



FICHA TÉCNICA DE PECÁN N°41

“CAPTACIÓN DE CARBONO Y NUTRICIÓN DEL BOSQUE DE PECÁN”

Colaboradores: Edgardo S. Arévalo, Carlos A. Mendoza, Sebastián Cambareri, Darío Kock, Pablo Utrilla y Néstor Ayala

Octubre-2024

Si usted aun no es socio del Cluster del Pecán, lo invitamos a asociarse.
Es interesante para usted y para el Cluster.
Contacto: clutsterdelpecan@gmail.com

CAPTACIÓN DE CARBONO Y NUTRICIÓN DEL BOSQUE DE PECÁN

Los 6 profesores e investigadores arriba mencionados, todos con una actuación a nivel de universidades e institutos de investigación científica, nos hacen llegar esta valiosa FTP, respondiendo a nuestra solicitud. Nos muestran y explican en forma lo más sencilla posible, para que sea entendible a la mayoría de los lectores, 2 temas fundamentales: La absorción (captura) de Carbono que realizan los bosques de pecan y luego una relación de los nutrientes requeridos por el pecan y como se los determina mediante análisis de suelos y hojas que es necesario realizar e interpretar.

Remarco la necesidad de que tanto los laboratorios especializados que realizan los análisis como los asesores deben “traducir” (explicar) a los productores, de que se tratan los valores anotados en las planillas de análisis.

Llegado el fin del invierno y ante el comienzo de la primavera hay que planificar la nutrición del próximo ciclo productivo. Teniendo en cuenta, el análisis de suelo más reciente que se posea (de 1-2 años), el análisis anual de hojas (del enero anterior), la producción de pecanes obtenida (del último otoño), el conocimiento del cultivo en particular, deficiencias nutricionales observadas en el ciclo anterior, las formas de aplicación e incorporación al suelo, el nivel de producción al que se apunta, las características y valores de los insumos, el asesor y el productor podrán realizar un programa o plan de nutrición del próximo ciclo. Determinando cantidades, momentos, las vías y las formas de aplicación de los insumos seleccionados.

Como lo menciona Edgardo Arévalo y personalmente recomiendo, la conveniencia de leer o refrescar algunos conceptos en la FTP n° 13 de julio del 2020 que nos redactó Hermina Vivas, donde habla de la nutrición del pecan y sus formas de aplicación en distintas etapas del cultivo.



**Editor: Ing. Agr.
Alejandro Lavista
Llanos**

Introducción

El último informe del Panel Internacional sobre el Cambio Climático expresó el incremento en la concentración atmosférica del gas de efecto invernadero, el dióxido de carbono (CO₂). La principal causa de este aumento ha sido el uso de combustibles fósiles y, en menor medida, el cambio de uso de la tierra. La industrialización, el desarrollo tecnológico, el enorme aumento de la población humana, los incrementos del consumo de bienes han demandado mayor cantidad de energía. Estos procesos están fuertemente asociados a la utilización de energías fósiles, no renovables como el petróleo y el carbón mineral. Debido a la utilización de estos recursos energéticos, se ha producido un desequilibrio en el ciclo del C (Carbono) registrándose una rápida y creciente conversión de sustancias orgánicas reducidas a otras oxidadas, siendo el principal producto el CO₂. Si bien este gas es un componente natural de la atmósfera, preocupan sus incrementos relativos ya que tienen relación directa con el calentamiento global.

En la actualidad se están realizando esfuerzos por estabilizar la concentración de CO₂ atmosférico y reducir las emisiones, en este sentido, muchas líneas de investigación buscan determinar la capacidad de secuestro de C en los ecosistemas forestales.

Se ha demostrado que los bosques brindan importantes servicios ecosistémicos, entre los cuales se destacan el secuestro de CO₂, siendo la capacidad de fijar C de los ecosistemas forestales de gran interés, ya que existe el compromiso por parte de países desarrollados de otorgar “créditos de C” o “bonos verdes” como una manera de compensar sus emisiones de acuerdo con las bases del Protocolo de Kyoto de 1997.

Agradecemos el apoyo de los siguientes Sponsors

CAMPOLIMPIO - www.campolimpio.org.ar - institucional@campolimpio.org.ar

LABORATORIO AGRONÓMICO GUALEGUAY – www.lag-laboratorio.com.ar – info@lag-laboratorio.com.ar +54 9 3444 441003

MBFi – www.mbf.bio – Daniel Visintin - daniel.visintin@mbfi.bio - 54 911 3903-5735

VIVERO QUEBRADA DE LULES – www.viveroquebradalules.com.ar - Jorge Palacios – +54 9 381 6783421

A los compartimentos del C en los ecosistemas terrestres se lo suele fraccionar en tres componentes principales: biomasa aérea, mantillo y C orgánico del suelo. Entre los principales flujos del C entre compartimentos, se han estudiado los aportes de hojarasca al suelo como una forma apropiada de estimar la productividad forestal, siendo relevantes también la descomposición de las hojas y los procesos de retranslocación.

Es importante estudiar los bosques de *Carya illinoensis* (Wangenh.) o *Carya illinoensis* K. Koch (Pecan) por ser una especie arbórea no solo de interés productivo (Cambareri et al., 2023; Fig. 1) sino que también de valor ambiental debido a su potencial capacidad de fijar CO₂ en compartimentos y con una importante expansión territorial en nuestro país.

