Capítulo VI

Términos y unidades usados en la irradiación e iluminación de plantas

En la tecnología de irradiación de plantas es importante distinguir entre los conceptos de energía radiante y energía luminosa. También hay que establecer las diferencias entre los términos y unidades en irradiación e iluminación de plantas. Los principales términos usados en la tecnología de la irradiación de plantas, se pueden comparar con los usados en la tecnología de la iluminación (ver Tabla III).

Comparación entre términos y unidades radiométricas y fotométricas.

Magnitudes radiométricas		Magnitudes fotométricas	
Magnitud	Unidad	Magnitud	Unidad
Energía radiante	Julio (vatio.s^{-1})	Energía luminosa	Lumen por segundo (lm.s)
Flujo radiante	Julio.s =vatio	Flujo luminoso	Lumen (lm.)
Irradiancia	Vatio por m^2 ($W.m^{-2}$) o milivatio por m^{-2} ($mW.m^{-2}$)	Iluminancia	Lumen por m^2 ($lux=lm.m^{-2}$)
Eficacia radiante	milivatio por vatio ($mW.W^{-1}$)	Eficacia luminosa	Lumen por vatio ($lm.W^{-1}$)

Tabla III. Comparación entre los términos y unidades radiométricas y fotométricas.

Energía radiante[1]: Cuando una sustancia se excita, como consecuencia de elevar su temperatura, irradia energía. Esta energía se denomina energía radiante. La energía se puede considerar durante un período de tiempo determinado o durante toda la vida del cuerpo radiante. También se puede expresar por unidad de volumen o de superficie del cuerpo emisor.

Símbolo: Q, Q_c

Unidad: julio (J), vatio-segundo (W.s).

Energía luminosa: Es la cantidad de luz, de acuerdo con la sensibilidad del ojo humano, radiada o recibida en un período de tiempo.

Símbolo: Q_v.

Unidad: lumen-segundo (lm.s)

[1] En irradiación de plantas sólo se considera la parte del espectro comprendida entre 400 y 700 nm.

Flujo radiante: Es la energía radiante emitida por la fuente en la unidad de tiempo.

Símbolo: , $_c$.

Unidades: julio por segundo ($J.s^{-1}$), vatio (W).

Como se sabe, la radiación emitida por una determinada fuente luminosa puede estar en una parte, dentro del margen visible del espectro electromagnético, y otra en el infrarrojo y/o en el ultravioleta, dependiendo de sus características espectrales. Aunque las radiaciones emitidas en el infrarrojo y el ultravioleta puedan tener un efecto beneficioso, es la radiación de la fuente en las longitudes de onda comprendidas 400 y 700 nm, las que tienen especial importancia. En consecuencia, la radiación de una fuente luminosa en esta parte del espectro, es la usada como base de cálculo en todos los textos.

Flujo luminoso: Es la energía luminosa emitida por la fuente en la unidad de tiempo.

Símbolo: $_v$

Unidad: lumen (lm)

Esta definición necesita una explicación. La unidad de flujo radiante, el vatio, no está afectada por la longitud de onda en la que se emite. La unidad de flujo luminoso, el lumen, está basada en la curva de sensibilidad del ojo humano, según se vio en la Fig. 10. En dicha figura se pone de manifiesto como el ojo humano evalúa de forma diferente la potencia radiante según la longitud de onda en la que se emita.

Un vatio de potencia radiado en una longitud de onda de 555 nm produciría, por definición, 680 lúmenes. Sin embargo, un vatio de potencia radiado a una longitud de onda de 500 nm produciría sólo 0,4 x 680 = 272 lúmenes. Lo anterior es debido, a que el ojo humano tiene un factor de sensibilidad 0,4 para esa longitud de onda. De esta forma, el flujo luminoso de una lámpara depende de la longitud de onda y no del flujo radiado. Esto, junto con el hecho de que diferentes tipos de lámparas tienen diferentes distribuciones en el espectro del flujo radiado, nos lleva a la conclusión de que dos lámparas pueden tener la misma potencia de salida, y no tener la misma luminosidad, y viceversa.

Irradiancia: Es la potencia radiante incidente por unidad de superficie.

Símbolo: E, E_c.

Unidades: vatio por metro cuadrado ($W.m^{-2}$) o milivatio por metro cuadrado ($mW.m^{-2}$)

Iluminancia: Es la densidad de flujo luminoso incidente sobre una superficie.

Símbolo E_v

Unidades: Lux (lx), (lumen por metro cuadrado, $lm.m^{-2}$)

Eficacia radiante: Es el porcentaje del flujo radiante total emitido por una superficie de radiación[2] respecto a la energía consumida. También, la relación entre la energía radiante y la consumida por la lámpara.

Unidades: porcentaje (%), milivatios por vatio ($mW.W^{-1}$)

Eficacia luminosa: Es el porcentaje del flujo luminoso total emitido por una lámpara respecto a la energía consumida.

