



# Dinámica del crecimiento en bosques templados del sur de Nuevo León, México

Growth dynamics in temperate forests of southern Nuevo León, Mexico

Gyorgy Eduardo Manzanilla Quijada<sup>1</sup>, Eduardo Javier Treviño Garza<sup>2\*</sup>, Oscar Alberto Aguirre Calderón<sup>2</sup>,  
Eduardo Alanís Rodríguez<sup>2</sup>, José Israel Yerena Yamalle<sup>1</sup> y José Manuel Mata Balderas<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales. Morelia, Michoacán, México.

<sup>2</sup> Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Forestales. Linares, Nuevo León, México.

\* Autor de correspondencia.  
eduardo.trevinogr@uanl.edu.mx

## RESUMEN

Las evaluaciones de los parámetros dasométricos son importantes para conocer la dinámica de los bosques a través del tiempo. Se evaluó el crecimiento de las variables arbóreas de bosques naturales de clima templado en el sur de Nuevo León, México. Para ello, se analizó el comportamiento de parámetros dasométricos relacionados con las dimensiones del arbolado. Se realizaron registros de todos los individuos con diámetro normal mayor o igual a 7.5 cm, en parcelas permanentes de investigación forestal; la primera evaluación se hizo en 2013 y la segunda en 2018. A las variables dasométricas se les realizó una prueba de comparación de medias dependientes (t-Student) entre evaluaciones. Las variables dasométricas mostraron incrementos significativos ( $p > 0.05$ ) en las evaluaciones correspondientes en los dos tiempos de medición, lo que sugiere un rendimiento continuo. Por esto, si en el futuro se aplica un tratamiento silvícola, aumentaría su productividad maderable.

**PALABRAS CLAVE:** biomasa forestal, manejo forestal, parcelas permanentes, toma de decisiones, variables dasométricas.

## ABSTRACT

Evaluations of dasometric parameters are important to understand forest dynamics over time. The growth of tree variables was evaluated in natural temperate forests of southern Nuevo León, Mexico. For this purpose, the behavior of different dasometric parameters related to tree dimensions was analyzed. The records of all individuals with normal diameter greater than, or equal to, 7.5 cm, from two evaluations with a five-year interval (2013 and 2018) of permanent forest research plots were used. A dependent means comparison test analysis (t-Student) was performed on the dasometric variables between evaluations. The dasometric variables of the plots showed significant increases ( $p > 0.05$ ) in the evaluations corresponding to a five-year interval, suggesting a continuous yield, so that, if a silvicultural treatment were applied in the future, their timber productivity would increase.

**KEYWORDS:** forest biomass, forest management, permanent plots, decision making, dasometric variables.

## INTRODUCCIÓN

El crecimiento de un árbol o de una masa forestal está representado por el incremento en sus dimensiones dasométricas (Klepac, 1983). La dasometría ha proporcionado herramientas básicas para cuantificar el crecimiento y la producción forestal, esta provee de un conjunto de técnicas de medición y estimación de las dimensiones de árboles y bosques (Rojas, 1977).

Diversos factores bióticos y abióticos interactúan sobre un árbol y sobre el bosque influenciando su crecimiento y productividad. La información derivada de sitios permanentes de medición continua representa la base para conocer la evolución de las masas forestales (Corral-Rivas et al., 2013), en ellos se miden reiteradamente variables dasométricas y ecológicas, obteniendo series de datos valiosos para la construcción de modelos de crecimiento y para la evaluación de los efectos de las prácticas silvícolas, ya que expresan la evolución de las masas estudiadas y sus recursos asociados. Esta evolución puede ser evaluada en diferentes niveles dentro de la estructura del árbol o del bosque, evaluando variables como diámetro, altura, área basal, volumen, biomasa, carbono, CO<sub>2</sub> y oxígeno (Corral-Rivas et al., 2008, Corral-Rivas et al. 2009; Gadow et al., 2012).

Conocer el crecimiento, así como la estructura horizontal y vertical de un bosque, apoya a los gestores forestales e investigadores para la toma de decisiones objetivas que permitan el cálculo de rendimientos futuros y para presentar opciones silvícolas con el fin de llevar la evolución de un rodal hacia cierta estructura meta y lograr un rendimiento sostenido de los productos forestales deseados (Reque et al., 2007; García-Gonzalo et al., 2017, Santiago-García et al., 2014). Además, la caracterización de las poblaciones arbóreas a través del tiempo permite su comparación y conocer el grado de discrepancia en determinado atributo o variable (Aguirre et al., 2003; Fry, 2011; Jiménez et al., 2013a).

Considerando la amplia gama de condiciones de crecimiento de los bosques, los estudios sobre su dinámica son de gran relevancia tanto para el manejo forestal con

fin de producción maderable como para la evaluación de los servicios ambientales que prestan los ecosistemas. Se han realizado estudios sobre la dinámica de crecimiento en bosques templados de México como los de Hernández-Salas et al., 2018; Graciano-Ávila et al., 2019 y 2020 y Silva-González et al., 2021 en Durango y el noreste de México; este tipo de investigaciones aportan información sobre el crecimiento y desarrollo del arbolado, con la finalidad de realizar proyecciones a largo plazo sobre el funcionamiento y desarrollo que pueden presentar los bosques.

## OBJETIVOS

El objetivo planteado fue analizar la dinámica de los bosques en el sur del estado de Nuevo León, México a través de los cambios observados en el crecimiento en diámetro, altura, área basal, volumen rollo total, biomasa total, carbono, dióxido de carbono equivalente y oxígeno en cuatro parcelas permanentes de investigación forestal utilizando la información obtenida de los años 2013 y 2018. La hipótesis bajo la cual se realizó el estudio fue que no existen diferencias en el incremento en esas variables independientemente de su composición florística, exposición, altitud o latitud.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

La investigación se desarrolló en bosques mixtos de pino y encino en la Sierra Madre Oriental en la parte sur del estado de Nuevo León, México, en los municipio de Galeana y Aramberri, el clima es templado subhúmedo con lluvias en verano, su régimen pluvial oscila entre 600 mm y 1200 mm, con temperatura media anual que fluctúa entre 14 °C y 18 °C; el tipo de suelo predominante es Litosol y los tipos de vegetación presentes son bosques de coníferas conformados por asociaciones de pino-encino y encino-pino (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, [Inegi], 2017). Se consideraron cuatro parcelas situadas a una distancia aproximada de 5 km entre sí, Cañada El Llorón, a 2150 m s.n.m., con exposición noreste, dominada por



encinos; El Alamillal, a 2800 m s.n.m., con exposición noreste, dominada por pinos; Agua blanca, a 2450 m s.n.m., con exposición suroeste, dominada por encinos; y Canoas a 2650 m s.n.m., con exposición suroeste, dominada por pinos (Fig. 1).

### Método de muestreo

Se instalaron cuatro parcelas en el año 2013 en áreas sin aprovechamiento, con una superficie de 2500 m<sup>2</sup> (50 m × 50 m), donde se realizó un censo de todos los individuos arbóreos con diámetro normal ≥ 7.5 cm. Como datos del censo se registraron el nombre científico, la altura total (h), el diámetro normal (dn), la distancia y el azimut al centro de la parcela entre otras variables (Tabla 1), acorde con la metodología utilizada en sitios de investigación forestal y de suelos desarrollado por Corral-Rivas et al. (2009). La remediación se realizó en el año 2018, identificando los individuos que fueron considerados en el primer muestreo, se registró cada una de sus variables para determinar sus incrementos e identificar la mortalidad de los árboles. De igual manera se midieron todos aquellos árboles que se incorporaron (≥ 7.5cm).

### Análisis de las variables dasométricas

La información obtenida en los muestreos fue procesada para obtener la densidad, la altura media, el diámetro promedio, el área basal, el volumen rollo total árbol, la biomasa total, el carbono, el dióxido de carbono equivalente y el oxígeno generado por especie y para el total de la parcela calculado por hectárea.

La densidad (N), expresada como el número de árboles por unidad de área (ha), es probablemente la evaluación estructural más básica (Bettinger et al., 2009). Se determinó a partir de los datos del número de árboles inventariados (dn ≥ 7.5 cm) en cada sitio empleando la ecuación 1.

$$N = \frac{10000 \cdot n}{S} \tag{1}$$

donde:

- N: densidad de árboles por hectárea
- S: superficie de los sitios (m<sup>2</sup>)
- n: número de árboles presentes en el sitio de muestreo

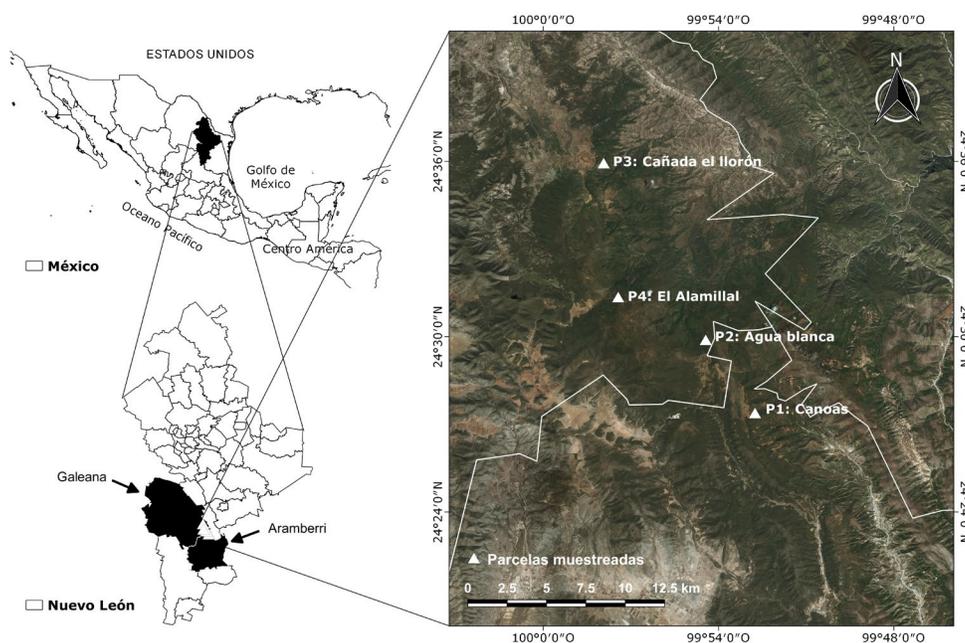


FIGURA 1. Área de estudio y la distribución de las parcelas de muestreo.

