

## Única salida frente al Cambio Climático

# Manejo Ecofisiológico del CULTIVO DE MAÍZ



**Ing. Erick Molieri F.**  
Ingeniero Agrónomo  
8851-8787 C / 8680-7807 M  
Correo: esagri@yahoo.com

### ¿CÓMO ADAPTAR LA AGRICULTURA FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO?

**E**l fenómeno atmosférico llamado “Cambio Climático”, es el resultado de la indiferencia del hombre en preservar y proteger el medio ambiente que hoy nos trae trastornos en el clima: sequías, altas temperaturas, incremento en la concentración del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), cambios en la intensidad de la luz solar, irregularidad de las lluvias (invierno), etc. de consecuencias negativas en la agricultura.

Con frecuencia leemos y escuchamos en las noticias que los agricultores sufren pérdidas económicas en sus cultivos por bajos rendimientos, como resultado de las alteraciones del clima, ya sea falta de lluvias, exceso de las mismas, temperaturas bajas o altas, etc.

El instituto encargado de monitorear el clima, Ineter, solo publica la información de la cantidad de lluvia mensual, la temperatura y velocidad del viento. Hace falta la información de la radiación solar incidente y la evaporación diaria, para poder llevar a cabo una planificación

de una agricultura más eficiente desde el punto de vista ecofisiológico. En este artículo, analizaremos brevemente un manejo ecofisiológico del cultivo de maíz, por ser de mucha importancia para la economía familiar campesina y el alimento más popular de los nicaragüenses.

### MANEJO AGRONÓMICO POCO EFICIENTE

En Nicaragua, tenemos décadas de depender de los precios de las cosechas para tener rentabilidad y la razón es que los rendimientos cada vez son más bajos. En el caso del maíz, el rendimiento promedio nacional es aproximadamente de 25 qq/mz, cuando en países que tienen una agricultura más tecnificada, los rendimientos rondan arriba de los 200qq/mz.

La razón es el poco conocimiento de la fisiología de la planta, sus etapas de desarrollo, los requerimientos de nutrientes, luz solar, agua y cómo fija los granos en la mazorca.

En el año 2011, tuvimos un balance hídrico negativo, es decir, las lluvias fueron inferiores a la evaporación diaria, por las altas temperaturas y la intensidad de la radiación, que intensifica la fotosíntesis, lo cual demanda más agua, por lo tanto la planta transpira más. Estamos manejando el maíz sin control de malezas, fertilizando sin relación a los requerimientos de rendimiento, bajas densidades de

siembra, sin conocimiento de las etapas críticas y el manejo requerido. Además, el productor no tiene acceso a los servicios e infraestructura (caminos, comunicaciones, crédito, etc.).

### ECOFISIOLOGÍA VEGETAL

*La agricultura es el arte y la ciencia de la cosecha de energía solar a través de las plantas.*

El rendimiento de los cultivos está relacionado básicamente con la cantidad de Radiación Solar Incidente y la influencia que tiene el agua, el CO<sub>2</sub>, la temperatura y los nutrientes (especialmente el Nitrógeno), que hacen posible que las plantas realicen el proceso fisiológico fundamental para la agricultura, conocido como "fotosíntesis".

Además de la fotosíntesis, son desencadenados otros procesos: respiración, síntesis de proteínas, lípidos, hormonas vegetales y muchos más que completan el metabolismo de las plantas. El estudio de la influencia que ejercen los factores del clima en los procesos fisiológicos, es tarea de la "ecofisiología vegetal" y cuando se aplica en la agricultura, se conoce como "manejo ecofisiológico".

Las plantas que cultivamos aprovechan una parte de la radiación solar para transformarla durante el proceso de la fotosíntesis en energía química (carbohidratos). Una parte de éstos los utiliza para la respiración y fotorespiración. El resto, que representa la fotosíntesis neta (materia seca), queda almacenado en las hojas, tallo, ramas, raíces y las partes de la planta que cosechamos con un interés económico.

Estos factores en condiciones de campo pueden ser modificados (excepto la cantidad de luz incidente) para incrementar la producción.

En el manejo eco-fisiológico de cultivos, se considera la fotosíntesis como la base fundamental para incrementar los rendimientos. Entre



*Color verde intenso oscuro, síntoma de bajo metabolismo del nitrógeno, la planta no lo aprovecha para su crecimiento*

las prácticas de manejo agronómico para optimizarla están:

#### MAXIMIZAR LA CANTIDAD DE LUZ INTERCEPTADA POR EL FOLLAJE.

Las bajas densidades de población (20 a 25 mil/mz) en la siembra de maíz, no permiten interceptar toda la luz solar que incide en una manzana y más bien se tienen problemas de malezas y pérdida de humedad por evaporación.

