

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



DINÁMICA DE COMPUESTOS NITROGENADOS EN DOS ESPECIES EN
UN BOSQUE DE PINO-ENCINO SOMETIDO A PROCESOS ANTRÓPICOS

Tesis

Que presenta ANTONIO GALLEGOS ISLAS

como requisito parcial para obtener el Grado de
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

Torreón, Coahuila

Julio 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



DINÁMICA DE COMPUESTOS NITROGENADOS EN DOS ESPECIES EN UN
BOSQUE DE PINO-ENCINO SOMETIDO A PROCESOS ANTRÓPICOS

Tesis

Que presenta ANTONIO GALLEGOS ISLAS
como requisito parcial para obtener el Grado de
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

Dra. Viridiana Contreras Villarreal
Director UAAAN

Ph. D. Luis Manuel Valenzuela Núñez
Director externo (UJED)

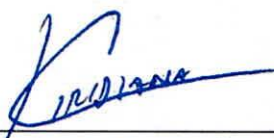
Torreón, Coahuila

Julio 2023

DINÁMICA DE COMPUESTOS NITROGENADOS EN DOS ESPECIES EN UN BOSQUE DE PINO-ENCINO SOMETIDO A PROCESOS ANTRÓPICOS

Tesis

Elaborada por ANTONIO GALLEGOS ISLAS como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Producción Agropecuaria con la supervisión y aprobación del Comité de Asesoría



Dra. Viridiana Contreras Villarreal
Director de Tesis



Ph. D. Luis Manuel Valenzuela Núñez
Asesor



Dra. Dalia Ivette Carrillo Moreno
Asesor



Dr. Edwin Amir Briceño Contreras
Asesor



Dra. Dalia Ivette Carrillo Moreno
Jefe del Departamento de Postgrado



Dr. Antonio Flores Naveda
Subdirector de Postgrado

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, por acompañarme siempre de manera incondicional en cada momento, por ser el impulso para seguir adelante a pesar de las adversidades.

A mi Alma Mater, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por permitirme estudiar por segunda vez en esta noble casa de estudios.

Al Posgrado en Ciencias en Producción Agropecuaria, y a quienes lo integran, por todo el apoyo y facilidades brindadas para llevar a cabo este trabajo y permitirme continuar mi formación académica y profesional.

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT), por el apoyo económico otorgado durante la realización de mis estudios de Maestría.

Al Laboratorio de Ecología y Biología Forestal de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez del Estado de Durango por las facilidades brindadas para el uso de las instalaciones, equipo de laboratorio para realizar los análisis bioquímicos requeridos.

A la Dra. Viridiana Contreras Villareal por fungir como mi asesora principal y por el apoyo brindado.

Al PhD. Luis Manuel Valenzuela Núñez por ofrecerme la oportunidad de participar en este proyecto y por brindarme asesoría en cada actividad académica durante el periodo de elaboración del proyecto.

Al Dr. Edwin Amir Briceño Contreras por su disponibilidad y asesoramiento académico en este proyecto.

A las autoridades del poblado Ignacio López Rayón, Cuencame, Durango por las facilidades otorgadas para la recolección de muestras.

Al C. José Carmen García Ovalle por las atenciones brindadas durante los periodos de recolección de muestras.

DEDICATORIA

A mi esposa e hijo, porque ellos son mi fuerza de apoyo en cada proyecto en mi vida; por el amor incondicional que me brindan, por acompañarme siempre durante todo este proceso.

A mis padres, que siempre me han apoyado y guiado por el camino correcto con sus consejos, pero sobre todo por ser mi ejemplo de lucha incansable para salir adelante.

A mi hermano y hermanas, que siempre me han dado su apoyo, han creído en mí y han aportado su granito de arena para poder lograr mis objetivos.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Distribución de <i>P. cembroides</i>	3
2.1.1 Taxonomía	3
2.1.2 Descripción.....	3
2.2 Distribución de <i>Quercus grisea</i>	4
2.2.1 Taxonomía	4
2.2.2 Descripción.....	5
2.3 Reservas vegetativas	5
2.3.1.1 Proteínas.....	7
2.3.1.2 Aminoácidos.....	8
2.4 Actividades antrópicas.....	8
2.4.1 Impacto por pastoreo.....	8
2.4.2 Impacto turístico	9
III. MATERIALES Y MÉTODOS	10
3.1 Ubicación del área de estudio	10
3.3 Preparación de las muestras	11
3.4 Gráfico de calibración para la medición de PTS.....	11
3.4.1 Análisis de la concentración de PTS	12
3.5 Curva de calibración para la determinación de aminoácidos totales....	13
3.5.1 Determinación de la concentración de aminoácidos totales.....	13
IV. RESULTADOS.....	14
4.1 Concentración de PTS en raíz, durante desarrollo y letargo en pino y encino	14
4.3 Concentración de PTS en el tronco, durante desarrollo y letargo en pino y encino	17
4.4 Concentración de aminoácidos totales en el tronco, durante desarrollo y	

letargo en pino y encino.....	18
4.5 Concentración de PTS en el órgano hoja, durante desarrollo y letargo en pino y encino	19
4.6 Concentración de aminoácidos totales en el órgano hoja, durante desarrollo y letargo en pino y encino.....	20
4.7 Concentración de PTS y aminoácidos totales en raíz, tronco y hoja en desarrollo y letargo en <i>Pinus cembroides</i> en el sitio sin impacto.....	22
4.8 Concentración de PTS y aminoácidos totales en raíz, tronco y hoja en desarrollo y letargo en <i>Quercus grisea</i> en el sitio sin impacto.....	23
4.9 Concentración de PTS y aminoácidos totales en raíz, tronco y hoja de <i>Pinus cembroides</i> en desarrollo y letargo en el sitio con impacto por pastoreo	25
4.10 Concentración de PTS y aminoácidos totales en raíz, tronco y hoja de <i>Quercus grisea</i> en desarrollo y letargo en el sitio con impacto por pastoreo.	26
4.11 Concentración de PTS y aminoácidos totales en raíz, tronco y hoja de <i>Pinus Cembroides</i> en desarrollo y letargo en el sitio con impacto por turismo	28
V. DISCUSIÓN	32
VI. CONCLUSIONES	36
VII. LITERATURA CITADA.....	37

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. ANOVA para las concentraciones de PTS y aminoácidos totales en pino en un sitio sin impacto en dos etapas fenológicas.	25
Cuadro 2. ANOVA para las concentraciones de PTS y aminoácidos en encino en un sitio sin impacto en dos etapas fenológicas.	25
Cuadro 3. ANOVA para las concentraciones de PTS y aminoácidos en pino en un sitio con impacto por pastoreo en dos etapas fenológicas.....	28
Cuadro 4. ANOVA para las concentraciones de PTS y aminoácidos en encino en un sitio con impacto por pastoreo en dos etapas fenológicas.	28
Cuadro 5. ANOVA para las concentraciones de PTS y aminoácidos en pino en un sitio con impacto por turismo en dos etapas fenológicas.....	30
Cuadro 6. ANOVA para las concentraciones de PTS y aminoácidos en encino en un sitio con impacto por turismo en dos etapas fenológicas.	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curva de calibración para la cuantificación de proteínas totales solubles en muestras de <i>Pinus cembroides</i> y <i>Quercus grisea</i>	12
Figura 2. Curva de calibración para la cuantificación de aminoácidos totales en muestras de <i>Pinus cembroides</i> y <i>Quercus grisea</i>	13
Figura 3. Concentración de PTS y aminoácidos en mg/g MS, en raíz de pino y encino en etapas de desarrollo y letargo.	17
Figura 4. Concentración de PTS y aminoácidos en mg/g MS, en el tronco de pino y encino en etapa de desarrollo y letargo.....	19
Figura 5. Concentración de PTS y aminoácidos por mg/g MS, en hoja de pino y encino en etapa de desarrollo y letargo.....	22
Figura 6. Concentración de PTS y aminoácidos por mg/g MS, en pino y encino en el sitio sin impacto, en etapas de desarrollo y letargo.	24
Figura 7. Concentración de PTS y aminoácidos por mg/g MS, en pino-encino en el sitio con impacto por pastoreo, en desarrollo y letargo.....	27
Figura 8. Concentración de PTS y aminoácidos por mg/g MS, en pino y encino en el sitio con impacto por turismo, en desarrollo y letargo.....	30

RESUMEN

Dinámica de compuestos nitrogenados en dos especies en un bosque de pino-
encino sometido a procesos antrópicos

Antonio Gallegos Islas

Maestría en Ciencias en Producción Agropecuaria

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Dra. Viridiana Contreras Villarreal

El estudio se realizó en Cuencamé, Durango, con el objetivo de evaluar el efecto de las actividades antrópicas (pastoreo y turismo) en las concentraciones de compuestos nitrogenados (PTS y aminoácidos totales) en un bosque de pino y encino. La selección de árboles fue al azar, se obtuvieron dos muestras de raíz, dos de tronco y dos de hoja en tres árboles adultos de cada especie. Para determinar la concentración de PTS se utilizó el método de Bradford (1976) y para aminoácidos totales se utilizó la metodología de Yemm y Cocking (1955). Los resultados mostraron diferente comportamiento de las reservas vegetativas entre órganos, se encontraron diferencias estadísticas en la concentración de PTS en raíz de pino en letargo entre sitios ($F= 23.39$, g.l.= 2; $P< 0.001$) al igual se encontraron diferencias estadísticas en el tronco en etapa de desarrollo ($F= 17.08$; g.l.= 2; $P= 0.003$), y en hoja de pino no se presentó diferencia estadística en las concentraciones de PTS ($F=0.16$; g.l. = 2; $P= 0.85$), en raíz de encino no se encontraron diferencias estadísticas en aminoácidos totales ($f= 2.70$; g.l.= 2; $P= 0.14$), en el tronco en letargo se observó diferencia estadística en de aminoácidos totales ($F= 5.26$, g.l.= 2; $P= 0.04$) en la hoja de encino se encontraron diferencias estadísticas entre sitios en la concentración de PTS ($F= 7.76$; g.l.= 2; $P= 0.02$) por lo tanto se concluye que el pino es la especie más afectada por los procesos antrópicos, puesto que las concentraciones de compuestos nitrogenados resultaron bajas en comparación con encino.

Palabras clave: *Pinus cembroides*, *Quercus grisea*, Reservas vegetativas, Pastoreo, Turismo.

ABSTRACT

Dynamics of nitrogen compounds in two species in a pine-oak forest subjected to anthropic processes

Antonio Gallegos Islas

Master of Science in Agricultural Production

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Dra. Viridiana Contreras Villarreal

The study was carried out in Cuencamé, Durango, with the objective of evaluating the effect of anthropogenic activities (grazing and tourism) on the concentrations of nitrogen compounds (PTS and total amino acids) in a pine and oak forest. The selection of trees was random; two root samples, two trunk samples and two leaf samples were obtained from three adult trees of each species. To determine the concentration of PTS, the method of Bradford (1976) was used and for total amino acids, the methodology of Yemm and Cocking, (1955) was used. The results showed different behavior of vegetative reserves between organs, statistical differences were found in the concentration of PTS in pine roots in dormancy between sites ($F = 23.39$, g.l. = 2; $P < 0.001$) and statistical differences were found in the trunk in the development stage ($F= 17.08$; g.l.= 2; $P= 0.003$), and in pine leaf there was no statistical difference in PTS concentrations ($F=0.16$; g.l. = 2; $P= 0.85$), In the oak root, no statistical differences were found in total amino acids ($f= 2.70$; g.l.= 2; $P= 0.14$), in the dormant trunk a statistical difference was observed in total amino acids ($F= 5.26$, g.l.= 2; $P= 0.04$) in the oak leaf, statistical differences were found between sites in the concentration of PTS ($F= 7.76$; g.l.= 2; $P= 0.02$) therefore it is concluded that the pine is the species most affected by anthropic processes, since that the concentrations of nitrogenous compounds were low compared to oak.

Keywords: *Pinus cembroides*, *Quercus grisea*, Vegetative reserves, Grazing, Tourism.

I. INTRODUCCIÓN

El pino piñonero (*Pinus cembroides*) pertenece a la familia Pinaceae, crece en climas templados siendo la especie de mayor distribución y de gran importancia económica y social en México y por lo tanto, es un producto valioso en las comunidades rurales (Fuentes-Amaro *et al.*, 2019),

El género *Quercus* cuenta con la más amplia distribución en todo el mundo (Sosa-Ramírez *et al.*, 2011). El encino (*Quercus grisea*) pertenece a la familia *Fagaceae*, es una especie propia de zonas montañosas de México y por lo tanto las comunidades rurales que se encuentran con este tipo de vegetación en mayor parte la utilizan para la prestación de servicios ecoturísticos (Espino-Castillo *et al.*, 2018).

Los árboles de hoja perenne se basan en la acumulación regular de Compuestos que contienen nitrógeno, que se almacenan durante épocas propicias y se reservan Especialmente en los meses más fríos del año, para en el futuro ser utilizados en el desarrollo y el proceso reproductivo en cuanto sea necesario. (Kramer y Kozlowski, 1979; Magel *et al.*, 1997; Valenzuela-Núñez *et al.*, 2010; Briceño-Contreras *et al.*, 2019).

Los compuestos nitrogenados son esenciales en las células vivas, ya que desempeñan un papel fundamental con los procesos bioquímicos y estructurales. Entre los componentes se encuentran las proteínas, que son parte del protoplasma, y las enzimas, que impulsa los procesos químicos en los árboles. El nitrógeno se considera uno de los principales nutrientes en el desarrollo de los árboles. Una vez que es extraído de la tierra y aprovechado por los árboles, los concentrados naturales de nitrógeno se trasladan a los diferentes órganos, células e incluso a lugares alejados, para ayudar a los procesos metabólicos y crecientito de los árboles. (Harborne, 1984; Rentsch *et al.*, 2007).

Las proteínas de origen vegetal Cumplen múltiples roles enzimáticos, estructurales y funcionales, tales como la fotosíntesis, la biosíntesis, el transalado y la inmunidad, entre otros. Asimismo, funcionan como depósitos de nutrientes y benefician el crecimiento de los árboles en formación. Mencionadas actividades

se llevan a cabo gracias a su composición y estructura específica, que pueden variar desde una conformación compacta y ordenada hasta una conformación desplegada e intrínsecamente desordenada, a través del proceso de plegamiento (Rasheed *et al.*, 2020). Las proteínas son fundamentales para la defensa del organismo debido a su alta eficacia. Al mismo tiempo, cierta parte están cuidadosamente reguladas y su producción se activa como respuesta a la presencia de depredadores (como insectos) o patógenos (Blanco y Mancilla, 2002; Dang y Van Damme, 2015).

