

Medición de Parámetros Fisiológicos en Plantas Utilizando el AccuPAR (Ceptómetro LP-80)

Alma Delia Báez González, Amber S. Williams y James Kiniry



SAGARPA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA,
GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,
PESCA Y ALIMENTACIÓN



inifap
Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Centro de Investigación Regional Norte Centro
Campo Experimental Pabellón
Pabellón de Arteaga, Aguascalientes. Junio de 2017
Folleto Informativo Núm. 11
ISBN: 978-607-37-0733-6

**SECRETARIA DE AGRICULTURA, GANADERÍA,
DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN**

M.A. JOSÉ EDUARDO CALZADA ROVIROSA
Secretario

LIC. JORGE ARMANDO NARVÁEZ NARVÁEZ
Subsecretario de Agricultura

M.C. RICARDO AGUILAR CASTILLO
Subsecretario de Alimentación y Competitividad

M.C. MELY ROMERO CELIS
Subsecretaria de Desarrollo Rural

M.A. MARCELO LÓPEZ SÁNCHEZ
Oficial Mayor

**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES
FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS**

DR. LUIS FERNANDO FLORES LUI
Director General

DR. RAÚL GERARDO OBANDO RODRÍGUEZ
**Coordinador de Investigación, Innovación
y Vinculación**

M.C. JORGE FAJARDO GUEL
Coordinador de Planeación y Desarrollo

MTRO. EDUARDO FRANCISCO BERTERAME BARQUÍN
Coordinador de Administración y Sistemas

CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL NORTE CENTRO

DR. JOSÉ VERASTEGUI CHÁVEZ
Director Regional

DR. FRANCISCO JAVIER PASTOR LÓPEZ
Director de Investigación

ING. RICARDO CARRILLO MONSIVÁIS
Director de Administración

DR. ALFONSO PEÑA RAMOS
Director de Coordinación y Vinculación en Aguascalientes

**MEDICIÓN DE PARÁMETROS FISIOLÓGICOS
EN PLANTAS UTILIZANDO EL ACCUPAR
(CEPTÓMETRO LP-80)**

Alma Delia Báez González
INIFAP, Aguascalientes, México

Amber S. Williams
USDA-ARS, Temple, Texas, USA

James Kiniry
USDA-ARS, Temple, Texas, USA

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
Centro de Investigación Regional Norte Centro
Campo Experimental Pabellón
Pabellón de Arteaga, Ags., México
Junio de 2017

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
Progreso No. 5, Barrio de Santa Catarina
Delegación Coyoacán, C. P. 04010 México, D. F.
Teléfono (55) 3871-8700

**Medición de parámetros fisiológicos en plantas utilizando el AccuPAR
(Ceptómetro LP-80)**

ISBN: 978-607-37-0733-6

Primera Edición 2017

No está permitida la reproducción total o parcial de esta publicación, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de la institución.

Hecho en México

Contenido

	Página
Introducción	1
Parámetros fisiológicos	2
Mediciones en campo para el cálculo de IAF	5
Acciones en laboratorio para cálculo de biomasa vegetal aérea y área foliar	15
Agradecimiento	20
Apéndice	21
Formato de captura de información Radiación Fotosintéticamente Activa e IAF	22
Formato de captura en laboratorio de biomasa vegetal aérea y área foliar	23
Formato de captura de peso seco de muestras de biomasa vegetal aérea	24

Introducción

El sector agropecuario de México requiere incrementar la rentabilidad de sus sistemas de producción. Una forma de lograr lo anterior es determinando, de manera precisa, algunos parámetros fisiológicos de las plantas que puedan ser optimizados desde el punto de vista genético y/o a través de manejo con alto impacto en la productividad del sistema.

El presente documento, elaborado con el apoyo del United States Department of Agriculture-Agricultural Research Service (USDA-ARS) en Temple, Texas, tiene la finalidad de señalar los pasos a seguir para realizar un muestreo sistematizado de parámetros fisiológicos como Índice de Área Foliar (IAF), Radiación Fotosintéticamente Activa Interceptada (IPAR), así como la determinación de biomasa área en plantas, usando el AccuPAR o Ceptómetro LP-80.

En el documento, dirigido a investigadores y técnicos, se especifican acciones que se deberán cubrir a nivel campo y laboratorio para la determinación del IAF, IPAR y biomasa aérea en cultivos agrícolas, zonas de pastizales y áreas forestales. La información se complementa con material fotográfico y con una serie de formatos como apoyo en la sistematización de la información recabada en campo y su posterior manejo en laboratorio.