TABLA 1. Estadísticos descriptivos de las variables registradas en las parcelas muestreadas.

Especies	Estadísticos descriptivos											
	2013						2018					
	Diámetro normal (cm)			Altura (cm)			Diámetro normal (cm)			Altura (cm)		
	Max	Min	Promedio	Max	Min	Promedio	Max	Min	Promedio	Max	Min	Promedio
Canoas												
<i>P. pseudostrabus</i>	70.07	39.3	60.01	28.9	22.8	26.01	74.87	39.53	62.15	29.3	23	26.39
<i>P. teocote</i>	78.3	15.53	48.3	29.8	9.6	23.57	84.6	16.03	50.61	30	10.1	24.12
<i>Q. mexicana</i>	40.23	21.27	30.75	8.2	6.9	7.55	40.53	21.1	30.82	11	9	10
<i>Q. rugosa</i>	59.2	11.3	28.66	15.7	5.5	10.26	59.67	7.67	23.01	19	5	9.86
Agua Blanca												
<i>A. vejarii</i>	33.4	11.93	20.32	21.4	10.3	16.8	41.13	7.67	20.86	23.9	6.59	16.22
<i>P. teocote</i>	55.87	16.83	33.36	25.4	15.9	20.11	56.93	17.57	35	26.92	16.1	21.28
<i>Q. mexicana</i>	43.63	11.17	22.72	23.4	7.1	14.98	44.57	11.83	24.51	25.74	7.16	16.16
<i>Q. polymorpha</i>	32.57	12.03	18.37	17.2	9.7	12.22	32.77	12.1	18.84	17.54	10.39	12.89
Cañada El Llorón												
<i>Q. mexicana</i>	93.17	7.5	33.46	18.2	4	11.87	94.67	7.77	35.06	21.56	4.47	13.19
<i>Q. polymorpha</i>	38.47	23.43	30.95	14.8	13.6	14.2	38.8	24.5	31.65	15.3	14.4	14.87
<i>P. pseudostrabus</i>	60.57	8.43	21.03	22.6	6.5	11.38	61.27	9.07	19.13	22.93	5.63	11.3
<i>Q. rugosa</i>	43.17	16.07	31.06	14.4	9.4	12	43.33	17.83	32.07	18.8	11.5	14.7
<i>P. teocote</i>	39.03	8.23	17.76	17.8	4.4	9.98	42.43	7.97	18.92	17.9	5	11.09
<i>A. xalapensis</i>	8	7.53	7.77	5.6	3.3	4.45	8.73	7.93	5.57	6.69	4	5.35
El Alamillal												
<i>A. xalapensis</i>	21.2	7.5	12.31	6.4	2.9	4.69	23.33	7.33	13.19	9.6	3.1	6.59
<i>J. flaccida</i>	13.27	8.13	11.03	9.2	6.8	8.08	16	10.33	13.43	11.3	7.6	9.77
<i>P. pseudostrabus</i>	42.5	8.9	18.1	16	7.1	10.44	44.4	11.57	20.12	18.73	10.4	12.87
<i>P. teocote</i>	54.07	7.72	22.86	25.6	6.2	13.33	56.1	9.83	25.07	26.6	11.1	18.12
<i>Q. canbyi</i>	26.77	6.9	13.22	11.8	5.6	8.19	31.3	7.73	14.07	14.8	7	10.75
<i>Q. laeta</i>	54.2	6.93	19.64	12.9	4.1	8.98	55.8	9.03	20.52	17.62	4.12	10.98
<i>Q. rugosa</i>	24.83	11.5	18.38	10.9	7.4	8.63	30	12.53	21.08	11.6	7.2	9.63



La altura media ( $h_m$ ) corresponde a la media aritmética de las alturas totales de todos los árboles inventariados en cada sitio (Corral-Rivas et al., 2014; ecuación 2).

$$h_m = \frac{\sum_{i=1}^n h_i}{n} \quad (2)$$

donde:

$h_m$ : altura media de la parcela (m)

$h_i$ : altura total del árbol  $i$  (m)

$n$ : número de árboles presentes en el sitio de muestreo

El diámetro medio ( $d_m$ ) se calculó como la media aritmética de los diámetros de todos los árboles registrados en las parcelas, según la ecuación 3 (Corral-Rivas et al., 2014).

$$d_m = \frac{\sum_{i=1}^n dn_i}{n} \quad (3)$$

donde:

$d_m$ : diámetro medio de los sitios en (cm)

$dn_i$ : diámetro normal del árbol  $i$  en (cm)

$n$ : número de árboles presentes en el sitio de muestreo

El área basal ( $G$ ) es una medida del arbolado ampliamente usada en la dasonomía y es la relación entre las secciones normales de los árboles de un espacio forestal y la superficie de terreno que ocupan (Bettinger et al. 2009; ecuación 4). A partir de los datos diamétricos, se calculó el área basal de cada individuo y de las parcelas, proyectado a hectáreas (Corral-Rivas et al., 2014).

$$G = \sum_{i=1}^n \frac{\pi}{4} * d^2 * \frac{10000}{S} \quad (4)$$

donde:

$G$ : área basal ( $m^2 ha^{-1}$ )

$d$ : diámetro normal (cm)

$S$ : superficie de la parcela en proyección horizontal ( $m^2$ )

Para el área basal por hectárea de las categorías diamétricas, se usó la ecuación 5 (Romahn y Ramírez, 2006).

$$G = 0.7854(d)^2 (n)/10000 \quad (5)$$

donde:

$G$ : área basal ( $m^2 ha^{-1}$ )

$d$ : diámetro medio de la categoría diamétrica (cm)

$n$ : número de árboles de la categoría por hectárea

El volumen rollo total ( $V_{rt}$ ) se estimó a través de ecuaciones de volumen tomadas de Nívar (2010) y Nívar-Cháidez (2010) para los sitios templados de Nuevo León, la ecuación 6 para los géneros *Pinus*, *Abies* y *Juniperus* y la ecuación 7 para las especies latifoliadas.

$$V_{rt} = 1.006 (0.00006dn^{1.97}h^{0.96}) + 1.13 (0.000004dn^{2.25}h^{0.12}) + 1.24 (0.00002dn^{2.34}h^{0.60}) \quad (6)$$

$$V_{rt} = 1.008 (0.00008dn^{1.91}h^{0.81}) + 1.11 (0.000004dn^{2.69}h^{0.28}) + 1.21 (0.00002dn^{2.17}h^{0.78}) \quad (7)$$

donde:

$V_{rt}$ : volumen rollo total árbol ( $m^3$ )

$dn$ : diámetro normal (cm)

$h$ : altura total (m)

La biomasa total ( $B_t$ ) se estimó utilizando la ecuación 8.

$$B_t = v \times dbm \times \delta \quad (8)$$

donde:

$B_t$ : biomasa total

$v$ : volumen ( $m^3$ )

$dbm$ : densidad básica de la madera (adimensional; peso anhidro/volumen verde)

$\delta$ : densidad del agua =  $1 t m^{-3}$

La tabla 2 muestra la densidad básica de la madera para cada especie que se consideró en la estimación de la biomasa.

El carbono ( $C$ ) se estimó multiplicando la biomasa total por un factor de conversión ( $FC$ ) que considera el porcentaje de carbono contenido en la biomasa (ecuación 9), utilizando datos de la literatura para las especies presentes en las parcelas (Tabla 2) (Acosta et al., 2011).

TABLA 2. Densidad relativa básica de la madera y porcentaje de carbono empleada en las especies estudiadas.

<i>Especie</i>	<i>DBM</i>	<i>Autor</i>	<i>FC</i>	<i>Autor</i>
<i>Abies vejarii</i>	0.38	Sotomayor (2008)	0.47	Conafor (2008b)
<i>Pinus pseudostrobus</i>	0.55	Sotomayor (2008)	0.50	Jiménez et al. (2013b)
<i>Pinus teocote</i>	0.52	Sotomayor (2003)	0.47	Conafor (2008b)
<i>Quercus canbyi</i>	0.78	Conafor (2008a)	0.49	Jiménez et al. (2013b)
<i>Quercus laeta</i>	0.75	De la Paz Pérez y Dávalos (2008)	0.48	Aguirre-Calderón y Jiménez-Pérez (2011)
<i>Quercus mexicana</i>	0.61	De la Paz Pérez y Dávalos, (2008)	0.48	Aguirre-Calderón y Jiménez-Pérez (2011)
<i>Quercus polymorpha</i>	0.78	Conafor (2008a)	0.48	Aguirre-Calderón y Jiménez-Pérez (2011)
<i>Quercus rugosa</i>	0.69	De la Paz Pérez y Dávalos (2008)	0.48	Aguirre-Calderón y Jiménez-Pérez (2011)
<i>Arbutus xalapensis</i>	0.75	Rodríguez (2001)	0.51	Jiménez et al. (2013b)
<i>Juniperus flaccida</i>	0.50	Borja de la Rosa et al. (2010)	0.51	Jiménez et al. (2013b)

*DBM* : densidad relativa básica de la madera (peso anhidro/volumen verde); *FC* : factor de conversión a carbono.

$$C = Bt * FC \quad (9)$$

donde:

*C* : carbono almacenando (mg ha<sup>-1</sup>)

*Bt* : biomasa total (mg ha<sup>-1</sup>)

*FC* : factor de conversión a carbono

En general, la materia vegetal seca contiene aproximadamente 50% de carbono almacenado, valor citado en los inventarios de gases de efecto invernadero, (Husch, 2001; Penman et al., 2003; Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático [IPCC], 2005), esto se debe a que el carbono contenido en los árboles no varía significativamente entre componentes estructurales, ni de una región a otra (Carrillo et al., 2014; Hernández, 2015). Además, el IPCC (1996) recomienda, en el caso de no existir datos específicos, considerar también este porcentaje. Sin embargo, Koch (1989) menciona que las latifoliadas y las coníferas tienen un factor de conversión a C de 0.531 y 0.521 respectivamente. La Organización de las Naciones

Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2000) menciona que la vegetación de los bosques contiene entre 42% y 48% de C en la biomasa seca, mientras que Fragoso (2003) y Zamora (2003) utilizaron un factor de conversión a C de 0.45 en estudios realizados en bosques templados en el estado de Michoacán. Es posible que estos autores varíen en el valor del factor de conversión a C en la materia vegetal seca debido a que los estudios se han realizado en distintos lugares. En la tabla 2 se muestran los factores de conversión a carbono por especie, considerados en este estudio.

