

## CRECIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD DE CINCO ESPECIES DE PINO EN LOS CERROS “LA CHARANDA” Y “LA CRUZ” MUNICIPIO DE URUAPAN, MICH., MÉXICO

---

*Juvenal Esquivel Córdova*

Facultad de Agrobiología “Presidente Juárez” - UMSNH, Uruapan, Mich., México

*Raúl Castro Castañeda*

Facultad de Agrobiología “Presidente Juárez” - UMSNH, Uruapan, Mich., México

*Rosa Elena Pérez Sánchez*

Facultad de Químico Farmacobiología- UMSNH, Morelia, Mich., México

*Ruy Ortíz Rodríguez*

Facultad de Veterinaria y Zootecnia – UMSNH, Morelia, Mich., México

All content in this magazine is licensed under a Creative Commons Attribution License. Attribution-Non-Commercial-Non-Derivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0).



**Resumen:** La investigación se realizó en bosque templado y mesófilo de montaña, en la Zona de Protección Forestal de Uruapan, Mich. Los ecosistemas brindan bienes y servicios ambientales importantes para la sociedad. El trabajo consistió en determinar patrones de comportamiento, desarrollo y distribución de especies de pino; definir el crecimiento y productividad de cinco especies; establecer bases para el manejo y aprovechamiento del bosque de protección. Se aplicaron análisis troncales, a través del procedimiento desarrollado por Kiessling (1978), Aguilar y Mas (1988). Los árboles elegidos fueron dominantes jóvenes de diámetro moda por especie, de ladera baja, media y alta. Se extrajeron rodajas a diferentes alturas y puntas. Se obtuvieron alturas tabuladas a diferentes edades, el perfil interno de los árboles, curvas de crecimiento y culminación del ICA e IMA. Se calculó área basal  $AB = \pi D^2/4$ , volumen de trozas  $V = S1 + S2(L)/2$ ; puntas  $V = \frac{S(L)}{3}$  y tocón  $V = S(L)$ . Los índices de localidad, edad de aclareos y turno técnico, se aplicó la ecuación de Chumacher  $LnY = A+B (1/X^k)$ ; la relación edad altura mediante una Regresión Lineal Simple, basada en la ecuación de Chumacher  $LnHo = LnHmax b/A^k$ ; para curvas de calidad de estación e índices de sitio se utilizó el modelo  $LnHo = a+bi/A^k$ . Se encontraron las mayores alturas de ICAs en volumen e índices de localidad en *Pinus devoniana*, después *P. douglasiana*, la especie con mayor plasticidad es *P. pringlei*. La mejor calidad de estación e índices de sitio es en *Pinus douglasiana*, después *P. devoniana*.

**Palabras clave:** Análisis troncal, calidad de sitio, curvas de crecimientos, edad base, parámetros dasométricos, productividad forestal.

## INTRODUCCIÓN

El área de estudio se localiza en la parte Norte de la Ciudad de Uruapan del Estado

de Michoacán, en una superficie de 906 ha, declaradas como “Zona Protectora Vedada” publicado en el Diaria Oficial de la Federación No.39 publicado en 1937. La tenencia de la tierra es comunal y pequeña propiedad. La dinámica a la que son sometidos los bosques es un proceso constante por la resiliencia natural para estabilizarse de los impactos que frecuentemente producen los incendios, tala clandestina, plagas y enfermedades y el cambio de uso del suelo. El área se encuentra en su mayor parte cubierta por vegetación joven producto de la regeneración natural que va cubriendo las áreas que año con año se van dañando. El estrato arbóreo está formado por dos tipos de vegetación importantes, el bosque de pino de diez especies, de las cuales cinco son las de mayor importancia por su distribución y abundancia y el bosque mesófilo formado por siete especies de *Quercus* y diez de latifoliadas de microhábitats de barrancas, cumpliendo funciones generadoras de bienes y servicios ambientales de gran importancia para la sociedad y se consideran como bosques de la Ciudad, Esquivel y Castro (2018). Los objetivos propuestos fueron: 1) Determinar patrones de comportamiento, desarrollo y distribución de las especies de pino, 2) Definir el crecimiento y productividad de las especies, 3) Establecer bases para el manejo y aprovechamiento del bosque.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En este trabajo se realizó la delimitación de unidades ambientales con potencial productivo con el apoyo del Bing Maps Arial Imagery web Mapping Service 2013, a partir de la espesura en la imagen, la exposición y detalles topográficos, así como recorridos de campo para cotejo.