En relación al potencial productivo de esta especie, es fundamental un adecuado manejo nutricional del cultivo y en correspondencia un ajustado plan de fertilización. Aunque existen grandes avances en la investigación de pecan a nivel mundial, los diagnósticos nutricionales de los bosques y los planes de fertilización requieren de la investigación local. En esta especie el nitrógeno (N) junto con el cinc (Zn) son los nutrientes que producen mayor respuesta en crecimiento y calidad de la producción. En este sentido toman relevancia los estudios basados en un diagnóstico nutricional inicial de los bosques en producción de pecan para luego ajustar planes de fertilización que sostengan e incrementen la productividad, sin dañar el medio ambiente. También se deben conocer las etapas fenológicas y la dinámica nutricional del cultivo para determinar las necesidades nutricionales y diseñar programas adecuados y oportunos. En referencia al fósforo (P), estudios realizados registraron que la adición de 244 kg P ha⁻¹ durante un período de 5 años, incrementó el contenido de P foliar, pero no afectó el número de ramas nuevas, el rendimiento y la calidad de nuez. Sin embargo, en Argentina es esperable que la respuesta a la aplicación de P sea muy superior, sobre todo en la región mesopotámica donde los suelos son naturalmente pobres en este nutriente. Existe interés en continuar y profundizar esta línea de investigación referida a la capacidad de fijar C en diferentes compartimentos y de su reciclado interno, sumándole en esta oportunidad la evaluación del potencial productivo y calidad del fruto de *Carya illinoensis*.

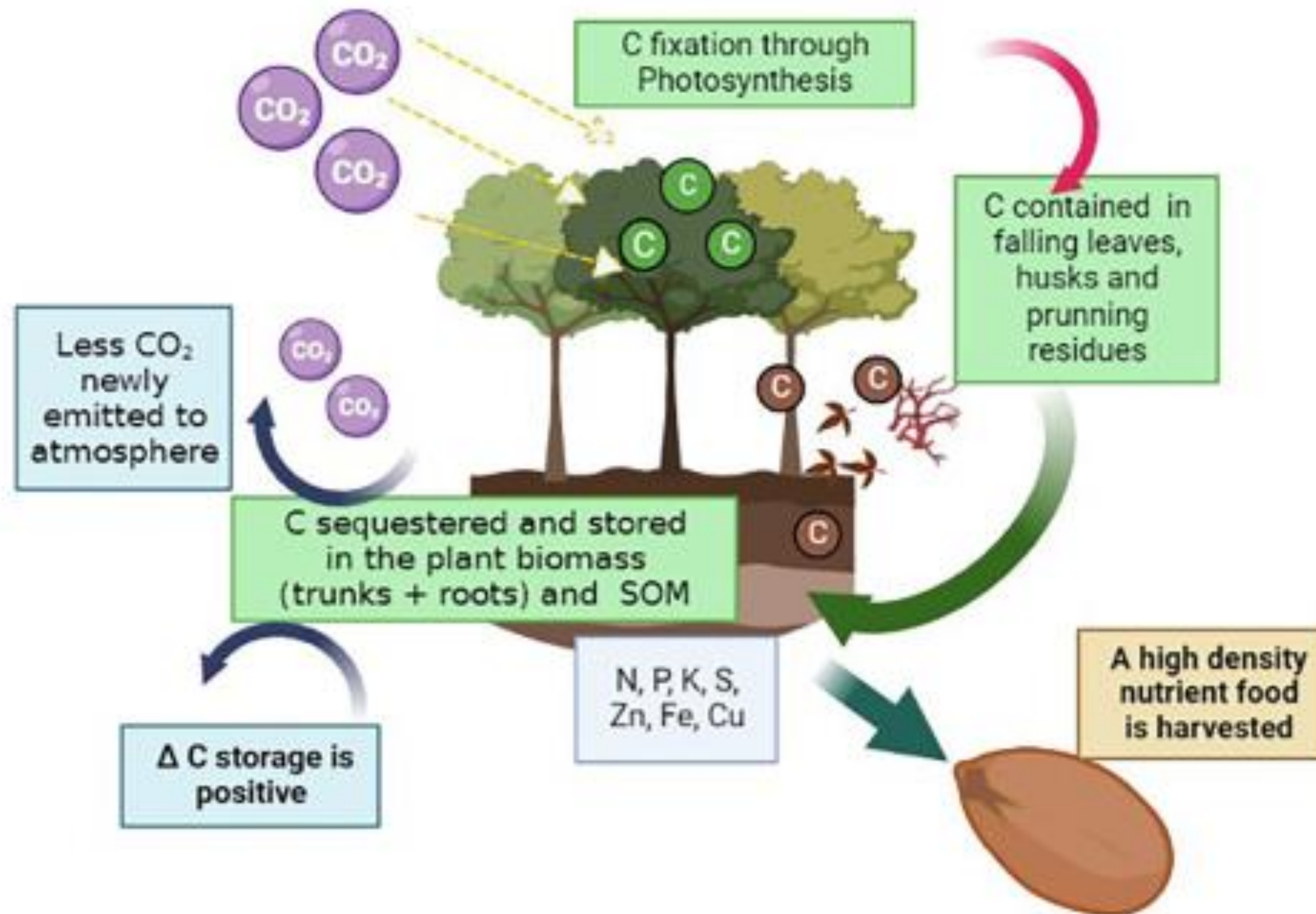


Figura 1. Ciclo del C en bosques de Pecan y dinámica de nutrientes asociados. Fuente Cambareri et al. 2023