Para calcular el dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>eq) se empleó la metodología propuesta por Penman et al. (2003) y el IPCC (2006), la cual establece que para convertir la cantidad de carbono almacenada en los bosques naturales se requiere multiplicar la cantidad de toneladas de carbono que almacenan los bosques por un factor de conversión de 3.67 que corresponde a la proporción del peso molecular de CO<sub>2</sub> a carbono (CO<sub>2</sub>eq).

$$CO_2eq = C * Fc \quad (10)$$



donde:

CO<sub>2</sub>eq : dióxido de carbono equivalente (Mg ha<sup>-1</sup>)

C : carbono total (Mg ha<sup>-1</sup>)

F<sub>c</sub> : factor de conversión a CO<sub>2</sub>, (44/12 = 3.67)

La liberación neta de oxígeno (O<sub>2</sub>) se calculó utilizando la siguiente expresión:

$$O_2 = C \times F_c \quad (11)$$

donde:

O<sub>2</sub> : oxígeno estimado (Mg año<sup>-1</sup>)

C : carbono total (Mg ha<sup>-1</sup>)

F<sub>c</sub> : factor de conversión (32/12 = 2.66) (Méndez et al. 2011)

El incremento periódico anual (IPA) se calculó para cada una de las variables dasométricas, considerando los datos de la medición (2013) y la remediación (2018), utilizando la ecuación 12.

$$IPA = (Y_{(t+n)} - Y_t) / n \quad (12)$$

donde:

IPA : Incremento periódico anual

Y : dimensión de la variable considerada

t : edad (años)

n : tiempo transcurrido durante el incremento (años; Imaña y Encinas, 2008)

Para determinar la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre mediciones, se realizó una prueba de comparación de medias dependientes (t-Student) considerando un intervalo de confianza a 95 % (p < 0.05). Primero se constató que los datos cumplieran con los supuestos de normalidad, con la finalidad de corroborar si los valores provienen de una distribución normal, mediante la prueba de Shapiro-Wilk. La evaluación se realizó comparando la media de los diferentes valores dasométricos utilizando el software estadístico SPSS versión 25 (IBM Corp, 2017).

## RESULTADOS

En las cuatro parcelas se registraron 10 especies de árboles, pertenecientes a cinco géneros y cuatro familias. La familia Fagaceae presentó la mayor riqueza con cinco especies, seguida de la familia Pinaceae con tres especies (Tabla 3).

TABLA 3. Familias y especies registradas en las parcelas forestales (inventario 2013 y 2018). Clasificación de acuerdo con *The Plant List* (2013).

Familia	Nombre científico	Nombre común	Clave
Pinaceae	<i>Abies vejarii</i> Martínez	Oyamel	A.v.
Pinaceae	<i>Pinus pseudostrabus</i> Lindl.	Pino blanco	P.p.
Pinaceae	<i>Pinus teocote</i> Schiede ex Schltdl. & Cham	Ocote	P.t.
Fagaceae	<i>Quercus canbyi</i> Trel.	Encino amarillo	Q.c.
Fagaceae	<i>Quercus laeta</i> Liebm.	Encino colorado	Q.l.
Fagaceae	<i>Quercus mexicana</i> Bonpl.	Encino de México	Q.m.
Fagaceae	<i>Quercus polymorpha</i> Schltdl. & Cham.	Encino roble	Q.p.
Fagaceae	<i>Quercus rugosa</i> Née	Encino blanco	Q.r.
Ericaceae	<i>Arbutus xalapensis</i> Kunth	Madroño	A.x.
Cupressaceae	<i>Juniperus flaccida</i> Schltdl.	Enebro	J.f.

En la tabla 4 se observa el número de individuos encontrados en los años 2013 y 2018, así como el número de árboles muertos que estuvieran en pie o caídos, el número de tocones, que representa la reducción en los individuos. Se observa un número de individuos reclutados que corresponde a la regeneración del lugar, ya que los bosques tienen una función dinámica y se encuentran en constante desarrollo. La parcela Cañada El Llorón presentó un aumento de tres individuos, a diferencia de las restantes, las cuales presentaron una reducción en el número de individuos, siendo El Alamillal la que presentó mayor disminución.

Considerando la densidad ( $\text{ha}^{-1}$ ), las parcelas dominadas por encinos (Agua Blanca y El Alamillal) fueron las que presentaron mayor número de árboles registrando en cada una de estas parcelas  $600 \text{ ha}^{-1}$  en 2013, y una reducción en el número de individuos en 2018, causada por el aprovechamiento o la muerte de individuos (tabla 4). En las parcelas dominadas por pino (Canoas y Cañada El Llorón) el número de individuos permaneció estable, mostrando un ligero incremento; estas parcelas fueron las que presentaron menor densidad de las cuatro estudiadas. La mayor densidad de individuos presentes en la parcela Agua Blanca corresponde a *Q. mexicana* con un aumento de ocho árboles por hectárea en cinco años respectivamente. Mientras que *P. teocote* en Canoas registró la mayor densidad

de árboles, con una reducción de  $8 \text{ ha}^{-1}$  en un lapso de cinco años (Tabla 5).

La altura media presentó un incremento estadísticamente significativo ( $p > 0.05$ ) durante el periodo de evaluación, pasando de  $13.68 \text{ m} \pm 6.29 \text{ m}$  en 2013 a  $14.93 \text{ m} \pm 6.19 \text{ m}$  en 2018, es decir, un aumento de  $1.25 \text{ m}$  en cinco años. Se observa que el género *Pinus* domina en altura en la mayoría de las parcelas evaluadas, siendo *P. pseudostrobus* el más alto en la parcela Canoas, *P. teocote* en Agua Blanca, *Q. polymorpha* en Cañada El Llorón y *P. teocote* en El Alamillal (Tabla 6).

Los análisis del diámetro medio muestran aumento de  $0.66 \text{ cm}$  de 2013 a 2018 (de  $25.85 \text{ cm} \pm 15.62 \text{ cm}$  a  $26.51 \text{ cm} \pm 16.05 \text{ cm}$ ), sin embargo, no se presentaron diferencias estadísticas significativas ( $p > 0.05$ ) entre parcelas. A pesar de ello, se observa que algunas especies destacan en diámetro en las parcelas, dominando *P. pseudostrobus* y *P. teocote* en Canoas, *P. teocote* en Agua Blanca y El Alamillal, y *Q. mexicana*, *Q. rugosa* y *Q. polymorpha* en Cañada El Llorón (Tabla 5).

El área basal en las parcelas estudiadas muestra diferencias estadísticas significativas ( $p > 0.05$ ) entre los dos tiempos de medición. Canoas presentó un incremento de  $4.71 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ ; destacando *P. teocote* con un aumento de  $3.5 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ . *Q. mexicana* sobresalió en G con aumentos de  $3.04 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$  y  $1.85 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$  en Agua Blanca y Cañada El Llorón, y *P. teocote* con mayor G en El Alamillal (Tabla 6).

TABLA 4. Número de individuos, tocones, árboles muertos y reclutados en las parcelas muestreadas.

Parcela	No. de ind. 2013 ( $\text{ha}^{-1}$ )	Tocón	Muertos en pie/caídos	Reclutados	No. de ind. 2018 ( $\text{ha}^{-1}$ )
Canoas	280	12	4	20 (4)	284
Agua Blanca	600	12	24	32 (-4)	596
Cañada El Llorón	408	24	28	64 (12)	420
El Alamillal	600	28	16	20 (-24)	576



TABLA 5. Densidad de individuos y diámetro medio en las parcelas muestreadas en los años 2013 y 2018 e incremento periódico anual en diámetro durante el periodo.

Especie	Densidad de individuos (ha <sup>-1</sup> )		Diámetro medio ± desviación estándar (cm)		IPA (cm año <sup>-1</sup> )
	2013	2018	2013	2018	
Canoas					
<i>P. pseudostrobus</i>	36	36	59.42 ± 9.57	61.39 ± 11.13	0.39
<i>P. teocote</i>	184	176	48.24 ± 12.85	50.67 ± 12.94	0.49
<i>Q. mexicana</i>	12	12	34.91 ± 11.91	35.6 ± 12.77	0.14
<i>Q. rugosa</i>	48	60	27.92 ± 14.23	22.99 ± 5.12	-0.99
Total	280	284	42.62	42.66	0.03
Agua Blanca					
<i>A. vejarii</i>	100	112	20.37 ± 5.40	20.86 ± 8.40	0.1
<i>P. teocote</i>	124	108	33.36 ± 10.73	35 ± 11.03	0.33
<i>Q. mexicana</i>	348	356	22.57 ± 73.63	24.75 ± 8.19	0.44
<i>Q. polymorpha</i>	28	20	18.37 ± 8.34	18.84 ± 8.16	0.09
Total	600	596	23.67	24.86	0.96
Cañada El Llorón					
<i>Q. mexicana</i>	176	172	33.46 ± 0.33	35.06 ± 0.57	0.32
<i>Q. polymorpha</i>	20	8	30.95 ± 17.05	31.65 ± 15.34	0.14
<i>P. pseudostrobus</i>	116	148	21.34 ± 11.74	19.87 ± 11.98	-0.29
<i>Q. rugosa</i>	20	20	31.06 ± 18.58	32.07 ± 19.32	0.2
<i>P. teocote</i>	68	64	18.55 ± 10.63	18.92 ± 10.11	0.07
<i>A. xalapensis</i>	8	8	7.77 ± 12.19	8.33 ± 11.51	0.11
Total	408	420	23.86	24.32	0.55
El Alamillal					
<i>A. xalapensis</i>	120	120	12.55 ± 4.05	13.31 ± 4.32	0.15
<i>J. flaccida</i>	20	16	11.03 ± 2.60	13.43 ± 2.82	0.48
<i>P. pseudostrobus</i>	48	36	18.1 ± 11.59	20.12 ± 11.52	0.4
<i>P. teocote</i>	152	140	22.81 ± 10.77	25.07 ± 10.87	0.45
<i>Q. canbyi</i>	116	140	13.29 ± 4.73	14.36 ± 5.77	0.21
<i>Q. laeta</i>	124	112	19.64 ± 11.99	20.81 ± 11.82	0.23
<i>Q. rugosa</i>	20	12	18.38 ± 6.68	21.08 ± 8.74	0.54
Total	600	576	16.54	18.31	2.48

IPA: incremento periódico anual.

TABLA 6. Altura media y área basal de los individuos registrados en las parcelas muestreadas en los años 2013 y 2018 e incremento periódico anual de las dos variables durante el periodo.