## UNIDADES DE MUESTREO

El sistema de muestreo utilizado para la obtención de la información, fue selectivo, ya

que el arbolado por utilizar para los análisis trocales debe reunir ciertas características fenotípicas y de sanidad Kiessling (1978), Aguilar y Mas (1988).

Para la elección de la muestra se seleccionaron árboles dominantes, a los que se les midió el diámetro moda y se eligieron tres de cada una de las especies en estudio, ubicadas en las tres condiciones, sanos, vigorosos, bien conformados y libres de defectos; se barrenaron con el Taladro de Pressler a 1.30 m, para determinar la edad y elegir el más joven, que aprovechó mejor las condiciones del sitio Kiessling (1978), Aguilar y Mas (1988).

El derribo de los árboles seleccionados se realizó en forma direccional y el corte a la altura de 30 cm del nivel del suelo; con gis se hicieron las marcas de donde se sacaron las rodajas, a los 0.30 y 1.30 m, de ahí en adelante se dimensionaron las trozas a 2 m, en algunos casos a 2.65 m cuando se podía aprovechar la madera y a 1.30 m cuando el arbolado era delgado o se trataba de puntas y finalmente se midió la longitud de la punta; en cada rodaja por la cara inferior se hicieron las anotaciones de especie, número de árbol, número de rodaja y altura de la sección a la que fue obtenida.

## TOMA DE DATOS Y PROCESO

Para la obtención y procesamiento de datos, se localizaron brinzales de cada especie con altura de 30 cm, a los que se les contó el número de verticilos, siendo los años que tardaron para alcanzar esa altura.

Se trazó el diámetro medio en las rodajas, posteriormente se agruparon anillos de 5 en 5 para detectar los falsos anillos; en las rodajas cortadas a 30 cm se contaron los anillos y se agregaron los años que tardó en alcanzar esa altura, obteniéndose así la edad total del árbol.

En cada grupo de anillos se midieron los

diámetros en cm a las diferentes edades, se contó el número de anillos y se determinó la edad a la que fueron alcanzando las diferentes alturas; el grosor de la corteza se tomó en cm y se elaboró un registro que se muestra como Cuadro 1.

Con los datos del registro de cada árbol se procedió a graficar el perfil interior del árbol, calcular la curva de crecimiento en altura, curvas del incremento corriente anual (ICA) y medio anual (IMA) en altura, curva de crecimiento en diámetro, curvas de ICA e IMA en diámetro, curva de crecimiento en área basal, curva de crecimiento en volumen y curvas del ICA e IMA en volumen.

Fórmulas utilizadas: Para el área basal  $AB = \pi D^2/4$ ; volumen de trozas (Smalian)  $V = S1 + S2(L)/2$ ; puntas (del cono)  $V = \frac{S(L)}{3}$ ; y tocón (Huber)  $V = S(L)$ .

Los datos epidométricos de las variables altura, diámetro y volumen para cada una de las especies y por calidad de estación se presentan en el Cuadro 3; Los índices de localidad se derivaron a partir de las curvas de crecimiento en altura y se expresaron en metros; edad de los aclareos, el primer aclareo se consideró a la edad en que la curva del ICA en altura hace la inflexión, el segundo aclareo se obtuvo al graficar el ICA en diámetro, siendo la edad en que ocurre la inflexión y el turno técnico se derivó de graficar el crecimiento en diámetro, encontrando la edad a la que se alcanza el valor mayor, se aplicó el modelo lineal  $Ln y = A + B (1/X^k)$ , basado en la ecuación de Chumacher.