Aporte de hojarasca en bosques de Pecan de diferentes edades

Con la finalidad de evaluar los aportes de hojarasca de los bosques de *C. illinoensis* (nuez pecan) en el departamento Villaguay (Entre Ríos). Se utilizó el método de recolección en cajones que fueron dispuestos bajo copa de árboles representativos de cada bloque. Los bosques se identificaron como: Bosque 1 (7 años de edad, B₁), Bosque 2 (12 años de edad, B₂) y Bosque 3 (16 años de edad, B₃). La frecuencia en la recolección de muestras fue mensual, durante un periodo de 12 meses. La hojarasca fue secada en estufa de aire forzado a 80 ° C, clasificada y pesada con balanza de precisión según las fracciones hojas, ramas y frutos. Se consideró que el contenido de C aportado por hojarasca fue del 50% de la materia seca (MS).

Los datos se analizaron utilizando un modelo lineal mixto de análisis de la varianza con medidas repetidas ($p < 0,05$).

Los resultados obtenidos demuestran que no existen diferencias significativas en los totales de hojarasca entre los B₂ y B₃, diferenciándose respecto al B₁. Dichas diferencias, también se observaron en las demás fracciones estudiadas (Cuadro 1).

Bosque	Tn MS ha ⁻¹ año ⁻¹	Tn C ha ⁻¹ año ⁻¹
B1	36,8 (±2,8) A	18,4 (±1,4) A
B2	20,3 (±1,3) AB	10,2 (±0,7) AB
B3	14,4 (±1,3) B	7,2 (±0,7) B

Cuadro 1. Aportes totales de hojarasca por bosque para el año 2021. Letras mayúsculas diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre valores de bosques y total; entre paréntesis (\pm error estándar). Tn MS ha⁻¹ año⁻¹ (Toneladas Materia seca por hectárea y por año) y Tn C Carbono ha⁻¹ año⁻¹ (Toneladas C por hectárea y por año).

Se concluyó que los aportes totales y por fracciones de hojarasca se estabilizan a partir de los bosques de 12 años (B₂).

Variación y stock de mantillo en bosques de diferentes edades de Pecan

En el marco de la línea de investigación abocada a estudiar los compartimentos de carbono en bosques de Pecan y considerando la potencialidad de captura de dióxido carbono en el compartimento mantillo, se cuantificó la materia seca acumulada en bosques de diferentes edades implantados en la localidad de Villaguay, Entre Ríos.

La metodología empleada consistió en la recolección, el secado y pesado de mantillo durante un año. Se realizaron muestreos con una frecuencia de 8 muestras por mes en cada bosque. Los bosques se identificaron como B1 (12 años), B2 (17 años) y B3 (7 años). Los resultados mostraron que los valores medios de mantillo por bosque tuvieron diferencias significativas entre sí, siendo de 409, 368 y 440 gr/m² para B1, B2 y B3; respectivamente. Mientras que las variaciones de mantillo a lo largo del año no mostraron un patrón definido, con picos de aporte de hojarasca en los meses de otoño e invierno (Fig. 2).

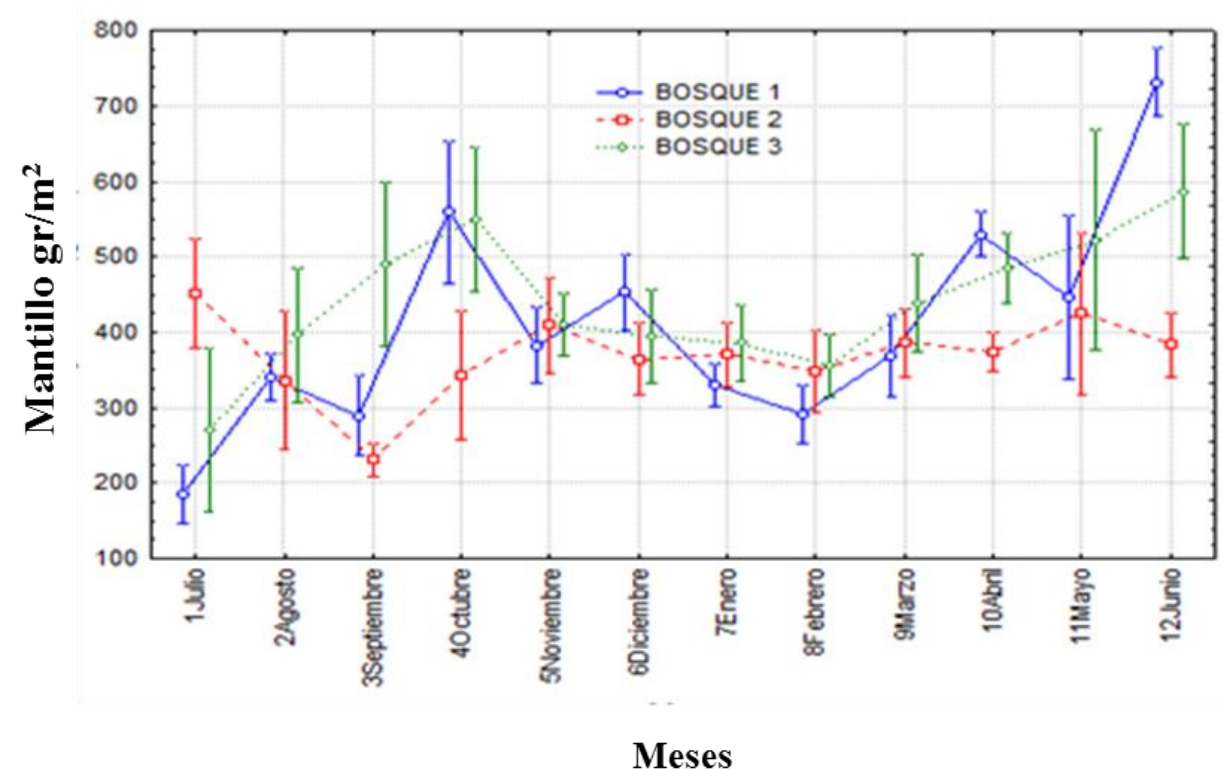


Figura 2. Variaciones del contenido de mantillo durante el año en estudio.