Parámetros Fisiológicos

El AccuPAR o ceptómetro puede calcular directamente parámetros fisiológicos como IAF y densidad de la cubierta vegetal.

Índice de Área Foliar. El Índice de Área Foliar (IAF) es definido como el área de hojas por unidad de superficie del suelo, el cual permite evaluar la densidad de la cubierta vegetal y la biomasa aérea de una planta.

Cubierta Vegetal. La cubierta vegetal es la forma de intercambio de materia y energía entre la planta y la atmosfera en tanto que la biomasa es la transformación de la energía solar en energía química, por lo que la determinación de parámetros como el IAF e IPAR son básicos en cualquier programa de mejoramiento de cultivos o estudios descriptivos de crecimiento vegetal.

Biomasa Vegetal. La biomasa vegetal es aquella materia orgánica almacenada en la planta proveniente de la transformación de la energía radiante del sol en energía química a través de la fotosíntesis. Es necesario mencionar que el ceptómetro no determina biomasa vegetal. Sin embargo, este parámetro puede ser calculado en el laboratorio, a partir del muestreo de las plantas a las que se determinó el IAF con el ceptómetro en campo.

El ceptómetro calcula el IAF, junto con otras variables, basado en los datos de PAR arriba y abajo de la cubierta vegetal. Las otras variables son el ángulo del zenith, el valor de la radiación incidente, y el parámetro de la distribución de área foliar, también conocido como x , de la cubierta vegetal del cultivo objeto de muestreo.

A continuación se describen las variables que el ceptómetro utiliza para el cálculo de IAF:

Radiación Fotosintéticamente Activa Interceptada. La radiación fotosintéticamente activa (PAR) es la radiación en la banda espectral entre los 400 a 700 nanómetros. El PAR representa la porción del espectro que las plantas utilizan para su fotosíntesis. El dato de PAR interceptado (IPAR) es utilizado para determinar parámetros importantes de la estructura de la cubierta vegetal y en el cálculo de IAF.

TAU (t). Es otra variable en la ecuación para el cálculo de IAF. Es definido con la proporción entre PAR abajo de la cubierta vegetal y el valor de PAR arriba (obtenida con el sensor externo de radiación que conforma el equipo del ceptómetro). Por lo tanto, TAU es determinado de manera automática por el ceptómetro considerando las lecturas de PAR realizadas con el instrumento.

Ángulo de Zenith (z). Se puede definir como el ángulo que el sol hace con respecto al zenith y es necesario para el cálculo de ciertos parámetros de la estructura vegetal, como el IAF. El valor de z es calculado de manera automática por el ceptómetro considerando la posición global de sitio, punto de muestreo, y la hora del día. Para asegurar que este valor sea correcto, el usuario primero deberá realizar de manera correcta la configuración del equipo, introduciendo su ubicación en términos de longitud y latitud, así como la fecha y hora del día en que se está llevando a cabo el muestreo.

Distribución del Área Foliar. El parámetro de distribución de área foliar, también conocido como *chi* o x , se refiere a la distribución del ángulo de las hojas dentro de la cubierta vegetal. Por configuración, el ceptómetro considera un valor de $x = 1.0$, lo que asume que el ángulo de distribución de la cubierta vegetal es esférica. Algunos cultivos como la cebolla (ejemplo de un cultivo extremadamente vertical) tienen un x de 0.7, en tanto que el cultivo de fresas (cultivo extremadamente horizontal) tiene un valor de 3.0.

En el manual que conforma el equipo del ceptómetro, se puede consultar una tabla de valores x para diversos cultivos.

Mediciones en Campo para el Cálculo de IAF

En esta sección, se dan algunas recomendaciones y se describen los pasos a seguir para realizar adecuadamente las mediciones del IAF en campo.

- 1) Para realizar las mediciones de parámetros fisiológicos en campo, se recomienda que de preferencia estas se realicen en un día despejado y entre las 10:00 am y 2:00 pm.
- 2) Registre la ubicación o el nombre del sitio, la fecha y las condiciones actuales de la atmósfera; esto es, nublado, medio nublado o despejado (Ejemplo de formato en Apéndice 1).
- 3) Con un GPS, registre las coordenadas del sitio donde realizará el muestreo e identifique el sistema de coordenadas en las que realizó el registró. (Nota: La lectura del GPS se hace en una sola ocasión por sitio).
- 4) Cada vez que se realice el muestreo, tome dos fotos por sitio: una panorámica general con la parcela en el centro de cada foto y otra donde se aprecie a detalle el cuadrante de muestreo con la planta objetivo. Etiquete las fotos o anote sus números en la hoja de datos del muestreo correspondiente.