Unidad: lumen por vatio ($lm.W^{-1}$)

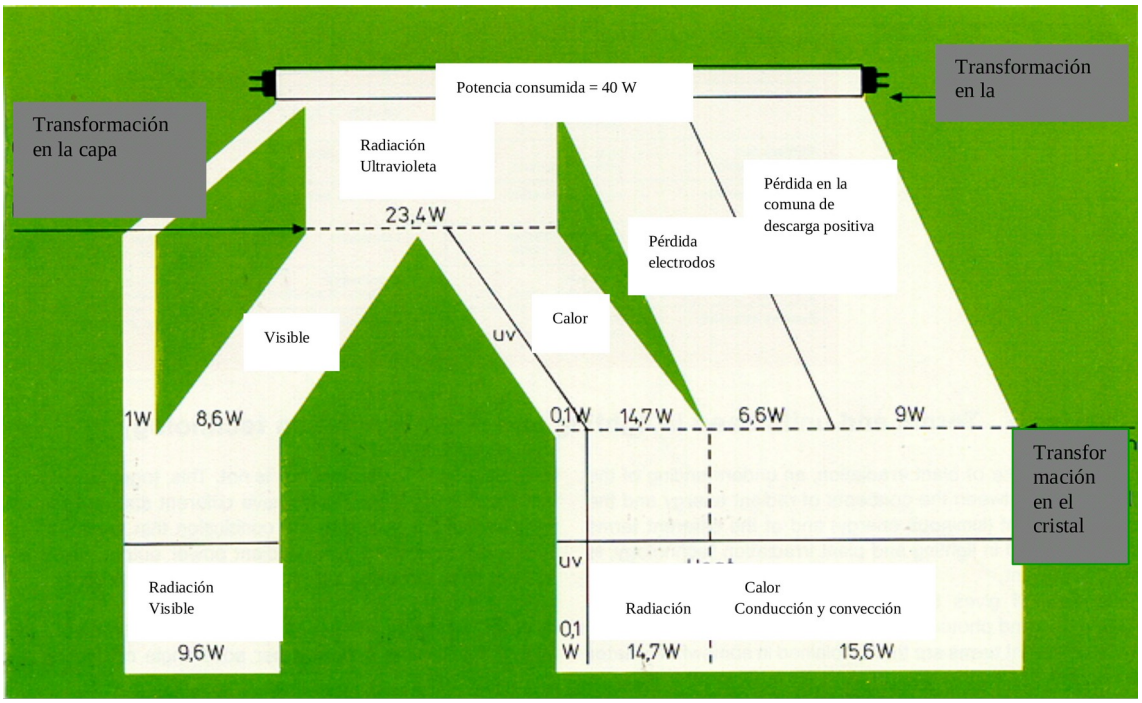


Figura. 14. Potencia transformada en una lámpara fluorescente de 40 W.

En la Fig.14 se han representado las transformaciones que se producen en una lámpara fluorescente de 40 W. En una primera fase existen varios tipos de transformaciones:

- Visible: 1 W
- Radiación ultravioleta: 23,4 W
- Pérdidas en los electrodos: 6,6 W
- Pérdidas en la columna de descarga positiva: 9 W

[22] En irradiación de plantas sólo se tomará la parte del espectro comprendida entre 400 y 700 nm.

En una segunda fase la radiación ultravioleta (23,4 W) se divide en:

- Radiación visible: 8,6 W
- Radiación ultravioleta no visible: 0,1 W
- Calor (14,7 W)

En definitiva tenemos el siguiente resultado:

- Radiación visible: 9,6 W
- Radiación ultravioleta: 0,1 W
- Calor:
  - Radiación: 14,7 W
  - Conducción y convección: 15,6 W

En tecnología de iluminación de plantas la energía que requiere cada tipo de planta se expresa en milivatios por metro cuadrado ($mW.m^{-2}$). Si la medida queremos que sea exacta tendremos que tomar solamente la cantidad de energía recibida de la zona del espectro comprendida entre los 400 y los 700 nm. Sin embargo, desde un punto de vista científico, la irradiancia no es una medida completamente satisfactoria. Esto es debido a que:

- Toda energía radiante recibida por la planta fuera del intervalo de longitud de onda 400-700 nm, no se considera, aunque ésta incluso contribuya, de alguna forma, a la fotosíntesis.
- No se tiene en cuenta la curva de la sensibilidad de las plantas.

La práctica ha demostrado, no obstante, que las inexactitudes introducidas nunca exceden del 10 al 20 % para los tipos de lámparas corrientes.

Para diseñar una nueva instalación de irradiación de plantas, se puede usar el *lux* en vez del $mW.m^{-2}$. La razón es que, aunque existan aparatos de medida capaces de dar la lectura en unidades de irradiancia, son más fáciles de utilizar los luxómetros. Para cada tipo de lámpara existe un factor de conversión, expresado en $mW.lm^{-1}$, capaz de convertir el flujo luminoso en flujo radiante (Fig. 16).