La relación alométrica edad-altura se realizó mediante un modelo de ajuste de Regresión Lineal Simple, basado en la ecuación Chumacher  $Ln Ho = Ln Hmax b/A^k$ .

Las curvas de calidad de estación e índices de sitio se construyeron utilizando un modelo derivado del general, con el término independiente que genera curvas de forma diversa  $Ln Ho = a + bi/A^k$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos de cada uno de los árboles como muestra se concentraron en el formato que se presenta como Cuadro 1.

La construcción de los perfiles interiores de los árboles se presentan en la Figura 1.

El número de árboles necesario para los análisis troncales fue de 43, mismos que se muestran en el Cuadro 2.

Las características dasométricas y epidométricas se concentran en el Cuadro 3, en las que *Pinus douglasiana* y *P. michoacana* poseen condiciones semejantes en altura y distribución, prefieren suelos principalmente de Andosoles.

La especie de mayor plasticidad es *Pinus pringlei*, después *Pinus douglasiana* en las mismas localidades, presentes en todos los rodales de 1660 a 2320 msnm; *Pinus oocarpa* es una especie menos plástica y se la caliza en zonas más degradadas y pobres.

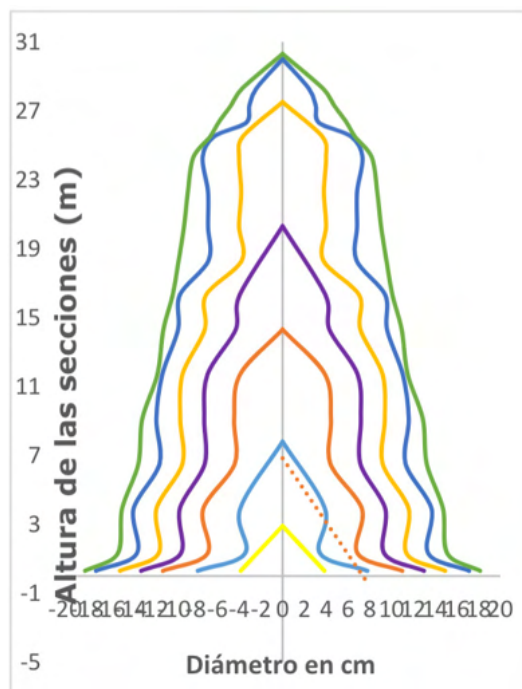


Figura 1. Perfil interior de *Pinus douglasiana* Mtz. Árbol No. 9, Rodal No. 9, Edad 34 años, Altura 30.4 m, DN 35.3 cm.

ALT. SECCIÓN (m)	DIÁMETRO SIN CORTEZA EN (cm) A LA EDAD DE:							DIÁMETRO CC EN (cm)	GROSOR CORTEZA (mm)	No. ANILLOS	EDAD AÑOS
	5	10	15	20	25	30	33				
0.3	7.7	15.6	22	26	29.9	34.3	36.3	44.3	80	32	2
1.3		6.9	13.8	18.7	22.8	26.8	30.3	35.3	50	30	4
3.9		7.8	14.6	18.9	23.2	27.4	29.5	32.9	34	27	7
6.5			8.8	14.3	18.4	22.6	26.5	28.9	24	25	9
9.1			8.9	14.4	18.8	23.2	25.8	26.8	19	23	11
11.7			7.8	13.8	18.4	22.1	23	23.8	8	21	13
14.3				8.6	14.3	19.2	21.9	22.7	8	19	15
16.3				7.9	14.1	18.9	20.2	20.8	6	17	17
18.3					7.5	13.6	19.1	19.7	6	15	19
20.3					8	13.7	18.1	18.7	6	14	20
22.3					7.6	13.7	17.4	18	6	13	21
24.3					8	14.7	16.4	17	6	11	23
25.5					7.3	12.6	13.3	13.9	6	10	24
26.3						6.7	11.8	12.2	4	9	25
27.3						6.1	9.5	9.9	4	8	26
28.3						4.8	7.4	7.8	4	7	27
PUNTA	2.6	3.9	2.6	4	2	1.7	2	2.1			

Cuadro 1. Registro de datos de los árboles para los análisis troncales de *Pinus douglasiana* Mtz.

