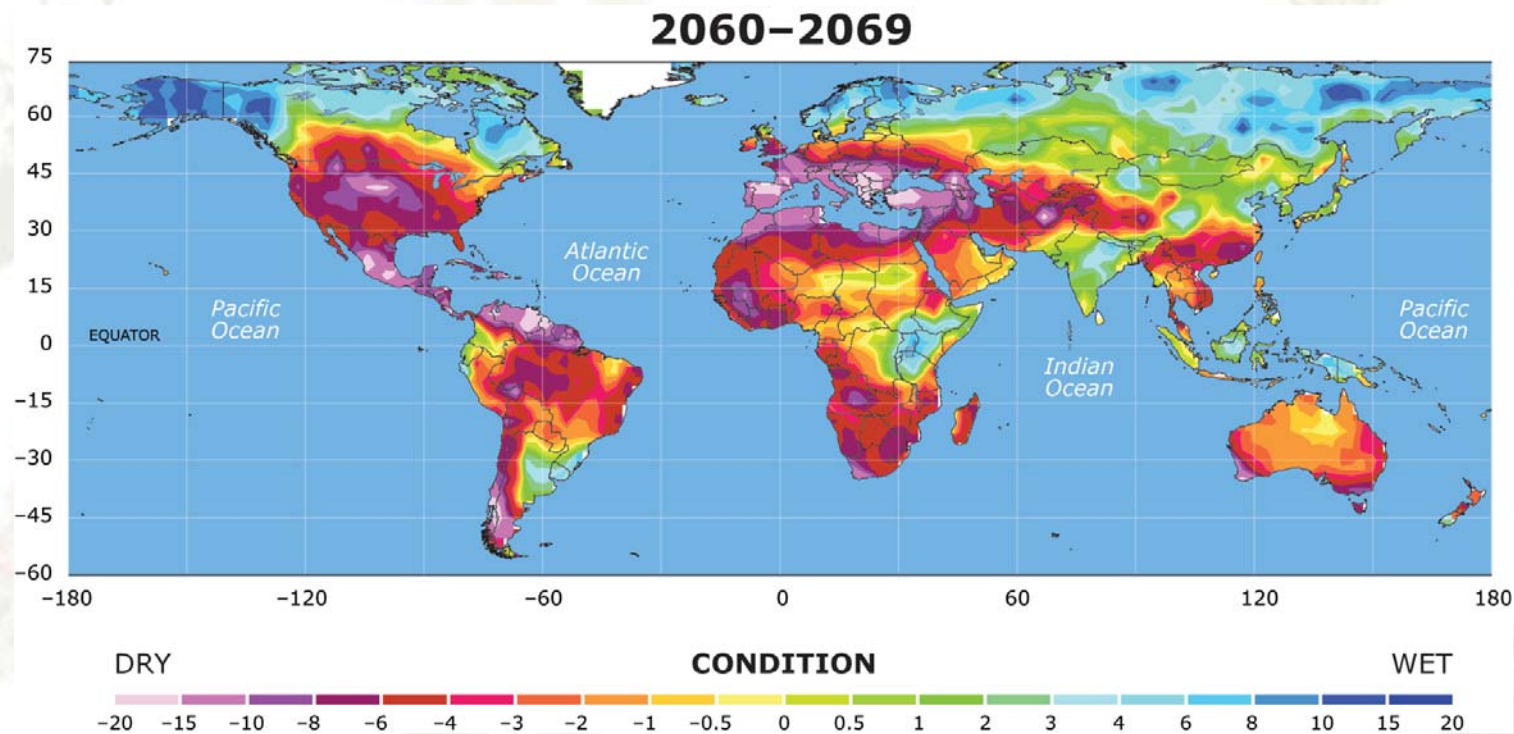
● Interés a nivel biológico-evolutivo:

- ¿Porqué no todas las plantas son tolerantes a la desecación?
- ¿Qué mecanismos han desarrollado para sobrevivir a la desecación?
- ¿Qué ventajas le proporciona en determinados ecosistemas respecto a plantas sensibles a la desecación?
- ¿Cómo evolucionaron los vegetales para conquistar el medio terrestre?

Introducción al estudio de la tolerancia a la desecación

● Interés a nivel agrícola:

- La escasez de agua es el principal factor limitante para la agricultura.
- La sequía aumentará a nivel global en las próximas décadas como consecuencia del cambio global.



National Center for Atmospheric Research (NCAR),

Introducción al estudio de la tolerancia a la desecación

● Interés a nivel agrícola:

- La escasez de agua es el principal factor limitante para la agricultura.
- La sequía aumentará a nivel global en las próximas décadas como consecuencia del cambio global.
- Los principales cultivos como el arroz, el maíz o el trigo son sensibles a la desecación.
- Aplicación mediante bioingeniería de mecanismos de tolerancia a la desecación en plantas de interés agrícola.



Arroz



Maíz



Trigo

Introducción al estudio de la tolerancia a la desecación

● Interés a nivel filosófico o religioso:

- ¿Qué entendemos por vida y muerte?

R.A.E.

Vida: 1.f. Estado de actividad de los seres orgánicos.

2.f. Aquella cuyas tres funciones principales son la nutrición, la relación y la reproducción.

Muerte: 1. f. Cesación o término de la vida.

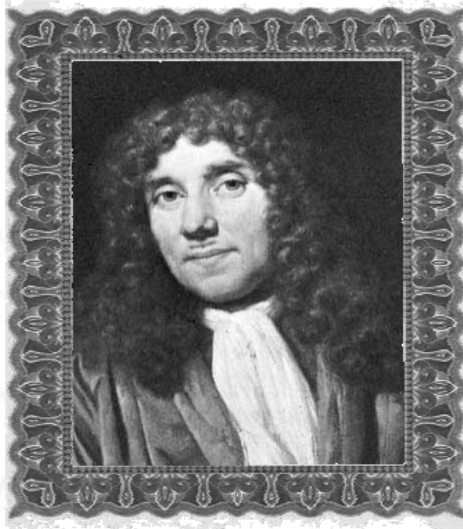
Criptobiosis: f. Estado que consiste en la suspensión de los procesos metabólicos, a la que algunos seres vivos entran cuando las condiciones medioambientales llegan a ser extremas.

Anhidrobiosis: ∼ extrema sequedad.

Introducción al estudio de la tolerancia a la desecación

● Interés a nivel filosófico o religioso:

- ¿Qué entendemos por vida y muerte?
- ¿Existen organismos capaces de regresar de la muerte?



Anthony von Leeuwenhoek
1702

"...Cogí algo del sedimento que había estado en el canalón de plomo...y vertí en él un poco de agua de lluvia...Confieso que nunca pensé que allí pudiera haber ninguna criatura viviente en una sustancia tan seca como estaba.

Sin embargo estaba equivocado; no había pasado una hora escasa cuando ví por lo menos cien animáculos moviéndose."



Louis Doyère

1842

"¿...hay una mera disminución del fenómeno vital,... o realmente hay una absoluta destrucción que uno podría comparar con la misma muerte?"



Felix Pouchet

1859

"Los animales secos y completamente momificados no pueden ser resucitados por rehidratación. Las creencias racionales, la observación, y la experimentación se unen para demostrarlo."

Introducción al estudio de la tolerancia a la desecación



Société de Biologie en Paris, 1860

“[organismos] alcanzando el más completo grado de desecación que pueda conseguirse... pueden todavía mantener la capacidad de revivir en agua”

La tolerancia a la desecación en plantas: rara y ubicua

● Muy poco común.

- La biomasa relativa de las plantas tolerantes a la desecación es muy baja en hábitats no extremos.
- Menos del 1 ‰ de las plantas con flor

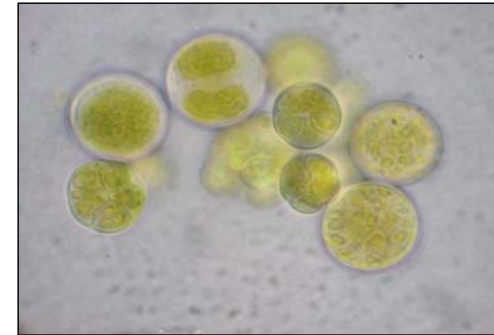
● Universal

- Se encuentran en los cinco continentes.
- En todos los mayores grupos de plantas, con la excepción de las gimnospermas.
- Entre especies con diferentes formas de crecimiento, con la excepción de árboles.
- En semillas y polen de la mayoría de angiospermas y gimnospermas.

La tolerancia a la desecación en plantas: rara y ubicua

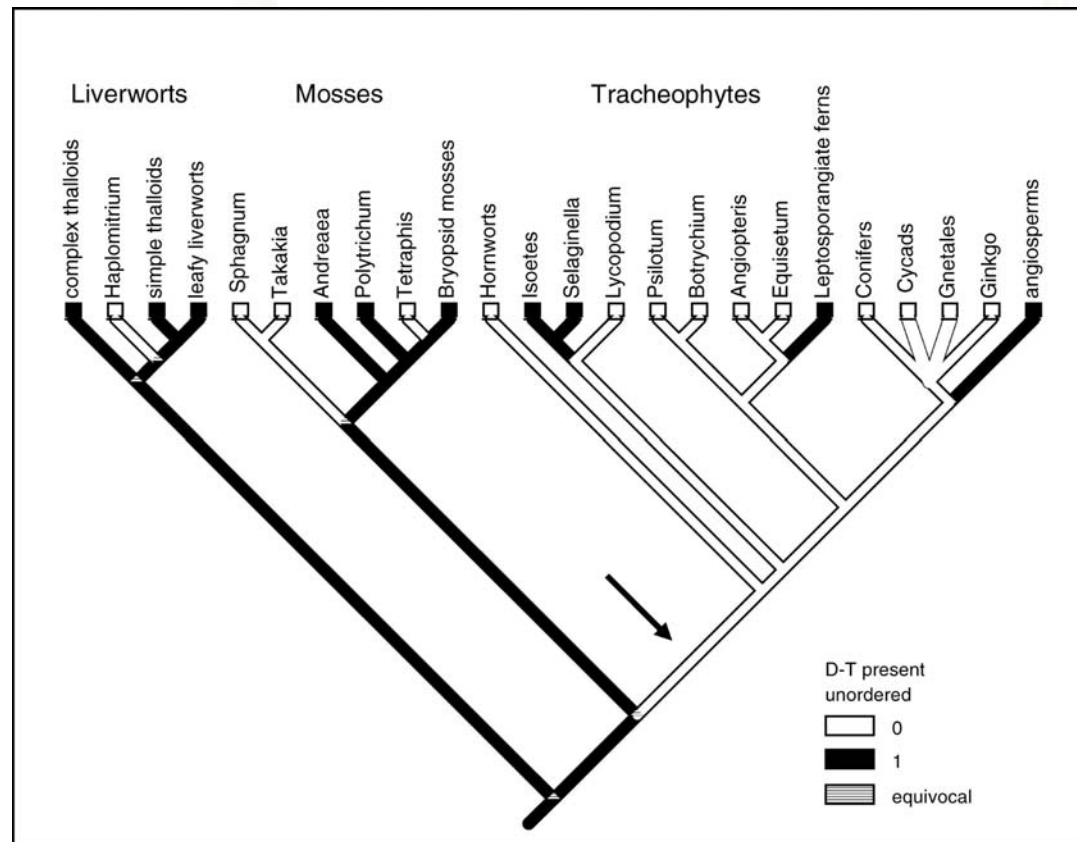
● Tejidos vegetativos

- Frecuente en algas.
- Común en líquenes.
- Común en briófitos, más en musgos que en hepáticas.
- Poco común en pteridófitos.
- Raro en angiospermas.
 - Alrededor de 350 sp de plantas vasculares



La tolerancia a la desecación en plantas: rara y ubicua

- La tolerancia a la desecación ha aparecido 8 veces en plantas vasculares durante la evolución.



INTEGR. COMP. BIOL., 45:788–799 (2005)

Desiccation Tolerance in Bryophytes: A Reflection of the Primitive Strategy for Plant Survival in Dehydrating Habitats?¹

MELVIN J. OLIVER,^{2,*} JEFF VELTEN,^{3,*} AND BRENT D. MISHLER,^{4,†}

La tolerancia a la desecación en plantas: rara y ubicua

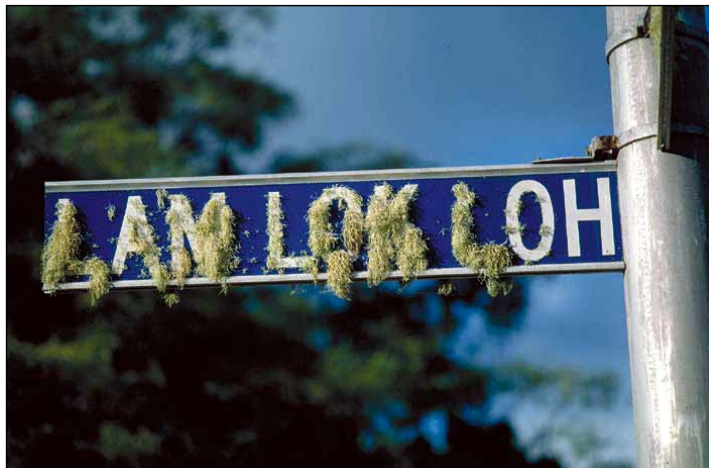
- Los mecanismos básicos de la tolerancia a la desecación deben ser simples
- La tolerancia en plantas está limitada evolutivamente por sus consecuencias para el crecimiento y la competencia.

La ecología de los vegetales tolerantes a la desecación

- Crecen principalmente los intersticios y en los márgenes del mundo vegetal.

Vegetales poiquilohídricos,
son los dominantes en hábitats con
baja capacidad de retención de agua:

- Ramas
- Rocas
- Troncos
- Algunos suelos (arenas, yesos)



La ecología de los vegetales tolerantes a la desecación

- Crecen principalmente los intersticios y en los márgenes del mundo vegetal.

Vegetales poiquilohídricos,

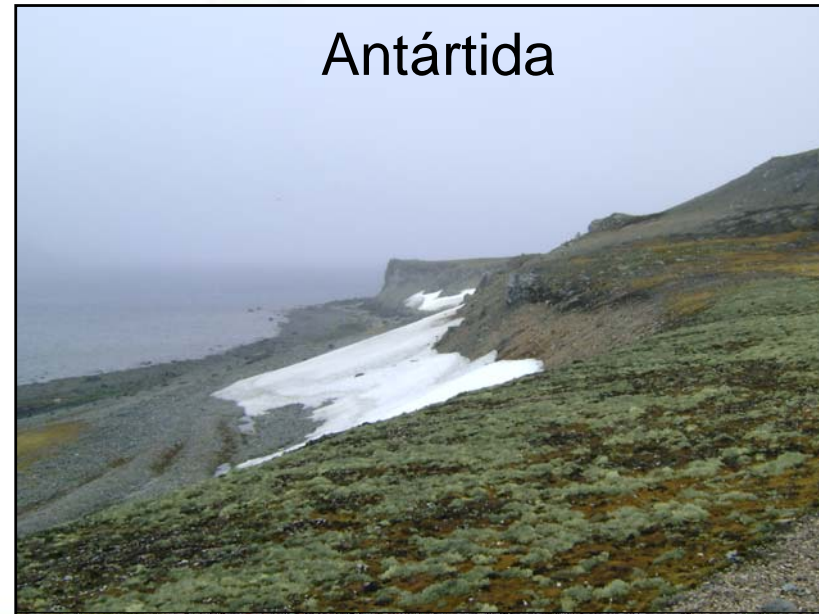
-abundantes en climas templados y mediterráneos,
-muy frecuentes en climas secos y xéricos:

- Desiertos fríos
- Desiertos calientes

Desiertos



Antártida



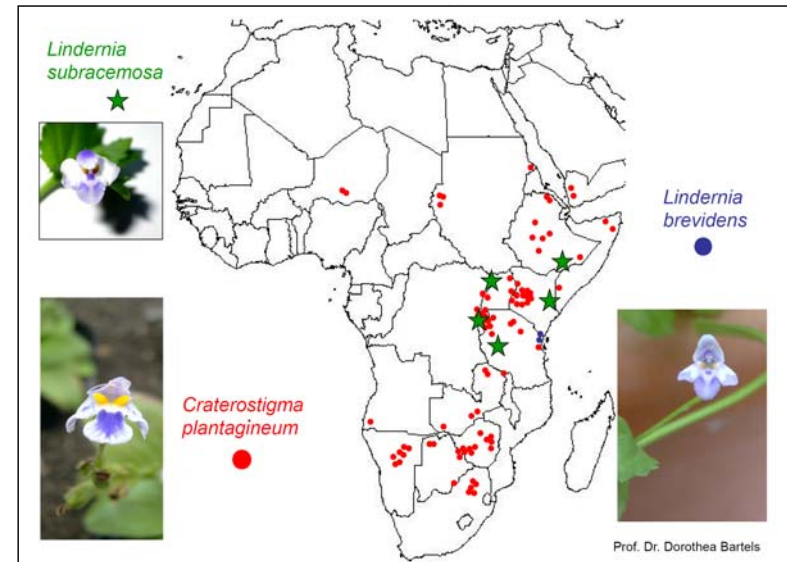
La ecología de los vegetales tolerantes a la desecación

- Crecen principalmente los intersticios y en los márgenes del mundo vegetal.

Plantas vasculares,

- crecen principalmente en afloramientos de roca yerma o en grietas de rocas.

- 90 % en regiones subtropicales de África, Australia y Sureste de Norteamérica.