Especie	Altura media $\pm$ desviación estándar		IPA	Área basal $\pm$ desviación estándar		IPA
	(m)		(m año <sup>-1</sup> )	(m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )		(m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )
	2013	2018		2013	2018	
Canoas						
<i>P. pseudostrobus</i>	26.11 $\pm$ 2.34	26.86 $\pm$ 2.37	0.15	10.21 $\pm$ 0.33	10.97 $\pm$ 0.41	0.15
<i>P. teocote</i>	23.67 $\pm$ 4.30	24.01 $\pm$ 4.25	0.07	34.41 $\pm$ 0.39	37.91 $\pm$ 0.45	0.7
<i>Q. mexicana</i>	9.13 $\pm$ 2.84	12.67 $\pm$ 4.73	0.71	1.24 $\pm$ 0.24	1.3 $\pm$ 0.26	0.01
<i>Q. rugosa</i>	10.42 $\pm$ 3.49	10.64 $\pm$ 4.60	0.04	3.02 $\pm$ 0.32	3.41 $\pm$ 0.30	0.08
Total	17.33	18.55	0.97	48.88	53.59	0.94
Agua Blanca						
<i>A. vejarii</i>	16.86 $\pm$ 2.88	16.22 $\pm$ 4.22	-0.13	3.18 $\pm$ 0.08	4.43 $\pm$ 0.13	0.25
<i>P. teocote</i>	20.13 $\pm$ 2.90	21.28 $\pm$ 3.11	0.23	10.38 $\pm$ 0.23	11.38 $\pm$ 0.25	0.2
<i>Q. mexicana</i>	15.19 $\pm$ 3.88	16.16 $\pm$ 4.14	0.19	15.55 $\pm$ 0.13	18.59 $\pm$ 0.14	0.61
<i>Q. polymorpha</i>	12.22 $\pm$ 3.05	12.89 $\pm$ 2.97	0.13	0.62 $\pm$ 0.12	0.64 $\pm$ 0.12	0
Total	16.1	16.64	0.43	29.73	35.04	1.06
Cañada El Llorón						
<i>Q. mexicana</i>	11.56 $\pm$ 1.63	13.1 $\pm$ 1.90	0.31	19.68 $\pm$ 0.01	21.53 $\pm$ 0.01	0.37
<i>Q. polymorpha</i>	14.2 $\pm$ 5.22	14.87 $\pm$ 4.88	0.13	0.64 $\pm$ 0.35	0.66 $\pm$ 0.32	0
<i>P. pseudostrobus</i>	11.82 $\pm$ 3.99	11.45 $\pm$ 3.89	-0.07	5.3 $\pm$ 0.18	6.66 $\pm$ 0.20	0.27
<i>Q. rugosa</i>	12 $\pm$ 4	14.7 $\pm$ 4.42	0.54	1.7 $\pm$ 0.52	1.78 $\pm$ 0.56	0.02
<i>P. teocote</i>	10.21 $\pm$ 0.85	11.23 $\pm$ 0.62	0.2	1.77 $\pm$ 0.21	2.48 $\pm$ 0.20	0.14
<i>A. xalapensis</i>	4.45 $\pm$ 1.85	5.35 $\pm$ 2.75	0.18	0.04 $\pm$ 0.02	0.04 $\pm$ 0.05	0
Total	10.71	11.78	1.29	29.13	33.15	0.8
El Alamillal						
<i>A. xalapensis</i>	4.63 $\pm$ 1	6.51 $\pm$ 1.95	0.38	1.53 $\pm$ 0.003	1.78 $\pm$ 0.04	0.05
<i>J. flaccida</i>	8.08 $\pm$ 0.99	9.77 $\pm$ 1.58	0.34	0.16 $\pm$ 0.02	0.23 $\pm$ 0.02	0.01
<i>P. pseudostrobus</i>	10.44 $\pm$ 3.31	12.87 $\pm$ 2.68	0.49	1.26 $\pm$ 0.18	1.48 $\pm$ 0.20	0.04
<i>P. teocote</i>	17.56 $\pm$ 4.59	18.17 $\pm$ 4.03	0.91	6.98 $\pm$ 0.19	8.18 $\pm$ 0.20	0.24
<i>Q. canbyi</i>	8.28 $\pm$ 1.51	10.71 $\pm$ 2.09	0.49	1.81 $\pm$ 0.05	2.4 $\pm$ 0.07	0.12
<i>Q. laeta</i>	8.88 $\pm$ 2.43	11.06 $\pm$ 4.35	0.44	4.61 $\pm$ 0.22	4.81 $\pm$ 0.22	0.04
<i>Q. rugosa</i>	8.63 $\pm$ 1.97	9.63 $\pm$ 2.24	0.2	0.35 $\pm$ 0.08	0.47 $\pm$ 0.12	0.02
Total	9.5	11.25	3.24	16.7	19.35	0.53

IPA: incremento periódico anual.



Los resultados obtenidos para el volumen rollo total en las parcelas mostraron diferencias estadísticas significativas ( $p > 0.05$ ) entre ambos periodos de evaluación. Canoas presentó los valores más altos, con tendencia creciente de  $35.54 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ; en esta parcela, *P. teocote* mostró mayor incremento de  $26.17 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , seguido de *P. pseudostrabus* con incremento de  $6.53 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ . Agua Blanca exhibió un aumento de  $27.78 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ; en ella, *P. teocote* y *Q. mexicana* obtuvieron los mayores aumentos con  $8.01 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  y  $13.3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , respectivamente. Por otra parte *Q. mexicana* y *P. pseudostrabus*, presentes en Cañada El Llorón, fueron las especies que registraron mayores incrementos:  $10.46 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  y  $6.82 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , respectivamente. Sin embargo, en El Alamillal se registró un aumento de  $20.50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , donde *P. teocote* fue el más representativo, con  $11.5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  (Fig. 2).

Los análisis de biomasa total en las parcelas estudiadas revelaron diferencias estadísticas significativas ( $p > 0.05$ ). Canoas registró el valor más alto, con aumento de  $19.07 \text{ Mg ha}^{-1}$  en el intervalo de estudio; en esta parcela *P. teocote* registró el mayor incremento ( $13.61 \text{ Mg ha}^{-1}$ ), mientras que *Q. mexicana* presentó la menor cantidad, sin presentar diferencias significativas ( $p > 0.05$ ). Agua Blanca presentó

diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) con aumento de  $14.77 \text{ Mg ha}^{-1}$ . Cañada El Llorón presentó un aumento de  $12.45 \text{ Mg ha}^{-1}$ , siendo *Q. mexicana* la de mayor incremento estimado ( $6.38 \text{ Mg ha}^{-1}$ ), observando diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ). El Alamillal registró los menores aumentos respecto a las otras parcelas, mostrando diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) con incremento de  $12.47 \text{ Mg ha}^{-1}$  (Fig. 3).

La fijación del carbono estimada en las parcelas durante el periodo de estudio arrojó diferencias estadísticas significativas ( $p > 0.05$ ). La retención total en Canoas fue  $9.12 \text{ Mg ha}^{-1}$ , siendo *P. teocote* la especie que acumuló mayor cantidad con aumento de  $6.51 \text{ Mg ha}^{-1}$ . Por otro lado, Agua Blanca almacenó  $7.06 \text{ Mg ha}^{-1}$ , donde *Q. mexicana* y *P. teocote* mostraron una acumulación de  $3.88 \text{ Mg ha}^{-1}$  y  $1.99 \text{ Mg ha}^{-1}$ , respectivamente. Cañada El Llorón registró una acumulación de  $5.95 \text{ Mg ha}^{-1}$ , siendo *Q. mexicana* la que acumuló las cantidades más altas con un aumento acumulado de  $3.05 \text{ Mg ha}^{-1}$  en los cinco años del estudio. El Alamillal registró la menor cantidad de C, almacenando  $5.95 \text{ Mg ha}^{-1}$ , siendo *P. teocote* el de mayor retención, con  $2.85 \text{ Mg ha}^{-1}$  a lo largo de los cinco años (Fig. 4).

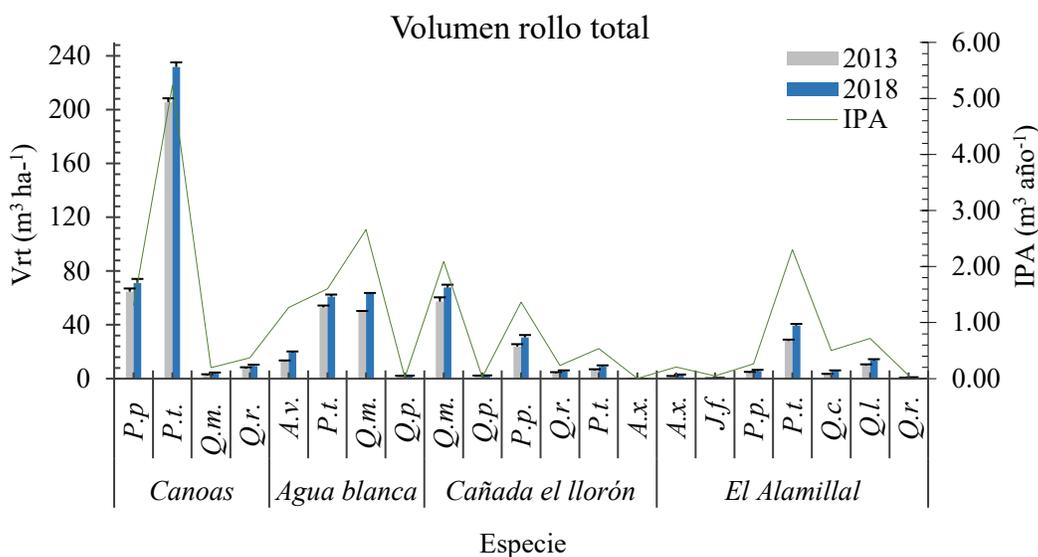


FIGURA 2. Crecimiento e incremento periódico anual del volumen rollo total por especie en las parcelas muestreadas en el periodo 2013-2018.