- 5) Elija el área del muestreo de forma aleatoria, procurando evitar áreas adyacentes a donde se realizaron muestreos anteriores. En un entorno natural, si es posible, elija un área no pastoreada. En un área de cultivo, evite los bordes de la parcela y asegúrese de que la muestra se toma en el interior de la parcela y en una zona que represente el total del área (Fig. 1).



Figura 1. Selección del área de muestreo.

- 6) Se recomienda utilizar un cuadrante de 50 cm de ancho, considerando que este cuadrante servirá para tomar la lectura de la Radiación Fotosintéticamente Activa (PAR) con el ceptómetro y se cosechará la biomasa área. Para mayor información referente a este punto, se sugiere referirse al *Protocolo básico para la calibración y uso del AccuPAR (Ceptómetro LP-80)* (Folleto Informativo No. 10).

- 7) Si hay alguna planta no-objetivo o que provoque sombreado en el punto de muestreo, se recomienda eliminar la planta o reubicar el cuadrante (Fig. 2). Sólo se quiere muestrear la cubierta vegetal de la(s) especie(s) objetivo(s) (Fig. 3).



Figura. 2. Eliminación de plantas no-objetivo de muestreo.



Figura 3. Cuadrante listo para ser muestreado.

- 8) Registre la hora del día, la fenología promedio y la altura promedio de la planta en centímetros (Fig. 4).



Figura 4. Medición de altura de plantas en centímetros.

9) Registre lecturas de PAR, utilizando el ceptómetro mediante los pasos siguientes:

a) Seleccione un área donde la luz solar incida directamente sobre el ceptómetro y que se ubique cerca de las parcelas y proceda a nivelar el sensor externo en el trípode (Fig. 5a). (Nota: Siempre que se mueva el trípode, debe nivelar el sensor y calibrar de nuevo).

b) Calibre la barra de luz con el sensor externo y tome por lo menos 10 medidas con la barra bajo la luz directa del sol (Fig. 5a y 5b). (Nota: Asegúrese de estar de frente al sol y que su sombra no se proyecta sobre la barra de luz o el sensor externo).



Figura 5. Tripie de nivel con sensor externo (a) y calibración del ceptómetro con sensor externo (b).

c) Registre el promedio de las 10 lecturas en la hoja de datos, o presionando la tecla ENTER para guardar el registro en la memoria del ceptómetro. Para mayor información sobre el proceso de configuración del ceptómetro, referirse al *Protocolo básico para la calibración y uso del AccuPAR (Ceptómetro LP-80)* en el Folleto Informativo No 10.

10) Para medir el Índice de Área Foliar (IAF) usando el ceptómetro, tome por lo menos 6 medidas espaciadas uniformemente en cada cuadrante cerca del nivel del suelo. Para cada medición, la barra de luz se coloca perpendicular a las filas y se mueve lateralmente a lo largo del cuadrante (Fig. 6 y 7).



Figura 6. Medición de la Radiación Fotosintéticamente Activa e Índice de Área Foliar desde el centro de la hilera de cultivo hasta el centro de la hilera contigua.



Figura 7. Medición de la Radiación Fotosintéticamente Activa e Índice de Área Foliar, moviendo de manera lateral el ceptómetro a través del área que cubre el cuadrante.

Para el ancho del 50 cm, las medidas se toman cada 10 cm y se registra el promedio de las lecturas (Nota: Lo principal es no segar la muestra a favor de más planta o suelo desnudo).

11) Durante el corte o cosecha de plantas que serán utilizadas en el cálculo de biomasa vegetal aérea y área foliar en el laboratorio, primeramente etiquete una bolsa donde colocará el material del cuadrante. La

etiqueta debe especificar claramente especie, cuadrante, repetición, fecha y ubicación del área (Fig. 8).



Figura 8: Etiquetado de la bolsa de la muestra de biomasa cosechada.