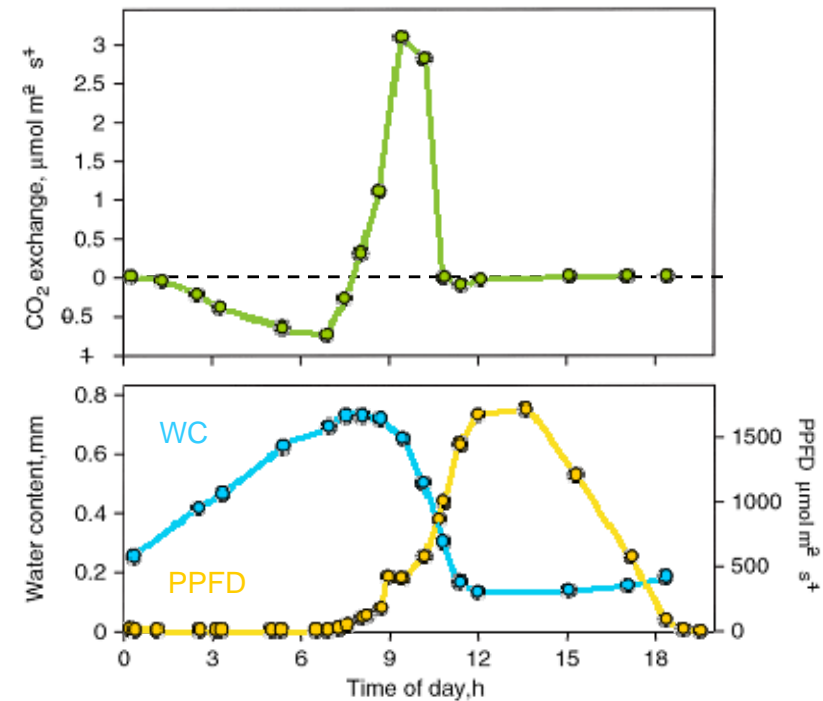
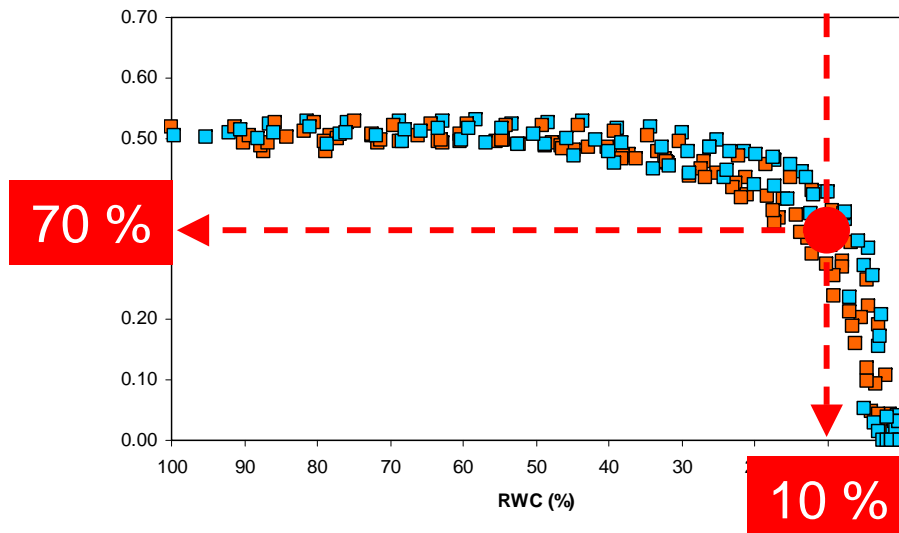
La ecología de los vegetales tolerantes a la desecación

Vegetales poiquilohídricos, su estado hídrico varía pasivamente con las condiciones ambientales:

- Lluvia
- Niebla
- Rocío
- Vapor de agua (clorolíquenes)



Teloschistes capensis



Adaptado de Lange, O.L., et al. (2006). *Flora* 201(4), 268-280.

La ecología de los vegetales tolerantes a la desecación

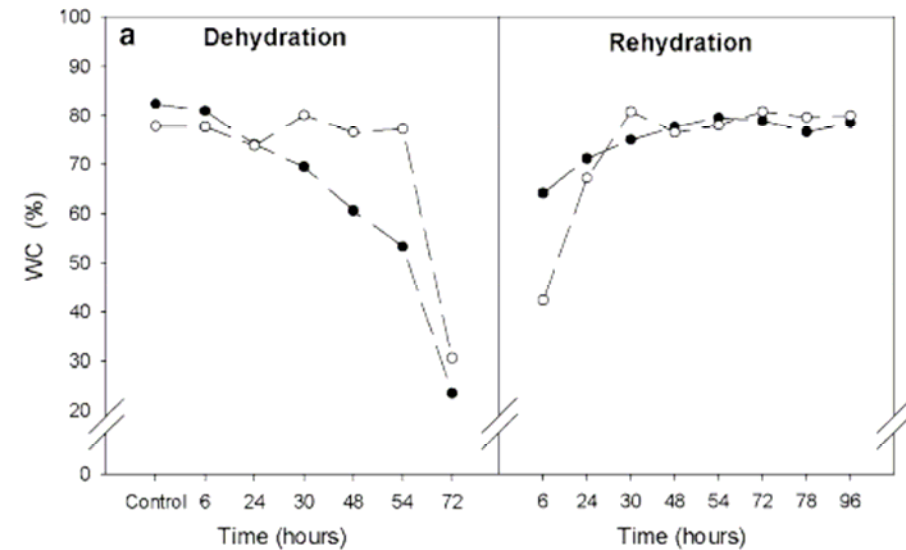
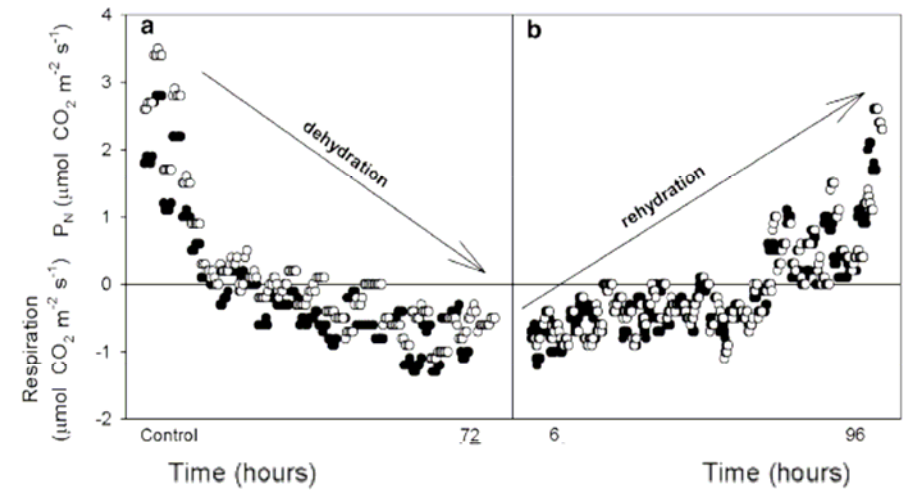


Moss-Fireworks

La ecología de los vegetales tolerantes a la desecación

Plantas vasculares, controlan activamente su contenido hídrico:

■ Lluvia



Acta Physiol Plant (2012) 34:947–955
DOI 10.1007/s11738-011-0891-9

ORIGINAL PAPER

Differences in physiological adaptation of *Haberlea rhodopensis* Friv. leaves and roots during dehydration–rehydration cycle

Evelin R. Péli · Gergana Mihailova ·
Snejanka Petkova · Zoltán Tuba · Katya Georgieva



Haberlea rhodopensis

La ecología de los vegetales tolerantes a la desecación



Xerophyta humillis

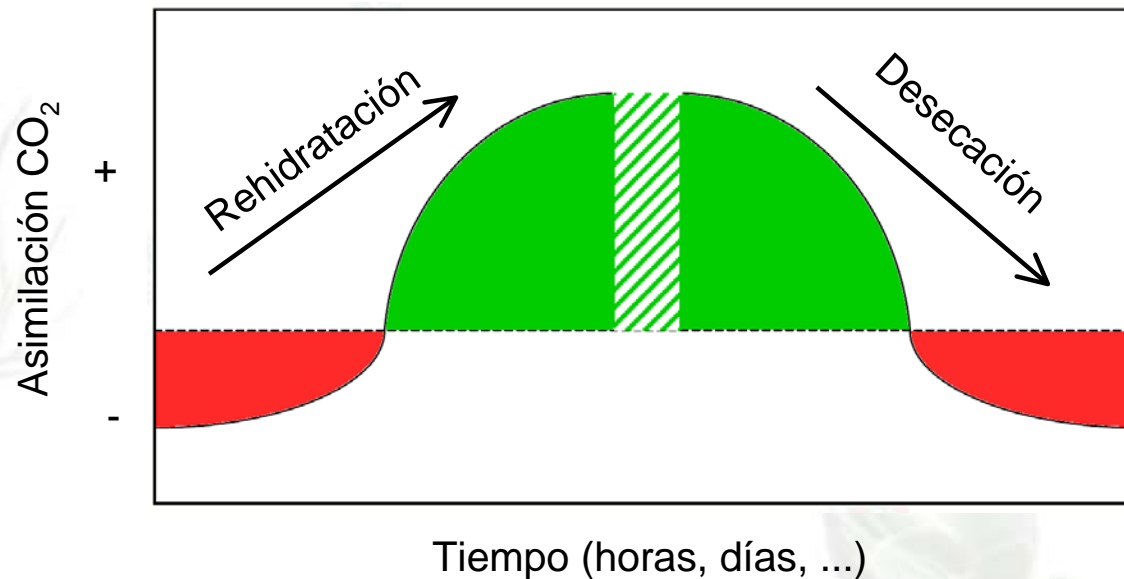
Prof. Jill Farrant

University of Cape Town

<https://www.youtube.com/watch?v=2YYdgqZaXCc>

La ecología de los vegetales tolerantes a la desecación

El balance de carbono condiciona la supervivencia de las plantas.

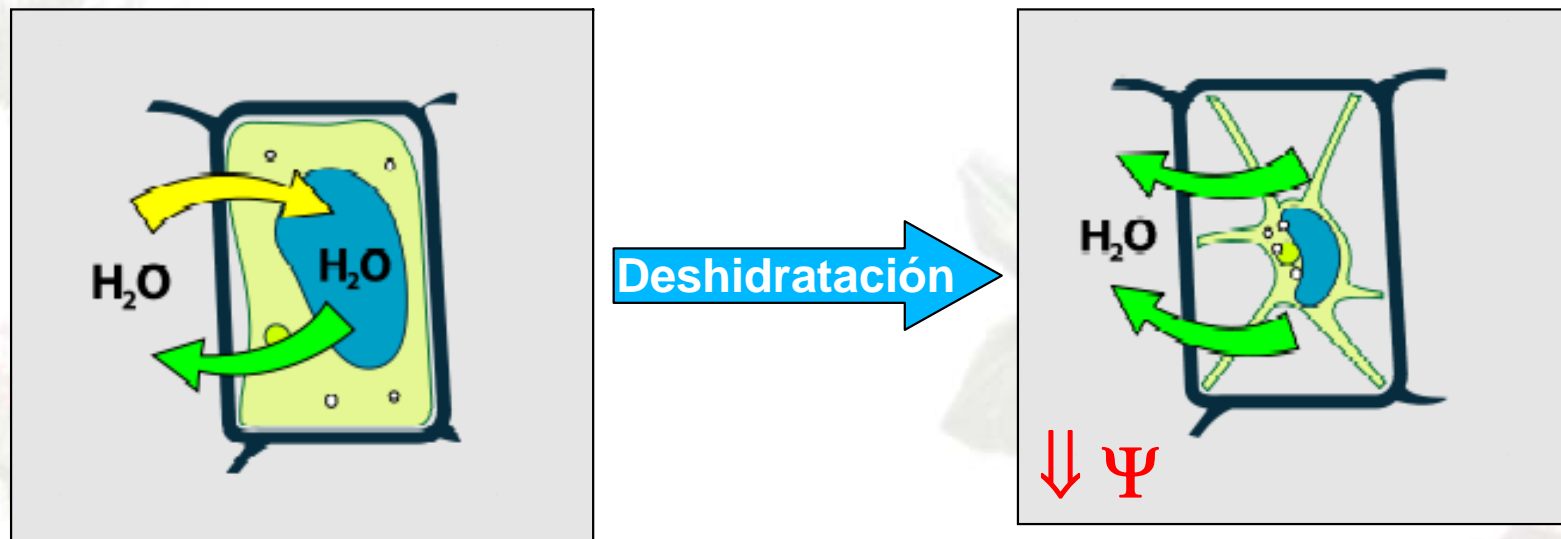


● La desecación aumenta la proporción respiración/fotosíntesis:

- La fotosíntesis cesa antes que la respiración durante la desecación y reanuda después que la respiración durante la rehidratación.
- La respiración suele ser superior a la normal durante la rehidratación.
- Las plantas tienden a estar rehidratadas durante la noche cuando no pueden fotosintetizar, y se secan más rápidamente durante el día cuando la intensidad lumínica es alta.

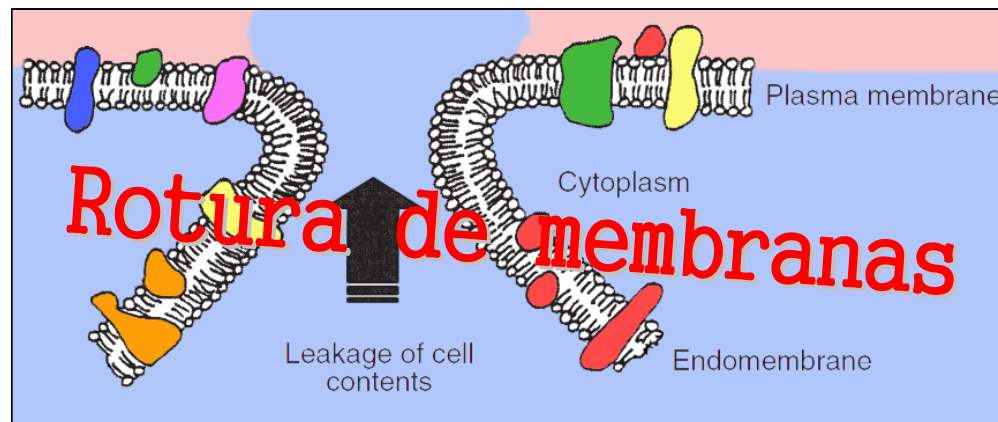
Daños celulares durante la desecación

- Principal efecto de la deshidratación es la disminución del volumen celular.



Daños celulares durante la desecación

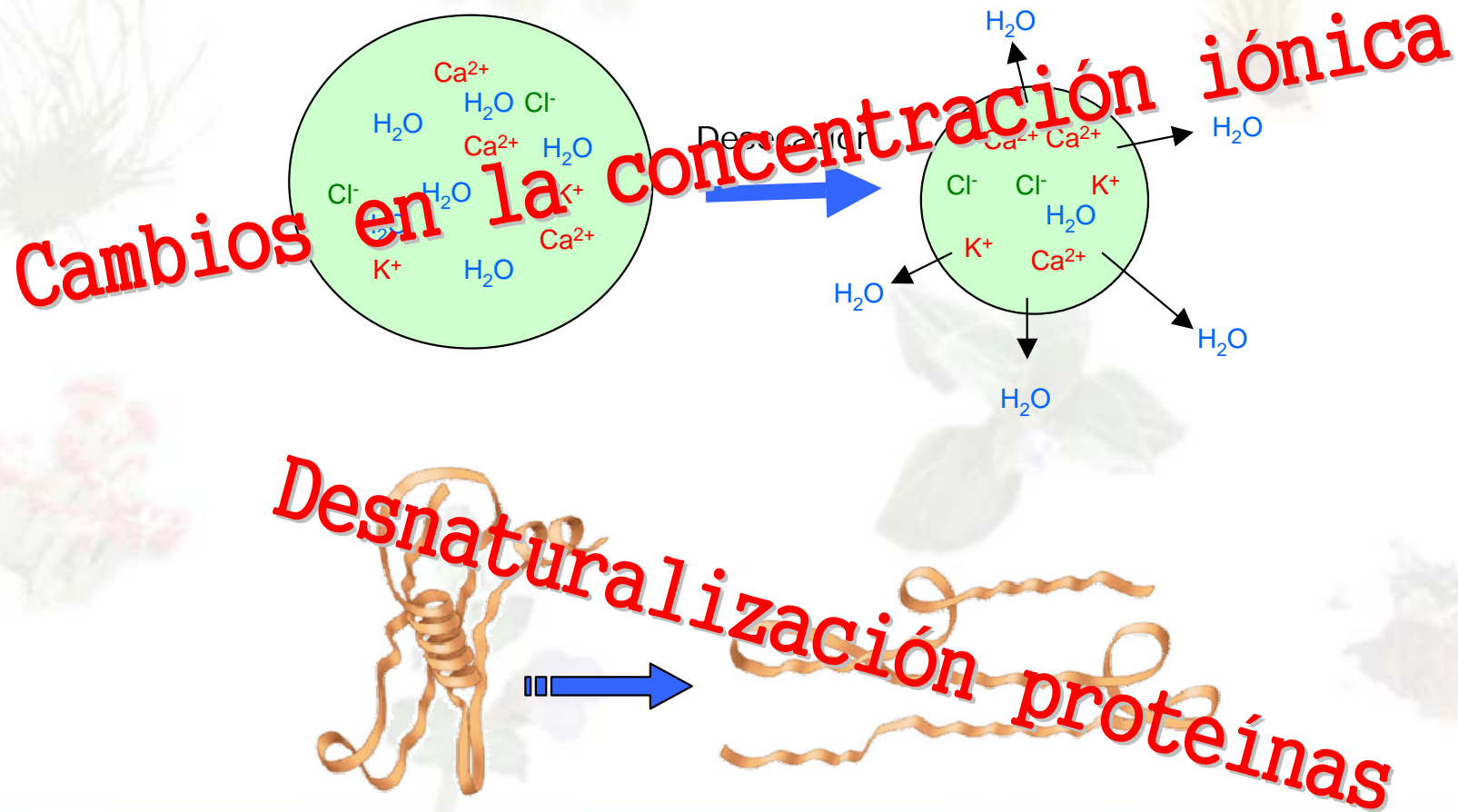
- La **contracción de las células provoca** el amontonamiento de los componentes celulares y el contenido celular se vuelve más viscoso, lo cual incrementa la probabilidad de interacciones moleculares que puede provocar la desnaturalización de proteínas y la **fusión de membranas** adyacentes.