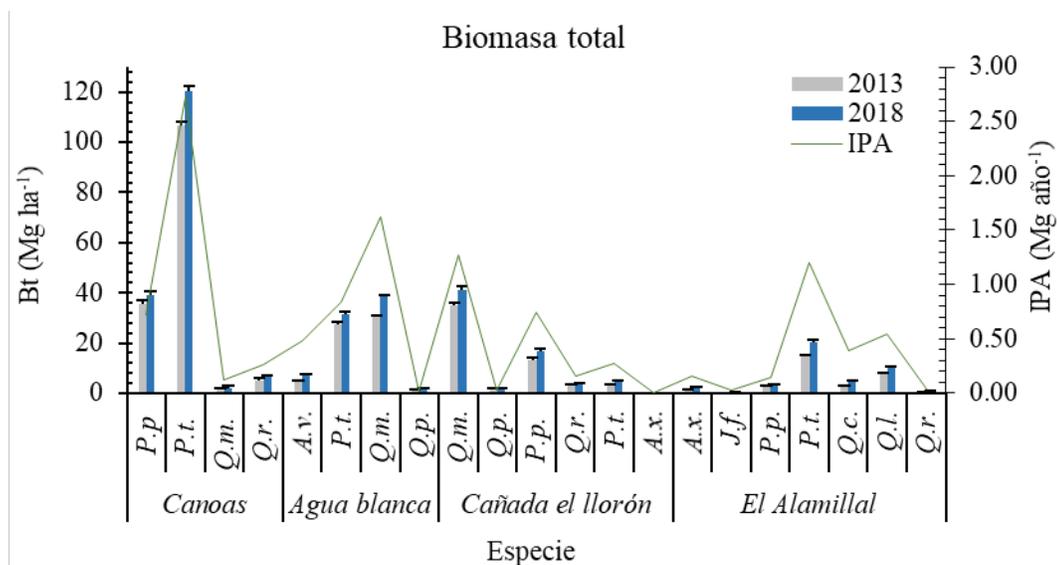


FIGURA 3. Crecimiento e incremento periódico anual de la biomasa total por especie en las parcelas muestreadas en el periodo 2013-2018.

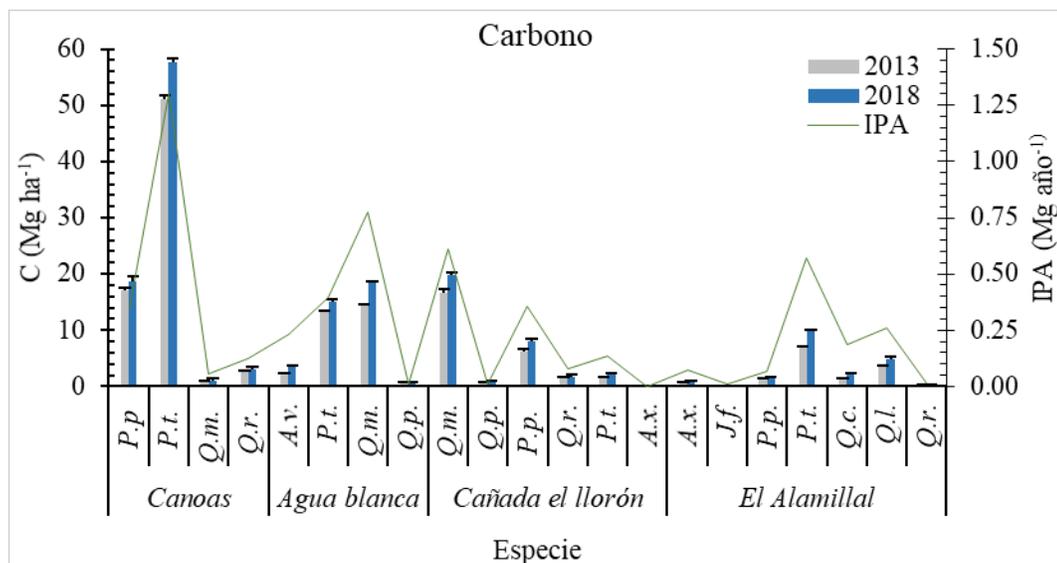


FIGURA 4. Crecimiento e incremento periódico anual de carbono almacenado por especie en las parcelas muestreadas en el periodo 2013-2018.

Los análisis del dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>eq) en las parcelas estudiadas revelaron diferencias estadísticas significativas ( $p > 0.05$ ). Canoas retuvo 33.46 Mg ha<sup>-1</sup>, donde *P. teocote* presentó mayor acumulación (23.87 Mg ha<sup>-1</sup>). Por otra parte, las especies *Q. mexicana* y *P. teocote* presentes en Agua Blanca registraron la mayor acumulación de dióxido de carbono con acumulaciones de

14.48 Mg ha<sup>-1</sup> y 7.29 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Mientras que la parcela Cañada el llorón secuestró 21.82 Mg ha<sup>-1</sup>, donde *Q. mexicana* estimó una acumulación de 11.19 Mg ha<sup>-1</sup>. El Alamillal almacenando 21.86 Mg ha<sup>-1</sup> fue la parcela que arrojó el menor secuestro, en ella, *P. teocote* acumuló 10.48 Mg ha<sup>-1</sup> (Fig. 5).

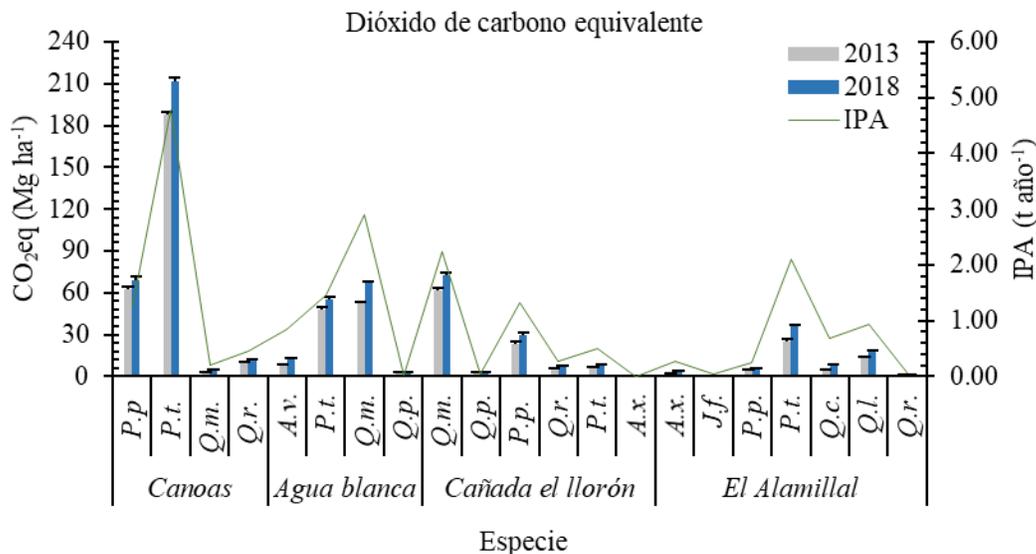


FIGURA 5. Crecimiento e incremento periódico anual de CO<sub>2</sub>eq por especie en las parcelas muestreadas en el periodo 2013-2018.

El análisis obtenido del oxígeno (O<sub>2</sub>) señala diferencias estadísticas significativas ( $p > 0.05$ ) en las parcelas. La mayor producción de oxígeno se estimó en la parcela Canoas, seguida de Agua Blanca y Cañada El Llorón, mientras que El Alamillal fue la que registró menor producción. Sin embargo, las parcelas presentaron aumentos en el periodo de estudio, correspondiéndole a Canoas 24.34 Mg año<sup>-1</sup>, a Agua Blanca 18.85 Mg año<sup>-1</sup>, a Cañada El Llorón 15.88 Mg año<sup>-1</sup> y a El Alamillal 15.90 Mg año<sup>-1</sup>. Las especies *P. teocote* y *P. pseudostrobus* presentaron mayor producción de oxígeno en Canoas. Sin embargo, en Agua Blanca *Q. mexicana* y *P. teocote* fueron las especies que mostraron mayor producción con incrementos de 10.36 Mg año<sup>-1</sup> y 4.58 Mg año<sup>-1</sup>, respectivamente. En Cañada El Llorón, *Q. mexicana* registró mayor producción con un aumento de 8.13 Mg año<sup>-1</sup>, mientras que *P. teocote*, presente en El Alamillal, registró un aumento de 7.62 Mg año<sup>-1</sup> (Fig. 6).

Al analizar las diferencias que muestran los incrementos periódicos anuales, para el periodo de estudio, el mayor IPA se obtuvo para *P. teocote*, presente en Canoas y en El Alamillal para cada una de las variables dasométricas

analizadas; sin embargo, *Q. mexicana* obtuvo los valores más altos en las parcelas Agua Blanca y Cañada El Llorón. El menor IPA fue registrado para *Q. mexicana*, en Canoas; *Q. polymorpha*, en Agua Blanca, *A. xalapensis*, en Cañada El Llorón y *Q. rugosa* en El Alamillal.

En la tabla 7 se muestran los resultados de los análisis estadísticos con la prueba t-Student. Estos revelaron diferencias significativas en  $h_m$ , G, Vrt, Bt, C, CO<sub>2</sub>eq, O<sub>2</sub> entre los dos tiempos de evaluación: 2013 y 2018. Sin embargo, se observó que el  $d_m$  no presentó incrementos significativos ( $p > 0.110$ ).

## DISCUSIÓN

La estructura general de los bosques templados se caracteriza principalmente por el dominio de las familias Pinaceae (pinos y especies afines) y Fagaceae (robles y especies similares) (Woodward et al., 2004). Estas familias han sido registradas como las de mayor representatividad y de amplia distribución en todas las cadenas montañosas con este tipo de bosques en México (Aragón-Piña et al., 2010; Hernández-Salas et al., 2013; López-Hernández et al., 2017; Manzanilla-Quijada et al., 2020).

