

DESARROLLO DE UN INSTRUMENTO OPTICO PARA ESTIMAR IAF Y fAPAR

Gustavo Gabriel Ovando¹, Antonio de la Casa², Luciano Bressanini³, Ángel Raúl Rodríguez⁴

ABSTRACT - The purpose of this work was to develop an instrument to estimate the leaf area index (IAF) by means light transmittance measurements and to compare its acting with a commercial instrument in a potato crop. The photosynthetic active radiation (PAR) was measured with fototransistors connected to a datalogger. The sensors were disposed in four bars with six units each one. The first bar took samples above the canopy, and the three remaining below it. The readings were made in two cleared day every 15 minutes, beginning at 11:15 hs (local time). Determinations of PAR, fraction of the PAR absorbed (fAPAR) and of IAF were also made with a commercial instrument. The averages of the digital counts (CD) of each bar were compared with PAR measurements, as well as the CD quotients of the below regarding bar an the above one, with readings of IAF and fAPAR of the commercial instrument. The results show an inverse lineal relationship among the averages of the CD and PAR values ($R^2=0,6793$), as long as the relationship is lineal when the CD quotients are compared with IAF ($R^2=0,3996$) and fAPAR ($R^2=0,5188$).

INTRODUCCIÓN

El Índice de Área Foliar (IAF) y la fracción de radiación fotosintéticamente activa absorbida (fAPAR) representan biofísicamente dos maneras complementarias de describir las superficies vegetadas del planeta (Fensholt et al., 2004). El IAF y la fAPAR caracterizan el funcionamiento y la capacidad de absorción de energía lumínica del canopeo y son parámetros claves en la mayoría de los modelos de productividad de los ecosistemas, de clima global, hidrológicos, bioquímicos y ecológicos (Myneni et al., 2002). El IAF es definido, en canopeos de hoja ancha, como el área de una cara de la hoja por unidad superficie de suelo; en tanto que fAPAR es una medida de la proporción de la absorción de los rayos solares por las hojas verdes, en la porción del espectro electromagnético comprendido entre 0,4–0,7 μm (Fensholt et al., 2004).

El IAF define el tamaño de la interfase de los intercambios de masa y energía entre el canopeo y la atmósfera. El fAPAR nos permite derivar la producción de biomasa a partir de modelos simples de productividad primaria (Weiss et al., 2000).

La medición directa del IAF en papa (*Solanum tuberosum* L.) es extremadamente laboriosa, tanto por el tiempo que insume como por el trabajo intensivo que demanda su obtención (Gordon et al., 1994). Las hojas son particularmente irregulares y por lo tanto la estimación de su área requiere de un procedimiento minucioso. Además, es común que se susciten cultivos desperejados por diversas causas (defectos de plantación, diferencias en la edad fisiológica del propágulo, etc), razón por la cual es necesario trabajar

con mucho material para efectuar un muestreo representativo.

Existen actualmente distintos instrumentos de medición de carácter comercial. Entre otros se pueden mencionar: el interceptómetro [PAR/LAI Ceptometer] (Decagon Devices, Pullman, WA, USA), el analizador del canopeo vegetal LAI-2000 (LI-COR, Lincoln, NE; USA) y DEMON (CSIRO, Centro para la mecánica ambiental, Canberra, Australia), que utilizan la intercepción lumínica como fundamento para estimar el área foliar, acelerando así la determinación del IAF y evitando, por otra parte, la cosecha destructiva del material. De todos maneras estos dispositivos no siempre están disponibles y presentan el inconveniente de su elevado costo comercial.

Los objetivos del presente trabajo son desarrollar un instrumento para estimar el IAF por medio de la medición de la transmitancia lumínica a través de sensores ópticos y comparar su desempeño con un instrumento comercial en un cultivo de papa.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en un lote de producción comercial de papa del cinturón verde de Córdoba, Argentina (31° 30' 44" S, 64° 08' 42" W, 402 m s.n.m.) durante el ciclo de producción semitardío (entre Febrero y Mayo) de 2005.

Para la adquisición de los datos para estimar la intercepción lumínica, se utilizó un datalogger de 24 canales. Dicho datalogger está gobernado por un microcontrolador PIC16F874, entre cuyas principales características se destacan: 32 pines de entrada-salida distribuidos en 5 puertos, un módulo analógico-digital de 10 bits y un módulo MSSP (Puerto Serial Sincrónico Maestro) que puede operar en I2C (Circuitos Inter-Integrados).

Los distintos pines de entrada-salida posibilitan la lectura de hasta 24 fototransistores (uno por canal del datalogger), multiplexando el acceso al conversor analógico-digital. El conversor analógico-digital permite transformar el voltaje de salida de cada fototransistor (de 0 a 5 v) en un contador digital (CD de 0 a 1023). Los valores de contador digital de todos los canales, son transmitidos en serie a través del puerto MSSP, operando en modalidad I2C, a una memoria EEPROM serial externa (24C256), donde son almacenados. La ventaja de emplear este tipo de almacenamiento reside en el hecho que los datos no se pierden ante la falta de suministro de energía, y al ser externa, la memoria puede trasladarse a un lector para descargar los datos, mientras el datalogger continúa trabajando a campo con una memoria de reemplazo. Los 24 sensores fueron dispuestos en cuatro barras de 80 cm de longitud. Tres de ellas dispuestas, perpendiculares al surco, bajo el canopeo del cultivo de

¹Climatología y Fenología Agrícolas, Fac. De Ciencias Agropecuarias U.N.C. CP 5000, Córdoba, Argentina (gugovan@agro.uncor.edu).