Adapted from Buitink *et al.* (2002).

Daños celulares durante la desecación

- La pérdida de agua intracelular aumenta la concentración de iones lo que puede provocar la desnaturalización de las proteínas.

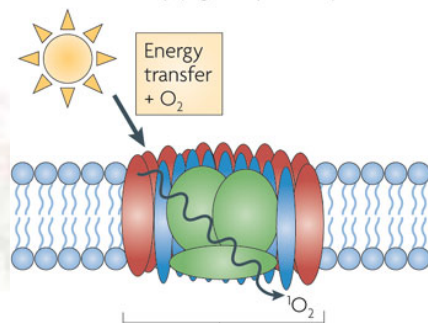


Daños celulares durante la desecación

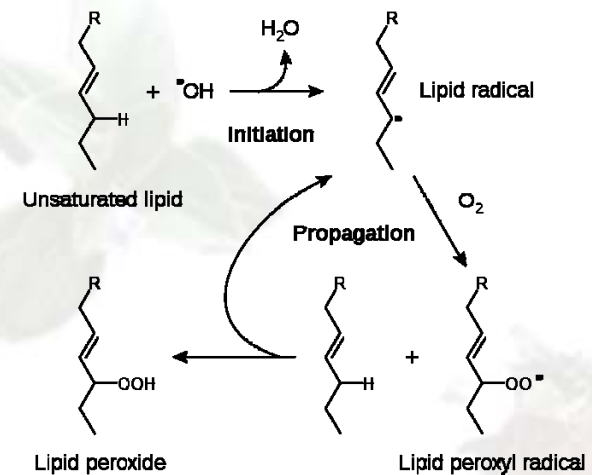
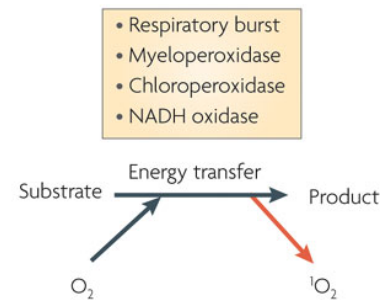
● La mayoría de los estrés llevan a la formación de especies reactivas de oxígeno (ROS)

- ROS se acumulan en los cloroplastos, peroxisomas y mitocondrias.
- Su formación aumenta en las cadenas de transporte de electrones dañadas.
- Son moléculas con electrones desaparejados y altamente reactivas ($O_2^{\bullet-}$, H_2O_2 , 1O_2 , OH^{\bullet})
- La acumulación de ROS puede causar la peroxidación de los lípidos, así como daños en ADN y proteínas.

a Photochemistry (Light dependent)

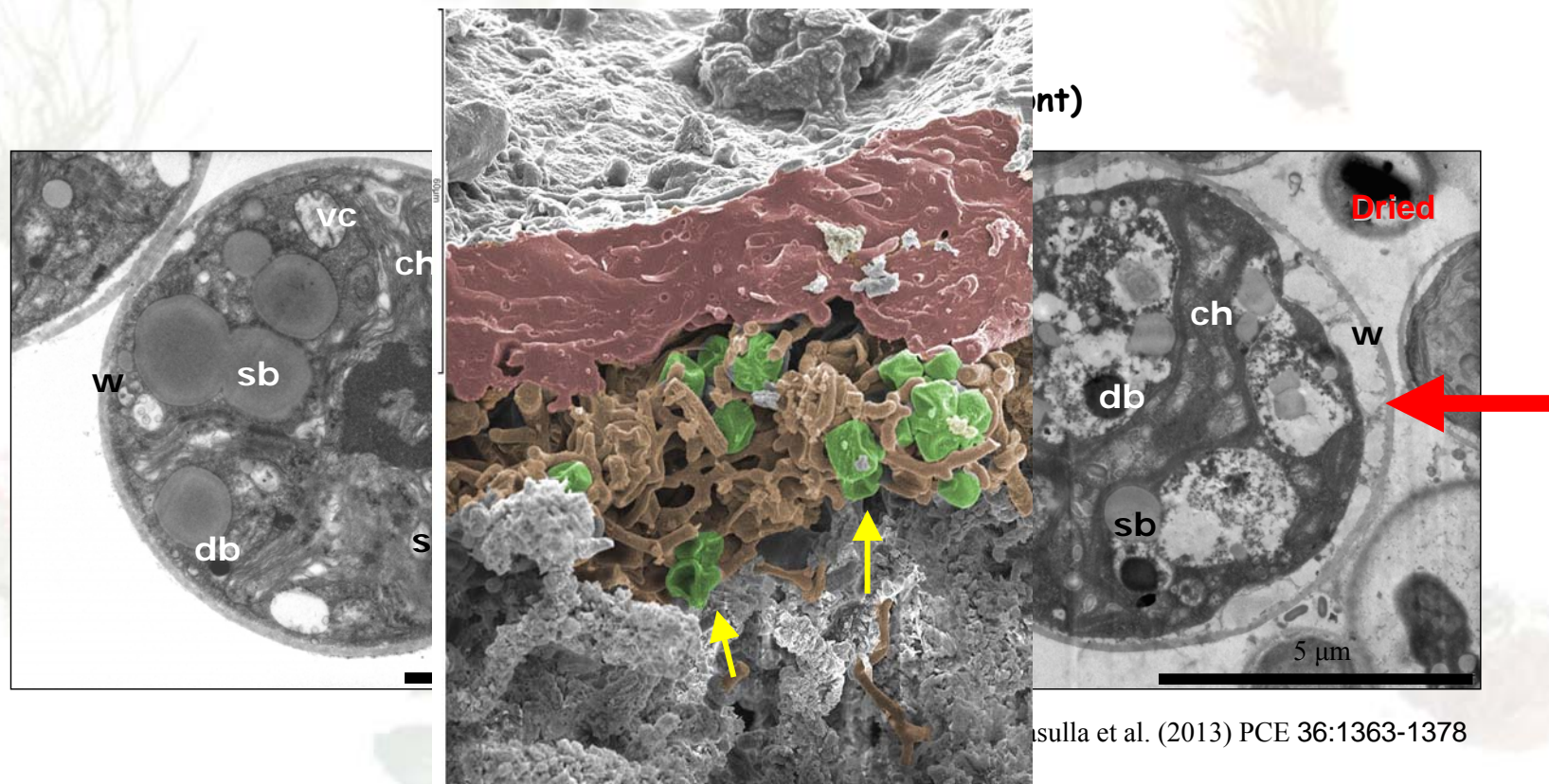


c Enzyme mediated (Light independent)



Daños celulares durante la desecación

- Las diferencias en la elasticidad entre las paredes celulares y las del protoplasma puede causar un estrés mecánico y dañar el plasmalema u otros componentes estructurales de las células de las plantas durante la deshidratación/rehidratación.



Estrategias adaptativas a la desecación

- Los vegetales poiquilohídricos y homeohídricos han desarrollado diferentes estrategias para sobrevivir a la desecación.

Plantas modificadas tolerantes a la desecación:

- Plantas vasculares
- Adaptadas a largos ciclos de desecación/rehidratación (estacionales).
- Sobreviven solamente si la deshidratación se produce lentamente, en días.
- El metabolismo se modifica, se inducen los mecanismos de protección durante la desecación.

Estrategias adaptativas a la desecación

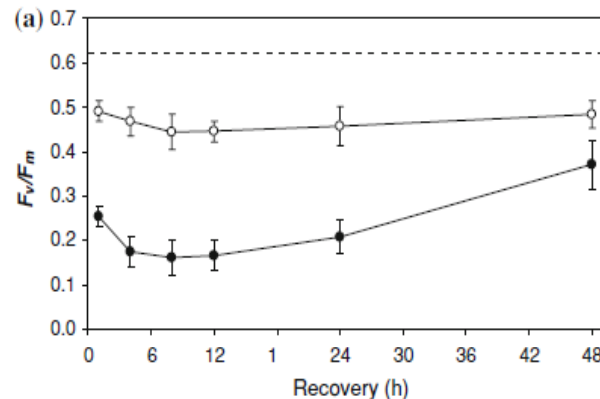
● Los vegetales poiquilohídricos y homeohídricos han desarrollado diferentes estrategias para sobrevivir a la desecación.

Plantas totalmente tolerantes a la desecación:

- Musgos, líquenes, algas, etc
- Adaptadas a rápidos ciclos de desecación/rehidratación (diarios).
- Sobreviven a tasas de deshidratación muy rápidas, < 1h.
- Los mecanismos de protección celular son mayormente constitutivos
- ¿Se activan algunos mecanismos durante la deshidratación?



Asterochloris erici



F_v/F_m, rendimiento fotosintético máximo

Mecanismos celulares de protección frente a la desecación

- **Acumulación de solutos compatibles (azúcares, aminoácidos, etc...)**
 - Disminuyen la temperatura de vitrificación.
 - Disminuye la movilidad intracelular durante la desecación.

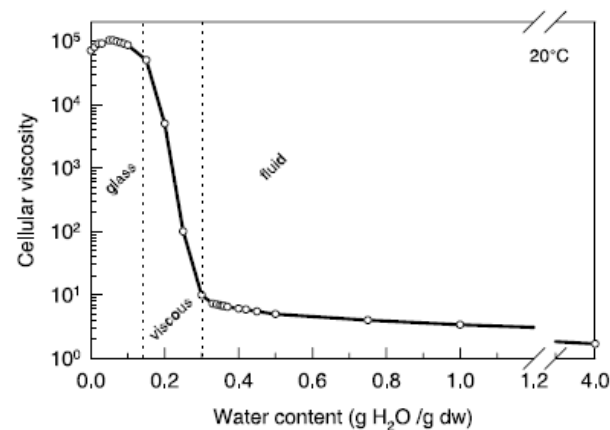
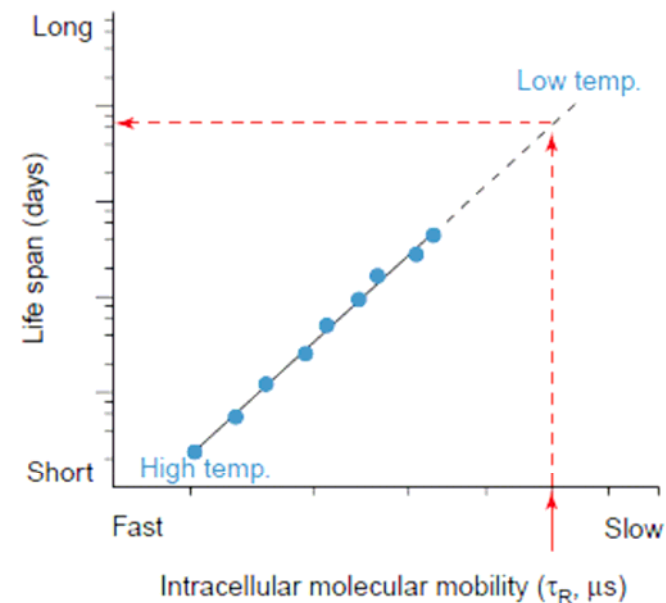


Fig. 1. Increase in molecular viscosity (fold increase) in embryonic axes of *Pisum sativum* during drying at 20°C. Local viscosity was derived from the rotational correlation time (τ_R) of the polar spin probe 3-carboxy-proxyl that was introduced in the seed tissues, measured using EPR spectroscopy as described in Buitink et al. [9,11]. The water content range corresponding to a fluid, liquid phase, viscous and glassy state are indicated.

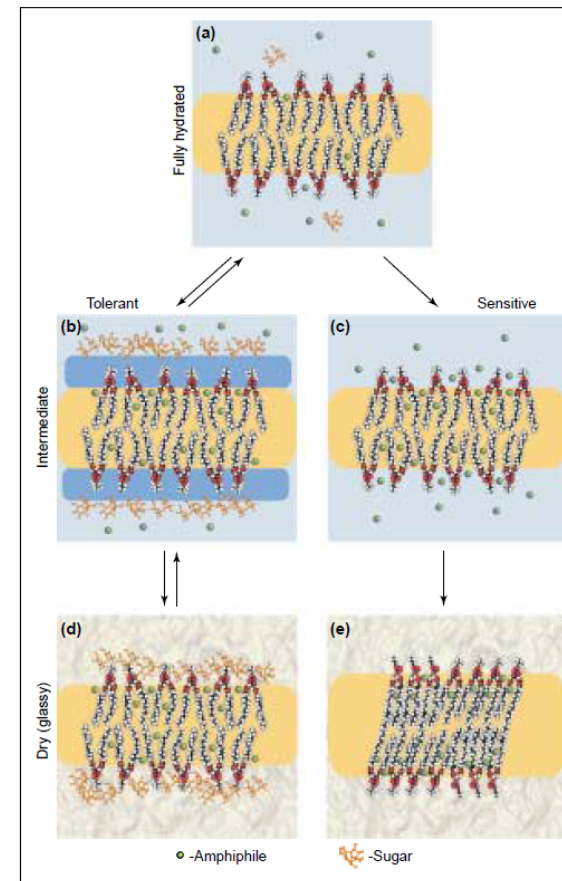
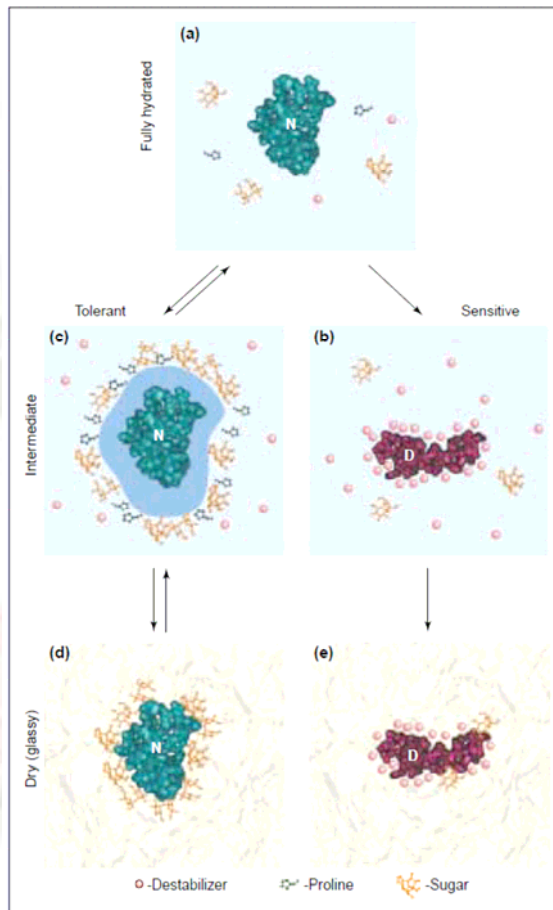
J. Buitink, O. Leprince / *Cryobiology* 48 (2004) 215–228



Folkert A. Hoekstra, Elena A. Golovina and Julia Buitink
TRENDS in Plant Science Vol.6 No.9 September 2001 |

Mecanismos celulares de protección frente a la desecación

- **Acumulación de solutos compatibles (azúcares, aminoácidos, etc...)**
- Sustituyen al agua durante la desecación



Mecanismos celulares de protección frente a la desecación

- Acumulación de solutos compatibles (azúcares, aminoácidos, etc...)