Los aminoácidos también intervienen en una variedad de reacciones, lo cual influye en numerosos procesos fisiológicos, como el crecimiento y desarrollo de las plantas, la regulación del pH intracelular, la generación de energía metabólica y la capacidad de resistencia frente al estrés abiótico y biótico (Fagard *et al.*, 2014; Galili *et al.*, 2014).

Los Aminoácidos juegan un papel fundamental en diferentes procesos fisiológicos, tales como el desarrollo de los árboles, mantener un buen PH, la producción de energía metabólica y la capacidad de firmeza ante circunstancias de estrés tanto abiótico como biótico.

La pérdida de los bosques del país es provocada por las acciones de los seres humanos, las cuales conllevan a la desaparición de la biodiversidad (Koyoc-Ramírez *et al.*, 2015). La actividad que más se lleva a cabo en el suelo es el pastoreo (Alkemade *et al.*, 2013; Dettenmaier *et al.*, 2017). El pastoreo de ganado tiene un impacto significativo en más del 60% de la tierra agrícola a nivel mundial, lo que afecta tanto la cantidad como la alteración de la calidad de los terrenos de pastoreo y los hábitats de la vida silvestre puede ocasionar variaciones en la biodiversidad. Este suceso puede perjudicar a algunas especies de plantas y animales, pero favorecer a otras (Allison y Bender, 2017).

Por otra parte, las consecuencias de impacto ambiental originado por la infraestructura turística en espacios de recursos naturales en la mayoría de las veces son irreparables ya que la transformación de hábitat por su ocupación afecta directamente al ecosistema en dicho lugar (perturbación de flora y fauna, cambio de uso de suelo, etc.) (Suarez-Rodríguez *et al.*, 2020).

El objetivo de este estudio es determinar si hay variaciones en la concentración de compuestos nitrogenados entre diferentes sitios, órganos y etapas fenológicas en dos especies características del bosque de pino piñonero: el pino y el encino.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Distribución de *P. cembroides*

Las poblaciones de *Pinus cembroides* con mayor abundancia se encuentran establecidas en los estados de Chihuahua, Durango, Coahuila, Nuevo León, Hidalgo y Zacatecas (Carlón *et al.*, 2018).. Esta especie se adapta a climas que van desde templados secos hasta templados subhúmedos, con precipitaciones anuales que oscilan entre 365 y 450 (800) mm, y con períodos de sequía de 7 u 8 meses. Es característica de suelos pobres, secos, pedregosos o calizos, de color grisáceo o negro, con alto contenido de yeso y delgados en lomeríos y aluviones en los valles con buen drenaje y un pH que varía de 4 a 8. Por lo general, prefiere suelos neutros a alcalinos (CONABIO, 1999; Hernández-Moreno *et al.*, 2011).

2.1.1 Taxonomía

Reino *Plantae*

División *Coniferophyta*

Clase *Pinopsida*

Orden *Pinales*

Familia *Pinaceae*

Genero *Pinus*

Especie *Pinus cembroides* Zucc.

USDA-NRCS (2024): PlantsDatabase

2.1.2 Descripción

Los árboles de *P. cembroides* son de tamaño mediano, con ramas bajas,

crecimiento lento y su madera se utiliza principalmente como combustible. Se desarrollan en suelos secos, laderas pedregosas o a las faldas de las montañas, pudiendo llegar a medir hasta 15 m de altura y pueden alcanzar un diámetro de 30 a 70 cm (Herrera-Soto *et al.*, 2018). Ha sido reconocido como uno de los pinos más resistentes a la sequía (Gutiérrez-García *et al.*, 2015), la semilla (piñón) se recolecta para la comercialización y autoconsumo (Fonseca, 2003; Hernández *et al.*, 2011).

2.2 Distribución de *Quercus grisea*

Las especies *Quercus* están ampliamente distribuidas en el hemisferio norte, principalmente en bosques templados y algunas en regiones tropicales y subtropicales. El género comprende cerca de 500 especies, en México se encuentra distribuido, particularmente en las regiones Central, Sur y Sierra Madre Oriental donde el género alcanza su mayor representación con alrededor de 160 especies (Delgadillo-Díaz de León *et al.*, 2013).

La presencia más amplia de *Quercus grisea* en México se registra en los estados de Chihuahua, Aguascalientes, Durango, Coahuila, Jalisco, Nuevo León, Guanajuato, San Luis Potosí, Veracruz, Sonora y Zacatecas (Martínez-Calderón *et al.*, 2017). Los árboles de *Quercus* son de gran importancia no solo por su inmenso impacto ecológico y económico, sino por su extensa distribución geográfica (Marañón *et al.*, 2014). Los árboles de la especie *Quercus* ofrecen beneficios directos (como la madera para combustible), contribuyen a la regulación ambiental (captura de carbono, mitigación del cambio climático, protección del suelo, mejora de la calidad del aire y del agua) y brindan servicios culturales (recreación, paisaje, aspectos históricos y de identidad cultural) que favorecen el bienestar de los seres vivos (Marañón, 2012).

2.2.1 Taxonomía

Reino *Plantae*

División *Magnoliophyta*

Clase *Magnoliopsida*

Orden *Fagales*

Familia *Fagaceae*

Genero *Quercus*

Especie *Quercus grisea* L.

USDA-NRCS (2024): PlantsDatabase.

2.2.2 Descripción

Los encinos comparten varias características biológicas, como tallos leñosos, hojas coriáceas y la presencia de bellotas. Su crecimiento puede ser tanto como árbol, con alturas de 3 a 40 m, o como arbusto, con alturas de 10 a 60 cm. Debido a su lento desarrollo, son especies de larga vida. La mayor diversidad de encinos se encuentra en un rango altitudinal de 1,200 a 2,800 metros sobre el nivel del mar, aunque también pueden encontrarse a altitudes que van desde los 200 hasta los 3,500 m (Arizaga *et al.*, 2009).

2.3 Reservas vegetativas

Los arboles acumulan recursos como las reservas vegetativas, que incluyen compuestos nitrogenados como proteínas y aminoácidos. Estos recursos pueden ser utilizados más adelante para la síntesis biológica requerida para el desarrollo y otras actividades durante las diferentes etapas fenológicas (Chapin *et al.*, 1990; Valenzuela-Nuñez *et al.*, 2010; Gamboa-Porras y Marín-Méndez, 2012; Hartmann y Trumbore, 2016).

Durante los momentos de abundancia, se acumulan los elementos de reservas o reservas vegetativas con el fin de que se encuentren disponibles en períodos no favorables (Chapin *et al.*, 1990; Staswick, 1994), los depósitos fundamentales de nutrientes en las plantas son los hidratos de carbonó, grasas y compuestos que contienen nitrógeno (Pallardy, 2008). Se localizan en almacenamiento en raíz, en los tallos y partes altas de los arboles (Tromp, 1983; Valenzuela *et al.*, 2010).

Los las reservas almacenadas no solamente proveen una cantidad importante de nutrientes para satisfacer las necesidades que puedan surgir, sino que también pueden preservar los elementos al rescatar los nutrimentos gastados por la degradación de los tejidos. La distribución de elementos nutricionales de los

órganos desarrollados hacia la elongación de tejido activo es una táctica efectiva de gran importancia al utilizar eficientemente recursos que podrían ser limitados (Staswick, 1994; Espino-Castillo *et al.*, 2018).

Las reservas vegetativas no se almacenan de manera anual si no que tiene una variación, esto se debe a los cambios estacionales son muy diversos. De manera similar, la concentración de nutrientes es una de las actividades fisiológicas primordiales de las plantas que les permite diferenciar en el tiempo la adquisición de nutrientes y su utilización; constituye un mecanismo de adaptación que blinda a los árboles frente a un medio ambiente de condiciones cambiantes, logrando la consolidación de una estrategia que permite a las plantas el manejo eficiente de los recursos disponibles a lo largo de su desarrollo (Hoch *et al.*, 2003).

El almacenamiento de las reservas vegetativas, es un suceso propio en plantas perennes y caducifolias (Chapin *et al.*, 1990; Fischer y Höll, 1991). Así mismo el almacenamiento de reservas es un proceso elemental que facilita a los organismos satisfacer el requerimiento de recursos durante su desarrollo y mitigar las variaciones ambientales en el suministro de estos recursos. No obstante, los árboles que crecen bajo limitantes ambientales tales como la escasez de nutrientes, el frío o la falta del recurso hídrico, pueden tener restricciones directas en la formación de tejidos y biomasa (Palacio *et al.*, 2013). La supervivencia de los árboles depende en gran medida de la síntesis de reservas a través de la fotosíntesis, la cual es un proceso esencial. Esta síntesis se ve influenciada tanto por la disponibilidad de elementos básicos como el carbono, oxígeno e hidrógeno, así como por los factores ambientales (Valenzuela-Núñez *et al.*, 2014).

2.3.1 Compuestos nitrogenados

El nitrógeno (N) es un elemento de gran relevancia en el desarrollo de todos los organismos puesto que es parte de la estructura de los aminoácidos, ácidos nucleicos, proteínas y componentes celulares. No obstante, en el suelo se encuentra como uno de los elementos más limitados. La atmósfera cuenta con un 78 % de N, sin embargo, no se encuentra disponible para la mayoría de los seres vivos y puede ser utilizado solo por un grupo de microorganismos

altamente especializados: las bacterias fijadoras de N, las cuales se asocian con distintas especies vegetales, para así poder llevar a cabo este relevante proceso natural (Martín-Alonso *et al.*, 2021). Los compuestos que contienen nitrógeno incluyen las PTS y aminoácidos totales, los cuales son componentes esenciales de las reservas de las plantas (Tromp, 1983; Valenzuela-Nuñez *et al.*, 2011), el almacenamiento de compuestos generalmente sucede cuando las plantas se encuentran en letargo y en las etapas de prosperidad (Valenzuela-Nuñez *et al.*, 2010), Los nutrientes son almacenados en órganos subterráneos, tronco y en desarrollo en hojas de la planta (Barbaroux *et al.*, 2003; Hennion *et al.*, 2018).

2.3.1.1 Proteínas

Las proteínas de reserva vegetativas fungen un papel crucial como almacenes de nitrógeno en una amplia gama de plantas. Estas proteínas fueron inicialmente descubiertas en semillas debido a su función vital en el suministro de nitrógeno a las plántulas durante el inicio de su crecimiento (Staswick 1994). Son almacenados en cantidades masivas en hojas, tallos, tubérculos y raíces (Avice *et al.*, 2003; Xue *et al.*, 2016). En numerosas especies de árboles, las reservas se acumulan principalmente en el parénquima del xilema y floema, donde se almacenan en cantidades elevadas en otoño e invierno en órganos perennes, para luego desaparecer cuando el crecimiento se reanuda en la primavera (Valenzuela *et al.*, 2010, Valenzuela *et al.* 2011, El Zein *et al.*, 2011)

La creación de proteínas se lleva a cabo a través de la formación de aminoácidos (Hildebrandt *et al.*, 2015), durante el inicio de la etapa de reproducción, las proteínas desempeñan un papel fundamental en la formación de tejidos nuevos (Valenzuela-Nuñez *et al.*, 2011), esta función le fue asignada debido a que las proteínas acumulan el nitrógeno como una reserva (Fujiwara *et al.*, 2002; El-Zein *et al.*, 2011).

Las proteínas tienen múltiples roles enzimáticos, estructurales y funcionales, tales como su participación en procesos como la fotosíntesis, la biosíntesis, el transporte y la función inmunológica, funcionan como reservorio para cubrir las demandas nutricionales y de crecimiento de las plantas en su fase de crecimiento, gracias a su estructura única que puede ser compacta u ordenada,

así como desplegada e internamente desordenada (Rasheed *et al.*, 2020).

2.3.1.2 Aminoácidos

Los aminoácidos son elementos fundamentales parte de las proteínas presentes en el citoplasma, con propiedades alcalinas y ácidas debido a la presencia de un grupo amino (NH₂) y un grupo carboxilo (COOH) en cada uno (Pallardy, 2008).

Dentro de la planta, las reservas de aminoácidos juegan un papel crucial al influir en los procesos de transporte y movilización. (Yokoyama *et al.*, 2016), Asimismo, contribuyen a manejar el estrés en situaciones adversas que podrían desencadenar la inhibición de la síntesis de proteínas, evitando así un gasto energético superfluo (Hildebrandt *et al.*, 2015; Valenzuela-Núñez *et al.*, 2019).

2.4 Actividades antrópicas

2.4.1 Impacto por pastoreo

Entre los países que cuentan con una excepcional variedad de vida vegetal, destaca México, pero lamentablemente las malas prácticas humanas ocasionan el deterioro de de la vegetación tropical del país, tiene como resultado la disminución de su rica biodiversidad (Koyoc-Ramírez *et al.*, 2015). El principal uso que se le da a la tierra es precisamente para el pastoreo de ganado (Dettenmaier *et al.*, 2017). Alrededor del 60% de las áreas agrícolas a nivel mundial consisten en pastizales, los cuales son fundamentales para alimentar a aproximadamente 1.500 millones de cabezas de ganado bovino y búfalos (Alexandratos y Bruinsma, 2012; Dettenmaier *et al.*, 2017). Sin embargo, en algunas zonas, el pastoreo provoca degradación de la vegetación y del suelo, lo que reduce aún más la producción ganadera y provoca impactos negativos (Pulido *et al.*, 2016; Gao y Carmel, 2020).

El ganado que pasta libremente tiene interacciones con los ecosistemas pastoriles al alimentarse principalmente de vegetación, al pisotear el suelo y al esparcir estiércol (Mor-Mussery *et al.*, 2019; Mor-Mussery *et al.*, 2020).

El terreno bajo las pezuñas de la vaca se ve directamente afectado por la "presión" creada por el peso del animal y que actúa verticalmente. Por otro lado, el suelo alrededor del casco está sujeto a una presión adicional, principalmente

relacionada con estructura de la pezuña (Heggenes *et al.*, 2017; Mor-Mussery *et al.*, 2020), por el contrario los pequeños rumiantes como las cabras y las ovejas son livianos y el tamaño de sus pezuñas oscila entre 20 y 22 cm², la fuerza vertical por unidad de área de pezuña es baja e igual a 3 kg/ cm² en comparación con 7 kg/cm² para los grandes rumiantes (Yang *et al.*, 2019; Mor-Mussery *et al.*, 2020). Por lo tanto, la baja fuerza ejercida por las pezuñas de los pequeños rumiantes, su tendencia a distribuirse de manera uniforme sobre el suelo de pastoreo, da como resultado una menor compactación sobre el área (Mor-Mussery *et al.*, 2020; Hatfield *et al.*, 2007).

