

## La radiación como fuente de energía en la agricultura: tres formas de medir la banda. Sumatoria de áreas parciales. II Parte.

**Pedro Monasterio<sup>1\*</sup>**  
**Trino Barreto<sup>1</sup>**  
**Waner Maturet<sup>2</sup>**  
**Jacinto Tablante<sup>2</sup>**  
**Tony Yepez<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Investigadores y <sup>2</sup>Técnicos Asociados a la Investigación. INIA. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas del Estado Yaracuy. Carretera vía aeropuerto. Las Flores Boraure, Km. 3, municipio Cocorote, C.P 3201. <sup>3</sup>TSU (Observador). Estación local Yaritagua, Carretera vía el Rodeo, municipio Peña. Estado Yaracuy, Venezuela. \*Correo electrónico: pmonasterio@inia.gov.ve

La radiación solar, medición y registro.

Descripción de las Bandas.

Procedimiento en la medición del área en las bandas.

Bibliografía consultada.

### La radiación solar, medición y registro

La radiación solar es de máxima importancia, puesto que la cantidad de calor hacia y desde la superficie de la tierra conforman el equilibrio de energía en el planeta, en el cual, actualmente se ha producido un incremento por la emisión de gases invernaderos en gran parte por las labores del hombre sobre la Tierra. La radiación y su

importancia para los cultivos fue descrita en la primera entrega de este artículo, al igual que la metodología del planímetro para medir el área de las bandas del actinógrafo. Monasterios *et al.*, 2009.

Es por ello, que en esta segunda parte se detalla como calcular el área de la banda por la sumatoria de sus parte, contando los espacios encerrado dentro del área dibujada por la plumilla del actinógrafo y sus divisiones, contabilizando los distintos valores por cada tipo de banda usada comúnmente en los aparatos de la Red Agrometeorológica del INIA, que al multiplicar por el valor de la constante del sitio de ubicación de la estación meteorológica “C<sub>E</sub>” se obtiene el valor de la radiación en **Calorías/cm<sup>2</sup>xmin.**

Es importante señalar que solamente es necesario contar los distintos espacios dentro del área dibujada por el planímetro en la bandas y multiplicar por su valor calculado para cada espacio de los distintos tipos de bandas. Cuadro 1.

Para certificar el valor registrado en la banda por el método de “sumatoria de área parciales” se hizo una prueba donde se midieron 16 áreas dibujada por la plumilla del actinógrafo en la banda de radiación, afin de constatar diferencias entre los métodos y la precisión al medir el área. Los valores medios de las mediciones, no reflejaron altas diferencias entre sí, por lo que las diferencias básicamente, se deben a la precisión humana al leer planímetro y esta es la diferencia fundamental entre los

**Cuadro 1.** Valores parciales de las bandas de radiación para el cálculo del Método Suma de Parte.

BANDA	Valor	Valor en Radiacion: Calorias/cm <sup>2</sup> xmin				
	cm <sup>2</sup>	Total Banda	Cuadro	Cuadro/2	Cuadro/3	Cuadro/10
FUESS. Serie F. Diario. Modelo: 05-Met-F-0837	2,2	934,56	38,94	19,47	6,49	3,894
FUESS-SERIE B-SM-803 (0-20)	1,25	531,06	22,125	11,06	7,375	2,212
SIAP- BOLOGNA – Foglio N° 6002	1,5	637,2	26,55	13,27	4,42	2,655
SIAP- BOLOGNA – Foglio – 300/G	1,88	865,18	33,28	16,64	5,55	3,328

método, porque al tener calculado el área en centímetros al cuadrado de los cuadros y su transformación en Calorías/cm<sup>2</sup>/min., la persona encargada del análisis debe contar los cuadros y sus parciales, como lo indica el procedimiento descrito más adelante, cuando no se cuenta con un planímetro y su respectiva calibración.

Los cuadros tienen en común 10 divisiones horizontales con subdivisiones verticales diferentes entre ellos y según el tipo de banda en 1/2; 1/3 y 1/4, es decir, cada banda tiene su configuración y se tiene que verificar antes de iniciar la lectura, tomando las previsiones necesarias para no incurrir en errores. Cuadro 1.