Homeohídricos

Table 1. The sucrose content of desiccation tolerant / sensitive species. Sucrose content units are μmol per gram of dry weight plant tissue ($\mu\text{mol g}^{-1}$ dwt). Modified from Scott (2000)

Resurrection species	Sucrose content		% Increase of Sucrose
	Hydrated State	Desiccated State	
<i>Craterostigma plantagineum</i>	73	2000	2740
<i>Haberlea rhodopensis</i>	60	170	283
<i>Ramonda myconii</i>	96	204	213
<i>Ramonda nathaliae</i>	58	294	507
Non-resurrection species			
<i>Sporobolus pyramidalis</i>	45	36	-20

Poiquilohídricos



Cratoneuron filicinum

TABLE III. Changes in Soluble Sugar (Sucrose) Content of *Cratoneuron filicinum* During Rapid or Very Slow Drying on the Laboratory Bench^a

Fresh moss	Speed of drying	Time of rehydration (hours)		
		0	2	8
6.4	Very slow	6.5	4.2	3.9
	Rapid	6.7	---	3.5



Tortula ruralis

TABLE I. Changes in the Soluble Sugar (Sucrose) Content of *Tortula ruralis* During Rapid or Very Slow Drying in Darkness or in Light^a

Treatment	Sugar Content (mg sucrose/100 mg dry wt.)	
None	11.5	
Very slow drying:	in darkness	10.7
	in light	11.3
Rapid drying:	in darkness	10.5
	in light	10.3

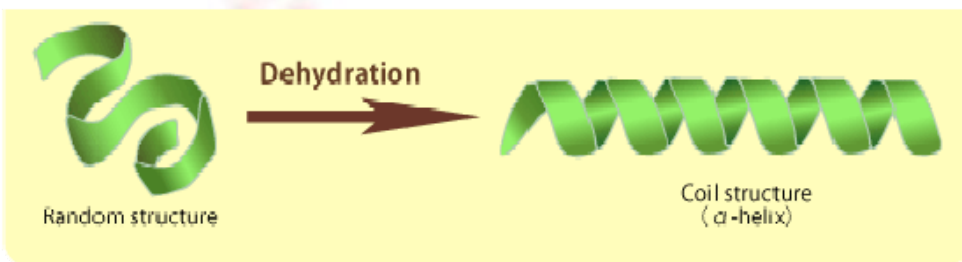
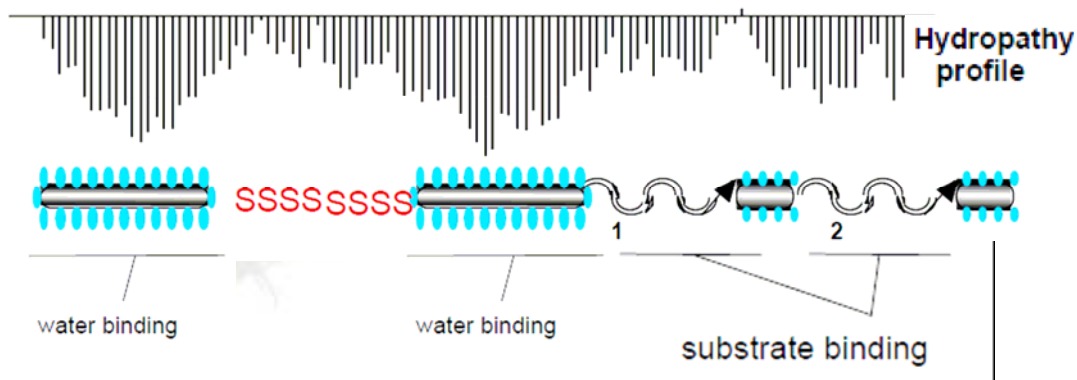
Metabolism of a Drought-Tolerant and a Drought-Sensitive Moss: Respiration, ATP Synthesis and Carbohydrate Status
 J. Derek Bewley, Peter Halmer, Joan E. Krochko, and William E. Winner

Mecanismos celulares de protección frente a la desecación

● Acumulación de proteínas LEA

LEA = Late Embryogenesis Abundant proteins

LEA-2 (DEHYDRINS)

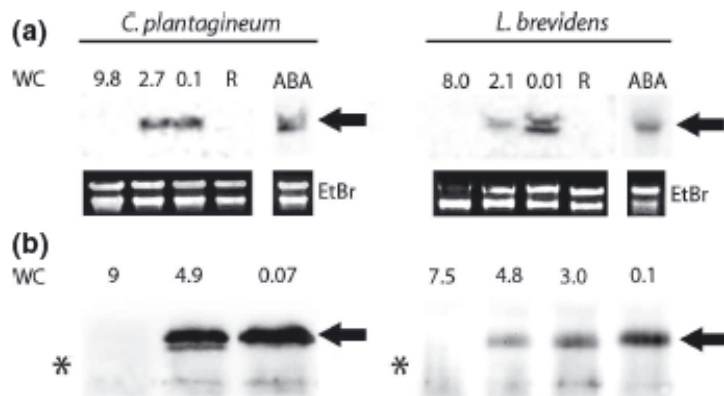


- Se acumulan en semillas.
- Son muy hidrofílicas
- Solubles después de hervirlas
- Sustituyen al agua y envuelven a las proteínas y membranas durante la desecación

Mecanismos celulares de protección frente a la desecación

● Acumulación de proteínas LEA

Homeohídricos



Comparative analysis of *LEA-like 11-24* gene expression and regulation in related plant species within the Linderniaceae that differ in desiccation tolerance

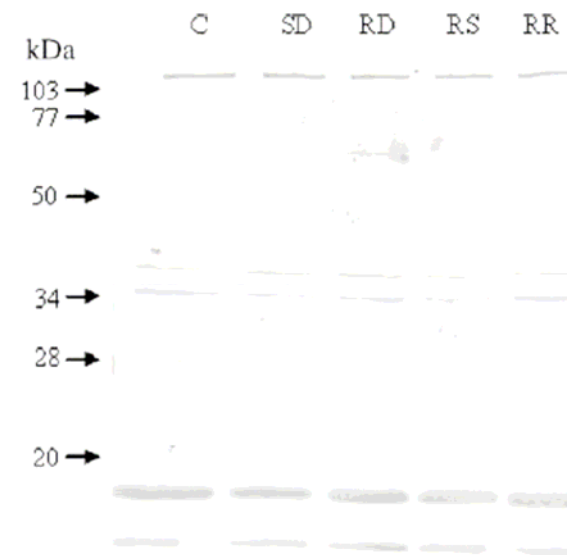
Niels van den Dries, Fabio Facchinelli, Valentino Giarola, Jonathan R. Phillips and Dorothea Bartels

New Phytologist (2011) 190: 75–88

Poiquilohídricos



Asterochloris erici



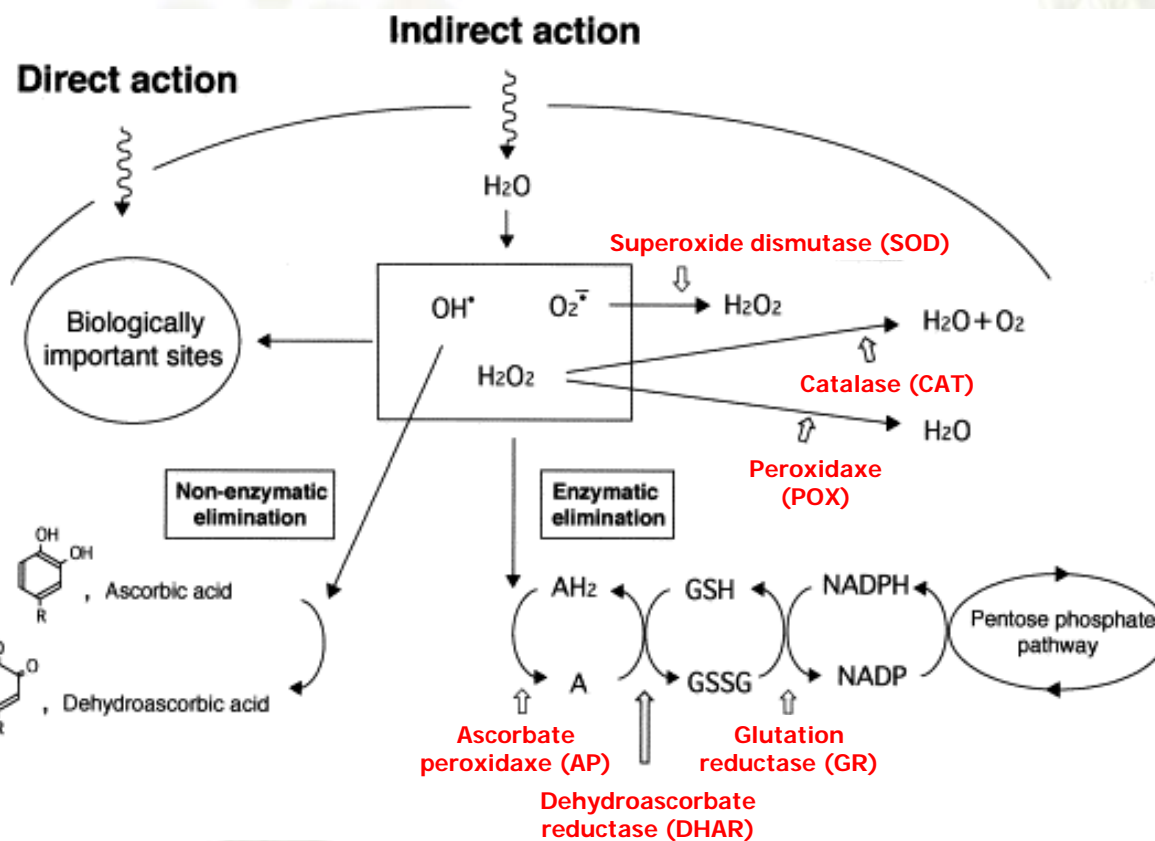
Dehydration rate and time of desiccation affect recovery of the lichenic algae *Trebouxia erici*: alternative and classical protective mechanisms

Francisco Gastulla · Pedro Gómez de Nova · Alberto Esteban-Carrasco · José M. Zapata · Eva Barreno · Alfredo Guéra

Planta (2009) 231:195–208

Mecanismos celulares de protección frente a la desecación

● Activación del sistema antioxidante



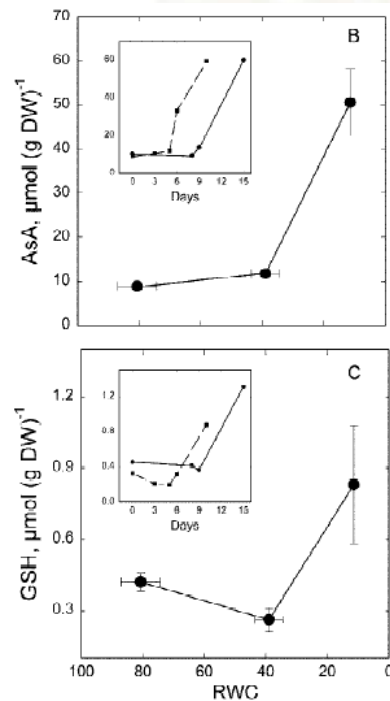
Mecanismos celulares de protección frente a la desecación

● Activación del sistema antioxidante

Homeohídricos



Ramonda serbica



Photosynthesis Research 67: 79–88, 2001.
© 2001 Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.

Regular paper

Photosystem II photochemical efficiency, zeaxanthin and antioxidant contents in the poikilohydric *Ramonda serbica* during dehydration and rehydration

A. Augusti¹, A. Scartazza¹, F. Navari-Izzo², C.L.M. Sgherri², B. Stevanovic³ & E. Brugnoli¹

Poikilohídricos

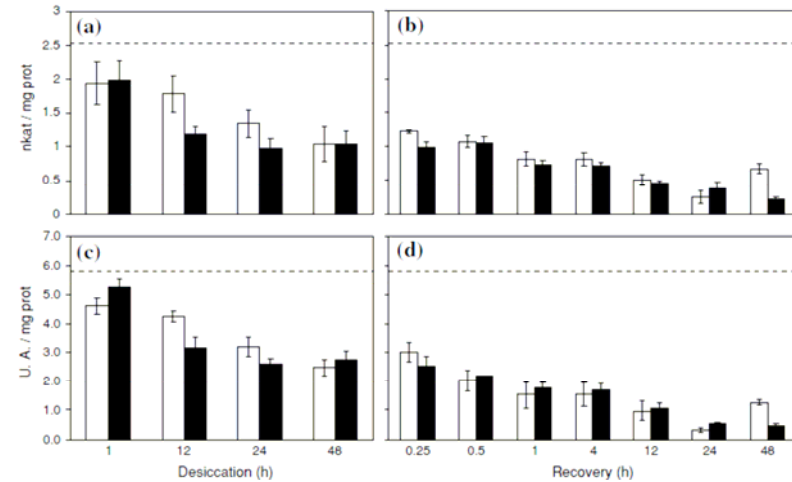


Fig. 7 Peroxidase (a, c) and SOD (b, d) activities in *T. erici* slowly desiccated for 24 h. Dotted lines denoted control values of well-hydrated algae. Data represent mean \pm standard deviation ($n = 5$)

Dehydration rate and time of desiccation affect recovery of the lichenic algae *Trebouxia erici*: alternative and classical protective mechanisms

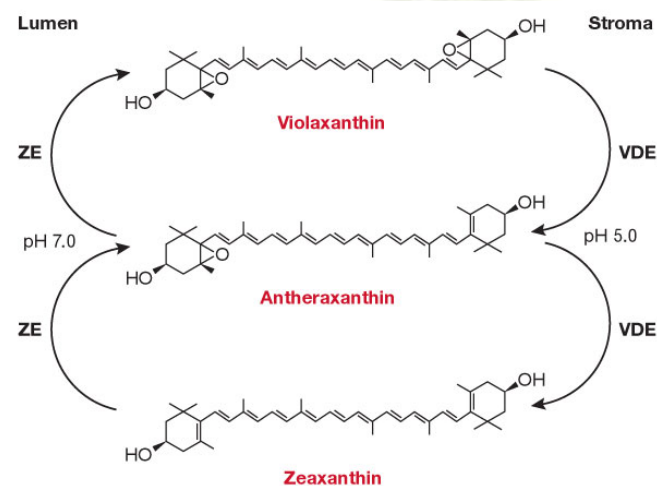
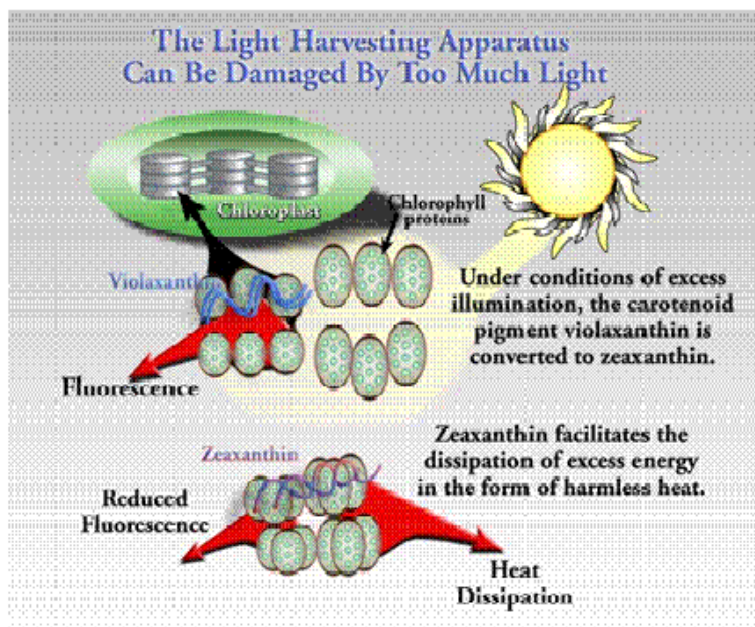
Francisco Gasulla · Pedro Gómez de Nova · Alberto Esteban-Carrasco · José M. Zapata · Eva Barreno · Alfredo Guéra

Planta (2009) 231:195–208



Mecanismos celulares de protección frente a la desecación

● Acumulación de pigmentos protectores



$$DPS = (A+Z) / (V+A+Z)$$

Mecanismos celulares de protección frente a la desecación

● Acumulación de pigmentos protectores

Homeohídricos



Ramonda serbica

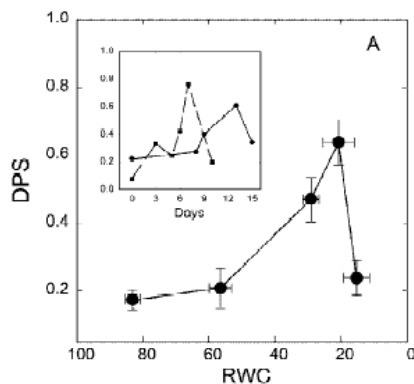


Figure 3. Relative water content (RWC) dependencies of de-epoxidation state (DPS) of xanthophyll cycle components (panel A), reduced ascorbate (ASA, panel B) and reduced glutathione (GSH, panel C) in *Ramonda serbica* during dehydration. Data points represent the average of different measurements on potted and bare-root plants ($n = 4-7$). Error bars indicate S.E. The insets in each panel show the variations in DPS, AsA and GSH as function of days of dehydration. Different symbols and lines in the insets indicate different plants dehydrated either with bare-roots (---) or in pots (—).

Photosynthesis Research 67: 79-88, 2001.
© 2001 Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.

Regular paper

Photosystem II photochemical efficiency, zeaxanthin and antioxidant contents in the poikilohydric *Ramonda serbica* during dehydration and rehydration

A. Augusti¹, A. Scartazza¹, F. Navari-Izzo², C.L.M. Sgherri², B. Stevanovic³ & E. Brugnoli¹

Poikilohídricos

Table 2 Changes in the proportion of carotenoid pigments in *T. erici*

	V	A	Z	V + A + Z	DPS
C	46.048 a	7.531 ab	19.994 b	73.574 b	0.373 b
CD	44.876 a	3.994 b	14.213 bc	63.085 b	0.288 b
CHL	22.546 bc	12.144 a	65.376 a	100.068 a	0.774 a
SD					
1 h	31.1493 b	10.4183 a	9.6015 c	51.169 c	0.387 b
24 h	27.224 bc	10.207 a	12.885 bc	50.316 c	0.453 b
R 24 h	26.733 bc	5.772 b	19.257 b	51.763 c	0.4853 b
RD					
1 h	31.8616 b	10.217 a	10.198 c	52.277 c	0.391 b
24 h	28.142 bc	9.881 ab	12.882 bc	50.905 c	0.447 b
R 24 h	19.072 c	7.263 ab	13.850 bc	40.187 c	0.525 b

Dehydration rate and time of desiccation affect recovery of the lichenic algae *Trebouxia erici*: alternative and classical protective mechanisms

Francisco Gasulla · Pedro Gómez de Nova · Alberto Esteban-Carrasco · José M. Zapata · Eva Barreno · Alfredo Guéra

Planta (2009) 231:195-208



1. ¿Cómo sobreviven las plantas a la desecación?

2. ¿Cómo afecta la tolerancia a la desecación la supervivencia de la planta?