El sobrepastoreo se vuelve un problema cuando hay desequilibrio en los recursos naturales, sin embargo, con una gestión adecuada tiene un gran potencial silvícola, agroforestal de conservación y la vegetación se puede ver beneficiada (Öllerer *et al.*, 2019). Se ha demostrado que un manejo adecuado, como la distribución de la carga animal, las especies forestales pueden contrarrestar los efectos de las actividades antropogénicas (Piper *et al.*, 2022).

2.4.2 Impacto turístico

El turismo convencional no tiene como objetivo principal fomentar la preservación del entorno, desfavorece el crecimiento de los asentamientos humanos locales y puede ocasionar daños significativos al frágil ecosistema. Por consiguiente, es capaz de deteriorar o modificar de manera irreversible los recursos naturales de los cuales depende (Weaver, 2001; Echeverri-Rubio, 2022).

Marins *et al.* (2015) existe gran variedad de efectos desfavorables en el medio ambiente causados por la actividad turística, el mal uso del suelo, la alteración del equilibrio ecológico, los perjuicios a la naturaleza y la inadecuada gestión de los residuos.

Las áreas naturales se ven afectadas de manera negativa y diversa debido al turismo. Los daños se pueden clasificar en tres grupos: aquellos causados por la infraestructura y los equipamientos, los que generan un deterioro en el entorno natural y los que resultan en la pérdida de vegetación (Agüera, 2014).

El ecoturismo también puede causar infinidad de alteraciones ambientales, los

cuales son la contaminación del aire, la contaminación visual, la contaminación acústica, etc. La extinción y migración de muchas especies en la zona, que cambia la flora y la fauna, puede deberse a la incompatibilidad de la construcción de infraestructura con el medio natural y el panorama, como alteración por el ruido ocasionado. Los turistas que visitan áreas naturales pueden cambiar el comportamiento de plantas y animales y provocar la degradación del suelo (Puertas, 2007; Agüera, 2014).

El turismo inevitablemente cambia los ecosistemas al convertir tierras de usos forestales y agrícolas a tierras de construcción, lo que resulta en la pérdida de servicios ecosistémicos, en el este de México, las actividades turísticas han aumentado a lo largo de la costa, lo que ha provocado una grave erosión del suelo y pérdida de ecosistemas naturales (Mendoza-González *et al.*, 2012; Li *et al.*, 2020).

Debido al crecimiento de la población, la presión económica y la expansión urbana, los ecosistemas naturales están siendo continuamente alterados, destruidos o transformados, especialmente durante los recientes años (Vitousek *et al.*, 1997; Mendoza-González *et al.*, 2012). A nivel mundial, la transición de las tierras naturales a suelos de cultivo, los suelos de pastoreo (pastizales) y la mancha urbana han aumentado con el tiempo, lo que ha dado lugar a una reducción o modificación de la biodiversidad, la alteración de los procesos funcionales y la disminución de la provisión de bienes y servicios ecosistémicos a la sociedad (Balvanera *et al.*, 2006; Mendoza-González *et al.*, 2012).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del área de estudio

La investigación tuvo lugar en Cuencamé, Durango, en tres sitios: La Garruña (Sin impacto), La Virgen (turismo), La Presa (pastoreo). El muestreo fue llevado a cabo en dos estaciones: verano (septiembre 2022) e invierno (enero 2023). Se recolectaron muestras de tres árboles maduros de pino (*Pinus cembroides*) y encino (*Quercus grisea*) Con una edad promedio de 50 años, en un área de 5 hectáreas por cada sitio. La elección de los árboles se realizó de manera

totalmente aleatoria. Se tomaron dos muestras de raíz, dos de tronco y dos de hoja en cada árbol.

3.2 Obtención de muestras

Las muestras fueron obtenidas de la raíz, con ayuda de un pico común, excavando una pequeña zanja para ubicar la raíz principal y así poder obtener la muestra. Se obtuvieron muestras de tronco aproximadamente a un metro y medio de la base del suelo, se utilizó un hacha convencional removiendo la corteza y obteniendo muestras de madera (aproximadamente 30 gramos). Se obtuvieron muestras de hoja (aproximadamente 10), las cuales se tomaron al azar de diferentes ramas de los árboles.

Las muestras fueron meticulosamente limpiadas para eliminar cualquier residuo no deseado, luego fueron colocadas en bolsas de papel kraft previamente etiquetadas con la ubicación, el árbol y el número de muestra correspondiente. Posteriormente, se congelaron en nitrógeno líquido con el fin de detener los procesos bioquímicos en los tejidos, previo a su traslado al Laboratorio de Ecología Forestal de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez del Estado de Durango.

3.3 Preparación de las muestras

Las muestras fueron colocadas en un ultracongelador (REVCO VALUE PLUS THERMO SCIENTIFIC®) a -70 °C durante siete días, y luego fueron sometidas a un procedimiento de liofilización (LABCONCO FREEZONE TRIAD FREEZE DRY SYSTEMS®) a -40 °C en un tiempo de 7 días, con el propósito de deshidratar las muestras y evitar la actividad enzimática. Se trituraron las muestras en un molino (PULVERISETTE 15 FRITSCH®) hasta obtener una textura fina y se colocaron 10 mg de muestra seca en microtubos. (MCT-200-C de 2.0 mL CLEAR AXYGEN SCIENTIFIC®) una balanza de precisión (ADAM® PW 250 MAX 250 g d=0.0001 g).

3.4 Gráfico de calibración para la medición de PTS

Se puso en práctica el método cuantitativo de proteínas mediante la realización de una curva de calibración. Para ello, Se empleó una solución de BOVINE SERUM ALBUIN, se logró obtener concentraciones conocidas y lecturas de absorbancia mediante un espectrofotómetro UV-Visible. Al representar gráficamente esta curva e incluir la línea de tendencia, se obtuvo un modelo matemático representado por la ecuación $y = 0.5351x + 0.0052$, con un coeficiente de determinación $R^2 = 0.9912$.

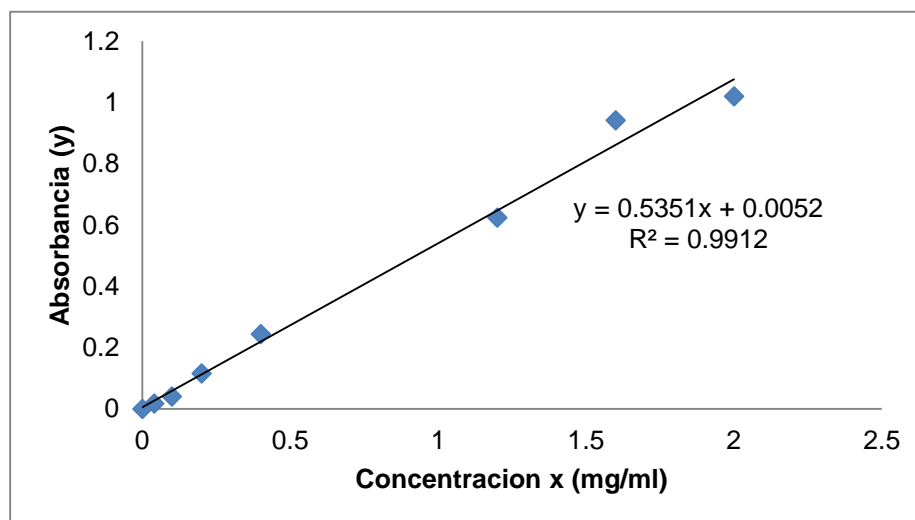


Figura 1. Curva de calibración para la cuantificación de proteínas totales solubles en muestras de *Pinus cembroides* y *Quercus grisea*.

3.4.1 Análisis de la concentración de PTS

Con el fin de medir la cantidad de proteínas en las muestras de *Pinus cembroides* y *Quercus grisea*, Se tomaron 10 mg de muestra seca y se colocaron en una balanza analítica y se transfirieron a microtubos de 2 ml. Luego, se preparó Una solución para la extracción de proteínas 0.1 M (KH_2PO_4 , Na_2HPO_4 y PVP 3 %). Después de esto, se añadió un balín a las muestras en los microtubos y Se añadió 1 ml de la solución de extracción, se agitó en un Vortex® durante 10 minutos para romper las paredes celulares. Se realizó una centrifugación a

10,000 rpm a 4°C en una centrífuga con sistema de enfriamiento (Axyspin Refrigerated Microcentrifuge ®) durante 15 minutos. Luego, se extrajeron 500 µl por cada microtubo y se colocaron en las celdillas para el espectrofotómetro. Se añadieron 500 µl de solución Quickstart ®, Bradford®, se movió y se puso en reposo durante 5 minutos. Finalmente, se llevó a cabo la lectura de la absorbancia a una longitud de onda de 595 nm.

3.5 Curva de calibración para la determinación de aminoácidos totales.

Se realizó una cuantificación de los aminoácidos totales en muestras de *Pinus cembroides* y *Quercus grisea* mediante una gráfica de calibración. Se utilizó la leucina como estándar y se realizaron concentraciones para luego proceder con la lectura en un espectrofotómetro UV-Visible (Genesys 20® Thermo Scientific®).

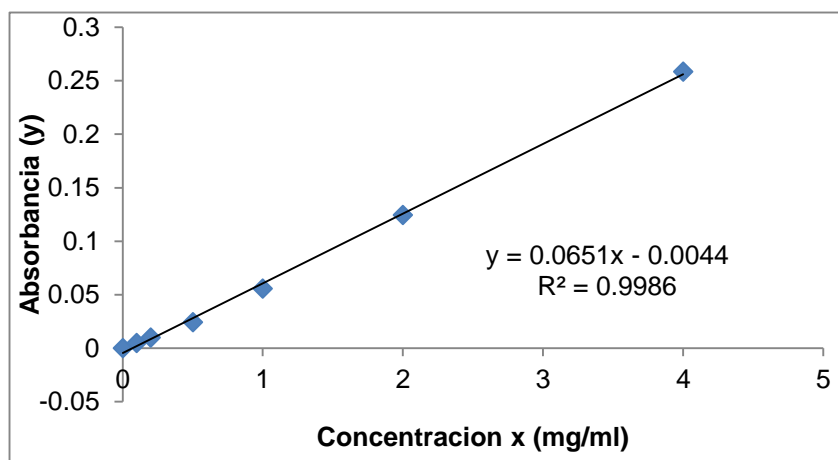


Figura 2. Curva

de calibración para la cuantificación de aminoácidos totales en muestras de *Pinus cembroides* y *Quercus grisea*.

3.5.1 Determinación de la concentración de aminoácidos totales

Para cuantificar la concentración de aminoácidos se empleó el método de Yemm y Cocking, (1955). e pesaron 10 mg de muestra seca y se transfirieron a un microtubo de 2 mL empleando una balanza de precisión (Pioner Ohaus®). Luego, se añadieron 500µL de una solución de extracción compuesta por etanol y agua en una proporción de 70/30. Se procedió a centrifugar las muestras a 10,000 rpm por un lapso de 15 minutos a una temperatura de 4°C utilizando un espectrofotómetro (Spectrafuge 16M® Labnet International). Después de la

centrifugación, la solución de aminoácidos fue transferida a un nuevo microtubo descontaminado de 2 mL. Este proceso de extracción se llevó a cabo en dos ocasiones adicionales para asegurar una extracción completa de los aminoácidos. Las tres extracciones de aminoácidos se unieron en un solo microtubo, fueron extraídos 800 μ L de la solución y se mezclaron con 200 μ L de solución de ninhidrina al 2% en etanol. Los tubos se calentaron a ebullición por un periodo de 5 minutos a 100° C, luego se enfriaron a temperatura ambiente y se transfirieron a pequeñas celdillas para su análisis en el espectrofotómetro UV-Visible a 570 nm con el fin de medir la absorbancia.

3.6 Análisis estadístico

Se realizó una prueba de normalidad de Shapiro Wilk. Se utilizó un análisis estadístico de ANOVA factorial en este estudio y se llevó a cabo una prueba de comparación de medias (Tukey con un nivel de significancia $P \leq 0.05$) mediante el software estadístico IBM-SSPS 20.0 (2018).

IV. RESULTADOS

4.1 Concentración de PTS en raíz, durante desarrollo y letargo en pino y encino

A nivel raíz en etapa de desarrollo de *Pinus cembroides* se encontro diferencia significativa en la concentración de PTS (figura 3), entre los sitios estudiados ($F=5.07$; g.l.= 2; $P= 0.05$). El sitio con presencia de ganado presentó mayor concentración de PTS ($\bar{x}= 24.69$ mg/g MS) mientras que la menor concentración

se encontró en el sitio con presencia de turismo ($\bar{x} = 13.23$ mg/g MS), el sitio con sin impacto presentó ($\bar{x} = 21.06$ mg/g MS).

Así mismo en raíz de *Pinus cembroides* en letargo se observó diferencia significativa en la concentración de PTS entre sitios de estudio (figura 3), ($F= 23.39$; g.l.= 2; $P < 0.001$) el sitio con presencia de ganado de igual manera presentó la mayor concentración de PTS ($\bar{x}= 25.42$ mg/g MS), la menor concentración se observó en el sitio sin impacto ($\bar{x}= 16.22$ mg/g MS), el sitio con presencia de turismo presentó ($\bar{x}= 32.65$ mg/g MS).

En cuanto a la raíz de *Quercus grisea* en etapa de desarrollo no presentó diferencia significativa en la concentración de PTS entre sitios (figura 3), ($f= 3.02$; g.l.= 2; $P= 0.12$). El sitio sin impacto presentó la mayor concentración de PTS ($\bar{x}= 38.24$ mg/g MS), la concentración más baja se encontró en el sitio con presencia de ganado ($\bar{x}= 29.49$ mg/g MS), en el sitio con presencia turística presentó una acumulación ($\bar{x}= 33.28$ mg/g MS).

De igual manera la raíz de *Quercus grisea* en etapa de letargo no presentó diferencia significativa en la concentración de PTS entre sitios (figura 3), ($f= 3.33$; g.l.= 2; $P= 0.10$). en el sitio sin impacto se encontró la concentración mayor de PTS ($\bar{x}= 42.08$ mg/g MS), la concentración de PTS más baja se observó en el sitio con turismo ($\bar{x}= 34.81$ mg/g MS), en el sitio con presencia de ganado presentó una acumulación de PTS ($\bar{x}= 37.29$ mg/g MS).

