

# APLICACION DEL MEDIDOR PORTATIL DE CLOROFILA EN LOS PROGRAMAS DE FERTILIZACION NITROGENADA EN PATATA DE SIEMBRA<sup>1</sup>

Arregui LM, Merina M, Mingo-Castel AM

*Depto. de Producción Agraria, Universidad Pública de Navarra.  
Campus de Arrosadia, E-31006-Pamplona. E-mail: arregui@ unavarra.es*

## SUMMARY

The aim of this work is to evaluate the use of Minolta SPAD-502 in potato field production (*Solanum tuberosum* ssp. *tuberosum* cv. Kennebec). A randomized complete block design was performed with two replications with different levels of nitrogen fertilization (0, 40, 80, 120, 160 nitrogen units.ha<sup>-1</sup>). To evaluate correlations between SPAD values, leaf extractable chlorophyll and leaf nitrogen (Kjel- dahl), we took SPAD readings at 75 and 90 days after planting. To estimate correlations between SPAD values and potato yield, SPAD readings were taken at three stages (8-10 leaves, 15-20 leaves and senescence). Results showed significant correlations in all cases. The best fit was exponential for SPAD- chlorophyll and SPAD-nitrogen, and quadratic for SPAD-yield.

## INTRODUCCION

A pesar de que hoy en día se procura ajustar la dosis fertilizante, siguen existiendo muchos problemas a la hora de dar una recomendación, fundamentalmente cuando se trata de abonado nitrogenado: una dosis más alta de la necesaria e incluso un mal reparto pueden acarrear un importante flujo de lixiviados, y una dosis más baja, una reducción en el rendimiento del cultivo. Más cuidado, si cabe, habría que tener en la patata de siembra, en donde un exceso de aporte nitrogenado tendería a favorecer el crecimiento foliar en detrimento de los tubérculos.

El medidor portátil de clorofilas se está manifestando como una herramienta a tener en cuenta en los programas de fertilización de diferentes cultivos como maíz (Piekielek et al (1995)), algodón (Wood et al (1992)), trigo (Reeves et al (1993)) y patata (Minotti et al (1994)) entre otros.

Con este trabajo se pretende evaluar la aplicación de un medidor portátil de clorofilas en patata de siembra (CV .Kennebec).

---

<sup>1</sup> En: Pascualena J, Ritter E. (Ed) 2000. Libro de Actas del Congreso Iberoamericano de Investigación y Desarrollo en Patata. Patata 2000. 3-6 Julio, Vitoria-Gastéis, España. p 157-170.

## MATERIAL y METODOS

El medidor utilizado fue el SPAD-502 de Minolta.

El diseño experimental se llevó a cabo mediante bloques al azar con dos repeticiones y el ensayo se localizó en Pamplona (Navarra)-España. El único factor fue la dosis de abonado nitrogenado (0, 40, 80, 120, 160 UF N/ha) aportadas antes de la plantación y en forma de Urea 46%. Igualmente, se añadió a todo el ensayo 150 UF P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha y 300 UF K<sub>2</sub>O/ha en forma de Superfosfato 45% y KC160%, respectivamente. Cada parcela elemental ocupaba una superficie de 2,8 x 9 m<sup>2</sup>, correspondientes a 4 caballones y 30 tubérculos en cada uno de ellos (marco de plantación 0,7 x 0,3 m<sup>2</sup>). Los dos centrales se utilizaban para la toma de datos y los laterales para evitar el efecto borde.

El suelo de la parcela tenía una estructura arcillo-limosa, con un contenido de materia orgánica de 1,7%, un pH de 8,2 y 10 kg/ha de nitrógeno mineral en los 30 cm superiores.

El material vegetal utilizado, fue *Solanum tuberosum* ssp. *tuberosum* cv. Kennebec.

La plantación se realizó en la última semana del mes de mayo de 1999 con tubérculos de calibre 30-35 mm.