- Las plantas vasculares desactivan los mecanismos de protección durante el crecimiento vegetativo.
- Conflicto entre protección y crecimiento.
- Los mecanismos de tolerancia a la desecación tienen un coste y pueden interferir en el metabolismo celular.
- Vegetales poiquilohídricos tienen un tamaño muy reducido y crecen muy poco.

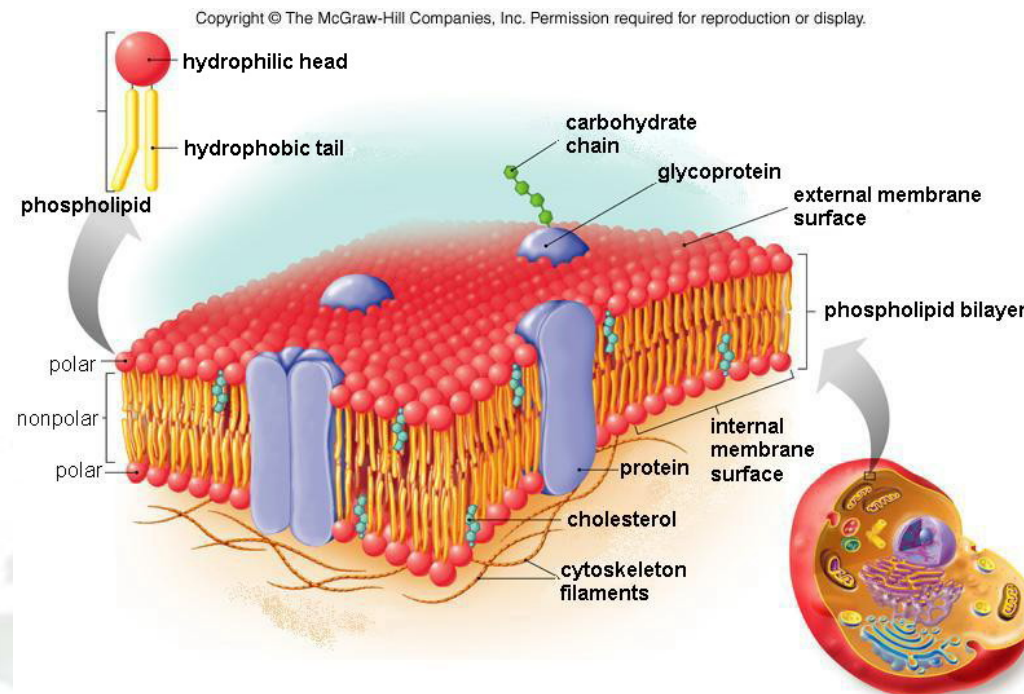


Un caso práctico:

El papel de los lípidos en la adquisición de la tolerancia a la desecación.

El papel de los lípidos en la tolerancia a la desecación

- Las membranas celulares contienen una gran variedad de moléculas, destacando los lípidos y las proteínas.
- 30-50% de la membrana son lípidos. La membrana celular está compuesta por tres clases de lípidos anfipáticos (fosfolípidos, esfingolípidos y glicolípidos) y de esteroides. La cantidad de cada uno depende del tipo de célula y del orgánulo.



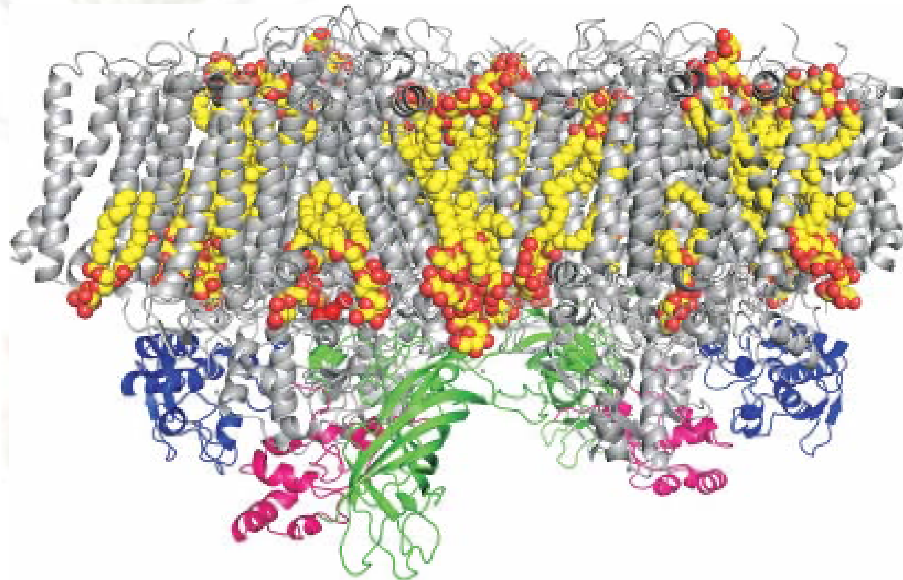
El papel de los lípidos en la tolerancia a la desecación

Thylacoid lipid composition

Monogalactosyldiacylglycerol (MGDG) \approx 45 mol%
Digalactosyldiacylglycerol (DGDG) \approx 25 mol%
Sulfoquinovosyldiacylglycerol (SQDG) \approx 20 mol%
Phosphatidylglycerol (PG) \approx 10 mol%

- Son los "ladrillos" que forman las membranas y componentes estructurales de los PSI, PSII y LHClI
- Estos lípidos tienen un importante papel en el mantenimiento del funcionamiento óptimo del complejo fotosintético.

Cyanobacterial photosystem II



	Monomer PSII	Thylacoid membrane
MGDG	11 (44 %)	45 %
DGDG	7 (28 %)	15-25 %
SQDG	5 (20 %)	15-25 %
PG	2 (8%)	5-15 %

Cyanobacterial photosystem II at 2.9-Å resolution and the role of quinones, lipids, channels and chloride

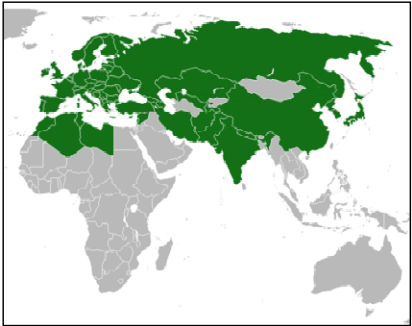
Albert Guskov^{1,4}, Jan Kern^{2,4}, Azat Gabdulkhakov¹, Matthias Broser², Athina Zouni² & Wolfram Saenger¹

VOLUME 16 NUMBER 3 MARCH 2009 NATURE STRUCTURAL & MOLECULAR BIOLOGY |

El papel de los lípidos en la tolerancia a la desecación

- **La composición lipídica cambia en las plantas en respuesta al estrés hídrico:**
 - Disminución de la fracción de galactolípidos respecto a la de fosfolípidos.
 - Incremento en el DGDG:MGDG ratio.
 - Acumulación de lípidos neutros como el triacilglicerol (TAG)
 - Disminución de los niveles de ácidos grasos insaturados.
- **No está claro qué modificaciones son adaptativas y cuales resultan de la degradación incontrolada de lípidos.**

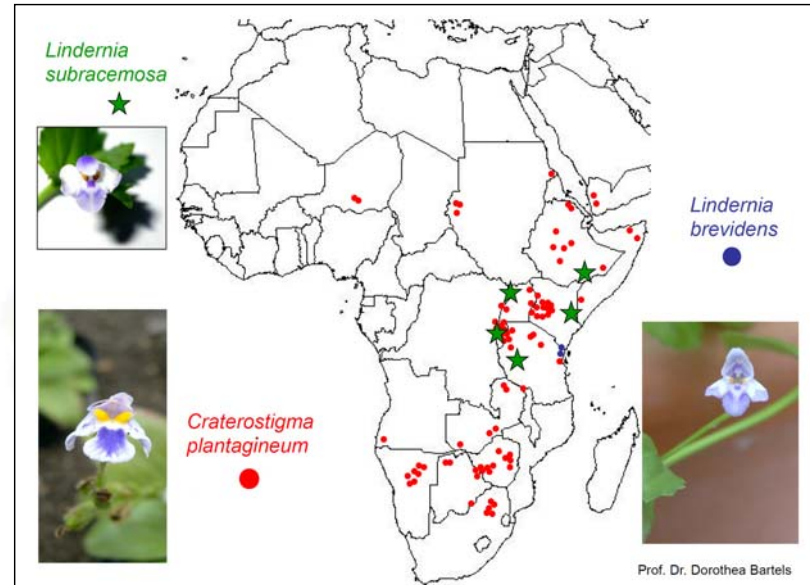
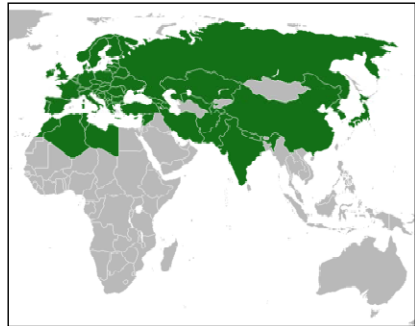
El papel de los lípidos en la tolerancia a la desecación



Arabidopsis thaliana
L. Heynh.

Desiccation sensitive

El papel de los lípidos en la tolerancia a la desecación



Arabidopsis thaliana
L. Heynh.

Desiccation sensitive



Lindernia subracemosa
De. Wild.

Desiccation sensitive



Lindernia brevidens
Skan

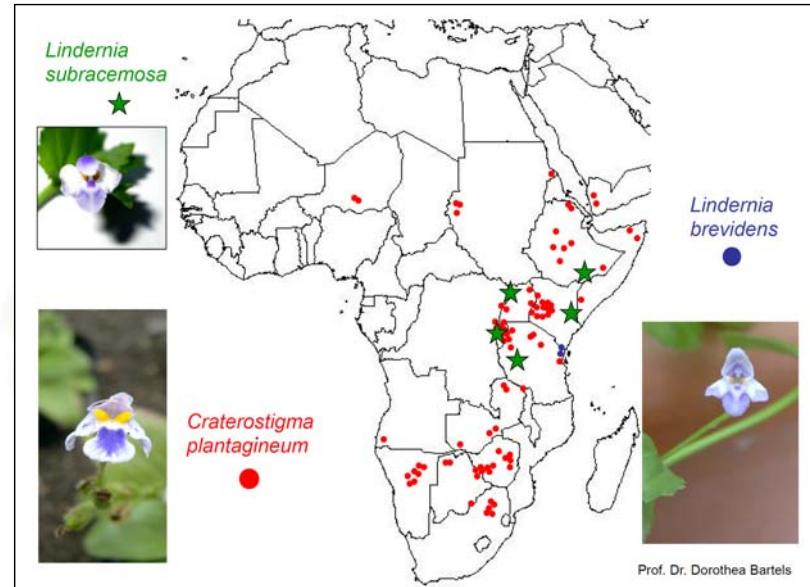
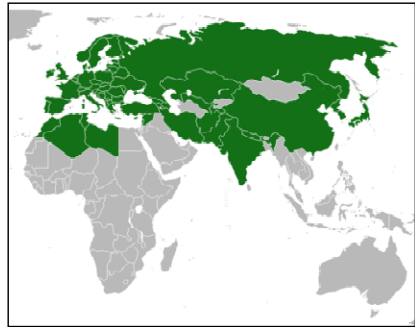
Modified desiccation
tolerant



Craterostigma plantagineum

Modified desiccation
tolerant

El papel de los lípidos en la tolerancia a la desecación



Arabidopsis thaliana
L. Heynh.

Lindernia subracemosa
De. Wild.

Lindernia brevidens
Skan

Craterostigma plantagineum

Asterochloris erici
(Ahmadjian) Skaloud & Peksa

Desiccation sensitive

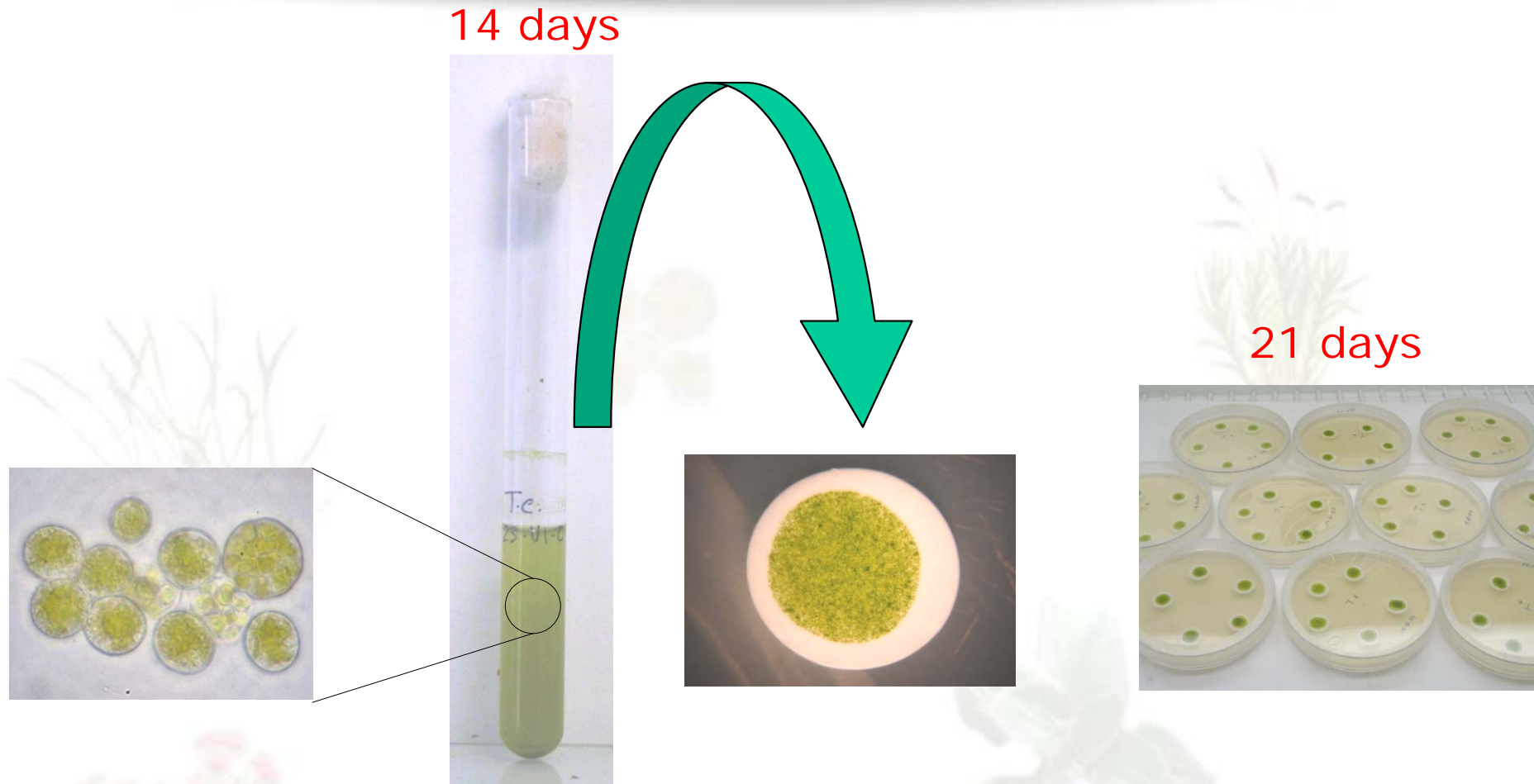
Desiccation sensitive

Modified desiccation tolerant

Modified desiccation tolerant

Full desiccation tolerant

El papel de los lípidos en la tolerancia a la desecación



Species: *Trebouxia erici* Ahmadjian (SAG 32.85 = UTEX 911)

Culture medium: 3NBBM + 2 % glucose + 1 % casein

Culture conditions: 20 °C, 30 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (photoperiod 12:12)