Se concluyó que los contenidos de mantillo como compartimento de acumulación de carbono, no estuvieron asociados a la edad de los bosques de *C. illinoensis*.

Carbono secuestrado en biomasa aérea en bosques de Pecan

Con el objetivo de cuantificar la cantidad de carbono en bosques de Pecan en la biomasa aérea, debido a la complejidad que representa su estudio, se estimó el volumen del fuste principal, y luego con la densidad del mismo se lo llevó a biomasa.

La metodología propuesta se basó en la sugerida por Toward quien, a fines del siglo XIX, desarrolló la idea de los factores de forma como respuesta a las dificultades que presentaba el uso de los sólidos de revolución para estimar el volumen de un fuste. En base a sus planteos, otros autores continuaron trabajando la temática, y en la actualidad es posible encontrar factores de forma basados en sólidos de revolución tales como cilindro, paraboloides o cono. De esta forma, fue posible a mera observación establecer que la forma que más se adecua a la especie es el paraboloides. Debido a que esta investigación tiene fines meramente estimativos y que buscan acercarse a los datos reales, no se observaron impedimentos mayores para aplicar el paraboloides en *C. illinoensis* para estimar el C presente en el fuste principal. Cabe aclarar que en este estudio no se incluyeron ramas, ni raíces, debido a la complejidad que representa su estudio.

El volumen del paraboloides es conocido y surge de una fórmula universal. Para estimar el diámetro basal y h (altura) se recurrió a elementos de medición simples como cinta métrica y clinómetro. Una vez calculado el volumen se procedió a la estimación de la densidad de la madera: para ello se seleccionaron tres muestras de madera del bosque 1 (una muestra del fuste principal, otra de ramas primarias y una tercera de ramas secundarias), se estimó su volumen mediante el desplazamiento de agua (similar al Principio de Arquímedes), y se calculó un promedio.

Agradecemos el apoyo de:



www.campolimpio.org.ar
institucional@campolimpio.org.ar

Conocido el volumen desplazado y el peso de la madera, luego de secarla en estufa hasta peso constante, se procedió a calcular la densidad de dicha madera. En base al volumen del fuste principal y la densidad de la madera, se obtuvieron los datos de biomasa aérea. La densidad obtenida en el bosque 1 se utilizó para los tres bosques.

Luego, para llevar el valor de biomasa a carbono se consideró que el carbono aportado corresponde al 50 % de la biomasa; por ello la cantidad de carbono estimada resultó de dividir por 2 el dato de la biomasa.

Se encontraron diferencias significativas entre bosques, con respecto a la cantidad de C acumulada en biomasa aérea. El B2 fue el de mayor potencial de captura de C, luego le siguió el B1 y finalmente el B3 (Cuadro 2).

Parámetros dasonómicos mayores, lógicamente se condicen con un mayor contenido de materia seca aérea y por ende mayor contenido de C en biomasa aérea. A su vez, la mayor cantidad de C en la biomasa se registra en la plantación con densidad intermedia (8x8) (Cuadro 1.3). Con respecto al tipo de suelo los bosques de mayor crecimiento son los ubicados en la Serie La Chunga (B1 y B2).

Bosque	CBA
B1	4,27 ($\pm 0,13$) B
B2	6,73 ($\pm 0,20$) A
B3	2,12 ($\pm 0,16$) C

Cuadro 2. Carbono en biomasa aérea para diciembre de 2020. Donde CBA = Carbono en Biomasa Aérea expresada en Tn de Carbono ha⁻¹ (\pm error estándar). Letras mayúsculas diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre valores de bosques y total.

Agradecemos el apoyo de:

www.lag-laboratorio.com.ar
info@lag-laboratorio.com.ar
 +54 9 3444 441003



LAG

LABORATORIO
 AGRONÓMICO
 GUALEGUAY

Pérdida de peso en hojas de *Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch en plantaciones de diferentes edades

Se sabe que las condiciones micro climáticas internas de una plantación de Pecan son cambiantes a lo largo de su desarrollo y que estos cambios influirían en la velocidad de descomposición de la hojarasca, se planteó como objetivo estudiar la influencia de la edad de una plantación sobre la tasa de descomposición de las hojas. A lo largo de un año y medio se estudiaron 3 plantaciones de 7, 12 y 16 años de edad. Se determinó que el tiempo para descomponer el 50 % de la materia orgánica varía entre 0,4 y 0,6 años según la edad del bosque y entre 4 y 6 años para descomponer el 99 % de la hojarasca, siendo siempre las tasas menores las que corresponden a bosques de mayor edad. Del análisis del patrón temporal de descomposición, se observó que no hay diferencias significativas entre las edades para las etapas iniciales de la plantación, diferenciándose solo en etapas finales del estudio (Fig. 3).