A lo largo del cultivo se realizaron los tratamientos fitosanitarios necesarios para mantener la sanidad en el cultivo, principalmente contra escarabajo de la patata (*Leptinotarsa decemlineata*) y mildiu (*Phytophthora infestans*). El riego se efectuó por aspersión. Se colocaron dos tensiómetros en sendos caballones (20 cm de profundidad) para no sobrepasar una tensión hídrica de 50 centibares.

La destrucción de matas se llevó a cabo cuando 1-2 tubérculos de la condición más adelantada sobrepasaban el calibre de 65 mm. En ese momento se eliminó la parte aérea del cultivo ya los 10 días se procedió a la recolección. Tras recoger todos los tubérculos, se calibraron y se pesaron de acuerdo a los siguientes calibres:

< 28 mm	destrío
28-65 mm	siembra
>65 mm >	consumo

En este trabajo únicamente se tuvieron en cuenta para el cálculo de rendimiento los tubérculos correspondientes al calibre "siembra".

Para la correlación SPAD-clorofilas se eligieron 25 folíolos de coloración diferente en dos momentos (75 y 90 días después de plantación). En cada uno se realizaban 10 pinzamientos (5 en cada mitad del folíolo) de los cuáles se tomaba la media. A continuación se pesaron y se realizó la extracción y cuantificación de clorofilas según el método propuesto por Sestak et al (1971).

Para la correlación SPAD-nitrógeno se eligieron 30 folíolos de coloración diferente en dos momentos (75 y 90 días después de plantación). En cada uno se realizaban 10 pinzamientos (5 en cada mitad del folíolo) de los cuáles se tomaba la media. A continuación se pesaron, se secaron en una estufa a 65°C durante 48 horas y se realizó la determinación de nitrógeno (método Kjeldahl).

Para la correlación SPAD-rendimiento se tomaron lecturas en tres momentos (8-10 hojas, 15-20 hojas e inicio de senescencia) y se relacionaron con los valores correspondientes a rendimiento de tubérculos de siembra (28-65mm). Dichas lecturas se realizaron en 20 plantas de cada parcela elemental y en cada una, en el folíolo terminal de la cuarta hoja, considerándose como primera, aquella que tenía más de 4 cm. de longitud y que estaba situada a más de 1 cm. del ápice de la planta. También se obtuvo la media de 10 valores SPAD para cada folíolo.

## **RESULTADOS**

### **Correlación SPAD-clorofilas**

La relación entre la clorofila extraída y las lecturas del SPAD-502, se pueden observar en

las Figuras 1 y 2.

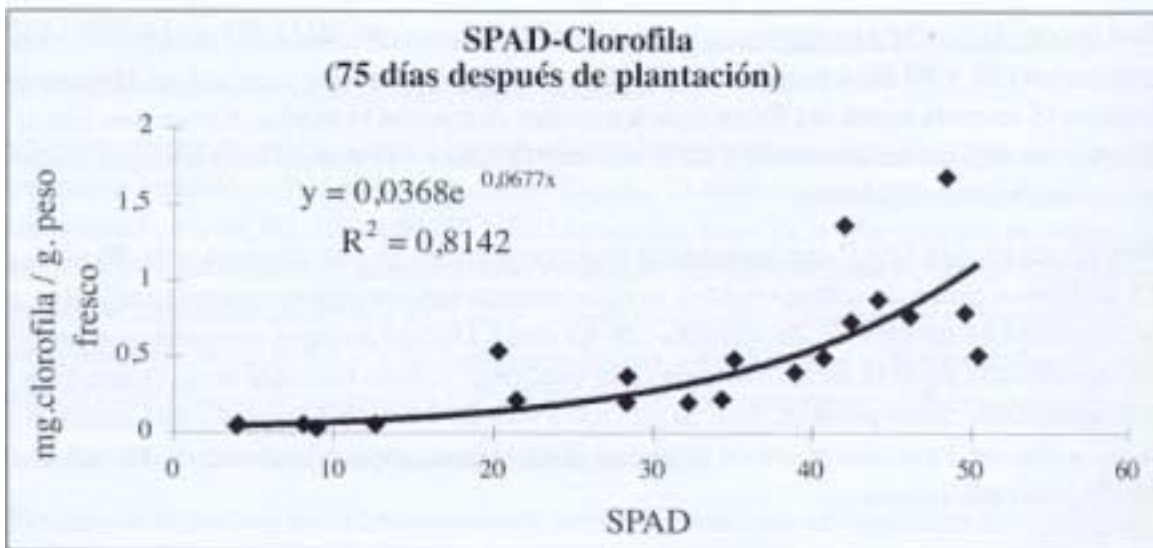
Se han realizado lecturas en dos fechas diferentes porque, tal como citan diversos autores (Takebe y Yoneyama (1989), Wood et al (1992)), la relación entre la clorofila y el SPAD es función del estado fenológico del cultivo. En este trabajo se quiere estudiar cómo afecta el momento del ciclo a la relación SPAD-clorofila.