#### MAXIMIZAR LA EFICIENCIA DE LA CONVERSIÓN DE LA LUZ INTERCEPTADA A PRODUCTOS FOTOSINTÉTICOS.

El cultivo de maíz, sufre el fenómeno de no metabolizar el nitrógeno que ingresa en la hoja a tiempo y adquiere un color verde oscuro azulado, sin poder aprovechar todo el nitrógeno para su metabolismo, especialmente la fotosíntesis, la cual se ve disminuida en la fijación de carbono y producción de carbohidratos.

#### MAXIMIZAR LA DISTRIBUCIÓN DE FOTOSINTATOS A LA DEMANDA DE LA MAZORCA (GRANOS)

El número de granos (NG)/mazorca está estrechamente relacionado

con la Radiación Fotosintética Activa (RFA) incidente. En ausencia de limitaciones nutricionales, térmicas o hídricas, la radiación solar es la principal limitante del crecimiento del cultivo. La deficiencia nitrogenada por no aprovechar el nitrógeno inorgánico acumulado en la hoja (color verde oscuro) en este período produce una disminución en el índice de área foliar (IAF) y consecuentemente, en la RFA, en las tasas de crecimiento, tanto del cultivo como de la mazorca, la cual no fija más de 12 hileras, de las 20 hileras potenciales de granos y cuaja solo el 70% de todos los estigmas (50) que hay en cada hilera y en la etapa de llenado del grano, no traslada suficientes carbohidratos y el peso del grano es bajo (0,25gr), en la producción de materia seca total y finalmente afecta el rendimiento.

#### MANEJO ECOFISIOLÓGICO DEL MAÍZ

Si bien son numerosos los factores responsables del bajo rendimiento, la inadecuada nutrición del cultivo es uno de los relevantes. Son conocidos los efectos ambientales indeseables por la utilización indiscriminada de fertilizantes, especialmente los nitrogenados, que producen gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O).

Se recomienda el uso racional de los fertilizantes basado en el conocimiento de los requerimientos de nutrientes del maíz y del empleo de métodos de diagnóstico y monitoreo de la nutrición del cultivo. En este artículo, analizaremos el caso del maíz y un solo aspecto de su fisiología, como es el caso del bajo metabolismo del nitrógeno, los factores que lo causan, los efectos en la fisiología de la planta y en el rendimiento, además veremos cómo solucionarlo con tecnologías disponibles en el país, de bajo costo y fácil aplicación y con resultados sorprendentes en los rendimientos para beneficio de los productores.

## FENOLOGÍA

El rendimiento del cultivo de maíz es la resultante de dos procesos simultáneos e interdependientes: el crecimiento y el desarrollo.

La fenología establece las distintas fases del desarrollo por las que atraviesa un cultivo, teniendo en cuenta los cambios morfológicos y fisiológicos que se producen a medida que transcurre el tiempo.

Dado que los componentes del rendimiento (número de granos/mazorca y peso de granos) quedan definidos en determinadas fases del desarrollo, un manejo adecuado para el logro de elevados rendimientos dependerá del conocimiento riguroso de cada una de ellas y de los factores ambientales que las afectan.

Las etapas de desarrollo más críticas, son aquellas en que la planta forma la superficie foliar fotosintética, fija la cosecha en los granos/mazorca y define el peso del grano. A partir de los 25 días, la planta inicia la formación de la espiga (inflorescencia masculina), determina el número total de hojas, expande las primeras 6, inicia una alta demanda de nitrógeno, agua y luz solar. Un 50 a 70 % del nitrógeno total en las hojas de maíz está directamente asociado con los cloroplastos, con lo cual, un alto porcentaje de nitrógeno contribuye al mantenimiento de la fotosíntesis o de la capacidad fotosintética. Una buena disponibilidad de N, especialmente en la primera etapa en que es requerido en altas cantidades, aproximadamente de 21 a 45 días después de la siembra, asegura un buen crecimiento foliar.

Luego otra etapa es de los 45 a 75 días, la planta inicia este período con la formación de los chilotes (inflorescencia femenina), continúa con una mayor demanda de nitrógeno (50% del N total), potasio, agua, temperatura, luz solar. En estas etapas, la planta experimenta una alta absorción de nitrógeno diario y se le difi-



*Color verde intenso oscuro, azulado, provoca la pérdida de la sincronía entre las inflorescencias del maíz; se retrasan en salir los estigmas (pelos) de la inflorescencia femenina (chilote) y no son polinizados, por lo que la mazorca no llena los granos de la punta.*

culta metabolizarlo para formar proteínas, adquiriendo las hojas un color verde oscuro azulado, indicando que tiene suficiente nitrógeno, pero en forma inorgánica que no puede aprovechar para su crecimiento.