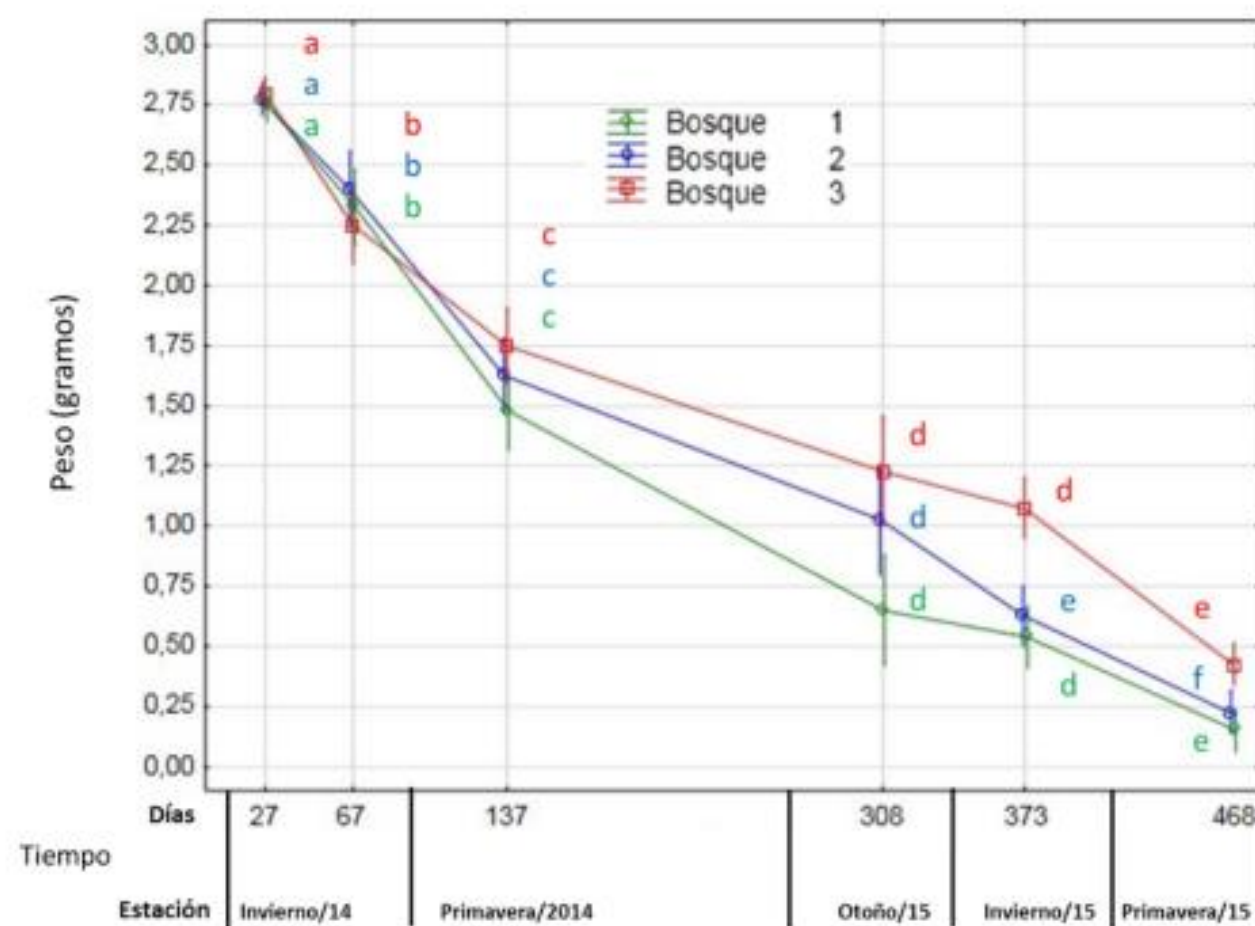


Figura 3. Dinámica de la descomposición de hojas de *C. illinoensis*. Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) en el peso remanente de hojas para diferentes momentos en cada bosque.

Se concluye que las diferencias en las tasas de descomposición de hojas en bosques de distintas edades se asocian a sus diferentes coberturas, siendo la mayor tasa de descomposición en plantación joven que recibe mayor radiación solar a nivel de suelo.

Relación entre la dinámica del C en bosques de pecan y el manejo nutricional.

El estudio y la cuantificación de los flujos de C al interior de los bosques de pecan, están estrechamente ligados a la dinámica de los nutrientes asociados a estos bosques, la comprensión de estos fenómenos ecofisiológicos es clave para determinar cuántos elementos hay que reponer al sistema anualmente, considerando que la principal salida de nutrientes está asociada a la cosecha de frutos. Una parte importante de los nutrientes aportados tienen como destino la formación de la estructura del árbol, y en muchos sistemas solo se toma la extracción con el fruto. Para realizar un diagnóstico integral es necesario conocer las entradas y salidas de nutrientes en el sistema y su reciclado.

Evaluación del manejo nutricional en bosques de *Carya illinoensis* (Pecan) en la provincia de Entre Ríos

La nutrición es un factor esencial para lograr un crecimiento saludable y una producción óptima. Uno de los principios fundamentales que guía esta área de estudio es la Ley del Mínimo de Liebig, que en 1840 enunció que: “El rendimiento de un cultivo está limitado por el nutriente que se presente en menor cantidad”. A partir de esta ley podemos deducir que la deficiencia de un nutriente genera una menor eficiencia de otros nutrientes. Si lo observamos desde el factor clave de rendimiento, afirma que el crecimiento no es controlado por el factor de mayor cantidad de los recursos disponibles, sino por el recurso más escaso.