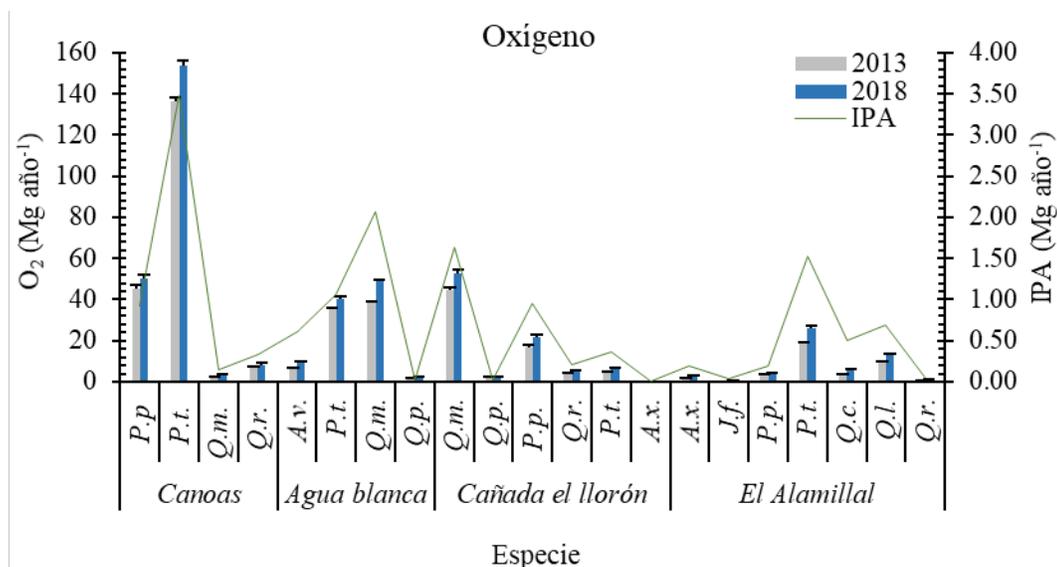


FIGURA 6. Crecimiento e incremento periódico anual de oxígeno por especie en las parcelas muestreadas en el periodo 2013-2018.

TABLA 7. Resultados de las pruebas t-Student que comparan los parámetros dasométricos en el periodo de evaluación 2013-2018.

Parámetros dasométricos	T1-T2	sd	Error	t	gl	p
$h_m$ (m)	-1.14500	0.49776	0.24888	-4.601	3	0.019
$d_m$ (cm)	-0.86500	0.76796	0.38398	-2.253	3	0.110
G ( $m^2 ha^{-1}$ )	-4.21250	1.09259	0.54630	-7.711	3	0.005
Vrt ( $m^3 ha^{-1}$ )	-26.27250	6.98512	3.49256	-7.522	3	0.005
Bt ( $Mg ha^{-1}$ )	-14.69250	3.12114	1.56057	-9.415	3	0.003
C ( $Mg ha^{-1}$ )	-7.02250	1.49221	0.74611	-9.412	3	0.003
CO <sub>2</sub> eq ( $Mg ha^{-1}$ )	-25.82500	5.48230	2.74115	-9.421	3	0.003
O <sub>2</sub> ( $Año ha^{-1}$ )	-18.74250	3.98402	1.99201	-9.409	3	0.003

$h_m$  = Altura media;  $d_m$  = diámetro medio; G = área basal; Vrt = volumen rollo total; Bt = biomasa total; C = carbono; CO<sub>2</sub>eq = dióxido de carbono equivalente; O<sub>2</sub> = oxígeno; T1= media del 2013; T2= media del 2018, sd= ± desviación estándar, t= valor de t, gl= grados de libertad, p= valor de p.

Los cambios más visibles en la densidad durante el periodo de estudio, causados por árboles muertos (en pie y caídos) y por la incorporación de nuevos individuos, podrían deberse a que estos compiten por recursos como el espacio de crecimiento y radiación solar; estos factores, de acuerdo con Saavedra-Romero et al. (2016), son importantes para determinar el adecuado desarrollo y crecimiento de un árbol. El hecho de que en las parcelas muestreadas se

encontraran tocones que estaban presentes en la primera medición indica el mal uso de los recursos maderables a través de la tala clandestina. La incorporación de individuos observada en la segunda evaluación concuerda con lo señalado por Silva-González et al. (2021), quienes encontraron tocones y árboles que se fueron incorporando en las parcelas muestreadas.



Considerando la altura media que alcanzaron los individuos en las parcelas muestreadas, estas fueron diferentes en los dos tiempos de medición y las diferencias fueron significativas ( $p > 0.05$ ). Esta tendencia es similar a la registrada por Graciano-Ávila et al. (2019) en Durango con un intervalo de 10 años (2007-2017) y Hernández-Salas et al. (2018) en el noroeste de México con mediciones en intervalos de 10 años (1986, 1996 y 2006).

El diámetro medio de los árboles muestreados varió en cada una de las parcelas analizadas; Canoas presentó los mayores diámetros, mientras que El Alamillal los menores. Por otra parte, de acuerdo con los análisis por especie en cada parcela, el diámetro medio aumentó significativamente del 2013 y 2018. Pero los análisis entre las parcelas en ambos tiempos de medición no mostraron diferencias significativas ( $p > 0.110$ ). Hernández-Salas et al. (2018) señalan aumentos significativos para esta variable en tres evaluaciones con intervalos de 10 años (1986, 1996 y 2006) en bosques templados bajo manejo en el noreste de México.

El área basal presentó incrementos significativos en el periodo de cinco años; esto se atribuye al reclutamiento o incorporación de árboles y al aumento en la tasa de crecimiento del diámetro. Según Prodan et al. (1997),  $G$  tiene fuerte relación con la densidad y con el volumen. Uno de los mejores indicadores para medir el grado de recuperación del bosque es el  $G$  (Norden et al., 2009). Diversos autores señalan que el  $G$  de los bosques secundarios incrementa de forma asintótica a través del tiempo y tiende a ser semejante a los bosques primarios (Guariguata y Kattan, 2002; Ruschel et al., 2009). Lo resultados de  $G$  de este estudio se encuentran dentro de los intervalos registrados en bosques de la Sierra Madre Oriental (Aguirre et al., 2003; Avila et al., 2017).

El volumen rollo total es un indicador para la planeación y manejo de los recursos forestales, los resultados volumétricos estimados en las parcelas analizadas estuvieron por arriba de la media nacional para los bosques de coníferas y latifoliadas en el país ( $62 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ; Comisión Nacional Forestal [Conafor], 2018). Estos resultados se debieron a que los individuos muestreados pertenecen a árboles dominantes y maduros, ubicados dentro del sistema

montañoso de la Sierra Madre Oriental. Los valores estimados en el cálculo del volumen son similares a los registrados por Graciano et al. (2019), quienes obtuvieron  $207.36 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  en bosques templados en la región de El Salto Durango y a los de Graciano-Ávila et al. (2020), quienes evaluaron la vegetación arbórea en bosques templados de Durango obteniendo valores de  $198 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  en el año 2007 y  $246 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  en 2017. Sin embargo, son altos en relación con los obtenidos por Nívar-Cháidez (2010) para los bosques templados del estado de Nuevo León ( $115 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ). Los valores obtenidos pueden tener variación en comparación con estudios similares, de acuerdo con la densidad y mezcla de especies (Nívar-Cháidez y González-Elizondo, 2009).

La parcela Canoas presentó la mayor biomasa total, estando muy por encima del promedio de  $74.16 \text{ Mg ha}^{-1}$  registrado por Nívar-Cháidez (2010) para los bosques templados del estado de Nuevo León, sin embargo, Agua Blanca y Cañada El Llorón tuvieron valores alrededor de ese promedio, la parcela El Alamillal estuvo por debajo de la misma. Graciano et al. (2019) registraron una biomasa total de  $130.28 \text{ Mg ha}^{-1}$  en un bosque de clima templado en el estado de Durango, siendo nuestros resultados ligeramente superiores en la parcela Canoas, pero inferiores en Agua blanca, Cañada el Llorón y El Alamillal. Aunque esta proporción puede variar entre parcelas, se hace evidente que esto depende de las condiciones en las que los individuos se desarrollen, como son el tipo de vegetación, el manejo, la competencia, la altitud y latitud, el clima, el suelo, la densidad, entre otros (Oliver y Larson, 1990). Además, Hernández-Moreno et al. (2020) señalan que los rodales con manejo forestal de bosques de pino-encino, podrían alcanzar acumulación de biomasa, similares a los rodales sin manejo o conservados en su estado natural, en un menor tiempo.

Con los valores de la biomasa obtenidos, se procedió a determinar la cantidad de carbono almacenado; se registró una mayor cantidad en la parcela Canoas, siendo el almacén más importante, mientras que El Alamillal secuestró menor cantidad. Hernández-Moreno et al. (2020), en la reserva de la biosfera Mariposa Monarca, estimaron  $155.03 \text{ Mg ha}^{-1}$  de

C en rodales sin manejo forestal y 128.44 Mg ha<sup>-1</sup> en rodales con manejo, valores por arriba de lo obtenido en este estudio. Graciano et al. (2019) evaluaron el contenido de C en un bosque de clima templado frío en Durango y obtuvieron 65.14 Mg ha<sup>-1</sup>, valor cercano a lo obtenido en este estudio; adicionalmente, las especies con mayor contenido de carbono son iguales a las que registran los valores más altos en el área analizada en este caso. Los datos obtenidos coinciden también con lo registrado por Acosta et al. (2009), quienes estimaron un promedio de 69.61 Mg ha<sup>-1</sup> en bosques mixtos de *Pinus patula*. Aguirre-Calderón y Jiménez-Pérez (2011) estimaron valores de 45.24 Mg ha<sup>-1</sup> en bosques de pino-encino, 64.20 Mg ha<sup>-1</sup> en bosques de encino-pino, *P. pseudostrobus* 73.18 Mg ha<sup>-1</sup> y *P. teocote* 47.01 Mg ha<sup>-1</sup>, en rodales de bosques mixtos en la región Sur de Nuevo León, lo que demuestra que los resultados aquí obtenidos se encuentran dentro del promedio para bosques templados.

El mayor almacén de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>eq) se registró en la parcela Canoas, lo que representa un importante depósito de CO<sub>2</sub>eq. Los datos son similares a los de Pacheco-Gutiérrez (2020), quien señala un aproximado de 284 toneladas de CO<sub>2</sub> actualmente almacenadas en el arbolado de zonas urbanas. De acuerdo con Valenzuela (2001), los bosques con alta tasa de crecimiento y desarrollo son más efectivos en el proceso de fotosíntesis al capturar el CO<sub>2</sub> de la atmósfera y fijándolo como C en sus componentes (fuste, ramas, hojas, corteza, raíces), además, liberan O<sub>2</sub> hacia la atmósfera. Se estima que, combinando estrategias de conservación forestal con proyectos de reforestación en todo el mundo, los bosques podrían resultar un sumidero neto de carbono durante los próximos cien años, permitiendo secuestrar entre 20% y 50% de las emisiones netas de CO<sub>2</sub> a la atmósfera (IPCC, 1996).

El consumo de aire (oxígeno, O<sub>2</sub>) es indispensable para todas las formas de vida terrestre, se estima que las coníferas producen más oxígeno que las latifoliadas (Espinosa, 2017). De acuerdo con Perry y LeVan (2003) y Espinosa (2017), una persona adulta consume en promedio 1 kg de oxígeno por día. Los resultados con mayor

producción de oxígeno se observaron en la parcela Canoas en 2018, cantidad suficiente para abastecer de O<sub>2</sub> a una población de 66.7 personas.