El papel de los lípidos en la tolerancia a la desecación






Craterostigma platagineum

Arabidopsis thaliana

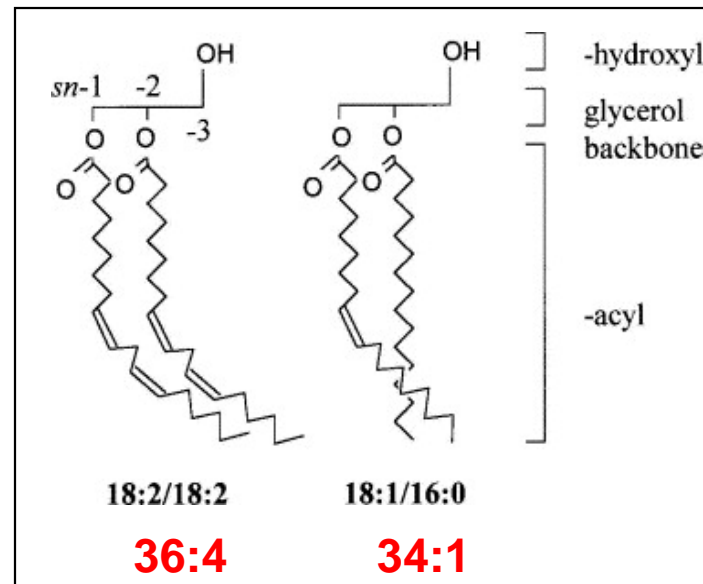
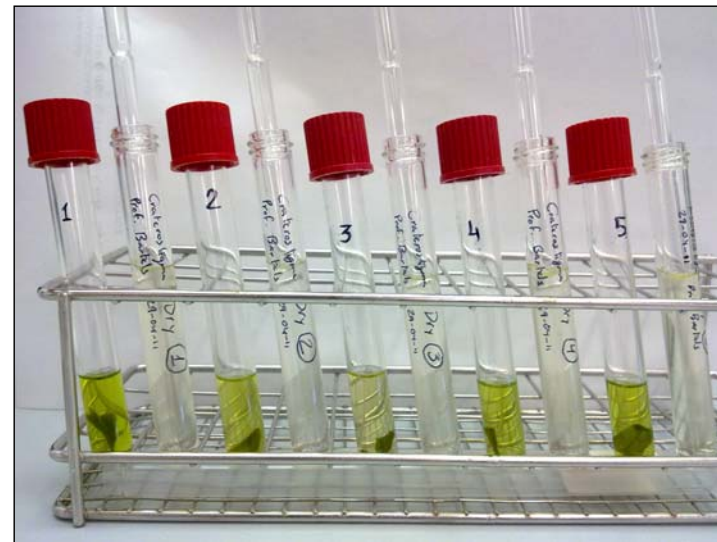
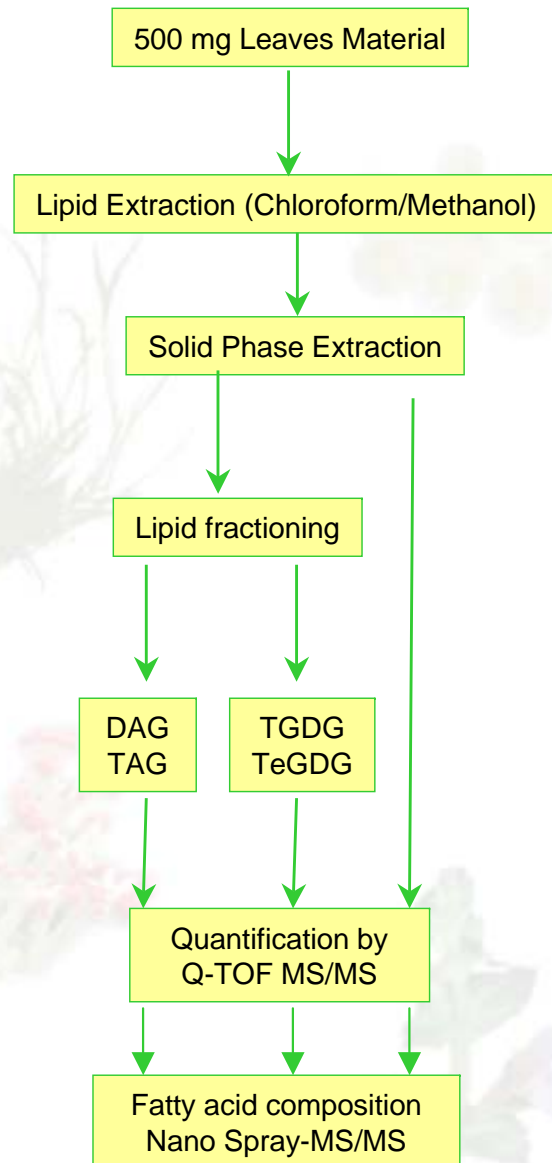
Lindernia subracemosa

Lindernia brevidens

Asterochloris erici

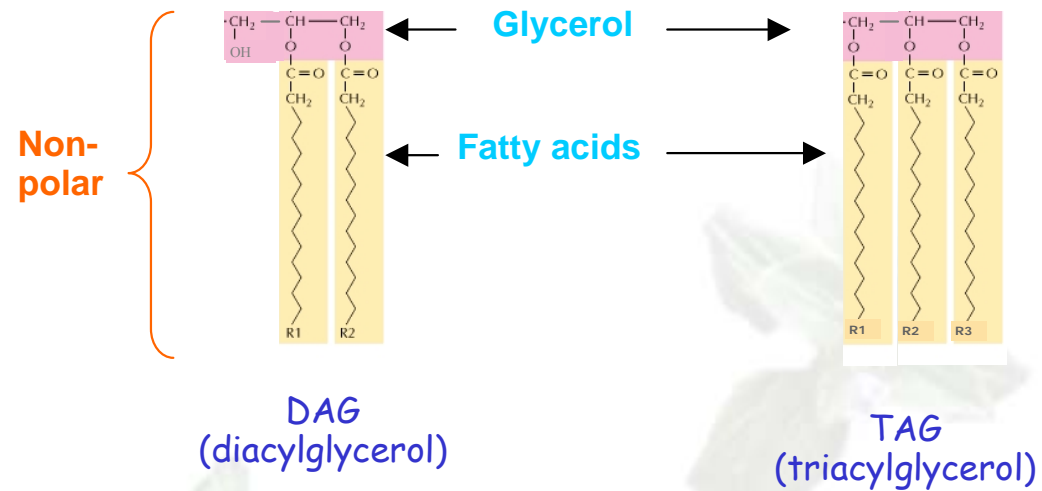
	C Control	LD Late Dehydration
	<ul style="list-style-type: none">• 2 months old	<ul style="list-style-type: none">• 2 weeks without watering• RWC <5%
	<ul style="list-style-type: none">• 2 months old	<ul style="list-style-type: none">• 3 weeks without watering• RWC = 25%
	<ul style="list-style-type: none">• 2 months old	<ul style="list-style-type: none">• 2 weeks open lid• RWC <5%
	<ul style="list-style-type: none">• 2 months old	<ul style="list-style-type: none">• 2 weeks open lid• RWC <5%
	<ul style="list-style-type: none">• 1 month old	<ul style="list-style-type: none">• 16 h out of agar medium• RWC <5%

El papel de los lípidos en la tolerancia a la desecación



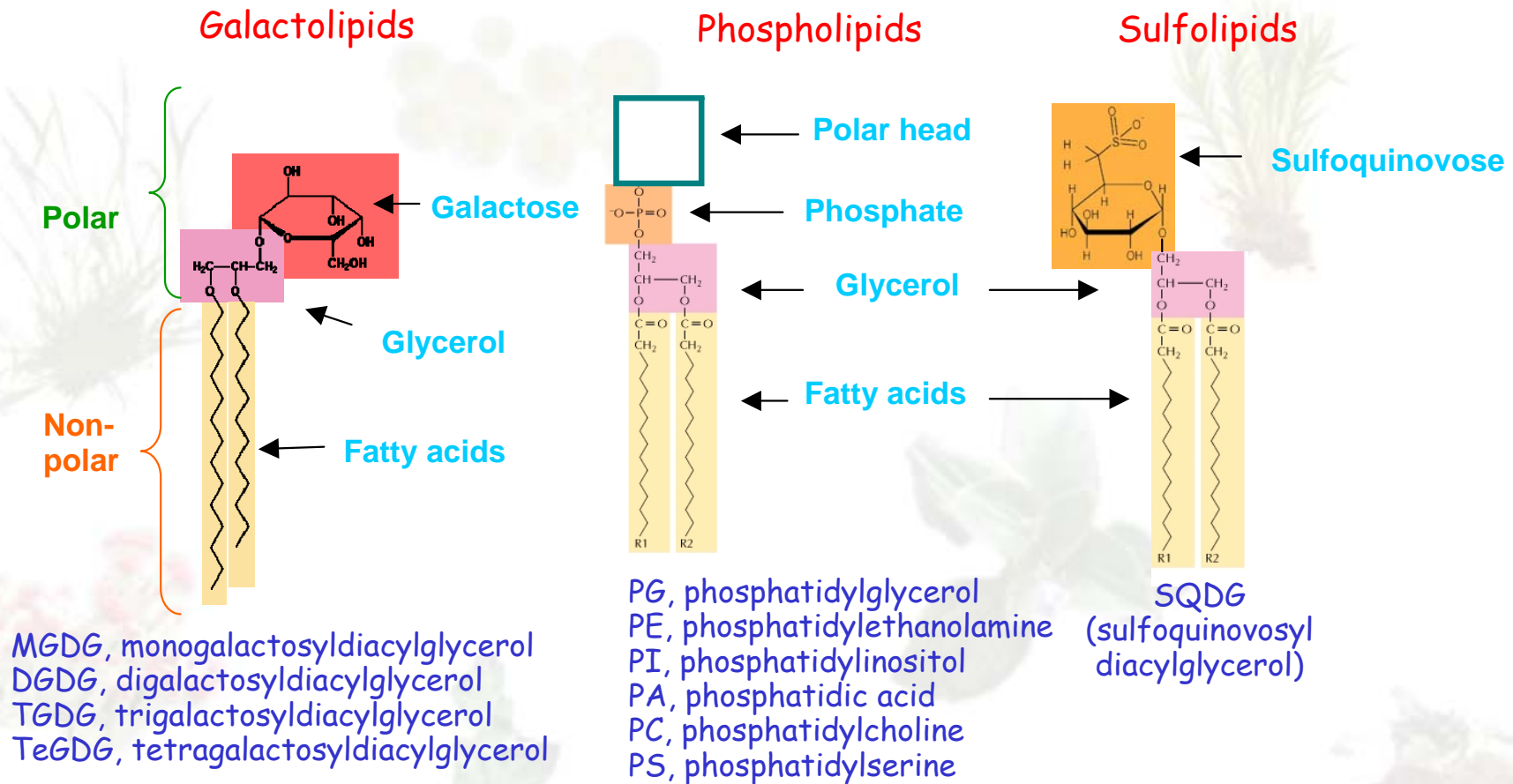
El papel de los lípidos en la tolerancia a la desecación

Neutral Glycerolipids

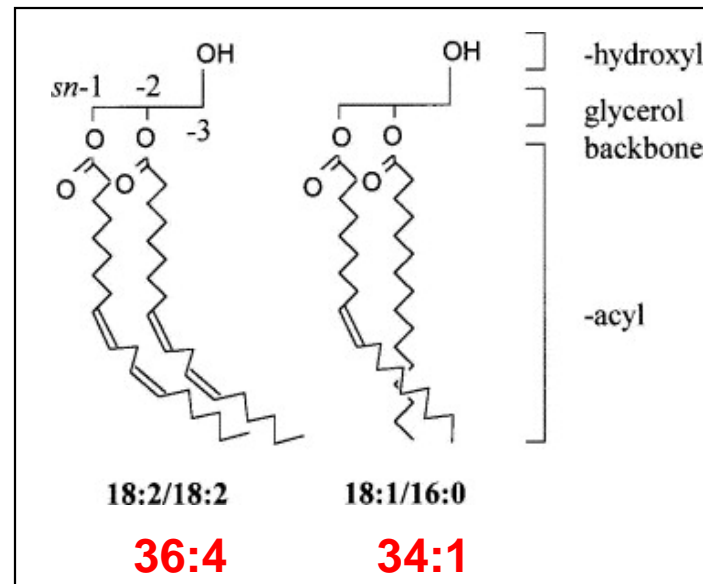
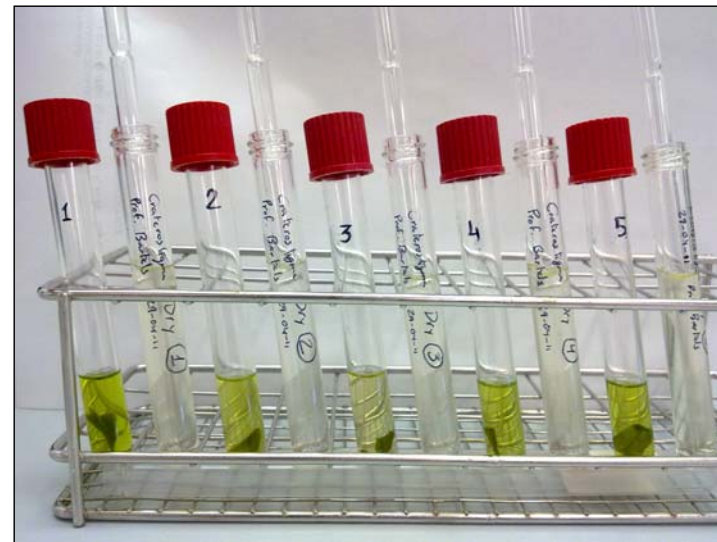
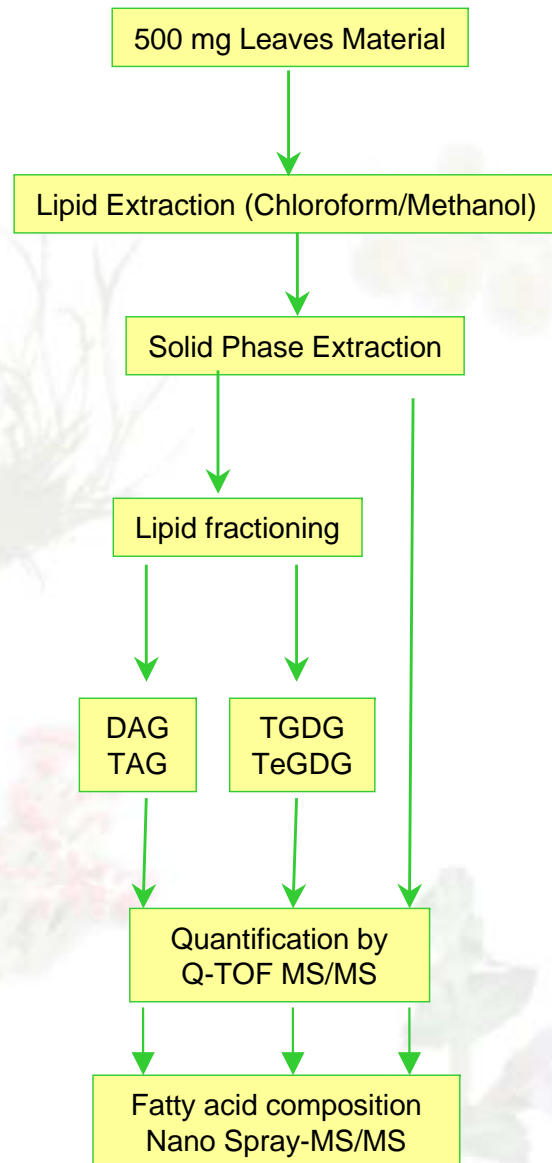