Corte todo el material vegetal contenido en el cuadrante, a una altura similar a la que tomó la lectura del PAR con el ceptómetro, considerando tanto el material verde como el seco de las plantas y dépositelo en la bolsa etiquetada previamente (Fig. 9).

12) Es necesario obtener un mínimo de 4 repeticiones del muestreo por cultivo/planta/área seleccionada, por lo que debe repetir el proceso desde el paso 4 hasta el 9 hasta obtener el total de repeticiones. Cada vez que se reubique el cuadrante para hacer un muestreo nuevo,

es necesario calibrar del ceptómetro y del sensor externo (Fig. 10). Asegúrese de que los muestreos de las cuatro repeticiones se realicen considerando el mismo tipo de suelo o sitio ecológico. (Nota: Cuando regrese al área para mediciones posteriores, asegúrese de no realizar el muestreo en la misma sección o área donde se realizaron muestreos previos).



Figura 9. Cosecha de la biomasa área, considerando material verde y seco dentro del cuadrante.



Figura 10. Re-calibración del ceptómetro y sensor externo después de haber movido el tripe hacia otro cuadrante.

Acciones en Laboratorio para Cálculo de Biomasa Vegetal Aérea y Área Foliar

A continuación se describe el procedimiento a seguir para el manejo en el laboratorio de las muestras obtenidas en campo para la determinación de biomasa vegetal aérea y área foliar.

- 1) Las muestras se deben procesar tan pronto como se regrese de campo.
- 2) Debe pesar inmediatamente toda la muestra contenida en cada bolsa y registrarla (Fig. 11) (Ejemplo de formato en Apéndice 2).



Figura 11. Pesado de la muestra en laboratorio.

- 3) Si el peso total de la muestra es superior a 100 g, se toma una sub-muestra representativa, la cual debe contener entre 10 a 30% del total de la muestra original, pero no debe ser menor de 100 g (Fig. 12).

Nota: Asegúrese de seleccionar la sub-muestra con la misma proporción de hojas verdes, material muerto, tallos y estructura reproductiva como se encuentra en la muestra completa.



Figura 12. Obtención de la sub-muestra representativa del material total.

4) Si tiene un medidor de área LI-3100:

a) Separe la sub-muestra en material muerto cualquier elemento completamente marrón en hojas, tallos y estructuras reproductivas (Fig. 13).



Figura 13. Separación y pesado de las estructuras de las plantas.

b) Registre por separado el peso del material muerto, las hojas, los tallos y las estructuras reproductivas.

c) El área de cada estructura vegetal se determinará utilizando el medidor de área foliar LI-3100. El material se pasará por el LI-3100 de manera separada y se realizará el registro de cada estructura en forma independiente (Fig. 14).



Figura 14. Lectura, mediante el LI-3100, del área foliar de cada estructura de la planta.

d) La sub-muestra se reintegra a la muestra original contenida en una bolsa de papel (Fig. 15a).

e) Se coloca en un horno a 66 °C (150 °F) durante 3 días, para deshidratarla completamente (Fig. 15b).

f) Se registra el peso seco de la muestra (ejemplo de formato en Apéndice 3).

g) Se muele la muestra deshidratada para enviarla para el análisis de nutrientes (Fig. 16).



Figura 15. Integración de la sub-muestra a la bolsa de la muestra total (a) para su posterior colocación en estufa de secado (b).



Figura 16. Molido del material vegetal seco para ser enviado para su análisis.

Agradecimiento

Se agradece al United States Department of Agriculture-Agricultural Research Service (USDA-ARS) de Temple, Texas, el material fotográfico y la información proporcionada sobre la medición de parámetros fisiológicos en plantas con el uso del Ceptómetro LP-80.

APÉNDICE

Apéndice 1. Formato de captura de Radiación Fotosintéticamente Activa e Índice de Área Foliar.

IPAR DEL CORTE # _____ Ubicación (GPS) _____									
Proyecto: _____									
Fecha: _____ (día-mes-año) Condición de Nubosidad*: _____ Fotografías # _____									
Área sugerida para medir IPAR: 1 m ² , área sugerida para muestreo destructivo: 1/2 m ²									
Especie	Repetición	Planta #	Altura (cm)	Fenología Promedio	Hora	PAR# arriba	PAR abajo	IAF†	Observaciones
Calibración**									
	1								
* Cielo despejado, medio nublado, totalmente nublado									
** Medición cuando se ajusta en ceptómetro con el sensor externo, calibrar cada vez que se mueva el sensor externo.									
# Radiación Fotosintéticamente Activa arriba de la cubierta vegetal									
† IAF medido con el ceptómetro en caso de que no se disponga de un LI-3100									

Apéndice 2. Formato de captura en laboratorio de biomasa vegetal aérea y área foliar.