En las dos figuras, el coeficiente de regresión obtenido es alto, por lo que existe una alta correlación entre la clorofila extraíble en hojas y los valores SPAD-502. El tratamiento estadístico indica que esta regresión es altamente significativa. Un color verde más oscuro en las hojas de la planta de patata conlleva unos valores SPAD más altos e implica un mayor contenido de clorofila en las hojas.

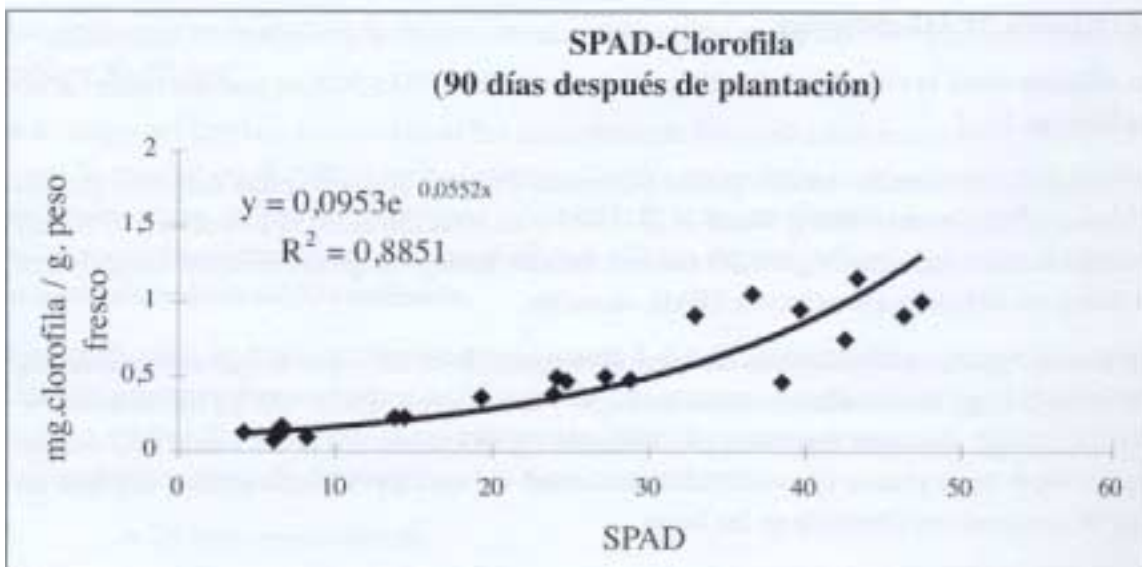
La regresión obtenida es exponencial, con unos coeficientes de regresión  $r^2 =$

0.8142 y  $r^2 = 0.8851$ ; estos coeficientes son mayores que los obtenidos con una regresión lineal  $r^2 = 0.5429$  y  $r^2 = 0.8518$ .

Este resultado coincide con el de los estudios realizados por Monje y Bugbee (1992). Afirman que la relación entre las lecturas SPAD-502 y los contenidos de clorofila se explican mejor con regresiones curvilíneas que con lineales. La diferencia con el resultado de Monje y Bugbee (1992) es que éstos encuentran que el SPAD-502 sobreestima las concentraciones de clorofila cuando están en muy altas o bajas concentraciones, mientras que en este trabajo las concentraciones se subestiman y por ello la regresión es exponencial.