El enfoque basado en la Ley del Mínimo subraya la importancia de un manejo adecuado de la fertilización y el monitoreo de nutrientes en el suelo y en la planta. Esto implica que, para optimizar el crecimiento, es necesario identificar y corregir cualquier deficiencia, asegurando que todos los nutrientes estén presentes en cantidades equilibradas. De esta manera, la Ley del Mínimo no solo contribuye a una producción más eficiente, sino que también ayuda a prevenir el uso excesivo de fertilizantes, promoviendo prácticas sostenibles y respetuosas con el medio, maximizando la nutrición.

Una forma de comprender como funciona la nutrición de las plantas es observar las relaciones entre los diferentes nutrientes que se pueden calcular con la concentración promedio de nutrientes que presentan (Cuadro 3). Si observamos la última columna del Cuadro 3, aquí están calculada estas relaciones en función a la concentración nitrógeno, obteniendo que para cada parte de este elemento que entregamos o la planta absorba debe haber 0,67 partes de potasio; 0,33 de calcio; 0,13 de fósforo etc. Si lo llevamos a un cálculo de dosis de nutriente a aplicar, por cada 100 kg de nitrógeno, deberíamos agregar 67 kg de potasio, 33 kg de calcio, 13 kg de fósforo etc. De esta manera tomando todos los nutrientes en sus relaciones óptimas, obtendremos los máximos rendimientos.

Elemento	Símbolo Químico	μmol / gr MS	mg / kg	%	Número relativo de Atomos	Número en relación con el Nitrógeno
Nitrógeno	N	1000	15.000	1,5	1.000.000	1,00
Potasio	K	250	10.000	1	250.000	0,67
Calcio	Ca	125	5.000	0,5	125.000	0,33
Magnesio	Mg	80	2.000	0,2	80.000	0,13
Fósforo	P	60	2.000	0,2	60.000	0,13
Azufre	S	30	1.000	0,1	30.000	0,07
Cloro	Cl	3,0	100	0,01	3.000	0,01
Boro	B	2,0	2	0,0002	2.000	0,0001
Hierro	Fe	2,0	100	0,01	2.000	0,007
Manganeso	Mn	1,0	50	0,005	1.000	0,003
Zinc	Zn	0,3	20	0,002	300	0,001
Cobre	Cu	0,1	6	0,0006	100	0,0004
Nikel	Ni	0,001	0,1	0,00001	1	0,000007
Molibdeno	Mo	0,001	0,1	0,00001	1	0,000007

Cuadro 3. Concentración promedio de Nutrientes en las Plantas. Adaptado de Marschner H. *Mineral nutrition of higher plants*. 1995

Para poder armar un plan nutricional del cultivo de Pecan, se requiere de un análisis detallado de varios factores como el tipo de suelo, los requerimientos nutricionales del cultivo y las condiciones climáticas, ya que estas, pueden afectar la absorción de nutrientes. También es necesario conocer el momento (tasas de absorción), que se encuentran asociadas al crecimiento. Con toda esta información podemos comenzar a evaluar la estrategia nutricional.

En el Cuadro 4 se pueden observar los requerimientos por tonelada de Pecan a producir.

Nutriente	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe	B	Cu	Zn	Mo
	Kg Tn ⁻¹					Gr Tn ⁻¹					
Requerimiento	8,53	1,93	3,69	3,26	0,49	69	27	10	8	28	1,8
Relación con el Nitrógeno	1	0,22	0,43	0,38	0,06	8	3,1	1,17	0,93	3,28	0,21

Cuadro 4. Requerimientos de Nutrientes para producir 1 Tn de Pecan y la relación con respecto al Nitrógeno. Adaptado de Sparks, D. (1977)

Agradecemos el apoyo de:



www.mbf.bio
 Daniel Visintin
daniel.visintin@mbfi.bio
[+54 911 3903-5735](tel:+5491139035735)

Si se analiza la concentración del nutriente en función de los diferentes estadios fenológicos, varios autores señalan que existen variaciones temporales y hasta inclusive a nivel de variedades. En general podemos decir que la cantidad de nutriente se incrementa a medida que las hojas se expanden, al principio la concentración es elevada, luego se estabiliza y cuando se acerca el fin de crecimiento de la hoja la concentración se estabiliza. Kim & Wetzstein 2015, midieron, durante la expansión de las hojas, desde la floración completa hasta la maduración de las hojas, todos los macro y micronutrientes que se acumularon en los tejidos de las hojas. Los aumentos relativos en el contenido de nutrientes en base a mg de hoja fueron: N (78%), P (31%), K (88%), Ca (81%), Mg (72%), S (72%), B (113%), Cu (47%), Fe (108%), Mn (48%) y Zn (14%). Durante el mismo período, las concentraciones de nutrientes en las hojas no siempre se correspondieron con los aumentos generales. Las concentraciones foliares (mg kg) de P, Mg, Cu, Mn y Zn disminuyeron en un 30%, 8%, 21%, 21% y 39%, respectivamente. Puede ocurrir una disminución en la concentración foliar cuando una ganancia en peso seco de las hojas excede temporalmente la absorción de estos elementos. Las concentraciones foliares de N, K, Ca, S, Fe y B se mantuvieron bastante estables durante la expansión de las hojas. Esta información es relevante si utilizamos la concentración de nutrientes en hoja para evaluar el estado nutricional del cultivo.