Corte # : _____		Ubicación: _____		Proyecto: _____					
Fecha de Muestreo: _____		(día-mes-año)							
Especie	Reptición / número cuadrante	Peso en fresco (gr)				Número de tallos	Area (cm ²)		
	Muestra total	Bolsa	Submuestra	Materia muerta	Órganos Rep.		Tallos	Hojas	Materia muerta

Apéndice 3. Formato de captura de peso seco de muestras de biomasa.

Peso Seco del Corte # _____							
Proyecto: _____							
Fecha de Corte: _____ (día-mes-año)							
Especie	Repetición	Planta #	Peso (gr)	Peso bolsa (Si se incluye en peso total)	Peso (gr)	Peso (gr)	Fecha:
			Fecha:				Fecha:

Comité Editorial del CEPAB

Dr. Alfonso Peña Ramos
Ing. José Luis Ramos González
Dr. José Saúl Padilla Ramírez
M.C. Luis Martín Macías Valdez
Dr. Mercedes Borja Bravo
Dra. Dolores Briones Reyes
Dr. Víctor Manuel Rodríguez Moreno

Edición y Diseño

M.A., M.Ed. María Elvira Tabobo Aranda
Ing. José Luis Ramos González

Código INIFAP

MX-0-310308-52-02-10-11-11

El proceso editorial de esta publicación y el formato electrónico se terminó en junio de 2017, en el Campo Experimental Pabellón; Kilómetro 32.5 Carretera Aguascalientes-Zacatecas. C. P. 20671 Pabellón de Arteaga, Ags., México.

Tiraje: Publicación electrónica distribuida en formato PDF
1,000 ejemplares



Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Centros Nacionales de Investigación Disciplinaria, Centros de Investigación Regional y Campos Experimentales



- Sede de Centro de Investigación Regional
- Centro Nacional de Investigación Disciplinaria
- Campo Experimental

Campo Experimental Pabellón

Dr. Alfonso Peña Ramos Director de Coordinación y Vinculación

Personal investigador

Dra. Alma Delia Báez González Agrometeorología y Modelaje
M.I.T.C. Mario Primitivo Narváez Mendoza Agrometeorología y Modelaje
Ing. José Luis Ramos González Agrometeorología y Modelaje
Dr. Víctor Manuel Rodríguez Moreno Agrometeorología y Modelaje
Dr. Esteban Salvador Osuna Ceja Fertilidad de Suelos y Nutrición Vegetal
Dr. José Saúl Padilla Ramírez Frutales
Dr. Manuel Antonio Galindo Reyes Frutales
M.C. Luis Martín Macías Valdez Hortalizas
M.C. Luis Humberto Maciel Pérez Ingeniería de Riego
Dra. Dolores Briones Reyes Maíz
M. Sc. Arturo Cruz Vázquez Mecanización
M.C. Francisco Garibaldi Márquez Mecanización
Ing. Raúl Vidal García Hernández Mecanización
M.C. Ernesto González Gaona Sanidad Forestal y Agrícola
Dr. Guillermo Sánchez Martínez Sanidad Forestal y Agrícola
M.C. Candelario Serrano Gómez Sanidad Forestal y Agrícola
Dra. Mercedes Borja Bravo Socioeconomía
Dr. Luis Reyes Muro Socioeconomía

www.inifap.gob.mx

El sector agropecuario de México requiere incrementar la rentabilidad de sus sistemas de producción. Una forma de lograr lo anterior es determinando, de manera precisa, algunos parámetros fisiológicos de las plantas que puedan ser optimizados desde el punto de vista genético y/o a través de manejo con alto impacto en la productividad del sistema.

En este documento, dirigido a investigadores y técnicos, se especifican acciones que se deberán cubrir a nivel campo y laboratorio para la determinación del Índice de Área Foliar, Radiación Fotosintéticamente Activa Interceptada y biomasa aérea en cultivos agrícolas, zonas de pastizales y áreas forestales. La información se complementa con material fotográfico y con una serie de formatos como apoyo en la sistematización de la información recabada en campo y su posterior manejo en laboratorio.