4.2 Concentración de aminoácidos totales en raíz, durante los ciclos de desarrollo y letargo en pino y encino

Los resultados obtenidos en etapa de desarrollo no mostró una disparidad importante en los niveles de aminoácidos en la raíz de *Pinus cembroides*, entre los sitios estudiados (figura 3), ($F=3.10$; g.l.= 2; $P= 0.11$). El sitio con presencia de turismo presentó mayor concentración de AT ($\bar{x}= 17.28$ mg/g MS) por su parte el sitio sin impacto fue el que presentó concentraciones menores con una media de ($\bar{x}= 13.17$ mg/g MS), el sitio con presencia de ganado presentó una media de

(\bar{x} = 13.86 mg/g MS).

La misma situación se presentó en raíz de *Pinus cembroides*, en letargo no se encontró disparidad de importancia significativa en la concentración de aminoácidos totales entre sitios (figura 3), ($F= 0.37$; g.l.= 2; $P= 0.70$) el sitio con ganado presentó la mayor concentración de aminoácidos totales (\bar{x} = 13.12 mg/g MS), por otra parte, la menor concentración se observó en el sitio con sin impacto (\bar{x} = 12.00 mg/g MS), el sitio con presencia de turismo presentó (\bar{x} = 13.08 mg/g MS).

De manera diferente, la cantidad de aminoácidos en la raíz de *Quercus grisea* en etapa de desarrollo no presentó diferencia significativa entre sitios (figura 3), ($f= 0.21$; g.l.= 2; $P= 0.81$). La mayor concentración de aminoácidos la presentó el sitio con presencia de turismo (\bar{x} = 11.62 mg/g MS), la concentración más baja se observó en el sitio con sin impacto con una media de (\bar{x} = 11.10 mg/g MS), el sitio con presencia de ganado presentó una media de (\bar{x} = 11.49 mg/g MS).

En la cantidad total de aminoácidos en el órgano radicular de *Quercus grisea* en etapa de letargo no se presentó diferencia significativa entre sitios (figura 3), ($f= 2.70$; g.l.= 2; $P= 0.14$). El sitio con presencia de turismo presentó la mayor concentración de AT (\bar{x} = 12.67 mg/g MS), la concentración más baja de aminoácidos se observó en el sitio sin impacto (\bar{x} = 11.41 mg/g MS), el sitio con presencia de ganado presentó una media de (\bar{x} = 12.07 mg/g MS).

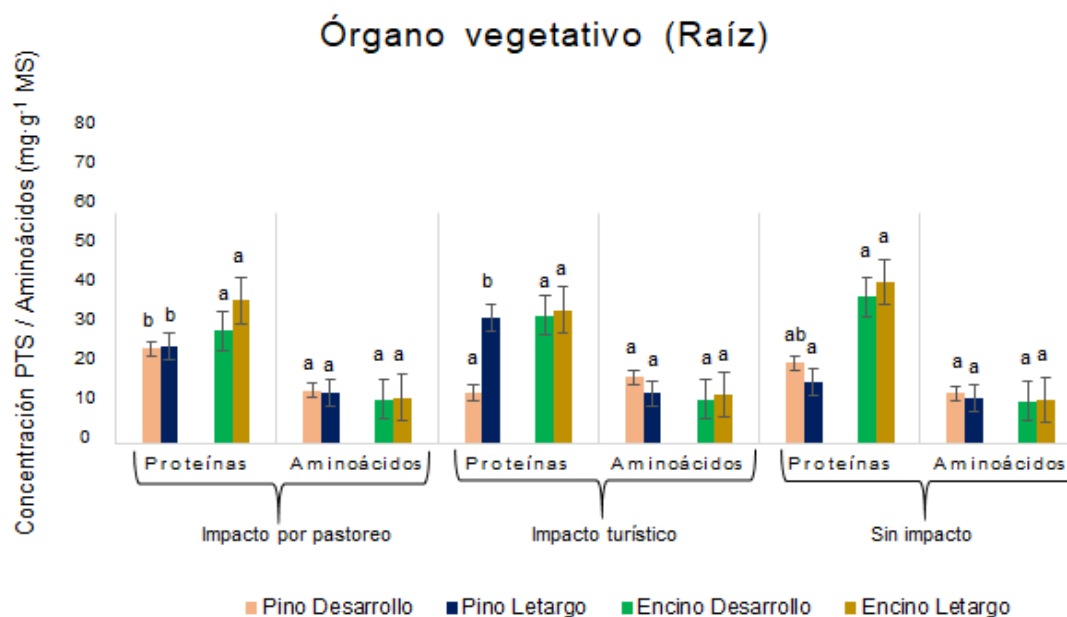


Figura 3. Concentración de PTS y aminoácidos en mg/g MS, en raíz de pino y encino en etapas de desarrollo y letargo.

4.3 Concentración de PTS en el tronco, durante desarrollo y letargo en pino y encino

En cuanto a la cantidad de PTS presente en el tronco de *Pinus cembroides* en etapa de desarrollo se puede observar diferencia significativa entre sitios (figura 4), ($F= 17.08$; g.l.= 2; $P= 0.003$). Siendo el sitio con presencia de ganado donde se presentó la mayor concentración de PTS ($\bar{x}= 33.35$ mg/g MS), por otra parte la concentración más baja de PTS se observó en el sitio con turismo con una media de ($\bar{x}= 14.48$ mg/g MS) el sitio sin impacto presentó una concentración de PTS con una media de ($\bar{x}= 29.61$ mg/g MS).

En el caso del tronco de *Pinus cembroides* en la etapa de letargo, no se detectó una disparidad importante en la concentración de PTS (figura 4), ($F= 1.21$; g.l.= 2; $P= 0.36$) el sitio con presencia de turismo presentó la mayor concentración de PTS ($\bar{x}= 44.87$ mg/g MS), por otra parte, la concentración más pequeña se localizó en el lugar con presencia de ganado ($\bar{x}= 33.78$ mg/g MS), el sitio sin impacto presentó una concentración de PTS con una media de ($\bar{x}= 33.84$ mg/g MS).

Respecto a *Quercus grisea* en etapa de desarrollo se observó diferencia estadística en la concentración de PTS en el tronco (figura 4), ($f= 11.97$; g.l.= 2; $P= 0.008$). En el sitio sin impacto se encontró la más alta concentración de PTS ($\bar{x}= 45.41$ mg/g MS), la concentración más baja se observó en el sitio con presencia de turismo con una media de ($\bar{x}= 28.77$ mg/g MS), en el sitio con presencia de ganado presentó una acumulación ($\bar{x}= 33.67$ mg/g MS).

En lo que respecta al órgano tronco de *Quercus grisea* en etapa de letargo no presentó diferencia significativa en la concentración de PTS (figura 4), ($f= 7.05$; g.l.= 2; $P= 0.10$). El sitio sin impacto presentó la mayor concentración de PTS ($\bar{x}= 52.68$ mg/g MS), mientras que la concentración de PTS más baja se observó en el sitio con turismo ($\bar{x}= 39.38$ mg/g MS), en el sitio con presencia de ganado se encontró una acumulación de PTS ($\bar{x}= 50.86$ mg/g MS).

4.4 Concentración de aminoácidos totales en el tronco, durante desarrollo y letargo en pino y encino

Los resultados obtenidos en *Pinus cembroides* en desarrollo no mostraron disparidad de importancia estadística en las concentraciones de aminoácidos totales en tronco, entre los sitios estudiados (figura 4), ($F=2.29$; g.l.= 2; $P= 0.18$). El sitio sin impacto se encontró una mayor concentración de aminoácidos con una media de ($\bar{x}= 18.59$ mg/g MS) a diferencia del sitio con presencia de ganado que fue el que presentó concentraciones menores ($\bar{x}= 13.22$ mg/g MS), en cuanto al sitio con presencia de turismo presentó una media de ($\bar{x}= 16.37$ mg/g MS).

En la acumulación de aminoácidos totales en el tronco de *Pinus cembroides* en etapa de letargo se presentó diferencia significativa entre sitios (figura 4), ($F= 12.130$; g.l.= 2; $P= 0.008$). El sitio con presencia de ganado presentó la mayor concentración de aminoácidos ($\bar{x}= 19.30$ mg/g MS), la concentración más baja de aminoácidos se observó en el sitio sin impacto con una media de ($\bar{x}= 11.99$ mg/g MS), el sitio con presencia de turismo presentó una concentración de aminoácidos ($\bar{x}= 17.74$ mg/g MS).

Con respecto a la acumulación de aminoácidos en el tronco de *Quercus grisea* en etapa de desarrollo no presentó diferencia significativa entre sitios (figura 4), ($F= 0.82$; g.l.= 2; $P= 0.48$). La mayor concentración de aminoácidos la presentó el sitio con presencia de turismo ($\bar{x}= 13.85$ mg/g MS), la concentración más baja se encontró en el sitio con presencia de ganado con una media de ($\bar{x}= 12.18$ mg/g MS), el sitio sin impacto presentó una media de ($\bar{x}= 12.85$ mg/g MS).

En la cantidad de aminoácidos presentes en el tronco de *Quercus grisea* en letargo se presentó diferencia significativa entre sitios (figura 4), ($F= 5.26$; g.l.= 2; $P= 0.04$). El sitio sin impacto obtuvo la acumulación más alta ($\bar{x}= 16.93$ mg/g MS), la concentración más baja de aminoácidos se observó en el sitio con presencia de turismo ($\bar{x}= 12.41$ mg/g MS), el sitio con presencia de ganado presentó una media de ($\bar{x}= 14.69$ mg/g MS).

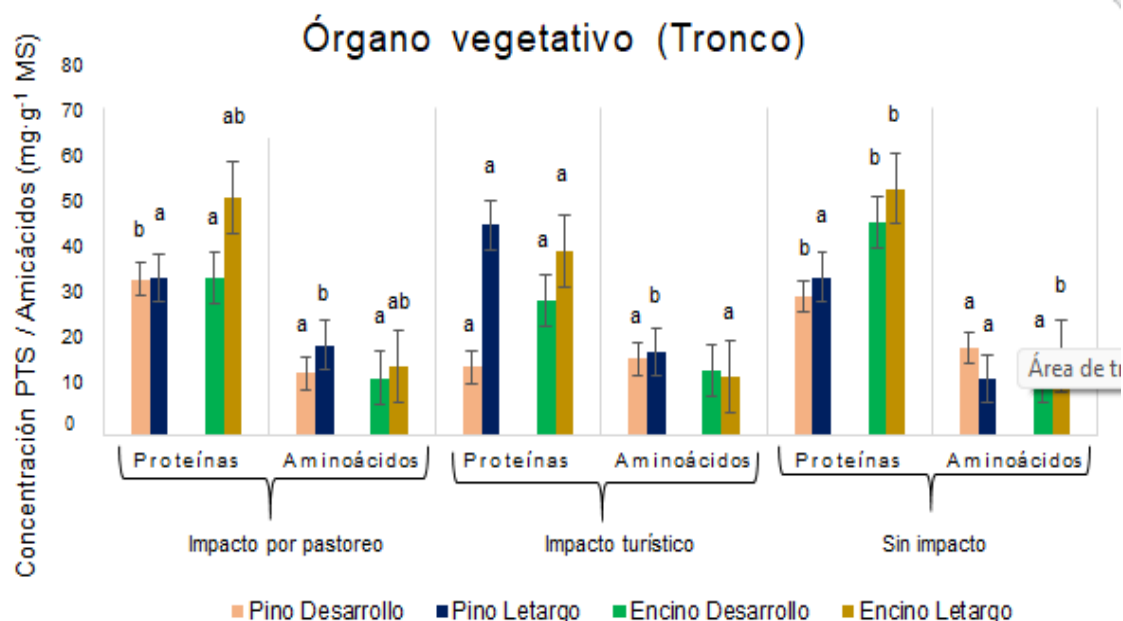


Figura 4. Concentración de PTS y aminoácidos en mg/g MS, en el tronco de pino y encino en etapa de desarrollo y letargo.

4.5 Concentración de PTS en el órgano hoja, durante desarrollo y letargo en pino y encino

Con respecto al órgano hoja en etapa de desarrollo de *Pinus cembroides* no se encontró diferencia significativa en la concentración de PTS entre los sitios estudiados (figura 5), ($F=0.16$; g.l. = 2; $P= 0.85$). El sitio con presencia de turismo presentó mayor concentración de PTS ($\bar{x}= 34.72$ mg/g MS) mientras que la menor concentración se observó en el sitio sin impacto ($\bar{x}= 33.42$ mg/g MS), el sitio con

presencia de ganado presentó ($\bar{x} = 34.36$ mg/g MS).

Así mismo en el órgano hoja en etapa de letargo de *Pinus cembroides* no presentó diferencia significativa en la concentración de PTS entre sitios de estudio (figura 5), ($F= 4.17$; g.l.= 2; $P= 0.07$), el sitio con presencia de turismo presentó la mayor concentración de PTS ($\bar{x}= 41.44$ mg/g MS), la menor concentración se encontró en el sitio con presencia de ganado ($\bar{x}= 34.19$ mg/g MS), el sitio sin impacto presentó una media de ($\bar{x}= 41.38$ mg/g MS).

Con relación a *Quercus grisea* en etapa de desarrollo se observó diferencia estadística en la concentración de PTS en hoja (figura 5), ($F= 7.76$; g.l.= 2; $P= 0.02$). El sitio con presencia de ganado presentó la mayor concentración de PTS ($\bar{x}= 61.23$ mg/g MS), la concentración más baja se observó en el sitio sin impacto con una media de ($\bar{x}= 46.85$ mg/g MS), en el sitio con presencia de turismo presentó una acumulación de PTS ($\bar{x}= 51.24$ mg/g MS).

En cuanto a la cantidad de PTS en hoja de *Quercus grisea* en etapa de letargo no se presentó diferencia significativa entre sitios (figura 5), ($F= 3.71$; g.l.= 2; $P= 0.08$). El sitio sin impacto presentó la mayor concentración de PTS ($\bar{x}= 122.95$ mg/g MS), la concentración más baja de PTS se observó en el sitio con presencia de ganado ($\bar{x}= 107.60$ mg/g MS), el sitio con presencia de turismo presentó una media de ($\bar{x}= 115.73$ mg/g MS).

4.6 Concentración de aminoácidos totales en el órgano hoja, durante desarrollo y letargo en pino y encino

Con respecto a la cantidad PTS en la hoja de *Pinus cembroides* en etapa de desarrollo se observa diferencia significativa entre sitios (figura 5), ($f=42.59$; g.l.= 2; $P< 0.001$). El sin impacto presentó la mayor concentración de AT ($\bar{x}= 30.50$ mg/g MS), por otra parte, la concentración más baja de aminoácidos se observó en el sitio con turismo con una media de ($\bar{x}= 14.03$ mg/g MS) el sitio con presencia de ganado presentó una concentración de aminoácidos con una media de ($\bar{x}=$

16.67 mg/g MS).