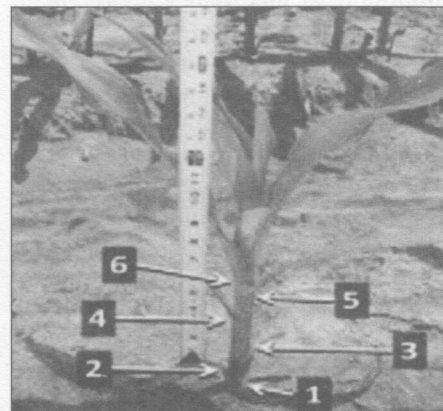


*Etapla crítica de los 45 días, se inicia la diferenciación de las inflorescencias femeninas (chilote). La planta inicia la mayor demanda de nitrógeno (50% del total) y es la segunda aplicación de Mo-enzima, para regular el metabolismo de esta etapa y no perder la sincronía de las inflorescencias.*

Este fenómeno de color verde oscuro azulado, le causa una distorsión a la planta en la aparición de las inflorescencias, los pelos del chilote se retrasan en salir y los últimos en hacerlo, son los de la punta del chilote y cuando lo hacen, ya no hay polen en la espiga y no pueden ser polinizados y no forman granos. Las mazorcas quedan pequeñas, con la punta vana, solo forman 12 hileras de 35 granos/

hilera, llenando apenas 400 - 450 granos/mazorca, necesiándose hasta 350 mazorcas para hacer el quintal.

En el manejo de esta etapa, a los 21 y a los 45 días, se debe aplicar el fertilizante nitrogenado al suelo en partes iguales y de igual forma, se aplica al follaje en cada etapa, el nuevo estimulante foliar Mo-enzima, que ayuda a la planta a metabolizar el nitrógeno inorgánico y transformarlo en proteínas. Regulando el uso eficiente del nitrógeno, la planta forma más granos en la mazorca, requiriendo de 200 a 250 mazorcas para hacer un quintal. Con 25 mil plantas (mazorcas) se puede producir 100 quintales.



*Etapla crítica a los 21 dds (6 hojas desplegadas) la planta diferencia la inflorescencia masculina (espiga) y comienza una alta demanda de nitrógeno. Es la primera aplicación de Mo-enzima para regular el metabolismo del nitrógeno.*

## EFICIENCIA EN EL USO DEL NITRÓGENO

El maíz requiere grandes cantidades de N, lo que comúnmente limita el crecimiento y el rendimiento. La eficiencia en el uso del nitrógeno (EUN), definida en maíz como el rendimiento en grano por unidad de N disponible en el suelo, depende del volumen del sistema radicular. Este fenómeno del maíz (color verde oscuro azulado), como resultado de no poder metabolizar en cantidades óptimas el nitrógeno, le resta eficiencia a la fotosíntesis y como consecuencia, la planta no desarrolla un buen sistema radicular, lo que dificulta la absorción

de suficiente humedad y absorción de nitrógeno, limitando el crecimiento de las hojas, disminuyendo la superficie foliar fotosintética.

Hoy la agricultura debe hacer uso de biotecnologías disponibles en el país para uso agrícola, en el caso del maíz, las micorrizas aumentan varias veces el volumen de las raíces, explorando mayor volumen de suelo, extrayendo más agua y nutrientes, especialmente fósforo y nitrógeno. Hay en el mercado nacional un producto a base de micorrizas arbusculares, de nombre comercial Micofert, formulado con el hongo endomicorriza *Glomus intraradices*, altamente infectivo y ampliamente adaptado a las condiciones tropicales de las zonas maiceras de Nicaragua. Además, debemos promover el uso de microorganismos nativos que restauren la fertilidad natural del suelo, mineralizando la materia orgánica en niveles superiores al 2% anual, mejorando la disponibilidad de los nutrientes, como el fósforo y azufre.

**BALANCE DEL NITRÓGENO**

Se debe cuantificar la cantidad del nutriente disponible al momento de la siembra del cultivo y el eventual aporte durante el ciclo del mismo a partir de la fracción orgánica del suelo. Incluir el aporte de la lluvia (1 mm aporta 2,5 mg de NO<sub>3</sub>-N), para ello, debemos medir las precipitaciones y eso lo podemos hacer con un recipiente plástico de tamaño mediano (2-3 lt) de boca ancha, aplicando la fórmula del área del círculo, se calcula el área y se mide la cantidad de lluvia recolectada, luego se extrapola, por una simple regla de tres, a la cantidad que se hubiera recolectado en un m<sup>2</sup> (10000 cm<sup>2</sup>); el resultado es en cc, los que convierten a litros y luego, cada litro es 1 mm.