Estas previsiones son: análisis y visualización del área dibujada por el planímetro en la banda, algunos autores también la llaman figura, y es necesario estudiar su perímetro antes del recorrido, porque, se incrementa la apreciación y estimación de los espacios pequeños; llevar el registro al contar las diferentes secciones de la banda, en un cuaderno o página Excel, de manera de no repetir o confundir las sumas de los diferentes espacios dentro del área de la banda y certificar que los valores usados para estimar la radiación, son del tipo de banda que está midiendo. Reiteramos que las secciones son diferentes, es decir, no tomar el valor de la sección de una banda, para calcular otra banda.

Sin embargo, el método "Sumatoria de las partes" es más preciso en las zonas donde el trazado de la plumilla, se hace difícil de seguir por el planímetro,

y la precisión de la medida se fundamenta en la destreza del observador, condición clave en el resultado final.

También se acota que este trabajo esta especialmente realizado para los responsables de calcular el área de las bandas en los distintos centros del INIA, que tienen experiencia y el conocimiento de la misma, lo cual facilita el cálculo y la precisión más aceptadamente. Asimismo, capacitar y poder tener varias formas de medir el área para los interesados en el tema, sin tener la necesidad de adquirir un planímetro. Se reconoce que es un método alternativo, que puede ser utilizado siguiendo normas sencillas, para garantizar que el dato registrado en la banda, tenga la precisión y calidad exigida por la Red Meteorológica del INIA y la Organización Mundial de Meteorología (OMM).

### Descripción de las bandas

Los tipos de bandas usadas antes y ahora por los actinógrafos de la Red Meteorológica del INIA, en general están divididas en cuadros formando líneas horizontales y verticales, donde las horas del día y la noche se representan en la parte superior (fotos 1, 2 y 3). La cantidad de divisiones de la banda en el sentido vertical está numerada y es variable, desde cinco hileras a seis. Su valor en centímetros al cuadrado es diferente, porque los cuadros son de diferentes tamaños y en función de este valor se determina el cálculo de la radiación. La división interna de los cuadros es de dos a cuatro segmentos verticales, pero todos suman internamente

10 divisiones horizontales. Cada división tiene un valor en centímetros al cuadrado, que al ser multiplicado por la constante del área donde se ubique la estación meteorológica ( $C_E$ ), se obtiene el valor de radiación en **Calorías/cm<sup>2</sup>/min.**

En el caso de la estación meteorológica de Yaritagua del INIA Yaracuy ubicada en el campo experimental, el valor de la " $C_E$ " es 17,7 adimensional, debido a que cada estación de la red del INIA tiene su propia constante. Es importante destacar que las bandas vienen calibradas en **Calorías/cm<sup>2</sup>/min.**

En la actualidad los tipos de bandas que son usadas en los actinógrafos de la Red están representados en las fotos 1, 2, 3 y 4; donde se describe la forma como están divididos los cuadros y su respectivo valor en centímetros al cuadrado, con su transformación en radiación (Cuadro 1). Es importante que el actinógrafo este calibrado para bandas diarias, ya que también el mecanismo de relojería se puede adaptar para medir con una mayor amplitud de tiempo, ejemplo semanal. Particularmente, los modelos que se muestran en el presente trabajo son de mediciones diarias.

### Descripción general de las bandas

Las bandas tienen las horas del día en la partes superior, empezando en 20 y termina en 19. Cuatro líneas verticales numeradas desde 0,0 hasta 2,0; al multiplicar el número de líneas verticales y horizontales, su valor corresponden a 24 horas de registro y si

multiplicamos por la constante ( $C_E$ ) de la zona determinamos el valor total de la banda.