El incremento periódico anual (IPA) fue evaluado en un periodo de cinco años, obteniendo incrementos en las variables dasométricas. Estos concuerdan con trabajos publicados donde se observan incrementos, como el desarrollado por Araujo Murakami et al. (2006) en Bolivia y Arnoni Costa et al. (2017) en bosques de *Araucaria angustifolia* en el sur de Brasil. Por tanto, estos resultados revelan que el desarrollo de las variables dasométricas en bosques naturales, va acompañado de factores que afectan el arbolado a lo largo del tiempo, como la absorción de luz, la interceptación y evapotranspiración del agua, la fotosíntesis y la respiración (Pretzsch 2009). Este es el caso de las parcelas Agua Blanca y El Alamillal, que presentan mayor número de árboles lo que los hace competir por recursos como los mencionados anteriormente. De acuerdo con Burkhart y Tomé (2012), una gran abundancia de individuos produce una intensa competencia por agua y luz, lo cual indica menores tasas de crecimiento a nivel de individuo y a nivel de rodal.

## CONCLUSIONES

Los análisis realizados en ambos periodos de medición (2013 y 2018) permitieron determinar que la vegetación arbórea en las parcelas evaluadas tiende a aumentar en las variables dasométricas estimadas en el periodo transcurrido de cinco años, encontrando diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) a escala de parcela. Por lo anterior, se acepta la hipótesis planteada ya que se encontró evidencia suficiente en las parcelas analizadas en este estudio, observando incrementos en las estimaciones dasométricas; por lo tanto, en un futuro se podrían implementar estrategias y tomar decisiones de manejo forestal, como remover el arbolado que ha alcanzado su madurez, con el objetivo de darle oportunidad a los árboles jóvenes e incrementar la productividad del bosque. Además, este tipo de trabajos aportan información valiosa respecto a los cambios dasométricos existentes a través del tiempo.



## RECONOCIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) por el apoyo de beca de posgrado No. 469568 otorgada al primer autor. Al Programa de Apoyo a la Investigación Científica y Tecnología (PAICyT) CT05-19 UANL 2019 "Monitoreo y evaluación de los ecosistemas forestales del Sur de Nuevo León usando técnicas geomáticas".

## REFERENCIAS

- Acosta-Mireles, M., Carrillo-Anzures, F., & Díaz Lavariega, M. (2009). Determinación del carbono total en bosques mixtos de *Pinus patula* Schl. et cham. *Terra Latinoamericana*, 27(2), 105-114.
- Acosta-Mireles, M., Carrillo-Anzures, F., & Gómez Villegas, R. G., (2011). Estimación de biomasa y carbono en dos especies de bosque mesófilo de montaña. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2(4), 529-543.
- Aguirre, O. A., Hui, G., Gadow, K. v., & Jiménez, J. (2003). An analysis of spatial forest structure using neighbourhood-based variables. *Forest Ecology and Management*, 183(1-3), 137-145. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(03\)00102-6](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(03)00102-6)
- Aguirre-Calderón, O. A., & Jiménez-Pérez, J. (2011). Evaluación del contenido de carbono en bosques del sur de Nuevo León. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 2(6), 73-84.
- Aragón-Piña, E. E., Garza-Herrera, A., González-Elizondo, M. S., & Luna-Vega, I. (2010). Composición y estructura de las comunidades vegetales del rancho El Duranguense, en la Sierra Madre Occidental, Durango, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 81(3), 771-787.
- Araujo Murakami, A., Arroyo Padilla, L., Killeen, T. J., & Saldías Paz, M. (2006). Dinámica del bosque, incorporación y almacenamiento de biomasa y carbono en el Parque Nacional Noel Kempff Mercado. *Ecología en Bolivia*, 41(1), 24-45.
- Arnoni Costa, E., Hess, A. F., & Guimarães Finger, C. A. (2017). Estructura y crecimiento de los bosques de *Araucaria angustifolia* en el sur de Brasil. *Bosque (Valdivia)*, 38(2), 229-236.
- Avila, G. G., Rodríguez, E. A., Calderón, O. A. A., Tagle, M. A. G., Garza, E. J. T., & Oliva, A. M. (2017). Structural characterization of the trees of a forest ejido of northwest Mexico. *Madera y Bosques*, 23(3), 137-146. <https://doi.org/10.21829/myb.2017.2331480>
- Bettinger, P., Boston, K., Siry, J. P., & Grebner, D. L. (2009). *Forest Management and Planning*. Academic Press.
- Borja de la Rosa, A., Machuca, R., Fuentes Salinas, M., Ayerde Lozada, D., Fuentes López, M., & Quintero Alcantar, A. (2010). Caracterización tecnológica de la madera de *Juniperus flaccida* Var. Poblana Martínez. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 16(2), 261-280. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.09.083>
- Burkhart, H. E., & Tomé, M. (2012). *Modeling forest trees and stands*. Springer Science & Business Media.
- Carrillo Anzúres, F., Acosta Mireles, M., Flores Ayala, E., Juárez Bravo, J. E., & Bonilla Padilla, E. (2014). Estimación de biomasa y carbono en dos especies arbóreas en La Sierra Nevada, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(5), 779-793.
- Comisión Nacional Forestal [Conafor] (2008a). *Fichas técnicas sobre las características tecnológicas y usos de maderas comercializadas en México*. Semarnat. Tomo 1. México.
- Comisión Nacional Forestal [Conafor] (2008b). *Catálogo de contenido de carbono en especies forestales de tipo arbóreo del noreste de México*. Coordinación General de Educación y Desarrollo Tecnológico. Gerencia de Desarrollo y Transferencia de Tecnología.
- Comisión Nacional Forestal [Conafor] (2018). *Inventario Nacional Forestal y de Suelos*. Informe de Resultados 2009-2014. Conafor.
- Corral Rivas, J. J., Larreta, V., Calderón, A., & Albertocoaut, O. (2009). *Guía para el establecimiento de sitios de investigación forestal y de suelos en bosques del estado de Durango (No. F/634.9072 G8)*. Editorial de la Universidad Juárez del Estado de Durango.
- Corral-Rivas, J. J., Vargas-Larreta, B., Wehenkel, C., & Aguirre-Calderón, O. A. (2008). *Guía metodológica para el establecimiento de sitios de investigación forestal y de suelos en el estado de Durango*. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Juárez del Estado de Durango.
- Corral-Rivas, J. J., Vargas-Larreta, B., Wehenkel, C., Aguirre-Calderón, O. A., & Crecente-Campo, F. (2013). Guía para el establecimiento, seguimiento y evaluación de sitios permanentes de monitoreo en paisajes productivos forestales. Comisión Nacional Forestal-Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Corral-Rivas, J., Bretado, V. J., & López, C. J. (2014). *Análisis de la estructura y composición del sistema permanente de monitoreo forestal del predio particular "Las Bayas" de la UJED, mpio. de Pueblo Nuevo, Durango*. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Juárez del Estado de Durango.
- De la Paz Pérez-Olvera, C., & Dávalos-Sotelo, R., (2008). Algunas características anatómicas y tecnológicas de la madera de 24 especies de *Quercus* (encinos) de México. *Madera y Bosques*, 14(3), 43-80. <https://doi.org/10.21829/myb.2008.1431206>
- Espinosa, B. L. (2017). *Los árboles y la producción de oxígeno*. <http://elregio.com/Noticia/4032faaa-5856-49db-add2-4ba74236fed2>

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2000). Sistemas de uso de la tierra en los trópicos húmedos y la emisión y secuestro de CO<sub>2</sub>. En Informe sobre recursos mundiales de suelos No. 88.
- Fragoso, P. (2003). *Estimación del contenido y captura de carbono en biomasa aérea del predio "Cerro Grande" municipio de Tancitaro, Michoacán, México* [Tesis de licenciatura, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo].
- Fry, B. P. (2011). Community forest monitoring in REDD+: the 'M' in MRV? *Environmental Science and Policy*, 14(2), 181-187. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2010.12.004>
- Gadow, K. V., Zhang, C. Y., Wehenkel, C., Pommerening, A., Corral-Rivas, J., Korol, M., Myklush, S. Hui, G. Y., Kiviste, A., & Zhao, X. H. (2012). Forest Structure and Diversity. en T. Pukkala, K. von Gadow, (Eds.) *Continuous Cover Forestry* (pp. 29-83). Managing Forest Ecosystems, vol 23. Springer, Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-2202-6\\_2](https://doi.org/10.1007/978-94-007-2202-6_2).
- García-Gonzalo, J., Zubizarreta-Gerendiain, A., Kellomäki, S., & Peltola, H. (2017). Effects of forest age structure, management and gradual climate change on carbon sequestration and timber production in finnish boreal forests. En F. Bravo, V. LeMay, & R. Jandl (Eds.) *Managing Forest Ecosystems: The Challenge of Climate Change* (pp. 277-298). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-28250-3\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-319-28250-3_14)
- Graciano-Ávila, G., Alanís-Rodríguez, E., Aguirre-Calderón, O. A., González-Tagle, M. A., Treviño-Garza, E. J., Mora-Olivo, A., & Buendía-Rodríguez, E. (2019). Estimación de volumen, biomasa y contenido de carbono en un bosque de clima templado-frío de Durango, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 42(2), 119-127.
- Graciano-Ávila, G., Alanís-Rodríguez, E., Aguirre-Calderón, O. A., González-Tagle, M. A., Treviño-Garza, E. J., Mora-Olivo, A., & Corral-Rivas, J. J. (2020). Cambios estructurales de la vegetación arbórea en un bosque templado de Durango, México. *Acta Botánica Mexicana*, 127, e1522. <https://doi.org/10.21829/abm127.2020.1522>
- Guariguata, M. R., & Kattan, G. H. (Eds.) (2002). *Ecología y conservación de bosques neotropicales*. Libro Universitario Regional [https://faculty.lsu.edu/kharms/files/harms\\_2002.pdf](https://faculty.lsu.edu/kharms/files/harms_2002.pdf)
- Hernández, O. E. (2015). *Estimación de los almacenes de carbono en bosque templado, caso de estudio predio particular "CEBATT", municipio de San José del Rincón, Estado de México* [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de México].
- Hernández-Moreno, J. A., Velázquez-Martínez, A., Fierros-González, A. M., Gómez-Guerrero, A., Reyes-Hernández, V. J., & Vera-Castillo, J. A. G. (2020). Estimación de biomasa aérea y carbono, en rodales con y sin manejo forestal en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca. *Madera y Bosques*, 26(1), e2611802. <https://doi.org/10.21829/myb.2020.2611802>
- Hernández-Salas, J., Aguirre-Calderón, O. A., Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., Treviño-Garza, E. J., González-Tagle, M. A., Luján-Álvarez, C., Olivás-García, J. M., & Domínguez-Pereda, A. (2013). Efecto del manejo forestal en la diversidad y composición arbórea de un bosque templado del noroeste de México. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 19(2), 189- 199. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2012.08.052>
- Hernández-Salas, J., Aguirre-Calderón, O. A., Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., Treviño-Garza, E. J., González-Tagle, M. A., Luján-Álvarez, C., Olivás-García, J. M., & Domínguez-Pereda, L. A. (2018). Dinámica del crecimiento de un bosque templado bajo manejo en el noroeste de México. *Madera y Bosques*, 24(2), e2421767. <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2421767>
- Houghton, J. T., Meira Filho, L. G., Callander, B. A., Harris, N., Kattenburg, A., & Maskell, K. (eds.) (1996) *Climate change 1995: The science of climate change*. Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático [IIPCC]-Cambridge University Press.
- Husch, B. (2001). Estimación del contenido de carbono de los bosques. En Simposio internacional, medición y monitoreo de la captura de carbono en ecosistemas forestales. Valdivia, Chile.
- IBM Corp. (2017). IBM SPSS Statistics for Windows. Armonk, NY: IBM Corp. <https://hadoop.apache.org>
- Imaña, J. & Encinas, O. (2008). *Epidometría forestal*. Universidad de Brasilia [https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/9740/1/LIVRO\\_EpidometriaForestal.pdf](https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/9740/1/LIVRO_EpidometriaForestal.pdf)
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [Inegi]. (2017). *Anuario estadístico y geográfico de Nuevo León 2017*. Inegi. [http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva\\_estruc/anuarios\\_2017/702825094911.pdf](http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/anuarios_2017/702825094911.pdf).
- Jiménez Pérez, J., Treviño Garza, E. J., & Yerena Yamalle, J. I. (2013b). Concentración de carbono en especies del bosque de pino-encino en la Sierra Madre Oriental. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 4(17), 50-61.
- Jiménez, J., Alanís, E., González, M. A., Aguirre, O. A., & Treviño, E. J. (2013a). Characterizing regeneration of woody species in areas with different land-history tenure in the Tamaulipan thornscrub, Mexico. *The Southwestern Naturalist*, 58(3), 299-304. <https://www.jstor.org/stable/24643685>
- Klepac, D. (1983). *Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales* (2a ed.). Universidad Autónoma Chapingo.