Mientras que en la hoja de *Pinus cembroides* en etapa de letargo no se presentó una variación importante en la cantidad de aminoácidos entre sitios (figura 5), ($F=0.38$; g.l.= 2; $P=0.69$). El sitio con presencia de ganado presentó la mayor concentración de PTS ($\bar{x}=23.52$ mg/g MS), la concentración de aminoácidos más baja se observó en el sitio con presencia de turismo ($\bar{x}=20.81$ mg/g MS), en el sitio sin impacto se presentó una acumulación de aminoácidos ($\bar{x}=21.03$ mg/g MS).

Respecto a la concentración de aminoácidos totales en hoja de *Quercus grisea* en etapa de desarrollo no se presentó diferencia significativa entre sitios (figura 5), ($F=0.88$; g.l.= 2; $P=0.45$). El sitio sin impacto presentó la mayor concentración de AT ($\bar{x}=21.24$ mg/g MS), la concentración más baja de aminoácidos se observó en el sitio con presencia de ganado ($\bar{x}=18.92$ mg/g MS), el sitio con presencia de turismo presentó una media de ($\bar{x}=20.19$ mg/g MS).

Por el contrario, en el órgano hoja de *Quercus grisea* en etapa de letargo se presentó diferencia significativa en la concentración de aminoácidos (figura 5), ($f=10.79$; g.l.= 2; $P=0.01$). El sitio sin impacto presentó la mayor concentración de aminoácidos ($\bar{x}=29.56$ mg/g MS), mientras que la concentración de aminoácidos más baja se observó en el sitio con presencia de ganado ($\bar{x}=15.73$ mg/g MS), en el sitio con presencia de turismo se encontró una acumulación de aminoácidos ($\bar{x}=17.91$ mg/g MS)

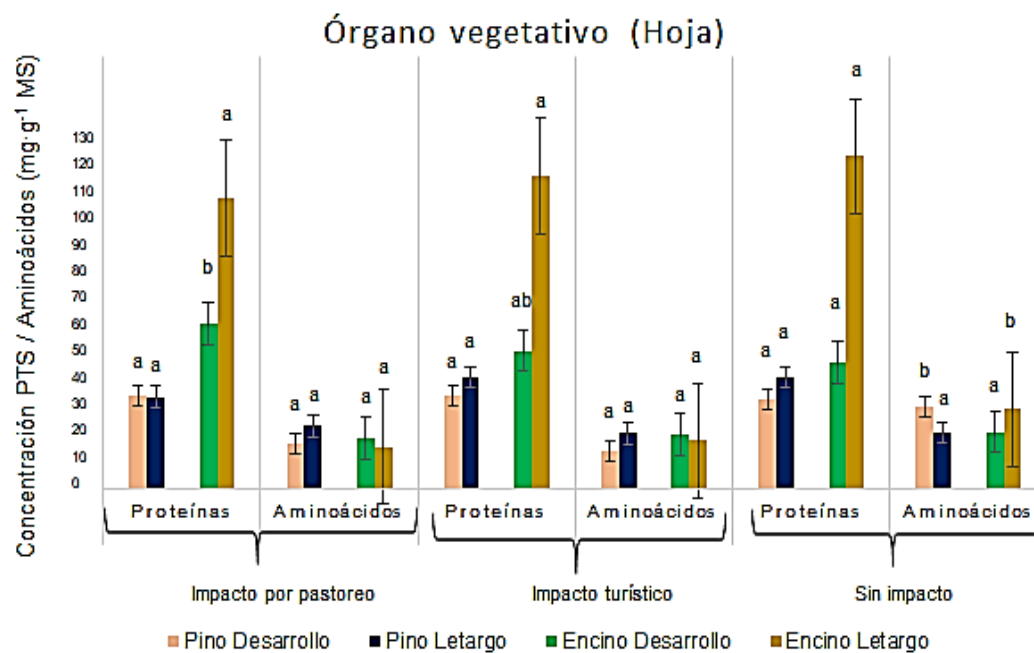


Figura 5. Concentración de PTS y aminoácidos por mg/g MS, en hoja de pino y encino en etapa de desarrollo y letargo.

4.7 Concentración de PTS y aminoácidos totales en raíz, tronco y hoja en desarrollo y letargo en *Pinus cembroides* en el sitio sin impacto

En el sitio sin impacto no se observaron diferencias entre etapas fenológicas en la cantidad de PTS en la raíz de *Pinus cembroides* (Figura 6 y cuadro 1).

De manera similar en el tronco de *Pinus cembroides* en el sitio sin impacto no se observaron diferencias entre etapas fenológicas en la concentración de proteínas totales solubles (Figura 6 y cuadro 1).

De la misma manera en el sitio sin impacto no se observaron diferencias entre etapas fenológicas en la concentración de PTS en la hoja de *Pinus cembroides* (Figura 6 y cuadro 1).

En el sitio sin impacto se observó diferencia en la cantidad de aminoácidos totales entre etapas fenológicas en raíz de *Pinus cembroides*. En desarrollo se presentó el mayor valor (\bar{x} = 13.17 mg/g MS) mientras que en letargo se presentó el menor valor (\bar{x} = 12.00 mg/g MS) (Figura 6 y cuadro 1).

Por otra parte, en el sitio sin impacto no se observaron diferencias entre etapas fenológicas en la cantidad de aminoácidos totales en tronco de *Pinus cembroides* (Figura 6 y cuadro 1).

En el sitio sin impacto se observó diferencia en la cantidad de aminoácidos totales entre etapas fenológicas en hoja de *Pinus cembroides*. En desarrollo se presentó el mayor valor (\bar{x} = 30.50 mg/g MS) mientras que en letargo se presentó el menor valor (\bar{x} = 21.03 mg/g MS) (Figura 6 y cuadro 1).

4.8 Concentración de PTS y aminoácidos totales en raíz, tronco y hoja en desarrollo y letargo en *Quercus grisea* en el sitio sin impacto

En el sitio sin impacto no se observaron diferencias entre etapas fenológicas en la cantidad de PTS en raíz de *Quercus grisea* (Figura 6 y cuadro 2).

Por el contrario, en el sitio sin impacto en tronco de *Quercus grisea* se observó diferencia en la concentración de PTS entre etapas fenológicas. En letargo se presentó el valor más alto (\bar{x} = 52.68 mg/g MS) mientras que en desarrollo se presentó el menor valor (\bar{x} = 45.41 mg/g MS) (Figura 6 y cuadro 2).

De manera similar en hoja de *Quercus grisea* en el sitio sin impacto Se encontró una diferencia estadísticamente significativa en la concentración de PTS entre

etapas fenológicas. En letargo se presentó el valor más alto (\bar{x} = 122.95 mg/g MS) mientras que en desarrollo se observó el menor valor (\bar{x} = 46.85 mg/g MS) (Figura 6 y cuadro 2).

En el sitio sin impacto no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre etapas fenológicas en la concentración de aminoácidos totales en la raíz de *Quercus grisea* (Figura 6 y cuadro 2).

De igual manera en el tronco de *Quercus grisea* en el sitio sin impacto no se observaron diferencias estadísticas entre etapas fenológicas en la concentración de aminoácidos totales (Figura 6 y cuadro 2).

En el órgano hoja de *Quercus grisea* en el sitio sin impacto de manera similar no se encontraron diferencias significativas entre etapas fenológicas en la concentración de aminoácidos totales (Figura 6 y cuadro 2).

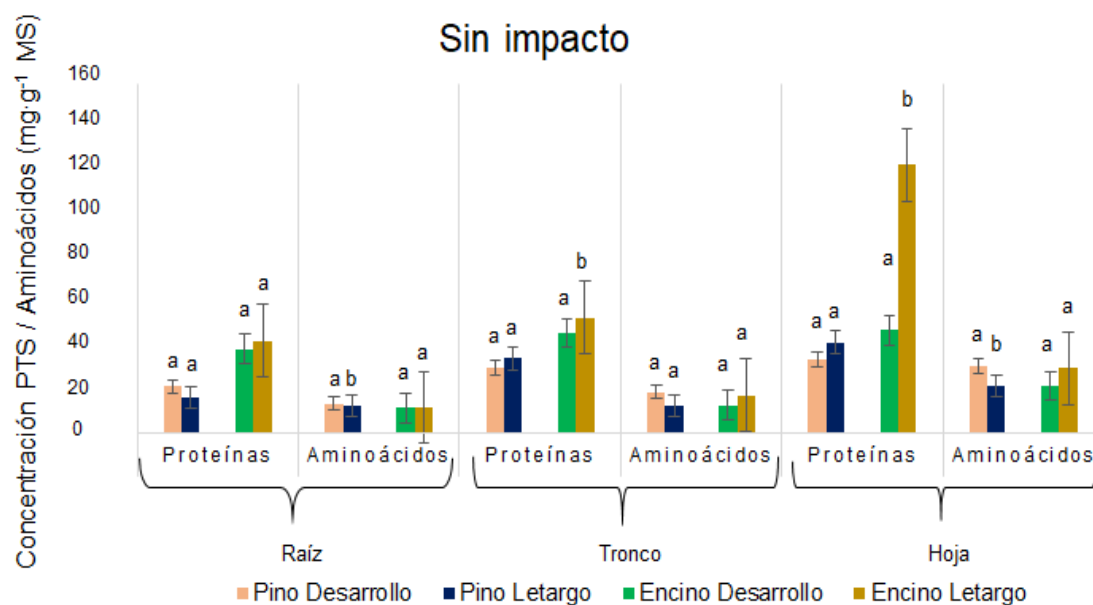


Figura 6. Concentración de PTS y aminoácidos por mg/g MS, en pino y encino en el sitio sin impacto, en etapas de desarrollo y letargo.

Cuadro 1. ANOVA para las concentraciones de PTS y aminoácidos totales en pino en un sitio sin impacto en dos etapas fenológicas.

Componente	Órgano	Pino (sitio sin impacto)			Etapa fenológica	
		F	g.l.	P	Desarrollo (mg/g MS)	Letargo (mg/g MS)
Proteínas	Raíz	1.78	1	0.25	\bar{x} = 21.06	\bar{x} = 16.22
	Tronco	5.84	1	0.07	\bar{x} = 29.61	\bar{x} = 33.84
	Hoja	4.76	1	0.09	\bar{x} = 33.42	\bar{x} = 41.38
Aminoácidos	Raíz	0.46	1	0.53	\bar{x} = 13.17	\bar{x} = 12.00
	Tronco	5.04	1	0.08	\bar{x} = 18.59	\bar{x} = 11.99
	Hoja	13.98	1	0.02	\bar{x} = 30.50	\bar{x} = 21.03

Cuadro 2. ANOVA para las concentraciones de PTS y aminoácidos en encino en un sitio sin impacto en dos etapas fenológicas.

Componente	Órgano	Encino (sitio sin impacto)			Etapa fenológica	
		F	g.l.	P	Desarrollo (mg/g MS)	Letargo (mg/g MS)
Proteínas	Raíz	1.23	1	0.32	\bar{x} = 38.24	\bar{x} = 42.08
	Tronco	8.04	1	0.04	\bar{x} = 45.41	\bar{x} = 52.68
	Hoja	191.70	1	0.001	\bar{x} = 46.85	\bar{x} = 122.95
Aminoácidos	Raíz	0.41	1	0.55	\bar{x} = 11.10	\bar{x} = 11.41
	Tronco	5.90	1	0.07	\bar{x} = 12.54	\bar{x} = 16.93
	Hoja	4.25	1	0.10	\bar{x} = 21.24	\bar{x} = 29.56

4.9 Concentración de PTS y aminoácidos totales en raíz, tronco y hoja de *Pinus cembroides* en desarrollo y letargo en el sitio con impacto por pastoreo

En el sitio con impacto por pastoreo no se observaron diferencias entre etapas fenológicas en la cantidad de PTS en raíz de *Pinus cembroides* (Figura 7 y cuadro 3).

En el tronco de *Pinus cembroides* en el sitio con impacto por pastoreo no se

observaron diferencias estadísticas entre etapas fenológicas en la concentración de proteínas totales solubles (Figura 7 y cuadro 3).

De la misma manera en el órgano hoja de *Pinus cembroides* en el sitio con impacto por pastoreo no se observaron diferencias entre etapas fenológicas en la concentración de proteínas totales solubles (Figura 7 y cuadro 3).

En el sitio con impacto por pastoreo no se observaron diferencias estadísticas significativas entre etapas fenológicas en la concentración de aminoácidos totales en la raíz de *Pinus cembroides* (Figura 7 y cuadro 3).

En el sitio con impacto por pastoreo en tronco de *Pinus cembroides* se observó diferencia en la cantidad de aminoácidos totales entre etapas fenológicas. En letargo se presentó el valor más alto (\bar{x} = 19.30 mg/g MS) mientras que en desarrollo se presentó el menor valor (\bar{x} = 13.22 mg/g MS) (Figura 7 y cuadro 3).

De manera similar en hoja de *Pinus cembroides* en el sitio con perturbación mínima se observó diferencia en la concentración de aminoácidos totales entre etapas fenológicas. En letargo se presentó el valor más alto (\bar{x} = 23.52 mg/g MS) mientras que en desarrollo se presentó el menor valor (\bar{x} = 16.67 mg/g MS) (Figura 7 y cuadro 3).

4.10 Concentración de PTS y aminoácidos totales en raíz, tronco y hoja de *Quercus grisea* en desarrollo y letargo en el sitio con impacto por pastoreo

En el sitio con pastoreo en raíz de *Quercus grisea* se observó diferencia en la cantidad de PTS entre etapas fenológicas. En letargo se presentó el valor más alto (\bar{x} = 37.19 mg/g MS) mientras que en desarrollo se presentó el menor valor (\bar{x} = 29.47 mg/g MS) (Figura 7 y cuadro 4).

En cuanto al órgano tronco de *Quercus grisea* en el sitio con pastoreo de manera similar se encontró diferencia significativa en la cantidad de PTS entre etapas fenológicas. En letargo se presentó el valor más alto (\bar{x} = 50.86 mg/g MS) mientras que en desarrollo se presentó el menor valor (\bar{x} = 33.67 mg/g MS) (Figura 7 y cuadro 4).

En hoja de *Quercus grisea* en el sitio con impacto por pastoreo se encontró

diferencia estadística en la cantidad de PTS entre etapas fenológicas. En letargo se presentó el valor más alto (\bar{x} = 107.60 mg/g MS) en desarrollo se presentó el menor valor (\bar{x} = 61.23 mg/g MS) (Figura 7 y cuadro 4).