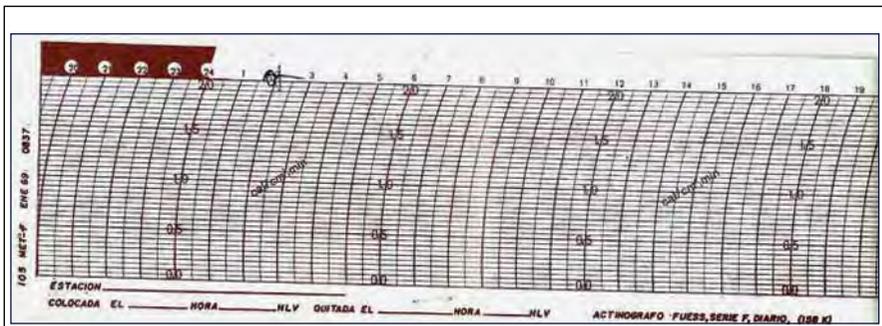
Ejemplo: Banda modelo 05-MET-F-087:

$$\text{Valor} = 2 \times 38,94 = 934,56 \text{ Calorías/cm}^2/\text{min.}$$

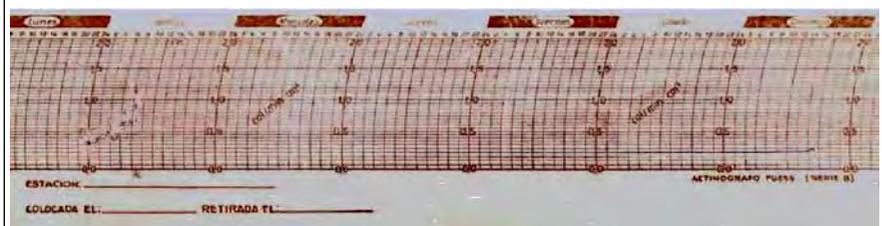
La Foto 3, muestran las divisiones de cuadro en dos tipos de bandas, donde se aprecian las verticales y las divisiones base (Horizontales). Asimismo, se destaca que para las bandas modelo FUESS, serie F y B, de la Foto 1, se pueden observar estas divisiones, los valores en radiación están calculados en el Cuadro 1.

### Procedimiento en la medición del área en las bandas

1. Identificar el tipo de banda usado en su actinógrafo y su valor en radiación por cuadro y parciales.
2. Analizar y estudiar el trazado en la banda realizado por la plumilla.
3. Cerrar la figura con línea base desde el punto **a** hasta el punto **b** (donde el actinógrafo deja de registrar), se identifica por una línea recta. (Foto 4).
4. Se divide la banda en franjas, para cuantificar por sectores y ser más preciso, se deben estudiar varias alternativas de divisiones, hasta tener la más sencilla y eficiente para el cálculo. Se recomienda la alternativa de división donde los cuadros y/o la mitad de los cuadros sean la mayoría. (Foto 4).

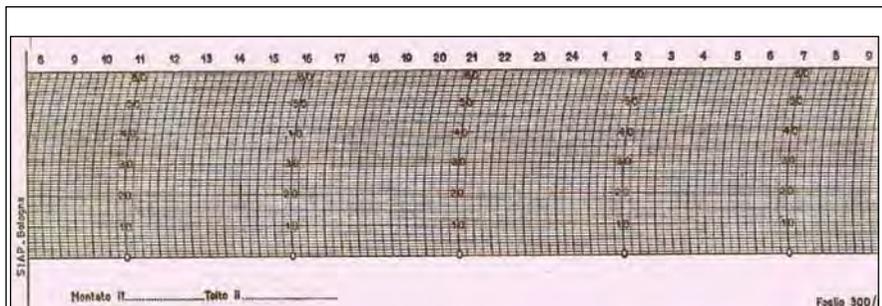


FUESS. Serie F. Diario. Modelo: 05-Met-F-0837

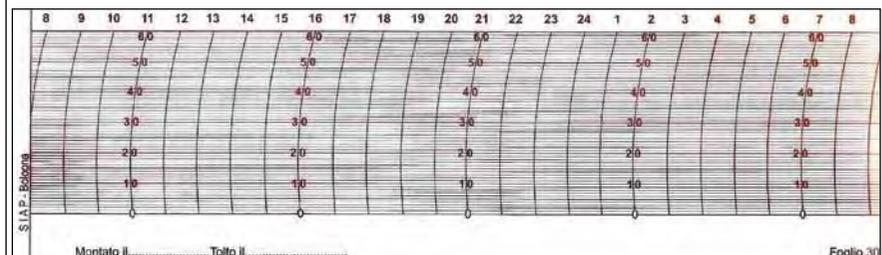


FUESS-SERIE B-SM-803 (0-20)

Foto 1. Modelo de banda semanal de actinógrafo. Serie FUESS.