- Koch, P. (1989). Estimates by species group and region in the USA of: I. Below-ground root weight as a percentage of oven dry complete-tree weight; and II. Carbon content of tree portions. *Unpublished report by Wood Science Laboratory, Corvallis 942*.
- López-Hernández, J. A., Aguirre-Calderón, O. A., Alanís-Rodríguez, E., Monárrez-González, J. C., González-Tagle, M. A., & Jiménez-Pérez, J. (2017). Composición y diversidad de especies forestales en bosques templados de Puebla, México. *Madera y Bosques*, 23(1), 39-51. <https://doi.org/10.21829/myb.2017.2311518>
- Manzanilla Quijada, G. E., Mata Balderas, J. M., Treviño Garza, E. J., Aguirre Calderón, Ó. A., Alanís Rodríguez, E., & Yerena Yamalle, J. I. (2020). Diversidad, estructura y composición florística de bosques templados del sur de Nuevo León. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 11(61), 94-123. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v11i61.703>
- Méndez, G. J., Luckie, S. L., Capó, M. A., & Nájera, J. A. (2011). Ecuaciones alométricas y estimación de incrementos en biomasa aérea y carbono en una plantación mixta de *Pinus devoniana* Lindl., en Guanajuato, México. *Agrociencia*, 5, 479-491.
- Metz, O., Davidson, H., de Coninck, Loos, M., & Meyer, L. (eds.). (2005). Carbon dioxide capture and storage. B. Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático [IPCC]-Cambridge University Press.
- Návar-Cháidez, J. J., & González-Elizondo, S. (2009). Diversidad, estructura y productividad de bosques templados de Durango, México. *Polibotánica*, 27, 71-87.
- Návar-Cháidez, J. J. (2010). Los bosques templados del estado de Nuevo León: el manejo sustentable para bienes y servicios ambientales. *Madera y Bosques*, 16(1), 51-69. <https://doi.org/10.21829/myb.2010.1611179>
- Návar, J. (2010). *Volume component equations for tree species and biomass expansion factors for temperate forests of northwestern Mexico*. Datos no publicados.
- Norden, N., Chazdon, R. L., Chao, A., Jland, Y. H., & Vilchez-Alvarado, B. (2009). Resilience of tropical rain forest: tree community reassembly in secondary forests. *Ecology Letters*, 12(5), 385-394.
- Oliver, C. D., & Larson, B. C. (1990). *Forest stand dynamics*. Macgraw-Hill.
- Pacheco Gutiérrez, C. A. (2020). Estimación del almacenamiento y retención de Dióxido de carbono en el arbolado urbano público de la zona de Achumani de la ciudad de La Paz a través de una aplicación móvil. *Fides et Ratio-Revista de Difusión cultural y científica de la Universidad La Salle en Bolivia*, 19(19), 153-174.
- Penman, J., Gytarsky, M., Hiraishi, T., Krug, T., Kruger D., Pipatti, R., Buendía, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe K., & Wagner F. (Eds.). (2003). *Good practice guidance for land use, land-use change and forestry*. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme and Institute for Global Environmental Strategies (IGES).
- Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático [IPCC]. (2006). *IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories*. IGES.
- Perry, J. L., & LeVan, M. D. (2003). *Air purification in closed environments: overview of spacecraft systems*. Army Natick Soldier Center.
- Pretzsch H. 2009. *Forest dynamics, growth and yield. From measurement to model*. Springer.
- Prodan, M., Peters, R., Cox, F., & Real, P. (1997). *Mensura forestal*. Serie Investigación y Educación en Desarrollo Sostenible. IICA-BMZ/GTZ.
- Reque, J. A., Sarasola, M., Gyenge, J. M., & Fernández, M. E. (2007). Caracterización silvícola de ñirantales del norte de la Patagonia para la gestión forestal sostenible. *Bosque (Valdivia)*, 28(1), 33-45. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002007000100006>
- Rodríguez, S. A., Bonilla, L. A., & Morales, J. B. (2001). Comparación de la gravedad específica y características anatómicas de la madera de dos comunidades vegetales en México. *Anales del Instituto de Biología. Serie Botánica*, 72(2), 171-185. <http://www.revistas.unam.mx/index.php/bot/article/view/1933>
- Rojas, G. A. (1977). *Dasometría práctica* (1a ed.). Universidad del Tolima.
- Romahn, D.L.V. & Ramírez, M.H. 2006. *Dendrometría*. Universidad Autónoma de Chapingo.
- Ruschel, A. R., Mantovani, M., Reis, M. S. D., & Nodari, R. O. (2009). Caracterización y dinámica de dos fases sucesionales en un bosque secundario de la Mata Atlántica. *Revista Árvore*, 33(1), 101-115.
- Saavedra-Romero, L. D. L., Alvarado-Rosales, D., Hernández de la Rosa, Patricia, H. D. L. R., Martínez-Trinidad, T., Mora-Aguilera, G., & Villa-Castillo, J. (2016). Condición de copa, indicador de salud en árboles urbanos del Bosque San Juan de Aragón, Ciudad de México. *Madera y Bosques* 22(2), 15-27. <https://doi.org/10.21829/myb.2016.2221321>
- Santiago-García, W., de los Santos-Posadas, D., Héctor, M., Ángeles-Pérez, G., Corral-Rivas, J. J., Valdez-Lazalde, J. R., & del valle-paniagua, David., H. (2014). Predicción del rendimiento maderable de *Pinus patula* Schl. et Cham. a través de modelos de distribución diamétrica. *Agrociencia*, 48(1), 87-101.
- Silva-González, E. A., Aguirre-Calderón, O. A., Treviño-Garza, E. J., Alanís-Rodríguez, E., & Corral-Rivas J. J. (2021). Efecto de tratamientos silvícolas en la diversidad y estructura forestal en bosques templados bajo manejo en Durango, México. *Madera y Bosques*, 27(2), e2722082. <https://doi.org/10.21829/myb.2021.2722082>

- Sotomayor, C. (2008). *Tabla FITTECMA de clasificación de características mecánicas de maderas mexicanas* [Tesis de licenciatura, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo].
- Sotomayor, J., Ferreyra, M., & León, J. (2003). Clasificación mecánica de la madera de 100 especies mexicanas. XII Congreso forestal mundial.  
[http://www.fao.org/DOCREP/ARTICLE/WFC/XII/1054-B4.HTM#P14\\_128](http://www.fao.org/DOCREP/ARTICLE/WFC/XII/1054-B4.HTM#P14_128)
- The Plant List (2013). The Plant List Version 1.1.  
<http://www.theplantlist.org/>
- Valenzuela, H. T. (2001). *Estimación de secuestro de carbono en bosques naturales de oyamel (Abies religiosa) en el sur del Distrito Federal* [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Chapingo].
- Woodward, F. I., Lomas, M. R., & Kelly, C. K. (2004). Global climate and the distribution of plant biomes. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 359(1450), 1465-1476. doi:10.1098/rstb.2004.1525
- Zamora, C. J. C. (2003). *Estimación del contenido de carbono en biomasa aérea en el bosque de pino del ejido "La Majada" municipio de Periban de Ramos, Michoacán* [Tesis de licenciatura Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo].

Manuscrito recibido el 09 de febrero de 2021

Aceptado el 19 de abril 2022

Publicado el 16 de noviembre de 2022

Este documento se debe citar como:

Manzanilla Quijada, G. E., Treviño Garza, E. J., Aguirre Calderón, O. A., Alanís Rodríguez, E., Yerena Yamalle, J. I., & Mata Balderas, J. M. (2022). Dinámica del crecimiento en bosques templados del sur de Nuevo León, México. *Madera y Bosques*, 28(1), e2812324. <https://doi.org/10.21829/myb.2022.2812324>



Madera y Bosques por Instituto de Ecología, A.C. se distribuye bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercialCompartirIgual 4.0 Internacional.