El papel de los lípidos en la tolerancia a la desecación

Polar Glycerolipids

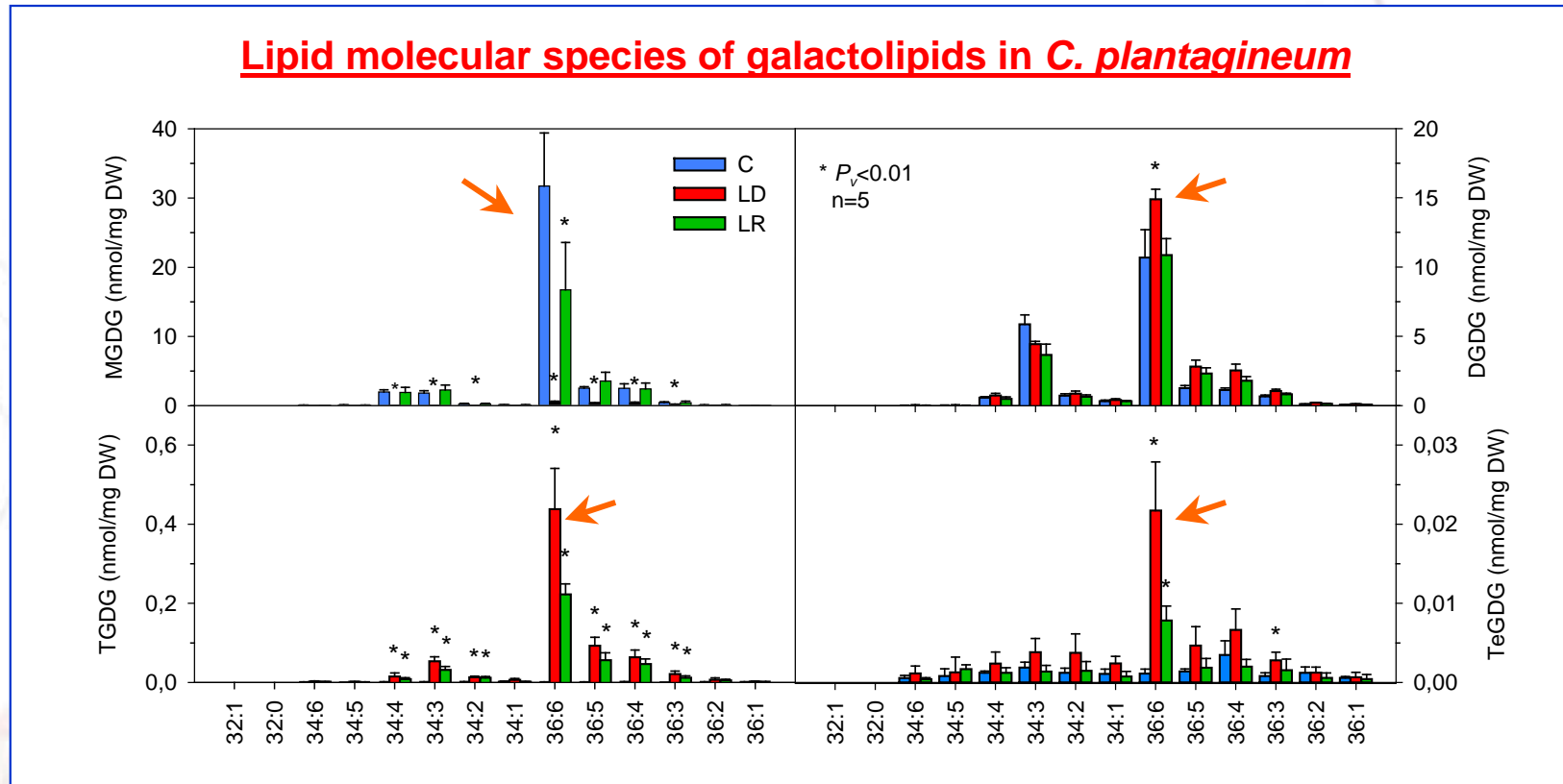


El papel de los lípidos en la tolerancia a la desecación



El papel de los lípidos en la tolerancia a la desecación

Lipid molecular species of galactolipids in *C. plantagineum*



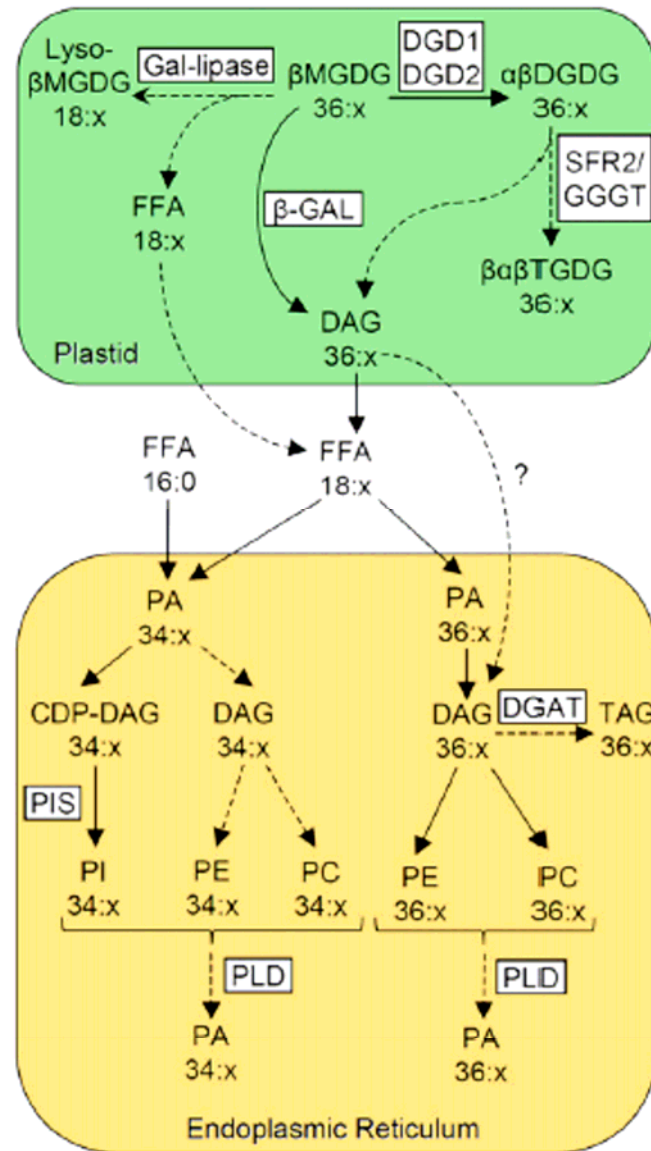
The Plant Journal (2013) 75, 726–741

doi: 10.1111/tpj.12241

The role of lipid metabolism in the acquisition of desiccation tolerance in *Craterostigma plantagineum*: a comparative approach

Francisco Gasulla^{1,2}, Katharina vom Dorp³, Isabel Dombrink³, Ulrich Zähringer⁴, Nicolas Gisclé⁴, Peter Dörmann^{3,*} and Dorothea Bartels^{2,3,*}

El papel de los lípidos en la tolerancia a la desecación



The Plant Journal (2013) 75, 726–741

doi: 10.1111/tpj.12241

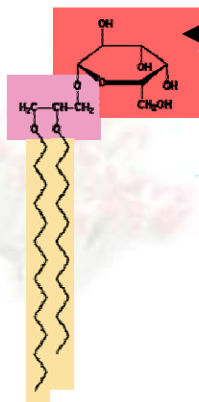
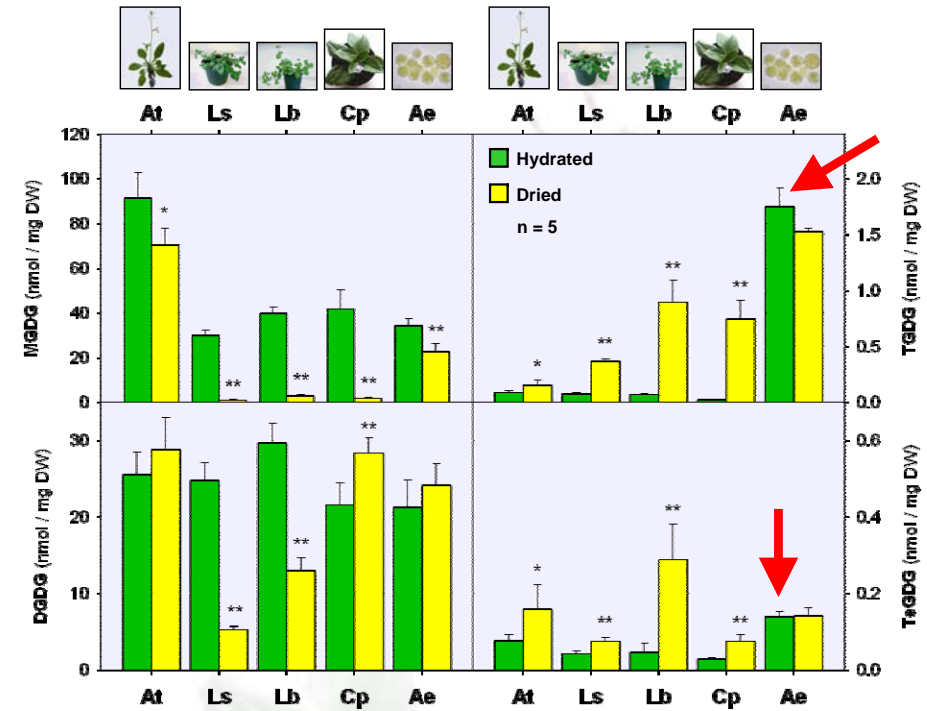
The role of lipid metabolism in the acquisition of desiccation tolerance in *Craterostigma plantagineum*: a comparative approach

Francisco Gasulla^{1,2}, Katharina vom Dorp³, Isabel Dombrink³, Ulrich Zählinger⁴, Nicolas Gisch⁴, Peter Dörmann^{3,*} and Dorothea Bartels^{2,3,*}

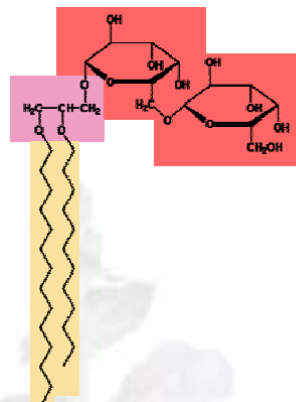
El papel de los lípidos en la tolerancia a la desecación

● Cambios en la composición de los lípidos polares: la membrana tilacoidal.

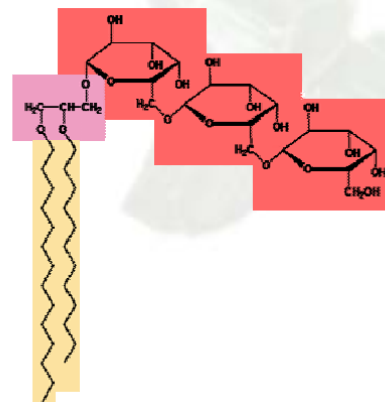
- Disminución general de MGDG.
- Aumento general de TGDG
- Los mayores niveles constitutivos en *Asterochloris erici*
- Aumento general de TeGDG
- Los mayores niveles constitutivos en *Asterochloris erici*



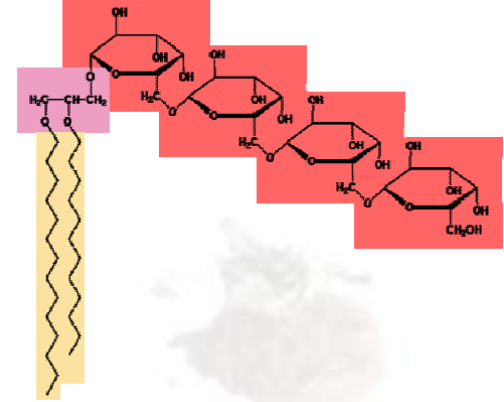
MGDG
(monogalactosyl diacylglycerol)



DGDG
(digalactosyl diacylglycerol)



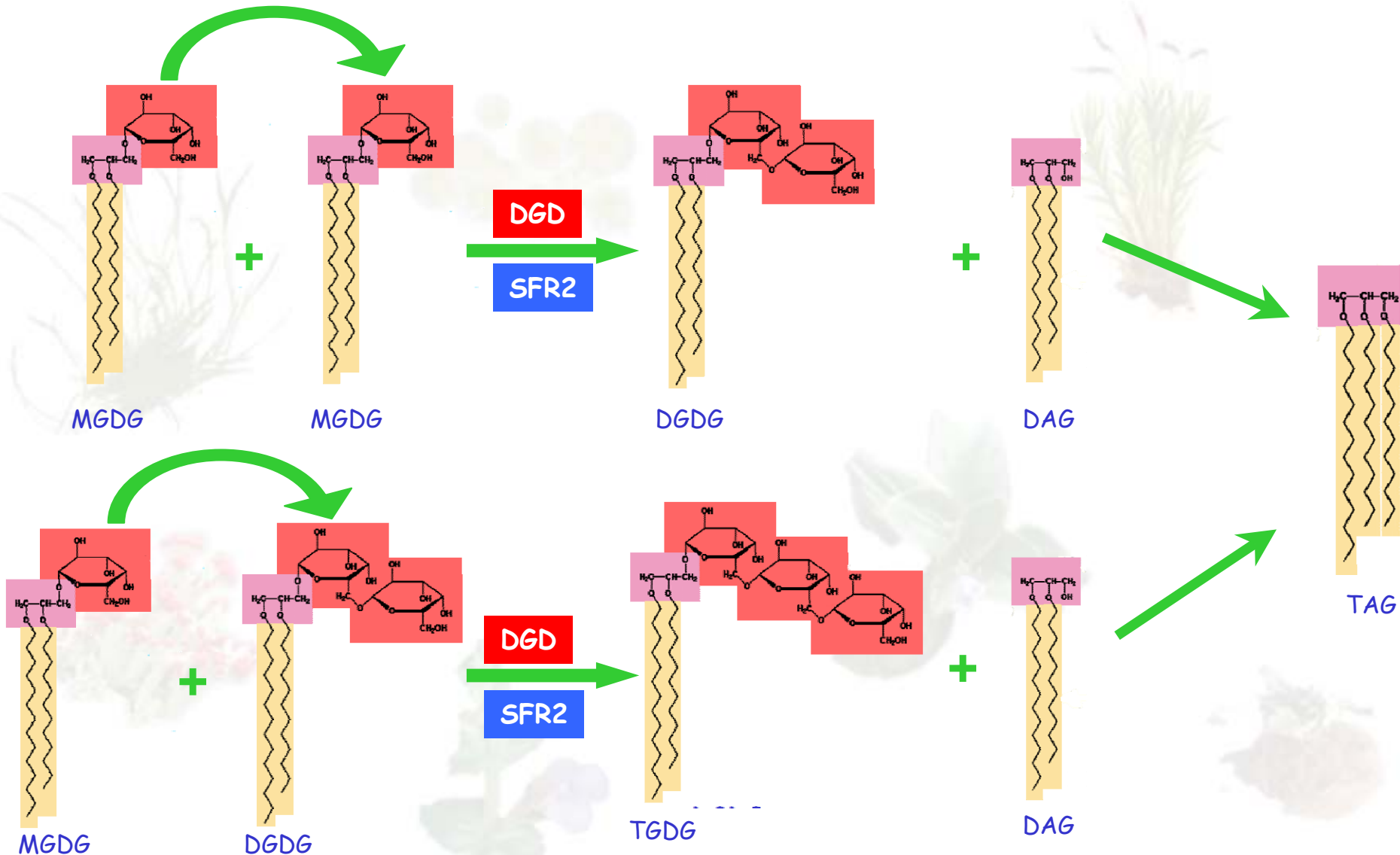
TGDG
(trigalactosyl diacylglycerol)



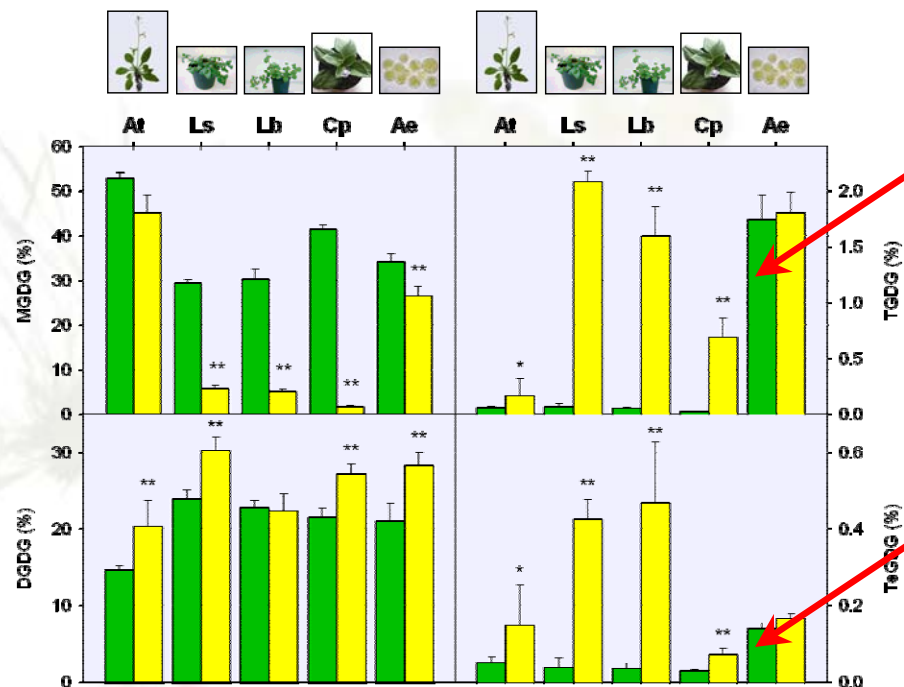
TeGDG
(tetragalactosyl diacylglycerol)

El papel de los lípidos en la tolerancia a la desecación

La conversión de MGDG en oligoGDG, y la posterior transformación del DAG liberado en TAG, es una respuesta común en plantas al estrés hídrico.




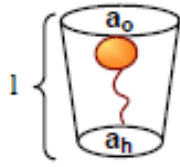
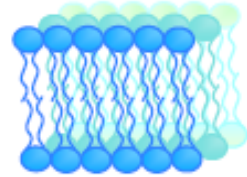
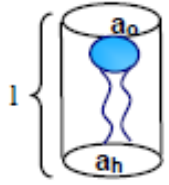
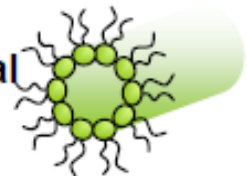
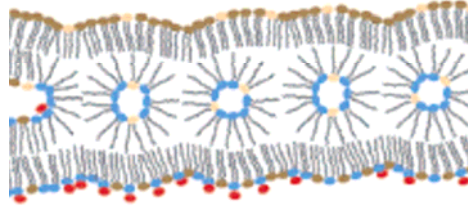
El papel de los lípidos en la tolerancia a la desecación



- Disminución de MGDG en todas las especies.
- Acumulación de oligoGDG en todas las especies.
- Los mayores niveles de TGDG y TeGDG se registraron en el organismo poiquilohídrico.

¿Cómo ayudan estos cambios a sobrevivir a la desecación??