*Figura 1: Relación SPAD-clorofila (75 días después de plantación)*



*Figura 2: Relación SPAD-clorofila (90 días después de plantación)*

### **Correlación SPAD-nitrógeno**

La relación entre el nitrógeno extraído de las hojas y las lecturas SPAD se puede observar en las Figuras 3 y 4.

En las dos figuras el coeficiente de regresión es alto, por lo que existe una alta correlación entre el contenido de nitrógeno en hoja y las lecturas del SPAD-502. El tratamiento esta- dístico realizado para esta regresión indica que es altamente

significativa. Un color más oscuro en las hojas (valores más altos de SPAD) implica mayores contenidos de nitrógeno en las mismas.

La regresión obtenida es exponencial, con unos coeficientes  $r^2 = 0.7824$  y  $r^2 = 0.7461$ ; estos coeficientes son mayores que los obtenidos con una regresión lineal  $r^2 = 0.7591$  y  $r^2 = 0.7096$ .

Este resultado coincide con los de los estudios realizados por Wood et al (1992) y Vos y Bom (1993). Estos autores estudiaron la relación entre los valores SPAD y el contenido de nitrógeno en plantas de maíz y en plantas de patata del cultivar Vebeba. Afirman que esta relación es alta y que se explica con una regresión curvilínea en maíz  $r^2 @ 0.9$  y con una regresión lineal en patata  $r^2 @ 0.95$ .

De cualquier manera, los coeficientes de regresión son altamente significativos para los dos casos.

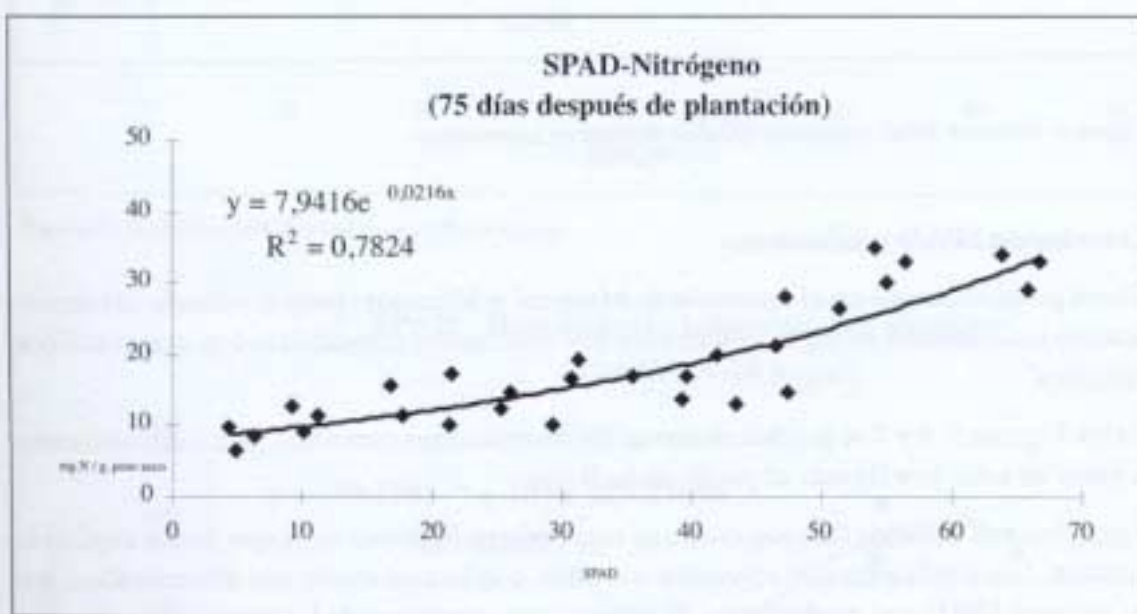


Figura 3: Relación SPAD-nitrógeno (75 días después de plantación)