² Climatología y Fenología Agrícolas, Fac. De Ciencias Agropecuarias U.N.C. CP 5000, Córdoba, Argentina (delacasa@agro.uncor.edu).

³ Agrotecnia, Fac. De Ciencias Agropecuarias U.N.C. CP 5000, Córdoba, Argentina. (lubressa@agro.uncor.edu).

⁴ Climatología y Fenología Agrícolas, Fac. De Ciencias Agropecuarias U.N.C. CP 5000, Córdoba, Argentina (arodrigu@agro.uncor.edu).

papa y la restante por encima para valorar la radiación incidente.

Los días 16 y 23 de marzo de 2005 se efectuaron 4 adquisiciones de datos en cada fecha, con una frecuencia de 15 minutos, comenzando a las 11:15 hs (hora local). Durante todo el experimento el cielo estuvo despejado.

Para cada adquisición las barras inferiores fueron cambiadas de posición para extender el rango de condiciones de cobertura del cultivo.

Simultáneamente se determinó la PAR arriba y abajo del canopeo para los mismos puntos de muestreo con un instrumento comercial, el PAR/LAI Ceptometer modelo LP-80 (Decagon Devices, Pullman, WA, USA) que a partir de esa información calcula los valores de LAI y fAPAR

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La relación entre los valores promedio de CD de cada barra y los valores de radiación fotosintéticamente activa (PAR) medidas con el interceptómetro pueden observarse en la Figura 1. A pesar de que los valores de CD exploran sólo un rango estrecho de toda la resolución del conversor analógico - digital (0 a 1023), se observa una correlación de $R^2 = 0,6793$ entre los valores de CD y de PAR.

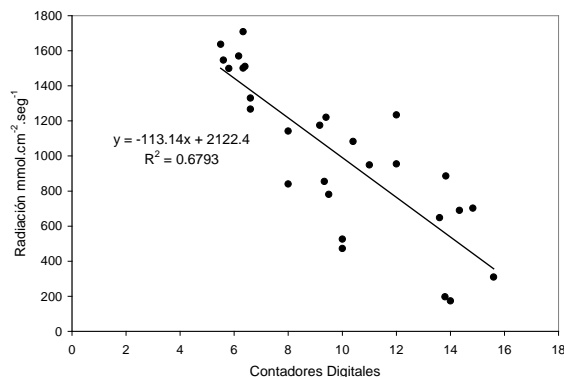


Figura 1. Comparación entre los contadores digitales (CD) y los valores de radiación fotosintéticamente activa medidos con el interceptómetro en la experiencia del 16 y 23 de marzo de 2005.

La relación entre los cocientes de los promedios de las barras puestas debajo del dosel, respecto de la barra ubicada por encima del canopeo, con respecto a los valores de IAF y fAPAR obtenidas en por el interceptómetro puede observarse en la Figura 2.

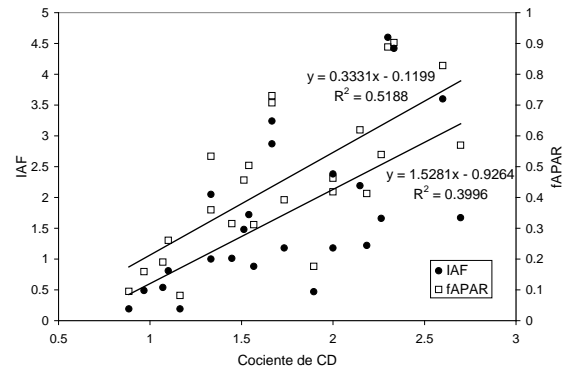


Figura 2. Relación entre los cocientes de los contadores digitales y el IAF y la fAPAR obtenidos con el interceptómetro.

El análisis de correlación y regresión de la Figura 2 nos permite reconocer una relación lineal entre los cocientes de los contadores digitales y el IAF. Cabe destacar que estas observaciones corresponden a valores de IAF menores que 5. Con medidas mayores de IAF cabría esperar valores del cociente de CD por encima del cual la relación con el IAF fuese casi constante.

Por otra parte, la Figura 2 también resalta una relación lineal, entre el cociente de CD y fAPAR, lo cual es razonable si consideramos que los valores de IAF y fAPAR medidos con el interceptómetro están fuertemente correlacionados (coeficiente de correlación 0,962).

REFERENCIAS

- Fensholt R., Sandholt I., Schultz Rasmussen M. Evaluation of MODIS LAI, fAPAR and the relation between fAPAR and NDVI in a semi-arid environment using in situ measurements. *Remote Sensing of Environment*, v.91 p.490-507. 2004.
- Gordon, R., Brown D.M., Dixon M.A. Non-destructive estimation of potato leaf area index using a fish-eye radiometer. *Potato Research*, v.37 p.393-402, 1994.
- Myneni R.B., Hoffman S., Knyazikhin Y., Privette J.L., Glassy J., Tian Y., Wang Y., Song X., Zhang Y., Smith G.R., Lotsch A., Friedl M., Morisette J.T., Votava P., Nemani R.R., Running S.W. Global products of vegetation leaf area and fraction absorbed PAR from year one of MODIS data. *Remote Sensing of Environment*, v.83 p.214-231, 2002.
- Weiss M., Baret F., Myneni R.B., Pragnère A., Knyazikhin Y. Investigation of a model inversion technique to estimate canopy biophysical variables from spectral and directional reflectance data. *Agronomie*, v. 20 p.3-22, 2000.