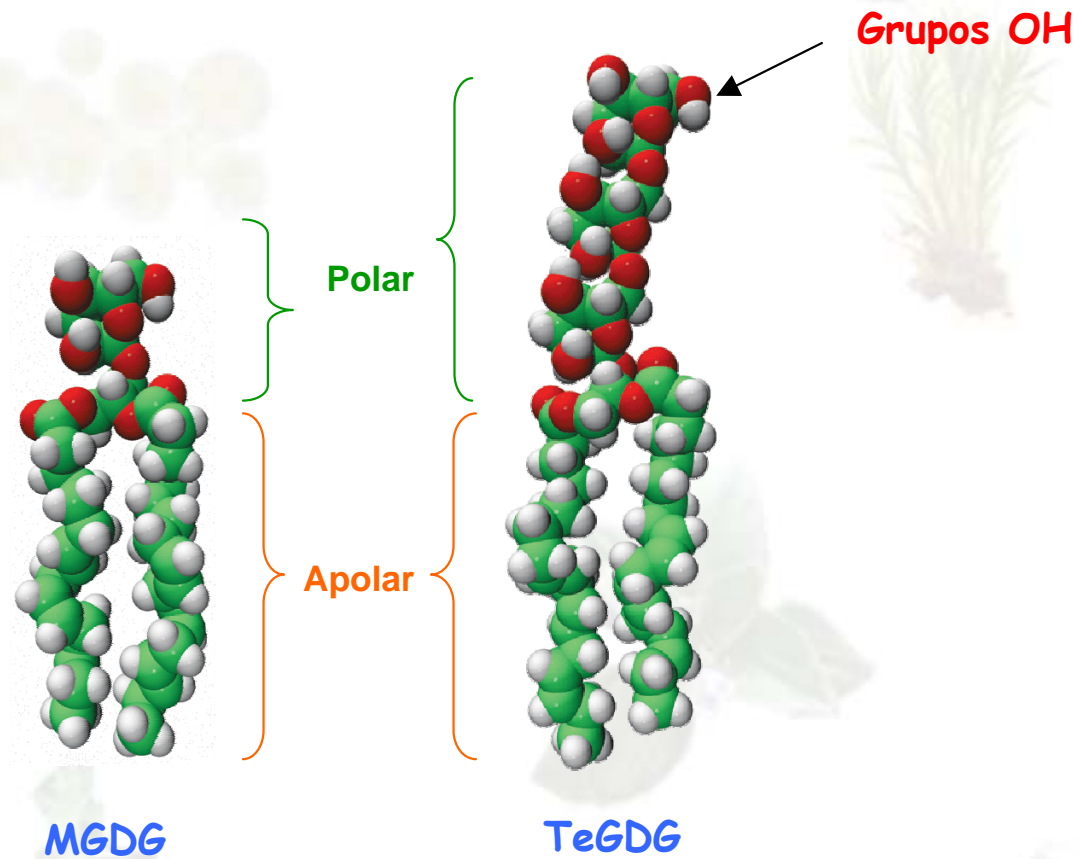
El papel de los lípidos en la tolerancia a la desecación

Lipids	Phase	Shape and curvature
<p>Lisophospholipids Detergents</p>	<p>Micelar</p> 	<p>$S < 1$ Inverted cone Positive curvature</p> 
<p>PC DGDG SM TGDG PS TeGDG PI PG CL PA</p>	<p>Lamelar</p> 	<p>$S = 1$ Cylinder Non-curvature</p> 
<p>PE CL -Ca^{ε+} PA -Ca²⁺ PS (pH < 5.0) MGDG DAG</p>	<p>Inverted Hexagonal (H_{II})</p> 	

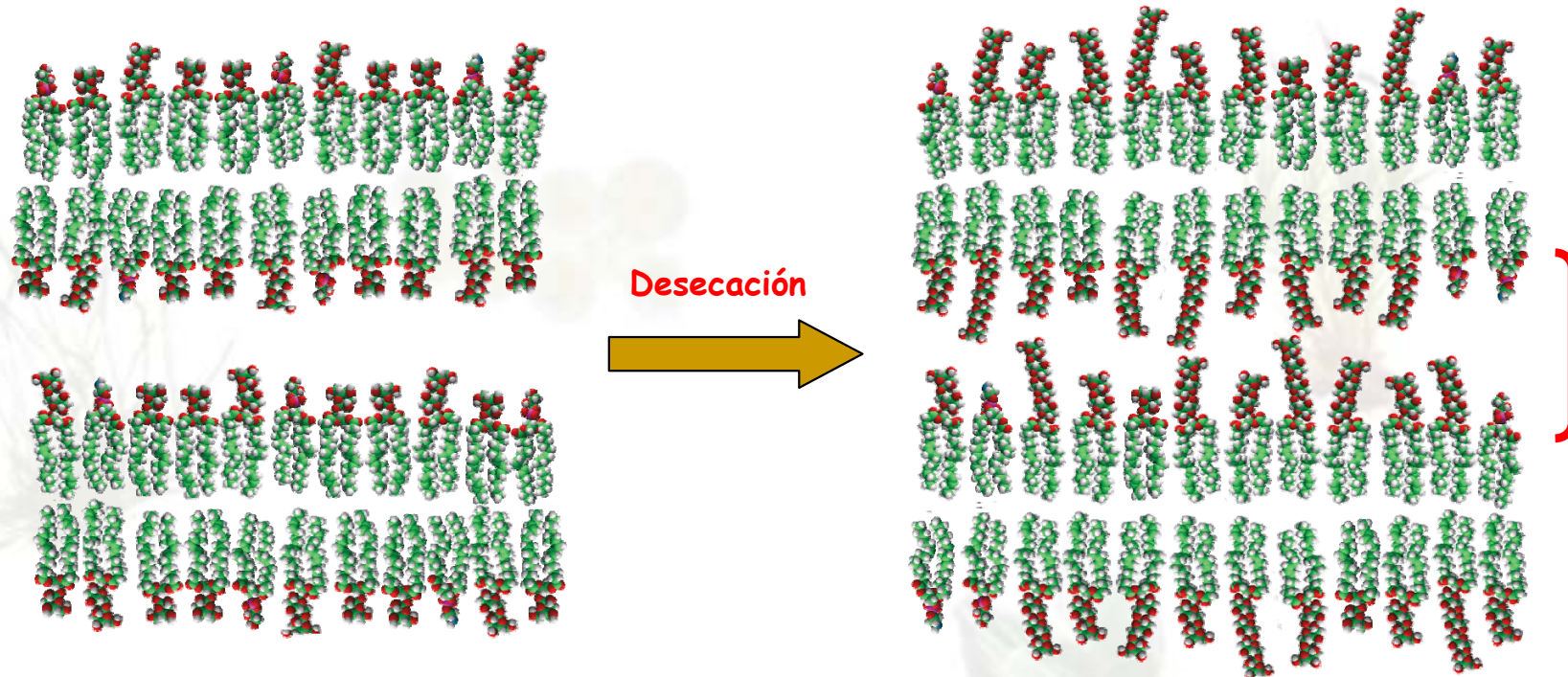
- SFR2/DGD convierten los monogalactolípidos con forma cónica en oligogalactolípidos cilíndricos y diacilglicerol, el cual es posteriormente eliminado de la membrana.

El papel de los lípidos en la tolerancia a la desecación

- Carbono
- Oxígeno
- Hidrógeno



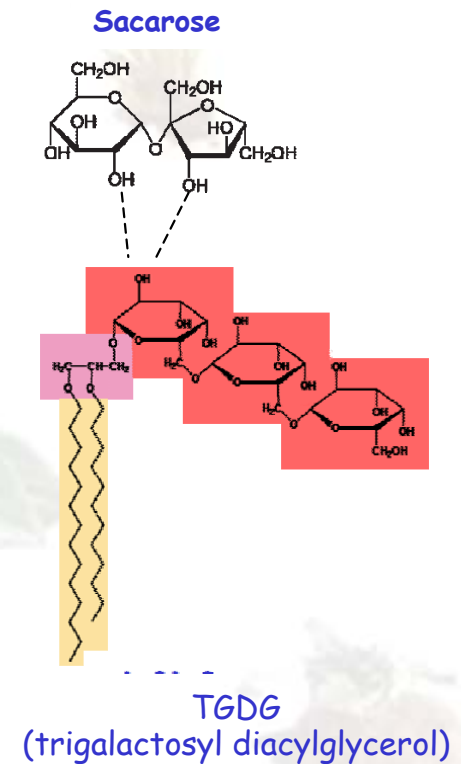
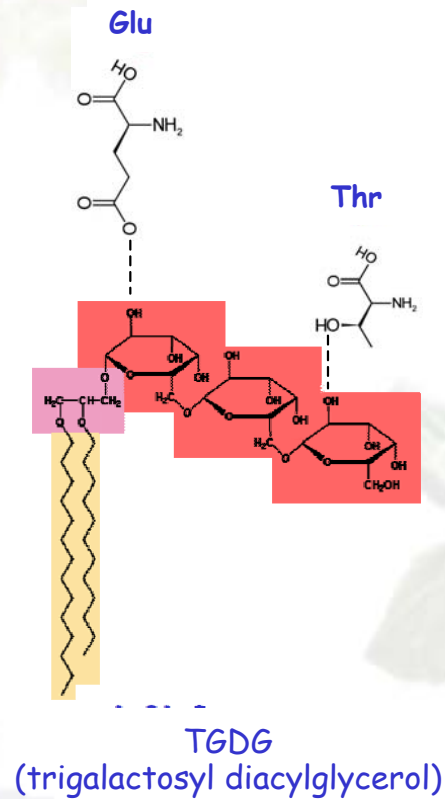
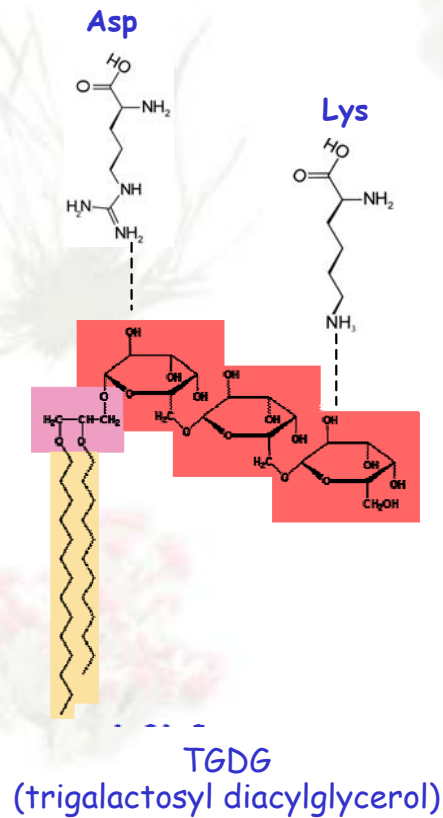
El papel de los lípidos en la tolerancia a la desecación



- La acumulación de oligoGDG incrementa las fuerzas de repulsión entre membranas adyacentes durante la desecación, evitando su fusión.

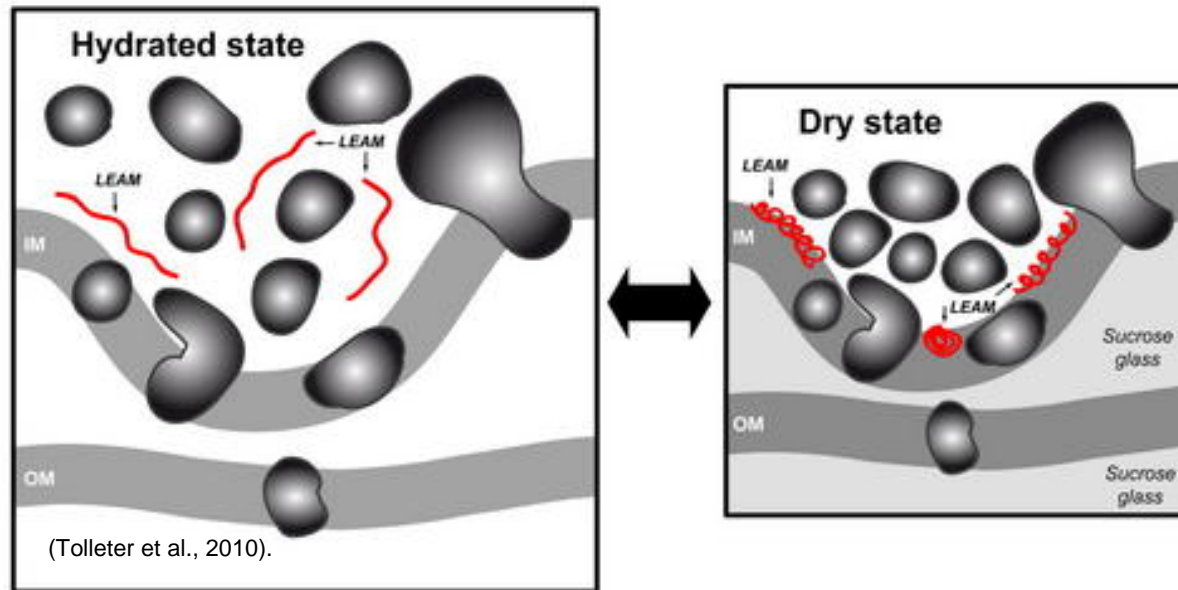
El papel de los lípidos en la tolerancia a la desecación

- Los residuos hidroxilados pueden establecer puentes de hidrógeno con otras macromoléculas para estabilizar proteínas y membranas.



El papel de los lípidos en la tolerancia a la desecación

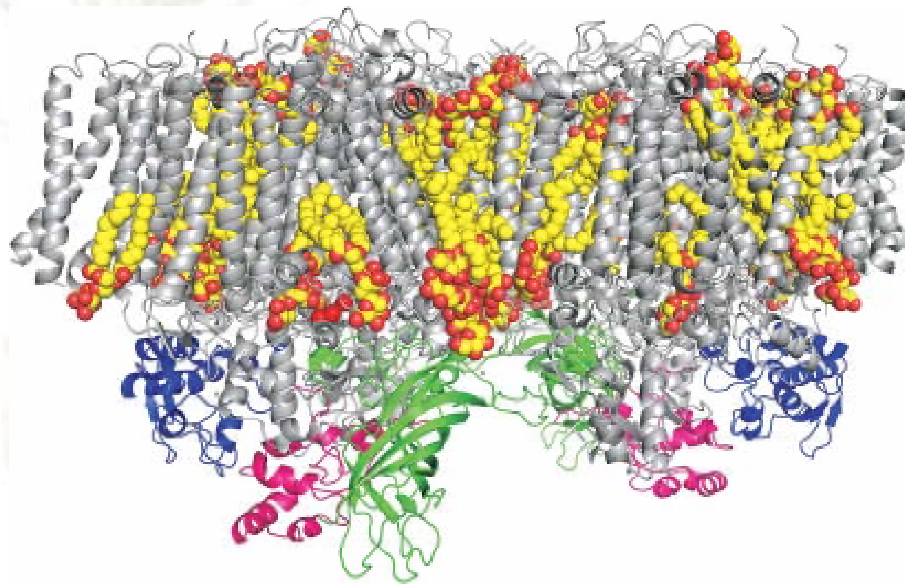
- Los residuos hidroxilados pueden establecer puentes de hidrógeno con otras macromoléculas para estabilizar proteínas y membranas.



El papel de los lípidos en la tolerancia a la desecación

¿Porqué los oligoGDG no se encuentran constitutivamente en las plantas vasculares?

- Cualquier cambio en la composición disminuye el rendimiento fotosintético.
- Los valores de Fv/Fm en fotobiontes liquénicos es de 0.600 - 0.700, en plantas es de 0.840.

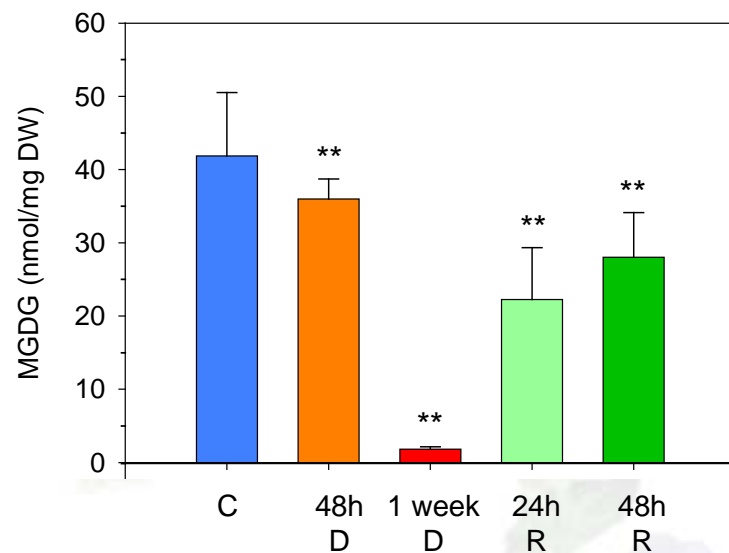


	Monomer PSII	Thylacoid membrane
MGDG	11 (44 %)	45 %
DGDG	7 (28 %)	15-25 %
SQDG	5 (20 %)	15-25 %
PG	2 (8%)	5-15 %

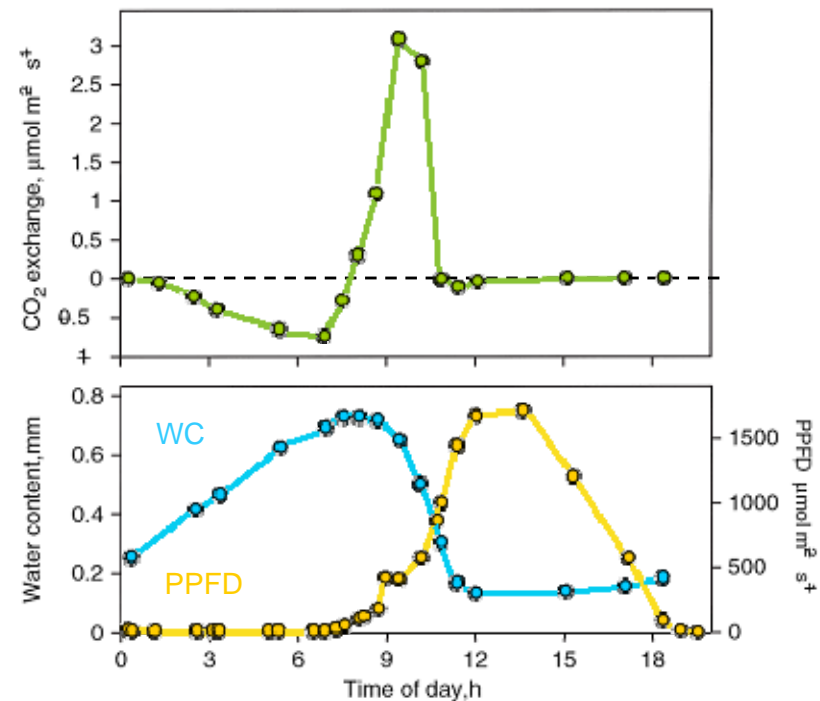
El papel de los lípidos en la tolerancia a la desecación

¿Porqué el MGDG no es degradado en las algas liquénicas?

- Cualquier cambio en la composición disminuye el rendimiento fotosintético.
- Los rápidos ciclos de desecación/rehidratación condicionan mayores cambios.



Craterostigma plantagineum



CONCLUSIONES

● Las **plantas vasculares** adquieren la tolerancia a la desecación **activando mecanismos de protección** durante la deshidratación.

- Necesitan tiempos largos ciclos de desecación/rehidratación.

● Los **vegetales poiquilohídricos** poseen **mecanismos constitutivos** de tolerancia la desecación.

-Limitan el crecimiento.

● Los **vegetales poiquilohídricos** también activan **mecanismos de protección**.

- Cambios mucho menores que en plantas vasculares.



¡GRACIAS POR VUESTRA ATENCIÓN!