Agradecemos el apoyo de:

www.viveroquebradalules.com.ar

Jorge Palacios

+54 9 381 6783421



Importancia de los análisis químicos de Suelos

Los análisis de suelo son estudios que proporcionan información detallada sobre las características químicas del suelo. Su principal objetivo es evaluar la fertilidad y determinar si es adecuado para el crecimiento de los bosques de Pecan.

Los objetivos que podemos perseguir son:

- a. Determinar la Fertilidad del suelo.
- b. Detectar deficiencias o excesos de nutrientes.
- c. Ajustar el pH del suelo
- d. Evaluar la salinidad
- e. Optimizar la fertilización
- f. Prevenir problemas ambientales.
- g. Monitoreo del suelo a lo largo del tiempo

A modo de ejemplo vamos a interpretar los valores de un análisis de suelo de un lote de producción en Viale Provincia de Entre Ríos y comprender la importancia de esta herramienta.

Determinación	Unidades	Valor
pH		7,1
Materia Orgánica	%	3,06
Nitrógeno	%	0,158
Fósforo (Bray & Kurz I)	mg kg - ppm	8,2
Capacidad de Intercambio Cationico	meq/ 100 gr	31,23
Potasio	meq/ 100 gr	1,8
Calcio	meq/ 100 gr	21,5
Magnesio	meq/ 100 gr	4,9
Sodio	meq/ 100 gr	1,5

Cuadro 5. Análisis de Suelo Viale Entre Ríos 0-30 cm profundidad

La biodisponibilidad de micronutrientes en general disminuye con valores de pH superiores a 6,5, la única excepción es Molibdeno que se incrementa. En este lote el pH es de 7,1 por lo que podemos inferir que la absorción de estos nutrientes se va a dificultar. En esta situación Zn, que en general se encuentra en menor cantidad en los suelos, va a ser el elemento que se deberá incluir dentro de un plan nutricional, teniendo en cuenta también la especial sensibilidad de este cultivo.

El contenido de Materia Orgánica se considera bueno, pero nos da, poca información acerca que cuanto nitrógeno que se encuentra en forma orgánica pasará a inorgánica, nitratos que es como lo absorben principalmente los cultivos, esto depende de la mineralización. Una posibilidad podría evaluar contenido de nitratos al inicio de la brotación.

El valor de fósforo 8,2 ppm, también se encuentra por debajo de lo considerado crítico de 30 a 60 ppm.

Con respecto a Potasio, Calcio y Magnesio, los valores expresados en % sobre el complejo de intercambio son 5,8 %, 68,7 % y 15,7 % respectivamente, encontrándose dentro de los valores de referencia. Cuando se calcula la relación entre (Ca + Mg) sobre potasio, el valor obtenido es de 14,5, este valor está por encima del de referencia de 11, lo que podría inducir una deficiencia de potasio por exceso de calcio y magnesio. El valor de sodio está por debajo de lo considerado perjudicial para los cultivos.

En Cuadro 6 podemos los valores de análisis de 30 a 60 cm, si bien la mayor absorción de nutrientes se da en los primeros 30 cm del suelo es importante conocer que aporte de nutrientes se hacen desde otras capas de suelo.

Determinación	Unidades	Valor
pH		7,8
Capacidad de Intercambio Cationico	meq/ 100 gr	41,13
Potasio	meq/ 100 gr	1,2
Calcio	meq/ 100 gr	28,7
Magnesio	meq/ 100 gr	5,7
Sodio	meq/ 100 gr	2,2

Cuadro 6. Análisis de Suelo Viale Entre Ríos 30-60 cm profundidad

A esta profundidad el valor de pH se incrementó por lo que la biodisponibilidad de micronutrientes se va a ver más afectada, en especial zinc para estos suelos. Aquí generalmente no se determina materia orgánica o nitrógeno total, porque el contenido en el suelo es muy bajo.

Con respecto a los cationes aquí Ca, pasa a representar el 91,8 % del complejo de intercambio, siendo el valor de referencia de 65 a 85 % y Magnesio 18,3 % con valores de referencia del 6 al 12 %, ambos se encuentran en exceso. Cuando calculamos las relaciones, entre (Ca + Mg) sobre potasio, el valor obtenido es de 29,5, este valor está muy por encima del de referencia de 11, lo cual indicaría deficiencia de potasio por exceso de calcio y magnesio. La relación Calcio sobre potasio también se encuentra por encima del valor de referencia indicando deficiencia inducida de potasio por exceso de calcio.

Análisis Foliar

El análisis foliar se presenta como una herramienta que permite valorar en forma directa el grado de nutrición del cultivo, ya que representan fehacientemente lo que pueden extraer de un suelo.

Aquí no existe la interferencia del suelo sobre los diferentes extractantes químicos que buscan relacionar mediante su acción la absorción de nutrientes por los cultivos.

La composición química de las hojas varía en el tiempo asociada a su grado de maduración, por lo que es necesario determinar cuál es el momento del muestreo como así también cuáles hojas deben ser colectadas para sus análisis. Para nosotros el mes óptimo es enero y la selección de hojas está bien explicada en otras FTP.