En el sitio con impacto por pastoreo no se encontró diferencia estadística entre etapas fenológicas en la concentración de aminoácidos totales en la raíz de *Quercus grisea* (Figura 7 y cuadro 4).

Por el contrario, en el tronco de *Quercus grisea* en el sitio con impacto por pastoreo se observó diferencia en la cantidad de aminoácidos totales entre etapas fenológicas. En letargo se presentó el valor más alto (\bar{x} = 14.69 mg/g MS) y en desarrollo se presentó el menor valor (\bar{x} = 12.18 mg/g MS) (Figura 7 y cuadro 4).

En el órgano hoja de *Quercus grisea* en el sitio con impacto por pastoreo no se encontraron diferencias significativas entre etapas fenológicas en la concentración de aminoácidos totales (Figura 7 y cuadro 4).

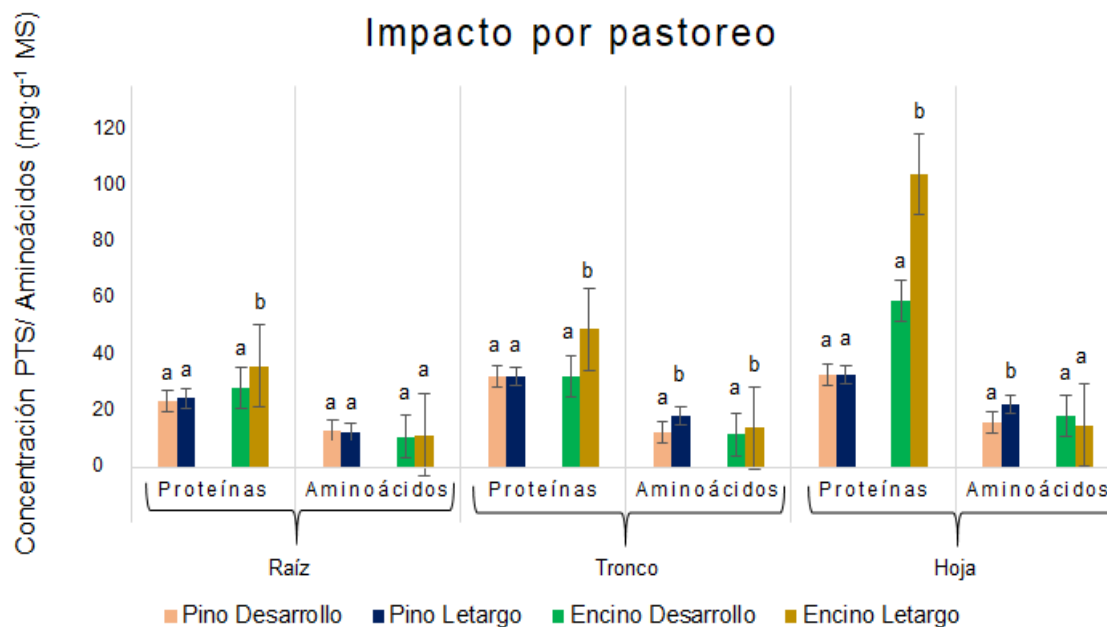


Figura 7. Concentración de PTS y aminoácidos por mg/g MS, en pino-encino en el sitio con impacto por pastoreo, en desarrollo y letargo.

Cuadro 3. ANOVA para las concentraciones de PTS y aminoácidos en pino en un sitio con impacto por pastoreo en dos etapas fenológicas.

Componente	Órgano	Pino (sitio con impacto por pastoreo)			Etapa fenológica	
		F	g.l.	P	Desarrollo (mg/g MS)	Letargo (mg/g MS)
Proteínas	Raíz	0.17	1	0.69	\bar{x} = 24.69	\bar{x} = 25.42
	Tronco	0.016	1	0.90	\bar{x} = 33.35	\bar{x} = 33.78
	Hoja	0.010	1	0.92	\bar{x} = 34.35	\bar{x} = 34.19
Aminoácidos	Raíz	0.57	1	0.48	\bar{x} = 13.86	\bar{x} = 13.12
	Tronco	12.21	1	0.02	\bar{x} = 13.22	\bar{x} = 19.30
	Hoja	8.88	1	0.04	\bar{x} = 16.67	\bar{x} = 23.52

Cuadro 4. ANOVA para las concentraciones de PTS y aminoácidos en encino en un sitio con impacto por pastoreo en dos etapas fenológicas.

Componente	Órgano	Encino (sitio con impacto por pastoreo)			Etapa fenológica	
		F	g.l.	P	Desarrollo (mg/g MS)	Letargo (mg/g MS)
Proteínas	Raíz	7.25	1	0.05	\bar{x} = 29.49	\bar{x} = 37.29
	Tronco	32.68	1	0.005	\bar{x} = 33.67	\bar{x} = 50.86
	Hoja	104.54	1	0.001	\bar{x} = 61.23	\bar{x} = 107.60
Aminoácidos	Raíz	0.54	1	0.50	\bar{x} = 11.49	\bar{x} = 12.07
	Tronco	13.84	1	0.02	\bar{x} = 12.18	\bar{x} = 14.69
	Hoja	4.84	1	0.09	\bar{x} = 18.92	\bar{x} = 15.73

4.11 Concentración de PTS y aminoácidos totales en raíz, tronco y hoja de *Pinus Cembroides* en desarrollo y letargo en el sitio con impacto por turismo

En el órgano raíz de *Pinus cembroides* en el sitio con impacto por turismo se observó diferencia en la cantidad de PTS entre etapas fenológicas. En letargo se presentó el valor más alto (\bar{x} = 32.65 mg/g MS) mientras que en desarrollo se presentó el menor valor (\bar{x} = 13.23 mg/g MS) (Figura 8 y cuadro 5).

De manera similar en el tronco de *Pinus cembroides* en el sitio con impacto por turismo se observó diferencia en la cantidad de PTS entre etapas fenológicas. En letargo se presentó el valor más alto (\bar{x} = 44.87 mg/g MS) mientras que en desarrollo se presentó el menor valor (\bar{x} = 14.48 mg/g MS) (Figura 8 y cuadro 5).

Por otra parte, en el órgano hoja de *Pinus cembroides* en el sitio con impacto por turismo de la misma manera se observó diferencia estadística en la cantidad de PTS entre etapas fenológicas. En letargo se presentó el valor más alto (\bar{x} = 41.44 mg/g MS) en cambio en desarrollo se presentó el menor valor (\bar{x} = 34.72 mg/g MS) (Figura 8 y cuadro 5).

En el sitio con impacto por turismo no se encontró diferencia estadística entre etapas fenológicas en la cantidad de aminoácidos totales en el órgano raíz de *Pinus cembroides* (Figura 8 y cuadro 5).

En el tronco de *Pinus cembroides* en el sitio con impacto por turismo no se observaron diferencias estadísticas entre etapas fenológicas en la concentración de aminoácidos totales (Figura 8 y cuadro 3).

De manera similar en el órgano hoja de *Pinus cembroides* en el sitio con impacto por pastoreo no se observaron diferencias entre etapas fenológicas en la concentración de aminoácidos totales (Figura 8 y cuadro 5).

4.12 Concentración de PTS y aminoácidos totales en raíz, tronco y hoja de *Quercus grisea* en desarrollo y letargo en el sitio con impacto por turismo

En el órgano raíz de *Quercus grisea* en el sitio con impacto por turismo no se encontraron diferencias significativas entre etapas fenológicas en la concentración de proteínas totales solubles (Figura 8 y cuadro 6).

De la misma manera en el tronco de *Quercus grisea* en el sitio con impacto por turismo no se encontraron diferencias significativas entre etapas fenológicas en la concentración de proteínas totales solubles (Figura 8 y cuadro 6).

Por el contrario, en el órgano hoja de *Quercus grisea* en el sitio con impacto por turismo se encontró diferencia estadística en la concentración de PTS entre etapas fenológicas. En letargo se presentó el valor más alto (\bar{x} = 115.73 mg/g MS)

mientras que en desarrollo se presentó el menor valor (\bar{x} = 51.24 mg/g MS) (Figura 8 y cuadro 6).

En el sitio con impacto por turismo no se observaron diferencias estadísticas entre etapas fenológicas en la concentración de aminoácidos totales en la raíz de *Quercus grisea* (Figura 8 y cuadro 6).

En el tronco de *Quercus grisea* en el sitio impactado por pastoreo no se encontraron diferencias significativas entre etapas fenológicas en la concentración de aminoácidos totales (Figura 8 y cuadro 6).

De la misma manera en el sitio con impacto por turismo no se observaron diferencias entre etapas fenológicas en la concentración de PTS en la hoja de *Quercus grisea* (Figura 8 y cuadro 6).

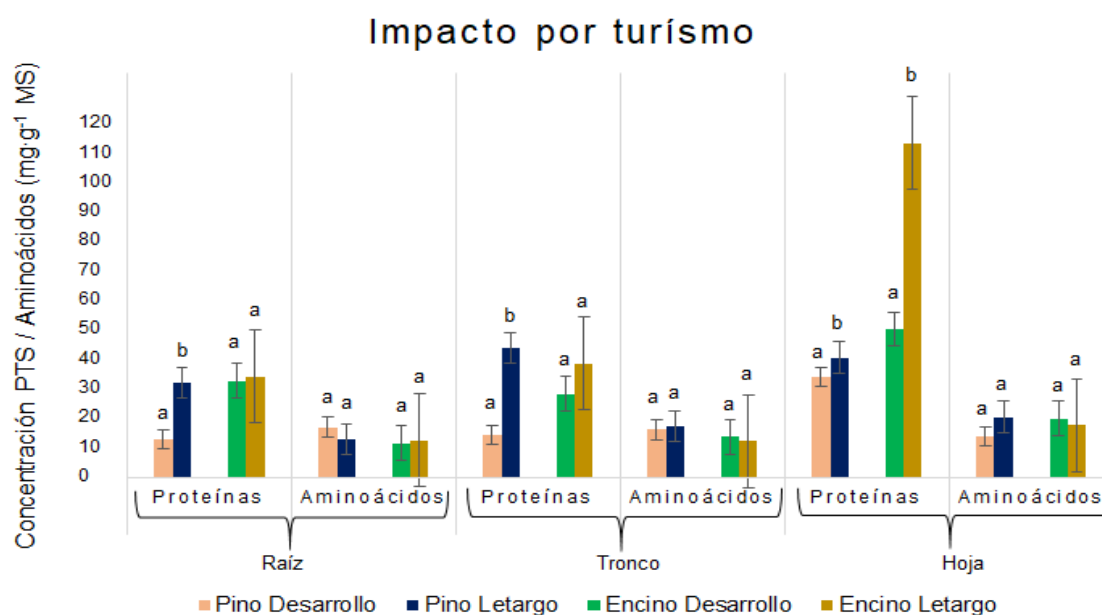


Figura 8. Concentración de PTS y aminoácidos por mg/g MS, en pino y encino en el sitio con impacto por turismo, en desarrollo y letargo.

Cuadro 5. ANOVA para las concentraciones de PTS y aminoácidos en pino en un sitio con impacto por turismo en dos etapas fenológicas.

Componente	Órgano	Pino (sitio con impacto por turismo)			Etapa fenológica	
		F	g.l.	P	Desarrollo (mg/g MS)	Letargo (mg/g MS)
Proteínas	Raíz	29.34	1	0.006	\bar{x} = 13.23	\bar{x} = 32.65
	Tronco	8.90	1	0.04	\bar{x} = 14.48	\bar{x} = 44.87
	Hoja	9.02	1	0.04	\bar{x} = 34.72	\bar{x} = 41.44
Aminoácidos	Raíz	4.29	1	0.10	\bar{x} = 17.28	\bar{x} = 13.08
	Tronco	1.24	1	0.32	\bar{x} = 16.37	\bar{x} = 17.74
	Hoja	3.99	1	0.11	\bar{x} = 14.03	\bar{x} = 20.81

Cuadro 6. ANOVA para las concentraciones de PTS y aminoácidos en encino en un sitio con impacto por turismo en dos etapas fenológicas.

Componente	Órgano	Encino (sitio con impacto por turismo)			Etapa fenológica	
		F	g.l.	P	Desarrollo (mg/g MS)	Letargo (mg/g MS)
Proteínas	Raíz	0.20	1	0.67	\bar{x} = 33.28	\bar{x} = 34.81
	Tronco	4.53	1	0.10	\bar{x} = 28.77	\bar{x} = 39.38
	Hoja	233.54	1	0.001	\bar{x} = 51.24	\bar{x} = 115.73
Aminoácidos	Raíz	1.71	1	0.26	\bar{x} = 11.62	\bar{x} = 12.67
	Tronco	1.04	1	0.36	\bar{x} = 13.85	\bar{x} = 12.41
	Hoja	3.36	1	0.14	\bar{x} = 20.19	\bar{x} = 17.91

V. DISCUSIÓN

Sánchez-Reyes *et al.* (2017) mencionan que en nuestro país la deforestación es uno de los problemas de mayor relevancia en la política ambiental. De acuerdo con la CONAFOR (2020), la vegetación original se ha reducido drásticamente (94%), debido principalmente a la conversión de terrenos forestales a usos agropecuarios Mor-Mussery *et al.* (2020) y Mor-Mussery *et al.* (2019) hacen referencia a la interacción del ganado con los ecosistemas pastoriles principalmente a través del consumo de vegetación, el pisoteo y la dispersión de excrementos. Del mismo modo, se destaca que estas actividades tienen un impacto significativo en la dinámica de estos ecosistemas Heggenes *et al.* (2017) y Mor-Mussery *et al.* (2020), reportan que la presión ejercida por el peso del animal afecta directamente al suelo, alrededor de la pezuña, el suelo se compacta por la presión extra, que está principalmente relacionada con la estructura de la pezuña. Por su parte Yang *et al.* (2019) y Hatfield *et al.* (2007). reportaron que los rumiantes como las cabras y las ovejas son más livianos y el tamaño de sus pezuñas oscila entre 20 y 22 cm², la fuerza vertical por unidad de área de pezuña es baja en comparación con los grandes rumiantes por lo tanto la baja fuerza vertical ejercida por las pezuñas de los pequeños rumiantes, su distribución de manera uniforme sobre el suelo de pastoreo, da como resultado una menor compactación, sumado a ello el esparcimiento de estiércol favorecen a las

plantas de manera directa en la concentración de nitrógeno. Esto último coincide con los resultados obtenidos en este estudio donde se muestra que el sitio con pastoreo de ganado presentó mayor concentración de proteínas en raíz, tronco de pino en las etapas de desarrollo y letargo.