SIAP- BOLOGNA – Foglio N° 6002



SIAP- BOLOGNA – Foglio - 300/G

Foto 2. Modelo de banda semanal de actinógrafo. Serie SIAP BOLOGNA.

5. Existen varias alternativas para el procesamiento del valor de radiación registrado en la banda. Explicaremos la sugerida o recomendada para el método. Ejemplo:

Contar los espacios de los sectores (1 al 8) por donde pasa línea trazada por el actinógrafo y restarle los espacios externos, en caso de usar esta forma para determinar la radiación (alternativa de la Foto 4), el sector 2 tiene 8 cuadros enteros, con un valor de radiación total de 26,55 cada uno; 6 (Mitad de cuadros), con un valor de 13,27 y 9 divisiones base con un valor de 2.655 cada una, en este caso fuera del área registrada, los cuales se restan. Se recuerda que cada cuadro en todas las bandas, tienen 10 divisiones base.

6. Al dividir por franjas horizontales o verticales se asegura y facilita el conteo de los cuadros, sus parciales y divisiones bases. Se empieza por contar los cuadros completos, luego los parciales y por último las divisiones basé del sector, al final sumar los sectores.

7. Como todos los cuadros tiene 10 divisiones basé, y como estas también presentan divisiones, desde dos hasta cuatro, si cuantificamos estas fracciones, se facilita y contabiliza con mayor precisión el espacio.

8. En trazados complicados del área dibujada o de formas muy complejas, se debe ser muy cuidadoso en el conteo de ellas, porque aquí está la exactitud del método, se reco-

mienda hacerla por fracciones de divisiones base.

9. Cuando las líneas estén muy juntas o la plumilla desborde tinta, se recomienda trazado por la plumilla en la banda, es decir, donde el perímetro

presenta una curva irregular como en el sector 8 en la Figura 4.

10. Llenar un registro con los conteos de los distintos sectores, para evitar confusiones o dobles conteos. Cuadro 2.

<b>Radiación = Valor de Nº cuadros – Valor de divisiones base</b>			
Cuadros enteros	= 8,0 x 26, 55	Valor de Radiación	= 185,85
Mitad de Cuadros	= 6,0 x 13, 27	Valor de Radiación	= 79,5
Divisiones Bases	= 9,0 x 2,655	área a restar	= -(23,85)
<b>Total Radiación del sector 2 en Calorías/cm<sup>2</sup>/min</b>			<b>= 215,0</b>

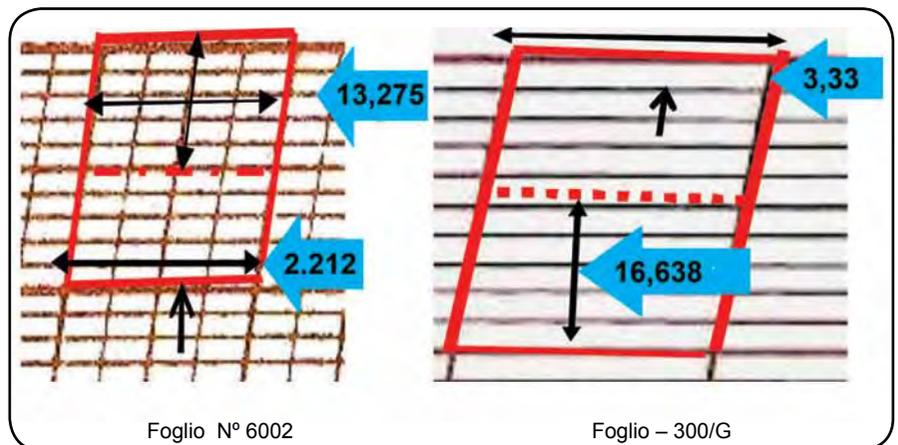


Foto 3. División interna de cuadros, banda actinógrafo. Serie. SIAP BOLOGNA.