Ejemplo del aporte de nitrógeno por la lluvia es: si en el ciclo del cultivo cayeron 700 mm de agua, el aporte en nitrógeno es:

$$700 \text{ mm} \times 2,5 \text{ mg NO}_3 = 1750 \text{ mg NO}_3 / 1000 = 1,75 \text{ gr NO}_3,$$

Se multiplica por los 7025m<sup>2</sup> de la manzana = 12293 gr/454 = 27 lb NO<sub>3</sub> puro, para pasarlo a N puro, se multiplica por 0,226. Las 27 lbs de NO<sub>3</sub> x 0,226 = 6,1 lb de N.

6,1 lb N puro / 0,5. Si quiero suministrarlo como urea al 46%, tengo que aplicar 27 lb N puro/0,5 eficiencia del N = 54 lb N

$$54 \text{ lb N} / 0,46\% \text{ N en urea} = 117 \text{ lb de urea} (1,17 \text{ qq Urea}) \times \$30.0$$

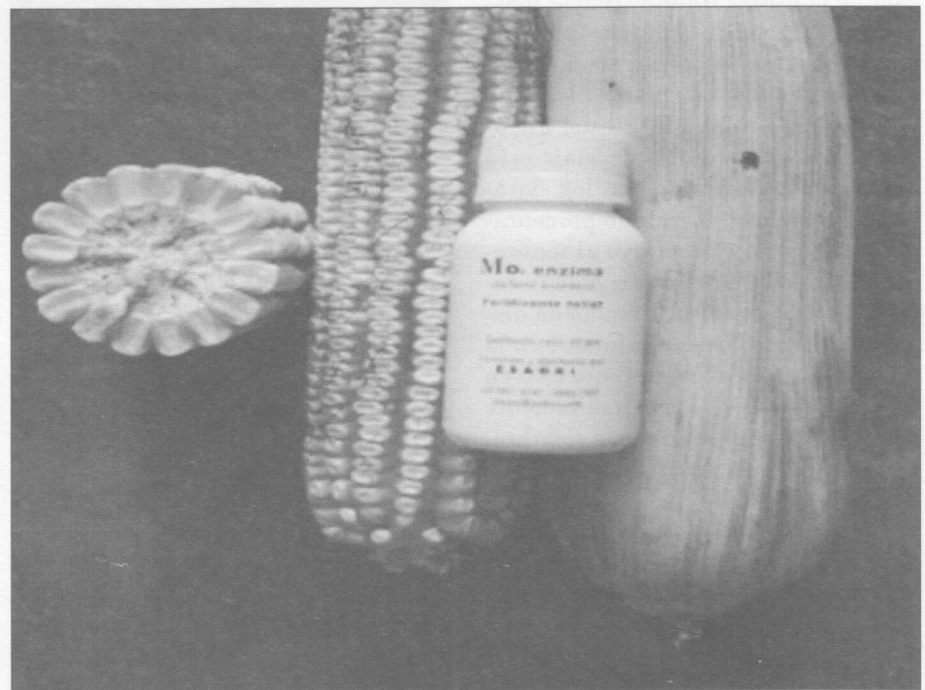
Además, se debe considerar las pérdidas por diferentes mecanismos desde el suelo como la volatilización, desnitrificación y lixiviación, incorporando la eficiencia del nitrógeno en los cálculos para determinar la cantidad de fertilizante a aplicar.

Conociendo el balance del nitrógeno, se calcula los requerimientos para un rendimiento determinado, considerando que el maíz extrae 2,5 lb de N puro por cada quintal de grano producido. 120qq x 2,5 = 300 lb – aporte suelo materia orgánica + aporte lluvia y aporte del suelo como NO<sub>3</sub> (ppm) medido a los 15 días. La diferencia se aporta como fertilizante.

**CONCLUSIONES**

Ni siquiera hemos podido explotar los rendimientos máximos de las variedades e híbridos disponibles en el mercado, por falta de un manejo adecuado en base a su ecofisiología, y ya nos quieren traer como una panacea los transgénicos. Solo tenemos que difundir el conocimiento de la ecofisiología del cultivo y usar las tecnologías disponibles de bajo costo, fácil uso y que ayudarán a mitigar la emisión de gases de efecto invernadero.

El cultivo de maíz, con los recursos naturales de suelo, agua, luz, CO<sub>2</sub>, temperatura, balance de N con que disponemos los nicaragüenses puede triplicar los rendimientos actuales. No necesitamos los transgénicos para producir el maíz que consumimos los nicaragüenses. Solo queda esperar que el INETER apoye a la agricultura, brindando información más amplia para que los técnicos y agricultores estemos en capacidad de planificar las siembras y pronosticar el rendimiento con mayor precisión.



Cuando el metabolismo del nitrógeno es regulado, la planta produce más hileras y más granos/hilera en la mazorca (mazorca llena total). En la foto, INTA-9043, con 16 hileras y 45 granos/hilera.