Allison y Bender (2017) que la actividad de pastoreo de ganado tiene un impacto en más del 60% de las tierras agrícolas a nivel mundial, lo cual afecta negativamente tanto la cantidad como la calidad de los entornos de pastizales, así como los ecosistemas de la fauna y flora salvaje, generando modificaciones significativas en la diversidad de vida. Los sistemas pastoriles pueden resultar dañinos para ciertas especies silvestres, sin embargo, también puede beneficiar a otras, en este estudio se pudo observar que las especies en el sitio con pastoreo resultaron con mayor concentración de compuestos nitrogenados con forme a lo reportado por estos autores. Por su parte Valenzuela-Nuñez *et al.* (2011) mencionan que durante el mes de octubre, se reporta un incremento significativo en el traslado de PTS para su almacenaje en los árboles de *Quercus robur* L., lo cual se asemeja a lo reportado en esta investigación donde se encontró la mayor concentración de PTS en raíz y tronco de pino y encino en una fecha similar, sin embargo, en la hoja se encontró una baja concentración de proteínas en la etapa de letargo.

Por lo general, en los arboles de madera dura en climas templados y fríos, las sustancias de reserva vegetativas se desarrollan en raíz y el tronco; su cantidad aumenta durante el periodo invernal (letargo) y disminuye durante el desarrollo de la planta (Villar *et al.*, 2015), esto coincide con los resultados obtenidos en el presente trabajo, como observa en la concentración de PTS la mayor concentración se encontró en raíz y tronco, con una menor proporción en hoja.

El impacto que el turismo genera en las áreas naturales es, sin duda alguna, negativo y de gran diversidad. Como lo menciona Agüera (2014) Se pueden dividir en categorías: los generados por la instalación de cimentaciones, los provocados por las actividades de los turistas mismos de manera directa (senderismo, safaris, paseos en bicicleta, etc.), con diferente magnitud según el tipo de actividad que se desarrolle, aquellos ocasionados por una gran cantidad

de visitantes en un lugar al mismo tiempo: Mientras más grande sea la cantidad de personas que realizan la actividad turística el impacto será de mayor magnitud en el medio natural, esto coincide con los resultados encontrados en esta investigación en la cual se puede observar que el turismo influye de manera muy marcada en la concentración de PTS obteniendo las concentraciones más bajas en raíz, tronco y hoja en las etapas de desarrollo y letargo de los árboles de pino y encino.

Por su parte Marins *et al.* (2015) menciona que los efectos negativos en el medio natural más notables generados por las actividades del turismo incluyen la contaminación del agua, aire y ruido, así como la sobrepoblación y la concentración masiva de personas en un mismo sitio, los conflictos por el uso del suelo, la degradación ecológica, los impactos en la naturaleza y la contaminación visual y la ineficacia en la gestión de residuos. Esto se ve reflejado en esta investigación en las bajas concentraciones de PTS y aminoácidos encontradas en el área con turismo en dos etapas de desarrollo de pino y encino. Babst y Coleman (2018) Durante su investigación, se destaca que los aminoácidos son esenciales para el transporte de nitrógeno, y se señala que los árboles tienen la capacidad de trasladar entre el 50 y 80 % del nitrógeno desde las hojas hasta el tronco para su posterior almacenamiento durante la fase de letargo. Este fenómeno se evidencia claramente en los hallazgos obtenidos en el presente estudio específicamente en raíz y tronco, en los cuales la concentración de aminoácidos es mayor en letargo, de acuerdo con lo planteado por Ramos-Hernández *et al.* (2021) y Páez y Hernández. (2018) en la actualidad las actividades turísticas tienen una amplia difusión en las reservas naturales protegidas, como una estrategia relevante para aprovechar los recursos del medio natural, se sustenta con la explicación del limitado impacto al ambiente que se causa sobre el medio natural. Sin embargo, la gran afluencia de turistas en ciertas temporadas del año, junto con la práctica descontrolada de actividades recreativas en espacios naturales específicos, ha causado que se generen significativos impactos en el medio ambiente, de igual forma, según Medina-Castro (2019) y Buckley (2004), Los beneficios del turismo son superados por los

daños que causa, puesto que generan impactos desfavorables en el medio natural de diversas formas y a diferentes grados. El tipo y la magnitud de estos impactos dependen de varios factores, como la cantidad de visitantes, las actividades realizadas y su duración, el equipo utilizado y la habilidad para minimizar el impacto de las diferentes actividades turísticas. Los principales impactos que el turismo genera en las áreas naturales incluyen el ruido, la contaminación del aire y del agua, la modificación de los cuerpos de agua, La degradación y compactación del suelo, el perjuicio y alteración de la vegetación, la mortalidad y modificación del comportamiento de la fauna, la introducción y propagación de especies invasoras de flora y fauna, la introducción de enfermedades y agentes patógenos, la alteración en la reproducción de la flora y fauna, y la fragmentación del paisaje debido a la construcción de carreteras, esta información coincide con lo encontrado en esta investigación donde podemos ver que las cantidades de proteínas y aminoácidos disminuyeron en el sitio con presencia de turismo, esto se debe a los daños ocasionados por la infraestructura, la fragmentación por carreteras y los daños directos al tronco de los árboles, González-Mantilla y Neri (2015) en su investigación mencionan que conforme los períodos de sequía se prolongan, el ganado se vuelve más atrevido en su búsqueda de alimento, llegando incluso a arrancar los brotes de árboles más grandes y antiguos. Además, se utiliza la madera tanto para construcciones como para consumo doméstico, lo que contribuye a la degradación continua e irreparable del ecosistema. La regeneración natural se vuelve altamente vulnerable, aumentando así el riesgo de desertificación, los resultados de este estudio coinciden con lo encontrado por estos autores ya que la recolección de madera de pino y encino en este bosque es notable ocasionando daños irreversibles que se ven reflejados en las bajas cantidades de PTS y aminoácidos totales, aunado a los daños ocasionados por el pastoreo extensivo, daños en su mayoría a los arboles de encino Pierson *et al.* (2001) y Cristóbal-Acevedo *et al.* (2015) indican que El nitrógeno puede ingresar a los ecosistemas a través del agua de lluvia, sin embargo, también puede salir cuando ocurre la escorrentía. Las pérdidas de nitrógeno están determinadas por el volumen de escorrentía y

las concentraciones del elemento presentes en el agua, esto coincide con los resultados del presente estudio donde podemos observar que en el sitio sin perturbación presentó concentraciones de PTS muy bajas en comparación con los otros sitios ya que el sitio presenta rastros de escorrentía lo cual provoca la pérdida de compuestos nitrogenados.

VI. CONCLUSIONES

Los resultados encontrados en este trabajo de investigación demostraron que la hoja de pino presentó la menor concentración de PTS en los tres sitios de muestreo (impacto por pastoreo, impacto por turismo y sin impacto) en la etapa de letargo, esto se debe a que la raíz y el tronco fungen como almacén de reservas de nutrientes durante el invierno, con ello el árbol tendrá la capacidad de formar nuevos tejidos durante la etapa de desarrollo, por otra parte el órgano hoja de encino presentó la mayor concentración de PTS en letargo, esto se debe a que sus requerimientos bióticos y abióticos para desarrollarse son menos exigentes y por tanto el árbol muestra mayor resistencia a las condiciones de su entorno.

La concentración más alta de aminoácidos totales se encontró en el sitio sin impacto y las cantidades más bajas reflejaron en el sitio con impacto por turismo, de esta manera podemos observar que el turismo tiene un impacto negativo en los bosques de pino y encino ya que la alteración que sufre influye directamente en las concentraciones de compuestos nitrogenados, limitando así el desarrollo de estas especies e incluso provocar la fragmentación de estos ecosistemas.

De acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio se pudo constatar que la especie más afectada por los procesos antrópicos es *Pinus cembroides*, puesto que las cantidades de compuestos nitrogenados resultaron bajas en

comparación con *Quercus grisea*, en el sitio con impacto por turismo se encontró la menor concentración de compuestos nitrogenados en raíz y tronco de pino.

El presente estudio se realizó con árboles adultos, se recomienda que este estudio se replique en árboles jóvenes, de esta manera comparar el comportamiento de las reservas de PTS y aminoácidos totales a distintas edades de estas especies.

VII. LITERATURA CITADA

Agüera, O. (2014). Los impactos económicos, sociales y medioambientales negativos en el ecoturismo. *Revista Critica de Ciencias Sociales y Jurídicas*. 42 (2). doi.org/10.5209/rev_NOMA.2014.v42.n2.48781.

Alexandratos N., & Bruinsma, J. (2012). *World Agriculture towards 2030/2050: The 2012 revision*. UN Food and Agricultural Organization (FAO).

Allison, C. D., & Bender, L. C. (2017). *Grazing and Biodiversity*. College of Agricultural, Consumer and Environmental Sciences.

Arizaga, S. (2009). *Manual de la biodiversidad de encinos michoacanos*. Instituto Nacional de Ecología.

Avice, J. C., Dily, F. L., Goulas, E., Noquet, C., Meuriot, F., Volenec, J. J., & Ourry, A. (2003). Vegetative storage proteins in overwintering storage organs of forage legumes: roles and regulation. *Canadian Journal of Botany*, 81(12), 1198-1212. <https://doi.org/10.1139/b03-122>.

Babst, B. A., & Coleman, G. D. (2018). Seasonal nitrogen cycling in temperate trees: transport and regulatory mechanisms are key missing links. *Plant Science*, 270, 268-277.

Balvanera, P., Pfisterer, A.B., Buchmann, N., He, J.S., Nakashizuka, T., Raffaelli, D., Schmid, B. (2006). Quantifying the evidence for biodiversity effects on ecosystem functioning and services. *Ecology Letters* 9 (10), 1146-1156.

Barbaroux, C., Bréda, N., y Dufrêne, E. (2003). Distribution of above-ground and

below-ground carbohydrate reserves in adult trees of two contrasting broad-leaved species (*Quercus petraea* and *Fagus sylvatica*). *New Phytologist*, 157(3), 605-615. <https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.2003.00681.x>.

Blanco-Labra, A., & Mancilla, C. A. (2002). Proteínas involucradas en los mecanismos de defensa de plantas. *Acta universitaria*, 12(3), 3-28.

Briceño-Contreras, E. A., Moreno-Reséndez, A., Valenzuela-Núñez, L. M., Esparza-Rivera, J. R., Rodríguez-Martínez, R., & Molina-Ochoa, J. (2019). Influence of temperature and irradiation on starch concentration in *Carya illinoensis* K. Koch varieties Wichita and Western. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 25(3), 305-314.

Briceño-Contreras, E., Moreno-Reséndez, A., Valenzuela-Núñez, L., García De la Peña, C., Rodríguez-Martínez, R., y Esparza Rivera, J. (2021). Starch balance in perennial organs of *Carya illinoensis* Koch in a production cycle. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 43(5): 1-12.

Chapin, F. S., Schulze, E., & Mooney, H. A. (1990). The Ecology and Economics of Storage in Plants. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 21(1), 423-447. doi:10.1146/annurev.es.21.110190.

Cristóbal-Acevedo, D., Hernández-Acosta, E., Álvarez-Sánchez, M. E., & Maldonado-Torres, R. (2015). Nitrogen concentrations in precipitation and runoff in plots with organic and conventional management. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 21(1), 29-40. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2014.05.019>.

Dang, L., & Van Damme, E. J. (2015). Toxic proteins in plants. *Phytochemistry*, 117, 51-64.

Delgadillo-Díaz de León, J. S., Morales-Domínguez, J. F., Santos-Díaz, M. D. S., & Pérez-Molphe-Balch, E. (2013). In vitro propagation of Mexican oaks (*Quercus* spp.). *Polibotánica*, (35), 85-97.

Dettenmaier, S. J., Messmer, T. A., Hovick, T. J., & Dahlgren, D. K. (2017). Effects of livestock grazing on rangeland biodiversity: a meta-analysis of grouse

- populations. *Ecology and evolution*, 7(19), 7620-7627.
- Echeverri Rubio, A., & Vieira Salazar, J. A. (2022). Tendencias en la investigación del turismo sostenible en Latinoamérica y el Caribe: un análisis bibliométrico. *Revista Universidad & Empresa*, 24(42), 1-30. <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/empresa/a.11131>.
- El Zein, R., Maillard, P., Bréda, N., Marchand, J., Montpied, P., & Gérant, D. (2011). Seasonal changes of C and N non-structural compounds in the stem sapwood of adult sessile oak and beech trees. *Tree Physiology*, 31(8), 843-854. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpr074>.
- Espino-Castillo, D. A., Valenzuela-Núñez, L. M., Legaria-Solano, J. P., Briceño-Contreras, E. A., Esparza-Rivera, J. R., Rodríguez-Bautista, G., & García-de-la-Peña, C. (2018). Evidencia de una proteína de reserva vegetativa de 20 kDa en raíz de nogal (*Carya illinoensis* Koch) durante la etapa de letargo. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 5(14), 309-317.
- Fagard, M., Launay, A., Clément, G., Courtial, J., Dellagi, A., Farjad, M., & Masclaux-Daubresse, C. (2014). Nitrogen metabolism meets phytopathology. *Journal of experimental botany*, 65(19), 5643-5656.
- Fischer, C., & Höll, W. (1991). Food reserves of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) I. Seasonal changes in the carbohydrate and fat reserves of pine needles. *Trees*, 5, 187-195. DOI:10.1007/BF00202430.
- Fonseca J., R. M. (2003). De piñas y piñones. *Ciencias (Universidad Autónoma de México)* 69: 64-65
- Fuentes-Amaro, S., Legaria-Solano, J., & Ramírez-Herrera, C. (2019). Genetic structure of *Pinus cembroides* populations from central Mexico. *Revista fitotecnia mexicana*, 42(1): 57 – 65.
- Fujiwara, T., Nambara, E., Yamagishi, K., Goto, D. B., & Naito, S. (2002). Proteínas de almacenamiento. *El libro de Arabidopsis/Sociedad Americana de Biólogos de Plantas*, 1. <https://doi.org/10.1199/tab.0020>.