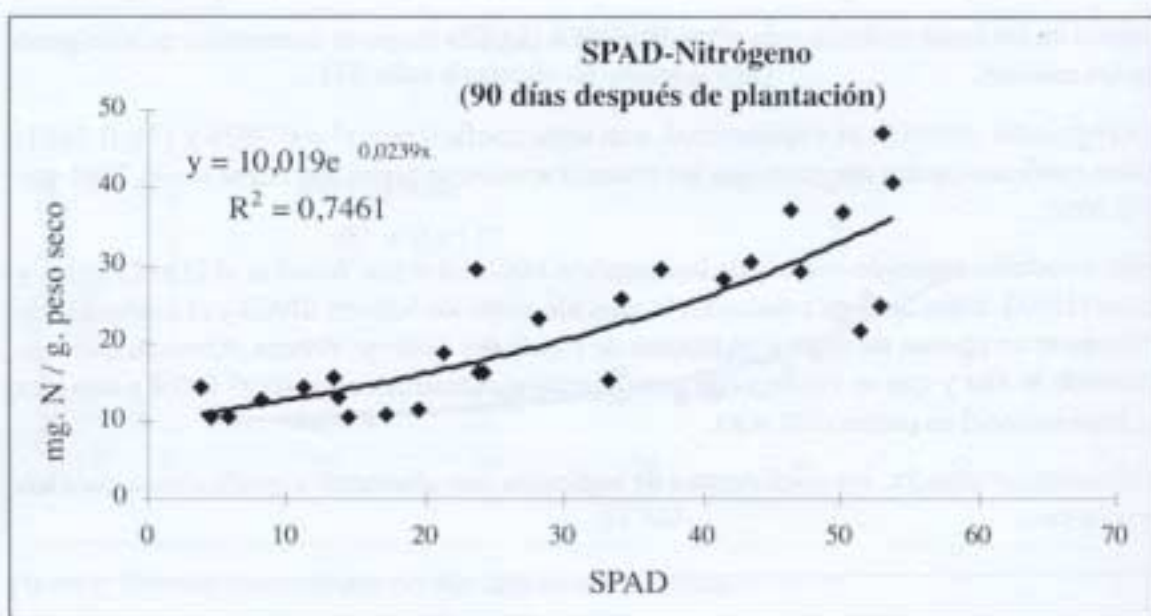


Figura 4. Relación SPAD-nitrógeno (90 días después de plantación)

### Correlación SP AD-rendimiento

Como ya se comentó en el apartado de Material y Métodos, para el cálculo del rendimiento únicamente se tienen en cuenta los tubérculos contabilizados como calibre "siembra".

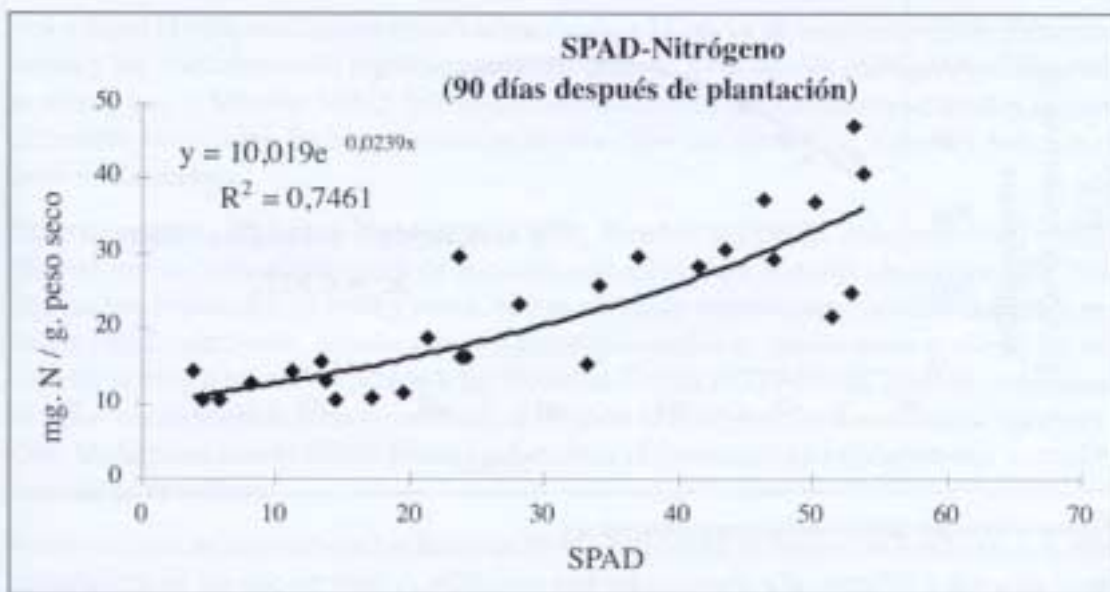
En las Figuras 5, 6 y 7 se pueden observar las correlaciones obtenidas para cada momento. A partir de estas tres figuras se puede deducir que:

fi para los tres estadios fenológicos, una regresión polinómica es la que mejor explica la relación. Los coeficientes de regresión son altos, con lo cual existe una alta relación entre las lecturas SPAD y el rendimiento. El tratamiento estadístico de los datos indica que esta regresión es altamente significativa.

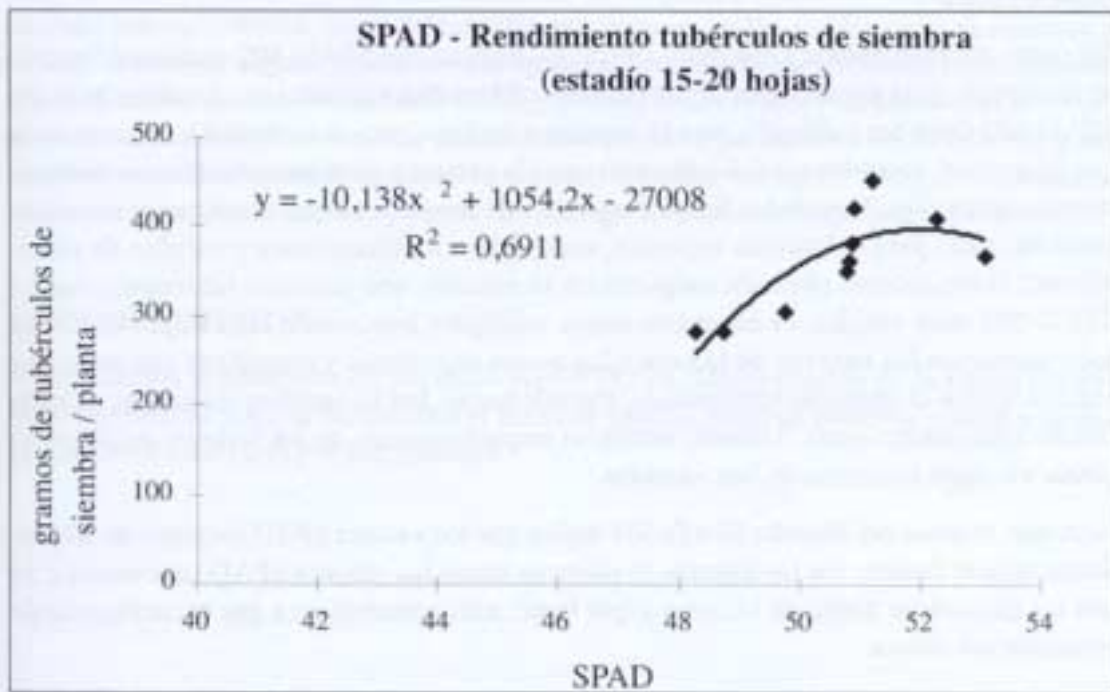
fi para los primeros cuatro niveles de tratamiento (0 UF N/ha, 40 UF N/ha, 80 UF N/ha y 120 UF N/ha) existe una correlación positiva entre las unidades SPAD y el rendimiento. Sin embargo, para el nivel de tratamiento de 160 UF N/ha la correlación es negativa.

