

DOS METABOLISMOS FOTOSINTÉTICOS CON UN MISMO DESTINO,

A. Langtry, L. Martín y J. Merino

mejorar la EUA

$$EUA = \frac{\text{Gramos CO}_2}{\text{Kg H}_2\text{O}}$$

La abertura de los estomas para la fijación del CO₂ en la fotosíntesis implica también una pérdida de agua, lo que puede ser un problema en ambientes áridos. Para solventarlo las plantas han desarrollado adaptaciones metabólicas y anatómicas que han permitido mejorar su eficiencia del uso del agua (EUA).

La EUA mide el carbono fijado por unidad de agua transpirada. Los **metabolismos** que abordaremos emplean distintas vías para mantener un uso eficiente del agua que determinará su eficacia biológica.

Las plantas C₃ son las precursoras de las C₄ y CAM

Plantas de metabolismo fotosintético C₃

Es el metabolismo más común entre las plantas. Anatómicamente, el mesófilo está diferenciado en **esponjoso** y en empalizada (**Figura 1.a**)

Este tipo de planta fijan el CO₂ realizando el ciclo de Calvin, catalizado por la enzima Rubisco. Existe un proceso respiratorio no mitocondrial que consume O₂ y produce CO₂ estimulado por la luz, conocido como fotorrespiración. Cobra importancia en las plantas C₃ porque disminuye la capacidad fotosintética: la velocidad de la fotosíntesis neta decae al fijarse menos carbono con el mismo gasto de agua. Además para compensar la pérdida de CO₂ se tiende a una apertura estomática. Todo esto conlleva a una menor EUA.

Plantas de metabolismo fotosintético C₄

Como adaptación a ambientes más cálido y secos, surgen nuevos metabolismos. El CO₂ llega a las células **mesófilas**, y se fija por la enzima fosfoenolpiruvato (PEP) que tiene más afinidad por el CO₂ que la Rubisco. Este CO₂ se convierte en malato y aspartato que pasarán a las células de la vaina, donde se transformarán en CO₂ que sigue el ciclo de Calvin. La fotorrespiración es inexistente o muy pequeña en estas plantas porque la alta concentración de CO₂ en las células de la vaina impide la fotorrespiración. Esta variante del proceso de fijación confiere una EUA mayor, puesto que se fija más carbono por molécula de agua.

Las plantas C₄ tienen un mayor gasto energético porque requieren la producción de una enzima extra, PEP. Pero lo compensan con una mayor EUA, mayor crecimiento y eficacia en la fotosíntesis a temperaturas altas.

La anatomía en corona (Kranz) característica de estas plantas incluye dos tipos de células clorofílicas: células del mesófilo y rodeando a los conductos vasculares foliares, las células de la vaina (**Figura 1.b**)

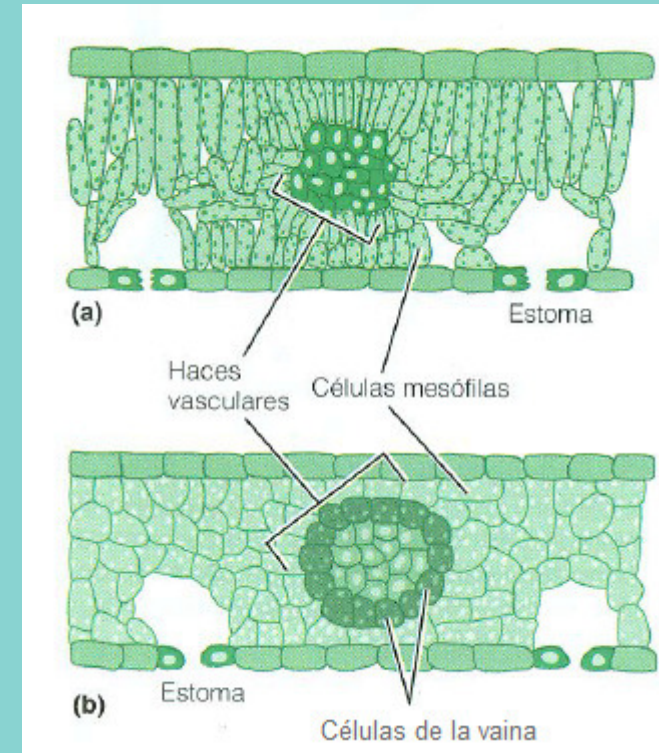


Fig.1: Anatomía foliar de plantas C₃ y C₄

Fig.2: Ejemplo plantas C₄ y CAM (respectivamente)



Plantas de metabolismo fotosintético CAM

Estas plantas carecen de una capa de células de empalizada bien definida.

El metabolismo CAM difiere del C₄ en que los procesos fotosintéticos muestran una separación temporal en vez de física. Constan de una fase en la que los estomas se abren durante la noche entrando CO₂ y saliendo agua. El CO₂ será transformado en malato por la PEP. En la fase diurna, encontramos los estomas cerrados y la reserva de malato producida por la noche se transforma en CO₂ que permite el inicio del ciclo de Calvin.

Las CAM al dividir el metabolismo en noche y día reducen la pérdida de agua. El flujo de salida de agua es en función de la humedad exterior. Por el día, cuando más seco está el aire, hay menor humedad relativa, mayor será la difusión de agua por transpiración. Por este motivo los estomas se mantienen cerrados y solo se abren por la noche, cuando la humedad es significativamente mayor. Esta es también otra variante del proceso de fijación de CO₂, en el que se mantiene una EUA mayor por la conservación del agua, pero conlleva una menor productividad que afecta al crecimiento.

Tabla 1: Comparativa entre plantas C₃, C₄ y CAM

CARACTERÍSTICAS	C ₃	C ₄	CAM
EUA (g CO ₂ por kg H ₂ O)	1-3	2-5	1-8
Frecuencia estomática (estomas mm ⁻²)	40-300	<160	10-40
Tasa transpiración (g/g ⁻¹ s ⁻¹)	450-900	250-350	45-55
Tasa crecimiento relativo (g g ⁻¹ d ⁻¹)	5-20	30-50	0-0,5
Temperatura óptima (°C)	15-25	25	Más de 30
Fotorrespiración	Hasta 40% fotosíntesis neta	Muy pequeña o inexistente	Difícil de estimar

Las plantas C₃ son muy competitivas en climas templados y húmedos mientras que las plantas C₄ son más competitivas en climas secos con largos periodos de aridez y con baja humedad relativa. Tienen condicionada su existencia a lugares con alta intensidad lumínica y temperatura, es el precio a pagar para ser más competitivas. Las plantas CAM son muy frecuentes en climas desérticos en los que se producen condiciones extremas de altas temperaturas durante el día y de bajas temperaturas durante la noche. Las diferencias se pueden observar en la Tabla 1.

CONCLUSIÓN: No podemos hablar de un metabolismo mejor que otro, sino más adaptado a un determinado ambiente. La EUA de las plantas C₄ se basa en la fijación de CO₂ por molécula de agua transpirada frente a las CAM que se basa en una menor pérdida de agua para la fijación del carbono.