La mayor ventaja del diagnóstico foliar es dada por tomar a la propia planta como solución extractora, lo que permite una evaluación directa de su estado nutricional e indirecto de la fertilidad del suelo.

La metodología clásica para estimar deficiencias nutricionales en los cultivos utilizando análisis foliares es basada en comparaciones de la concentración foliar de nutrientes en la muestra contra un valor crítico o rango de suficiencia. Sin embargo, la concentración de nutrientes en las hojas depende de varios factores como etapa fenológica, posición de la hoja en la planta, variedad del cultivo y tipo de suelos entre otros. Los valores de referencia que podemos encontrar en la bibliografía se encuentran en el Cuadro 7.

Nutriente	N	P	K	Mg	Ca	S	Mn	Zn	cu	B	Mo	Ni
	%						mg/kg (ppm)					
Rango de suficiencia en Hoja	2,5-3,5	0,12-0,2	0,9-1,2	0,35-0,6	0,9-2,5	0,2-2,0	100-800	50-200	8-30	20-45	0,5-0,8	2,5

Cuadro 7. Rangos de suficiencia adaptados de: adaptado de Herrera y Aguirre. 2004 & Smith et al. 2012

Aquí también y a modo de ejemplo, tomaremos los análisis foliares provenientes de lote donde se interpretaron los análisis de suelo.

Determinación	Unidades	Valor
Nitrógeno	%	2,47
Fósforo	%	0,13
Potasio	%	0,92
Calcio	%	6,13
Magnesio	%	0,46
Azufre	%	1,9
Hierro	mg kg - ppm	132,6
Manganeso	mg kg - ppm	746,0
Zinc	mg kg - ppm	61,3
Cobre	mg kg - ppm	8,3
Boro	mg kg - ppm	168,9

Cuadro 8. Resultados de análisis Foliares Lote Viale Entre Ríos.

Si comparamos los valores obtenidos de los análisis de foliares y los rangos de suficiencia, podemos observar que las mayorías se encuentran dentro de este rango de suficiencia. Como lo observamos en el análisis de suelo, el calcio sobre todo en la profundidad de 30 a 60 se encontraba en exceso y aquí a nivel foliar (6,13 %) está muy por encima, del valor de referencia máximo que 2,5 %. También el Boro se encuentra en exceso.

Esta alta concentración de calcio puede generar deficiencias inducidas de otros nutrientes con es el zinc. Si bien su valor encuentra dentro del rango de suficiencia, si tenemos en cuenta la relación entre estos dos elementos esta desbalanceado.

En general para obtener producciones máximas de nuez pecan. Se apunta a estar en N, P y K, en los valores máximos de los rangos normales.

Planes Nutricionales

Los planes nutricionales de lotes de producción en la provincia de Entre Ríos, en la actualidad incluyen principalmente a los nutrientes, Nitrógeno, Fosforo y Zinc, en algunos ambientes potasio, pero recordemos que un correcto diagnóstico y recomendación se obtiene a partir de análisis de suelos y de validar el estado nutricional con análisis foliares.

También a fin de determinar el plan de nutrición a aplicarse en la próxima campaña, es interesante considerar los rendimientos en kg / ha de nueces obtenidos en la última cosecha (cosecha anterior); y de esa manera saber, que tengo en el suelo, que tengo en las hojas y cuantos nutrientes extraje en la cosecha.

En cuanto a Nitrógeno si bien existen varios criterios de recomendación, utilizar la demanda a partir de los requerimientos por el objetivo de producción menos los aportes del suelo, es uno de los modelos más utilizado.

En Fósforo, la recomendación es llegar a un nivel crítico que no limite la productividad, una alternativa aquí es utilizar fuentes que además contengan zinc.

Para aplicación de zinc, la forma más eficiente es vía foliar, su realización depende entre otros aspectos del tamaño de los árboles, realizar más de una aplicación durante el periodo de crecimiento ha demostrado tener mayor eficiencia en mantener valores adecuados mejorando significativamente la eficiencia de uso del nitrógeno.

Una forma rápida de poder evaluar la concentración de zinc en hoja y su relación con el nitrógeno es utilizar el Minolta SPAD, Ojeda Barrios et Al 2012, relaciono niveles de Zinc con valores SPAD encontrado que en los valores óptimos de Zn, los valores deberían ser igual o superiores a 33,3 unidades.

Con respecto a las fuentes de Zinc a utilizar existen varias opciones partiendo de sales de zinc (sulfatos, nitratos, etc.), óxidos y quelatos, donde en diferentes trabajos se ha demostrado su eficiencia, solo varia las dosis a utilizar. Una tendencia actual cuando se quiere aplicar este tipo de nutrientes es que se combinen con otros nutrientes y además contengan aminoácidos, extractos de algas, ácidos orgánicos, hormonas, etc., que tienen como objetivo mejorar la eficiencia de absorción y el metabolismo de la planta. No es el objetivo de esta ficha, pero este tipo de productos son llamados bioestimulantes y son una herramienta para manejar situaciones de estrés en los cultivos.

Consideraciones finales:

Un programa de fertilización además de la cantidad debe contener el momento de aplicación, el cual ha sido muy bien abordado por Vivas 2020 en FTP N° 13, para quienes quieran profundizar. En esta guía intentamos abordar a través de mediciones de la dinámica de carbono (reciclado de nutrientes), resultados de lotes de productores, resaltar la utilidad de los análisis de suelo, foliares, como una visión integral de manejo del sistema que apunta a la sustentabilidad.