

Apendice A

- **Unidades de quantum y densidad de flujo de fotones (PPFD).**

Microeinstein por metro cuadrado por segundo ($\mu E m^{-2} s^{-1}$): Esta unidad ha sido utilizada para representar la cantidad de energía radiante en relación al número de Avogadro de fotones. La densidad de flujo de fotones establece que un Einstein es igual al número de moles de fotones.

Mientras que Einstein es ampliamente utilizado como unidad de PAR, no forma parte de las unidades de medida SI.

- **Micromoles:**

Los *micromoles por metro cuadrado por segundo* ($\mu mol m^{-2} s^{-1}$) están basados en el número de fotones de una cierta longitud de onda incidente por unidad de área y por unidad de tiempo. Se usa comúnmente para describir PAR en el rango de 400 a 700 nanómetros de longitud de onda.

Estas definiciones fueron extraídas de: *Thimijan, Richard W., and Royal D. Heins. 1982. Photometric, Radiometric, and Quantum Light Units of Measure: A Review of Procedures for Interconversion. HortScience 18:818-822*

- **Para convertir unidades de flujo de fotones en unidades de energía.**

La fuente primaria de energía para la fotosíntesis y la bioproductividad es la energía solar. Las plantas interceptan esta energía para la fotosíntesis, pero normalmente se emplea menos del 5% en este proceso.

El resto de la energía calienta la planta y a los organismos circundantes de tal manera que la energía solar determina también la temperatura a la cual están teniendo lugar los procesos fisiológicos.

Además de la fotosíntesis, la radiación solar influye en lo que se ha denominado “respuestas morfogénicas y fototrópicas”.

Normalmente éstas requieren de una pequeña cantidad de energía para generar la respuesta y están implicadas en ella diferentes partes del espectro radiante.

Alrededor del 98% de la energía emitida por el sol tiene una longitud de onda de 300 a 3000 nm.

McCree (1972) demostró que la mejor manera de caracterizar la energía en el estudio de la fotosíntesis es mediante la medición del flujo de fotones comprendido entre los 400 y los 700 nm. (Photosynthetically Active Radiation band, PAR). Esta Densidad de Flujo de Fotones que fotosintetizan (PPFD) es el número de fotones que llegan a una unidad de área durante un segundo. Se lo expresa en moles $m^{-2} s^{-1}$ (1 mol= $6,022 \times 10^{23}$ partículas. Número de Avogadro).

La energía de cada fotón varía de acuerdo a su longitud de onda. Es por ello que un fotón que posee una longitud de onda de 700 nm posee menos energía que otro con una longitud de onda de 400 nm. Esto se deduce de la fórmula

$$E = h \cdot c / l$$

h: constante de Planck.

c: Velocidad de la luz.

l: Longitud de onda.

La relación existente entre la radiación solar total y la radiación PAR varía de acuerdo a los lugares donde ha sido medida y quien lo hizo.

En Europa se estima que: PAR= 0,48 de radiación global.

En Estados Unidos se estima que: PAR= 0,45 de radiación solar global.

Teniendo en cuenta estos datos se concluye en que cada uno puede hacer sus propios cálculos y llegar a valores distintos pero en líneas generales

$$1800 \text{ micromoles m}^{-2} \text{ s}^{-1} \equiv 427 \text{ W m}^{-2}$$

Datos orientativos para tener en cuenta:

Radiación solar total al mediodía: $1000 \text{ W m}^{-2} = 1000 \text{ Joules m}^{-2} \text{ s}^{-1}$

Una estación meteorológica no puede poseer lecturas de un día completo que superen los $33 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$