Esto indica que el cultivar Kennebec responde positivamente a mayores dosis de abonado nitrogenado, pero hasta un máximo (aproximadamente 120 UF N/ha), a partir del cuál se produce un "consumo de lujo" para la producción de tubérculo: la altura y el número de hojas aumentan (datos no presentados), el contenido de

clorofila en hoja aumenta, el contenido de nitrógeno en hoja aumenta, y los valores SPAD aumentan (ver Figuras anteriores), pero los rendimientos de tubérculos de siembra disminuyen. La planta no aprovecha el nitrógeno para la producción de tubérculos. El estadio fenológico en el que más alta es la relación entre los valores SPAD y el rendimiento neto es el de inicio de la senescencia aunque también son significativas las obtenidas en los estadios más tempranos.



*Figura 5: Relación SPAD-rendimiento (8-10 hojas).*



*Figura 6: Relación SPAD-rendimiento (15-20 hojas).*

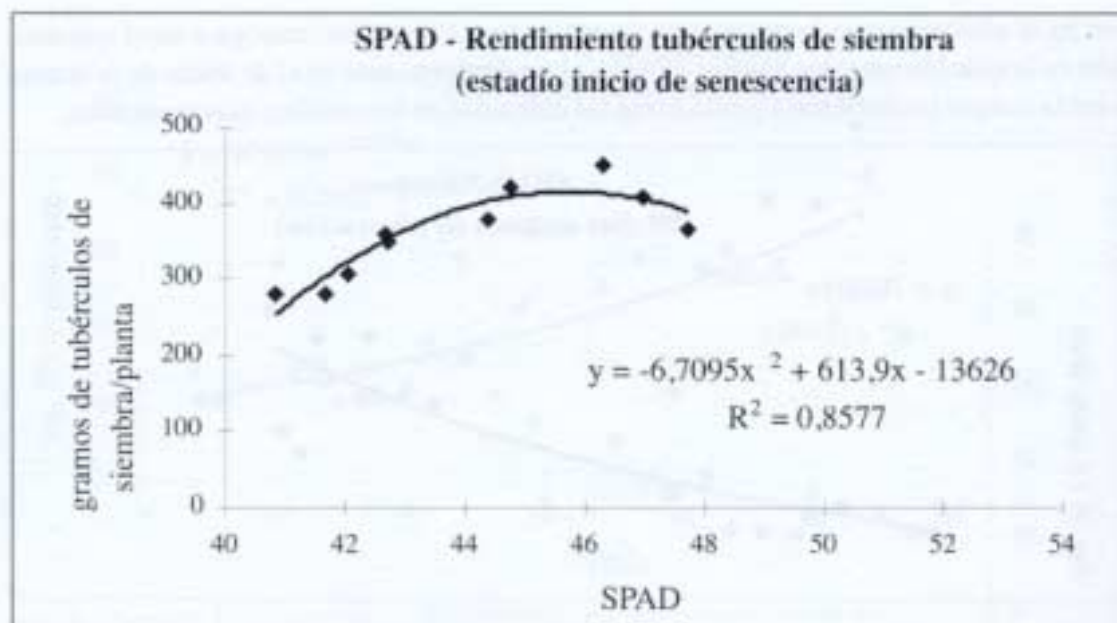


Figura 7: Relación SPAD-rendimiento (senescencia).

## DISCUSION

Tal como afirman Monje y Bugbee (1992), las lecturas del SPAD-502 varían en función de la especie y las condiciones de crecimiento. El medidor portátil de clorofilas Minolta SPAD-502 debe ser calibrado para la especie e incluso, para la variedad y cultivar en la que se quieran hacer las medidas (en este caso la patata) y para las condiciones de crecimiento del cultivo. Una de las limitaciones de este medidor es que sus lecturas no se han estandarizado para diferentes especies, variedades, localizaciones y estados de crecimiento. Estos autores también aseguran en su estudio, que para que las lecturas con el SPAD-502 sean válidas, es necesario tomar múltiples lecturas de cada hoja y evitar en todo momento los nervios de la hoja y las zonas necróticas y cloróticas causadas por efectos ajenos al abonado nitrogenado. Posiblemente, las 10 lecturas realizadas en cada foliolo sean insuficientes. Además, debido al pequeño tamaño de los folíolos, es difícil no pinzar en algún momento un haz vascular.

El propio manual del Minolta SPAD-502 indica que los valores SPAD mayores de 50 unidades no son fiables. En las Figuras se observa cómo los valores SPAD superiores a 50 son los que más se alejan de la curva y, por tanto, más contribuyen a que el coeficiente de regresión sea menor.