- Galili, G., Avin-Wittenberg, T., Angelovici, R., & Fernie, A. R. (2014). The role of photosynthesis and amino acid metabolism in the energy status during seed development. *Frontiers in plant science*, 5, (447): 1-6. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00447>
- Gamboa-Porras, J. R., & Marín-Méndez, W. (2012). Fenología, producción y contenido de almidón en árboles de mango en Guanacaste, Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 23(1), 81-91. DOI:10.15517/AM. V23I1.2137.
- Gao, J., & Carmel, Y. (2020). A global meta-analysis of grazing effects on plant richness. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 302, 107072. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107072>
- González-Mantilla, P., & Neri, L. (2015). El ecoturismo como alternativa sostenible para proteger el bosque seco tropical peruano. *Revista de Turismo y Patrimonio Cultural*, 13(6), 1437-1449. <https://doi.org/10.25145/j.pasos.2015.13.100>.
- Gutiérrez-García, J., Rodríguez-Trejo, D., Villanueva-Morales, A., García-Díaz, S., y Romo-Lozano, J. (2015). Calidad del agua en la producción de *Pinus cembroides* Zucc. en vivero. *Agrociencia* 49(2), 205-219.
- Harborne, J. B., & Harborne, J. B. (1984). Nitrogen compounds. *Phytochemical Methods: A Guide to Modern Plant Analysis Techniques*, 176-221.
- Hartmann, H., & Trumbore, S. (2016). Understanding the roles of nonstructural carbohydrates in forest trees - from what we can measure to what we want to know. *The New Phytologist*, 211(2), 386-403. <https://doi.org/10.1111/nph.13955>.
- Hatfield, P. G., Goosey, H. B., Spezzano, T. M., Blodgett, S. L., Lenssen, A. W., Kott, R. W., & Marlow, C. B. (2007). Incorporating sheep into dryland grain production systems III . Impact on changes in soil bulk density and soil nutrient profiles. 67(2-3), 222-231. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.10.003>.
- Heggenes, J., Odland, A., Chevalier, T., Ahlberg, J., Berg, A., Larsson, H., & Bjerketvedt, D. K. (2017). Herbivore grazing or trampling? Trampling

- effects of a large ungulate in cold high-latitude ecosystems. *Ecology and Evolution*, 7(16), 6423–6431. <https://doi.org/10.1002/ece3.3130>.
- Hennion, N., Durand, M., Vriet, C., Doidy, J., Maurousset, L., Lemoine, R., & Pourtau, N. (2018). Sugars en route to the roots. Transport, metabolism and storage within plant roots and towards microorganisms of the rhizosphere. *Physiologia Plantarum*, 165(1), 44–57. <https://doi.org/10.1111/ppl.12751>.
- Hernández, A., Martínez, Y., y Santoyo, D. (2021). Impacto del turismo de naturaleza en el Parque Nacional Viñales. *Avances*, 23(1), 61-75.
- Hernández-Moreno, M., Islas-Gutiérrez, J., & Guerra-De la Cruz, V. (2011). Margins of commercialization of the pinion (*Pinus cembroides* subsp. *orizabensis*) in Tlaxcala, Mexico. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 2(2): 265-279.
- Herrera-Soto, G., M. González-Cásares, M. Pompa-García, J., Camarero, J. J., & Solís-Moreno, R. (2018). Growth of *Pinus cembroides* Zucc. in response to hydroclimatic variability in four sites forming the species latitudinal and longitudinal distribution limits. *Forests* 9(7), 440. ; <https://doi.org/10.3390/f9070440>.
- Hildebrandt, T. M., Nunes, A. N., Araújo, W. L., y Braun, H. P. (2015). Amino Acid Catabolism in Plants. *Molecular Plant*, 8(11), 1563–1579. <https://doi.org/10.1016/j.molp.2015.09.005>.
- Hoch, G., Richter, A., & Körner, C. (2003). Non-structural carbon compounds in temperate forest trees. 1067-1081. <https://doi.org/10.1046/j.0016-8025.2003.01032.x>.
- Koyoc-Ramírez, L., Mendoza-Vega, J., Pérez-Jiménez, J., y Torrescano-Valle, N. (2015). Efectos de la perturbación antrópica en petenes de selva en Campeche, México. *Acta Botánica Mexicana*. 110: 89-103. DOI:10.21829/abm110.2015.189.
- Kramer, P., & Kozlowski, T. (1979). *Physiology of woody plants*. Academic Press Inc. New York, NY. USA, 20(1), 352-353. DOI:10.2307/2403413.

- Li, J., Bai, Y., & Alatalo, J. M. (2020). Impacts of rural tourism-driven land use change on ecosystems services provision in Erhai Lake Basin, China. *Ecosystem Services*, 42, 101081. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101081>.
- Magel, E., Hillinger, C., Holl, W., & Ziegler, H. (1997). Biochemistry and physiology of heartwood formation: role of reserve substances. *Trees: contributions to modern tree physiology*, 477-506.
- Marañón, T., Ibáñez, B., Anaya-Romero, M., Muñoz-Rojas, M., & Pérez-Ramos, I. M. (2012). Oak trees and woodlands providing ecosystem services in Southern Spain. *Trees beyond the Wood Conference Proceedings*, September, 369-378.
- Marins, S. R., Marins, S. R., & Fratucci, A. C. (2015). Un estudio comparativo con residentes y trabajadores del sector en Rio de Janeiro -Brasil. *Estudios y Perspectivas en Turismo*, 24(1), 115-134.
- Martín-Alonso, G., Bustamante-González, C., Varela-Nualles, M., Pérez-Díaz, A., Viñals-Núñez, R., Delgado-Álvarez, A., y Fundora-Sánchez, A. (2021). Cuantificación de la fijación biológica del nitrógeno en árboles de sombra de dos cafetales de Cuba. *Cultivos Tropicales*. 42(2).
- Martínez-Calderon, V., Siqueiros-Delgado, M., & Martínez-Ramírez, J. (2017). Species of genus *Quercus* (*Fagaceae*) in natural protected area of sierra Fria, Aguascalientes, México. *Investigación y Ciencia*, 25(71): 12-18. DOI:10.15560/13.1.2045.
- Medina-Castro, Y., Roldán-Clara, B., & Aguilera, J. (2019). Impactos del turismo en dos Parques Nacionales y áreas aledañas de Baja California, México: el caso de Sierra de San Pedro Mártir y Constitución de 1857. *Sociedad y Ambiente*, (19), 165-194. [mhttps://doi.org/10.31840/sya.v0i19.1940](https://doi.org/10.31840/sya.v0i19.1940).
- Mendoza-gonzález, G., Martínez, M. L., Lithgow, D., Pérez-maqueo, O., & Simonin, P. (2012). Land use change and its effects on the value of ecosystem services along the coast of the Gulf of Mexico. *Ecological Economics*, 82, 23–32. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.07.018>.

- Millard, P., y Grelet, G. A. (2010). Nitrogen storage and remobilization by trees : ecophysiological relevance in a changing world. *Tree Physiology*, 30(9), 1083–1095. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpq042>
- Mor-Mussery, A., Shuker, S., & Zaady, E. (2019). New Approach For Sustainable And Profitable Grazing Systems In Arid Open Lands Of The Northern Negev Desert (Israel). *Geography, Environment, Sustainability*, 12(2), 106-127. <https://doi.org/10.24057/2071-9388-2019-15>.
- Öllerer, K., Varga, A., Kirby, K., Demeter, L., Biró, M., Bölöni, J., & Molnár, Z. (2019). Beyond the obvious impact of domestic livestock grazing on temperate forest vegetation—A global review. *Biological Conservation*, 237, 209-219. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.07.007>.
- Páez-Vives, N., & Hernández-Pérez, I. (2018). El turismo de naturaleza como actividad socioproductiva, vinculado al proceso de gestión del desarrollo local en el municipio Minas de Matahambre. *Economía y Desarrollo*, 159(1), 216-231. DOI:10.46677/compendium.v10i1.1169.
- Palacio, S., Hoch, G., Sala, A., Körner, C., & Millard, P. (2013). Does carbon storage limit tree growth: a review. *New Phytologist*, 201(4), 1096-1100. <https://doi.org/10.1111/nph.12602>.
- Pallardy, S. (2008). *Physiology of Woody Plants, Third Edition*. In *Physiology of Woody Plants, Third Edition*.
- Piper, R. J., Richardson, R. M., Worrell, G., Carmichael, D. W., Baldeweg, T., Litt, B., Denison, T., & Tisdall, M. M. (2022). Towards network-guided neuromodulation for epilepsy. *Brain*, 145(10), 3347-3362. <https://doi.org/10.1093/brain/awac234>.
- Puertas-Cañaverl, I. (2007) Ecoturismo en las Reservas de la Biosfera. Granada: Universidad de Granada, 166(155), 169-170. DOI:10.61520/et.169-1702006.991.
- Pulido, M., Schnabel, S., Francisco, J., Contador, L., Lozano-parra, J., & González, F. (2016). The impact of heavy grazing on soil quality and

- pasture production in rangelands of SW Spain. *Land Degredation & Development*. 29(2), 1-36, DOI:10.1002/ldr.2501.
- Rasheed, F., Markgren, J., Hedenqvist, M., & Johansson, E. (2020). Modeling to understand plant protein structure-function relationships—implications for seed storage proteins. *Molecules*, 25(4), 873. <https://doi.org/10.3390/molecules25040873>.
- Rentsch, D., Schmidt, S., & Tegeder, M. (2007). Transporters for uptake and allocation of organic nitrogen compounds in plants. *FEBS Letters*, 581(12), 2281-2289. <https://doi.org/10.1016/j.febslet.2007.04.013>.
- Rusch, G., & Skarpe, C. (2009). Procesos ecológicos asociados con el pastoreo y su aplicación en sistemas silvopastoriles. *Agroforestería En las Américas*, 47(7485), 12-19. http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/6709/Procesos_ecologicos.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Sosa-Ramírez, J., Moreno-Rico, O., Sánchez-Martínez, G., Siqueiros-Delgado, M. E., & Díaz-Núñez, V. (2011). Ecología y fitosanidad de los encinos (*Quercus* spp.) en la Sierra Fría, Aguascalientes, México. *Madera y bosques*, 17(3), 49-63. DOI:10.21829/myb.2011.1731142.
- Staswick, P. E. (1994). Storage Proteins of Vegetative Plant Tissues. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 45(1), 303-322. <https://doi.org/10.1146/annurev.pp.45.060194.001511>.
- Suarez-Rodríguez, C., Hernández-Calvento, L. (2020). Impactos ambientales provocados por los equipamientos turísticos en los ecosistemas dunares. *Calidad Ambiental*, 54(113): 16-18.
- Tromp, J. (1983). Nutrient reserves in roots of fruit trees, in particular carbohydrates and nitrogen. *Plant and Soil*, 71(1), 401-413. <https://doi.org/10.1007/BF02182682>.
- Tromp, J. (1983). Nutrient reserves in roots of fruit trees, in particular carbohydrates and nitrogen. *Plant and Soil*, 71(1), 401-413.

<https://doi.org/10.1007/BF02182682>.

USDA-NRCS. (2024). Clasificación for kingdom Plantae down to species *Pinus cembroides* Zucc. [Humb. & Bonpl. ex Willd.] M.C. Johnst. . United States Department of Agriculture - Natural Resources Conservation Service. Retrieved from <http://plants.usda.gov/classification.html>. Fecha de consulta 11 de marzo de 2024.

USDA-NRCS. (2024). Clasificación for kingdom Plantae down to species *Quercus grisea* [Humb. & Bonpl. ex Willd.] M.C. Johnst. . United States Department of Agriculture - Natural Resources Conservation Service. Retrieved from <http://plants.usda.gov/classification.html>. Fecha de consulta 11 de marzo de 2024.

Valenzuela, L., Gérant, D., Maillard, P., & Bréda, N. (2010). Seasonal dynamics of total soluble proteins in adult trees of *Quercus petraea* (Matts.) Liebl. and *Fagus sylvatica* L. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 1(1), 75-83. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v1i1.655>.

Valenzuela, L.; Maillard, P.; González, J. y González, G. (2014). Carbohydrate balance in different plant compartments of oak (*Quercus petraea*) and beech (*Fagus sylvatica*) subjected to defoliation and shade *Rev. Chapingo Ser. Zonas Aridas*. 13(1):33-38. DOI:10.5154/r.rchsza.2012.06.027.

Valenzuela, N. L. M.; Gérant, D.; Maillard, P.; Bréda, N. J. J.; González, C. G. and Sánchez, C. I. (2011). Evidence for a 26kDA vegetative storage protein in the stem sapwood of mature pedunculate oak. *Interciencia*. 36(2):142-147.

Valenzuela-Núñez, L. (2006). Comparaison interspécifique de la dynamique saisonnière de composés azotés et carbonés chez le chêne sessile (*Quercus petraea* Matt. Liebl.), le chêne pédonculé (*Quercus robur* L.) et le hêtre (*Fagus sylvatica* L.) aux stades juvéniles et adultes; effet de la défoliation et de la lumière sur la gestion des réserves. Tesis Doctoral. 132.

Valenzuela-Núñez, L. M., Ortiz-Sánchez, I. A., González-Cervantes, G., García de la Peña, C., Potisek-Talavera, C., Briceño-Contreras, E. A., Espino-Castillo, D. A., Barraza-Moran, S., y Núñez-Colima, J. A. (2019). Productos

orgánicos y fitohormonas: efecto en la concentración de aminoácidos en tubérculos de *Caladium bicolor* en dos etapas fenológicas. In *Tópicos selectos de sustentabilidad: un reto permanente*, 4(1),136-155).

- Vázquez-Yanes, C., Batis-Muñoz, A. I., Alcocer-Silva, M. I., Gual-Díaz, M., y Sánchez-Dirzo, C. (1999). *Pinus cembroides*: PINACEAE. Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Reporte técnico del proyecto J084. CONABIO - Instituto de Ecología, UNAM. Pp. 208-210. DOI:10.13140/RG.2.2.11004.54407.
- Villar-Salvador, P., Uscola, M., & Jacobs, D. F. (2015). The role of stored carbohydrates and nitrogen in the growth and stress tolerance of planted forest trees. *New Forests*, 46(5), 813-839. DOI:10.1007/s11056-015-9499-z.
- Weaver, D. B. (2001). Ecotourism as mass tourism: Contradiction or reality? *Cornell hotel and restaurant administration quarterly*, 42(2), 104-112. [https://doi.org/10.1016/S0010-8804\(01\)80022-7](https://doi.org/10.1016/S0010-8804(01)80022-7).
- Xue, L. J., Frost, C. J., Tsai, C. J., & Harding, S. A. (2016). Drought response transcriptomes are altered in poplar with reduced tonoplast sucrose transporter expression. *Scientific Reports*, 6(4), 1-14. <https://doi.org/10.1038/srep33655>.
- Yang, H., Sun, J., Xu, C., Zhang, J., Chai, J., Jiao, T., and Yu, X. (2019). Hoof pressure and trampling intensity of yaks are higher than those of Tibetan sheep in a Tianzhu alpine meadow. *The Rangeland Journal* 41 (2):125-33. [https://doi: 10.1071/RJ18073](https://doi:10.1071/RJ18073).