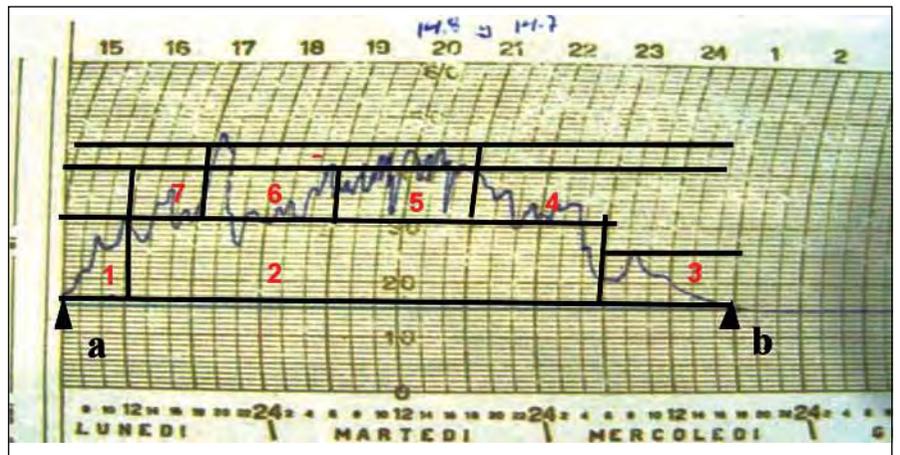


Foto 4. Banda de actinógrafo con puntos de cierre en la base del trazado (a y b) y una alternativa de división por sectores.

**Cuadro 2.** Cálculo de radiación usando el método de sumas de áreas parciales.

Sector	Divisiones Parciales del cuadro y valor en Radiación				Total Radiación (Calor/cm <sup>2</sup> /min)
	1	1/2	1/6	1/10	
	26,55	13,275	4,425	2,655	
1			2,5	1	11,50
2	8		6	-9	215,00
3		1	1		15,93
4			1	1	4,86
5			4	3	25,66
6			1	1	4,86
7				1	2,65
8				1	2,65
Método de Sumas de área Total Banda					283,11
Método de Planímetro Total Banda					261,10
Diferencias entre metodos					22,01
Diferencia en % con respecto al Planímetro					8,43

11. Es importante que al utilizar este método, se tenga la menor interrupción posible, es decir, una vez comenzado hay que terminarlo, en caso contrario, revise lo realizado al comenzar nuevamente. Sea lo más preciso posible, ya que, mayor será la veracidad del dato y la exactitud del método.

12. Con la finalidad de hacer el trazado y no dañar la banda, se recomienda y es una ventaja del método, que puede ser fotocopiada y ampliada, porque el método de áreas parciales no lo afectan las distorsiones de la imagen.

La diferencia entre los métodos es menor de un cuadro, es

decir, una diferencia de 1,25 centímetros al cuadrado, que fácilmente se puede incurrir al leer con el planímetro que es la forma tradicional para determinar la radiación en las bandas. Cabe destacar que al medir el área con el planímetro, se hizo dos veces y los valores fueron 14,8 y 14,7; la diferencia entre ambas mediciones es de 1,77 Calorías/cm<sup>2</sup>/min. Lo importante es la precisión al cuantificar los cuadros, porque, fácilmente se pueden cometer errores.

### Bibliografía consultada

Castellarín, P. H.M., J.M., Salvagiotti F. y O. Rosso. 2006. El cultivo de maíz y las condiciones climáticas. Técnicos del Grupo de Trabajo Manejo de Cultivos, EEA

Oliveros INTA. Argentina. Disponible en: <http://www.engormix.com/MA-agricultura/maiz/foros/articulo-cultivo-maiz-condiciones-t13642/417-p0.htm>. Consulta realizada el 20/03/2012.

Sanz B., N. 2009. La radiación solar. Disponible en: Monografía.com. <http://www.monografias.com/trabajos65/radiacion-solar/radiacion-solar.shtml>. Consulta realizada el 11/09/2012.

Monasterio P. T. Barreto, W. Maturret, J. Tablante y B. Silva. 2009. La Radiación como fuente de energía en la agricultura: tres formas medir la banda. (I Parte). Revista INIA Divulga 12 enero-abril 2009. Pp.40-44. Disponible: [http://sian.inia.gov.ve/repositorio/revistas\\_tec/inia\\_divulga/numero%2012/12monasterio\\_p.pdf](http://sian.inia.gov.ve/repositorio/revistas_tec/inia_divulga/numero%2012/12monasterio_p.pdf). Consulta realizada el 20/03/2012.