La relación entre los valores SPAD y el contenido de nitrógeno de la planta depende, en gran medida, del estado fenológico del cultivo, de las condiciones de

crecimiento del cultivo y de las condiciones climáticas (Takebe y Yoneyama (1989), Woód et al (1992)». La relación entre los valores SPAD y el contenido de nitrógeno también depende del factor varietal (Takebe y Yoneyama (1989), Schepers et al (1992)».

Vos y Bom (1993) realizaron estudios en patata y la curva de regresión es de diferente forma y los coeficientes de regresión también difieren a los de este trabajo. Posiblemente se deba a que el Minolta SPAD-502 no está estandarizado para diferentes especies ni para diferentes variedades. Su experimento se llevó a cabo con el cultivar Vebece y éste con el cultivar Kennebec.

Diversos autores (Takebe y Yoneyama (1989), Wood et al (1992), Schepers et al (1992)» afirman que no todo el nitrógeno de la planta está asociado a la molécula de clorofila. Así, en estudios realizados en maíz y arroz, se han obtenido regresiones curvilíneas para la relación SPAD-nitrógeno, debido a que en algunos estados de crecimiento el nitrógeno nítrico de la planta no está asociado a la clorofila. Como el SPAD-502 mide la intensidad de color verde (debido a las clorofilas), si no todo el nitrógeno está asociado a las clorofilas, las lecturas con el SPAD pueden subestimar el contenido en nitrógeno con lo cual la relación es curvilínea.

Puede ser que en este trabajo las lecturas SPAD-nitrógeno se hayan realizado en estados fenológicos en los que no todo el nitrógeno esté relacionado a la clorofila y por ello la relación haya sido exponencial.

Para utilizar el Minolta SPAD-502 como estimador precoz del rendimiento, se deberían obtener buenas correlaciones en estados tempranos, en los cuáles todavía estemos a tiempo de realizar alguna aportación nitrogenada. Los resultados obtenidos coinciden con los de diversos autores (Wood et al (1992), Reeves et al (1993), Pieckeleck et al (1995)», cuyos resultados también indican una alta relación entre las lecturas del SPAD-502 y los rendimientos. Estos autores explican la relación entre los valores SPAD y el rendimiento mediante regresiones lineales y curvilíneas, ninguno mediante regresiones polinómicas.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos la colaboración prestada por OPPOSA (Organización de la Patata del Pirineo Occidental S.A.) al facilitarnos el material vegetal, resto de materias primas y en especial a José Luis Goñi por sus consejos.

## **REFERENCIAS**

Minotti PL, Halseth DE, Sieczka JB (1994) Field chlorophyll measurements to assess the nitrogen status of potato varieties. HortScience 29 (12): 1497-1500

Monje OA, Bugbee B (1992) Inherent limitations of non destructive chlorophyll meters: a comparison of two types of meters. HortScience 27: 69-71

Piekielek WP, Fox RH, Toth JD, Macneal KE (1995). Use of a chlorophyll meter at the early dent stage of corn to evaluate nitrogen sufficiency. Agronomy Journal 87: 403- 408

Reeves DW, Mask PL, Wood CW, Delaney DP (1993) Determination of wheat nitrogen status with a hand held chlorophyll meter: influence of management practices. Journal of Plant Nutrition 16(5): 781- 796

Sestak Z, Tatsky J, Harvis PG (1971) Plant photosynthetic production. Manual of methods. Ed Dr. W. Junk. The Hague

Takebe M, Yoneyama T (1989) Measurements of leaf color scores and its implication to nitrogen nutrition of rice plants. Japan Agric Res Q 23: 86-93

Vos J, Bom M (1993) Hand-held chlorophyll meter: a promising tool to assess the nitrogen status of potato foliage. Potato Research 36: 301-308

Wood CW, Tracy PW, Reeves DW, Edmisten KL (1992) Determination of cotton nitrogen status with a hand held chlorophyll meter. Journal of Plant Nutrition 15(9): 1435-1448