En la Fig. 15 se analiza la distribución de la potencia transformada en una lámpara de vapor de sodio alta presión de 400 W. De forma análoga al caso anterior se observa que de 400 W absorbidos (no están incluidas las pérdidas en el balasto) se transforma en radiación luminosa 118 W.

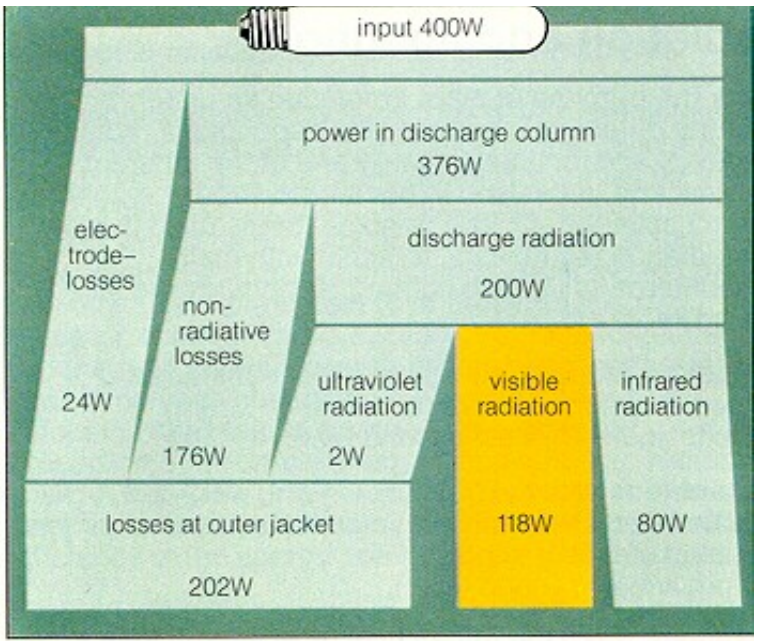


Figura. 15. Potencia transformada en una lámpara de vapor de sodio, alta presión, de 400 W.

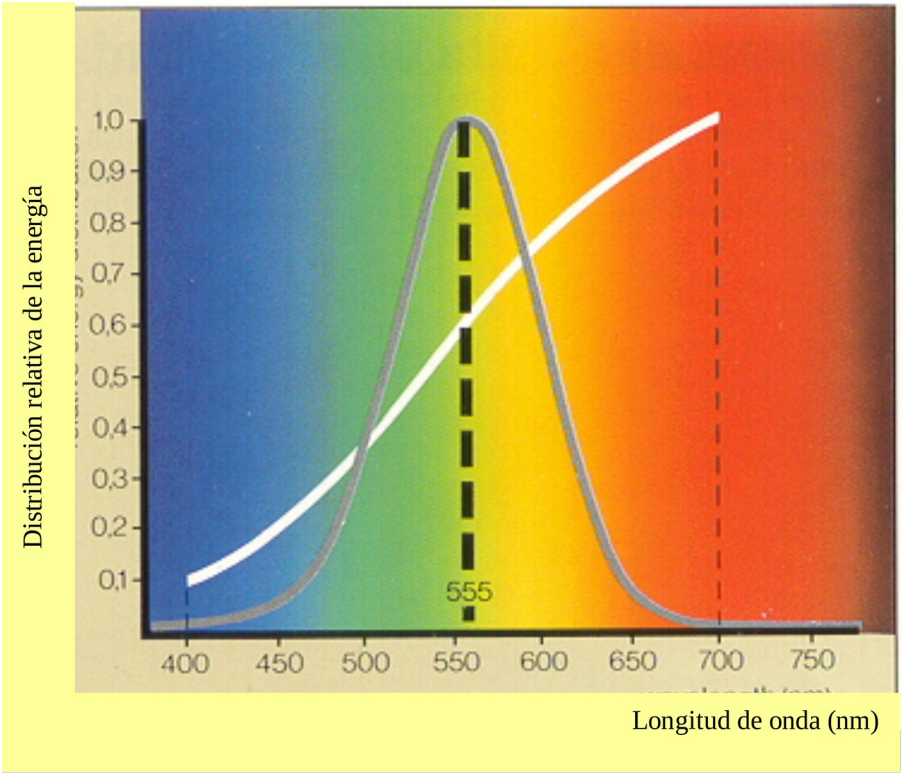


Figura. 16. Curva de distribución de la energía en una lámpara incandescente comparándola con la curva de sensibilidad del ojo humano

En la Fig.16 se puede obtener el factor de conversión de lúmenes (flujo luminoso) a milivatios (flujo radiante), multiplicando la energía radiante por la sensibilidad relativa del ojo humano para cada punto del eje de abscisas comprendido entre los 400 y los 700 nm y tomando el valor recíproco.