ESPECIE	CULMINACIÓN DEL IMA EN ALTURA (Años)	ALTURAS (m)	DIFERENCIAS POR RANGOS (m)	ERROR DE LA ESTIMACIÓN (m)	POTENCIA UTILIZADA	TAMAÑO DE LA MUESTRA (Árboles)
<i>Pinus douglasiana</i>	15	15.20 10.13	4.87	1.5	95	10
<i>P. michoacana var. cornuta</i>	25	24.30 19.05	5.25	1.8	90	6
<i>P. lawsonii</i>	18	17.15 12.63	4.52	1.5	90	6
<i>P. pringlei</i>	25	20.82 11.79	9.03	1.8	85	17
<i>P. oocarpa</i>	22	13.15 9.79	3.36	1.5	95	4

Cuadro 2. Resultados para el tamaño de la muestra.

CALIDAD DE ESTACIÓN	EDAD	DNCC (cm)	DNSC (cm)	ALTURA (m)	VOLUMEN (m3)	ICA (m3)	IMA (m3)	ÍNDICE DE LOCAL	EDAD A 1.3 m	EDAD ACLAREO 1	EDAD ACLAREO 2	TURNO TÉC	TURNO ABSOLUTO
<i>Pinus douglasiana</i> Mtz.													
I	36	41.5	37.0	29.4	1.843	0.068	0.046	27.23	3	8	13	23	32
II	33	41.1	36.5	23.5	1.569	0.058	0.044	22.39	3	8	13	24	34
II	33	37.2	32.6	19.0	1.382	0.056	0.032	18.09	4	8	13	27	38
<i>Pinus michoacana var. Cornuta</i> Mtz.													
I	36	52.2	46.2	30.5	2.713	0.111	0.047	26.97	4	13	17	24	42
II	36	40.4	35.5	27.1	2.080	0.094	0.047	24.83	5	13	18	25	43
III	35	35.7	30.7	22.8	1.103	0.054	0.024	21.26	5	13	19	33	44
<i>Pinus lawsonii</i> Rezl													
I	34	35.6	30.6	24.8	1.252	0.047	0.031	23.64	4	8	13	30	34
II	34	34.1	29.2	21.6	1.126	0.039	0.030	20.45	4	13	18	33	35
III	35	31.5	28.7	18.9	0.729	0.036	0.017	17.24	5	13	18	37	40
<i>Pinus pringlei</i> Shaw													
I	37	31.7	28.4	24.8	0.927	0.048	0.025	22.22	5	13	16	35	44
II	35	26.2	22.8	19.9	0.660	0.030	0.015	18.12	5	13	16	45	46
III	35	22.1	19.5	16.5	0.319	0.015	0.007	15.35	6	13	18	52	52
<i>Pinus oocarpa</i> Schiede													
I	35	30.0	24.6	17.7	0.556	0.020	0.012	16.46	5	13	18	37	44
II	33	27.3	24.3	15.4	0.397	0.018	0.011	15.44	6	13	18	52	53
III	33	21.3	18.1	12.8	0.298	0.011	0.007	12.26	7	13	18	65	65

Cuadro 3. Características epidométricas por especie y calidad de estación.

El volumen, es el crecimiento que culmina después que la altura y el diámetro normal, en los análisis se determinó la edad y altura alcanzada, a partir de que el volumen empieza a ser significativo para cada especie y por calidad de estación. Los mejores incrementos en volumen los presenta *Pinus michoacana*, seguido por *Pinus douglasiana*.

Las ecuaciones de cada especie que reflejan la relación alométrica edad-altura, se muestran en el Cuadro 4, con un coeficiente de correlación alto de 98 %, para describir las curvas de crecimiento en altura e índice de sitio.

En el Cuadro 5 y Figura 2, se concentran los resultados de las ecuaciones de regresión ajustadas por el modelo de las alturas que fueron alcanzando las especies a las diferentes edades.

A partir de las alturas alcanzadas a los 30 años, se obtuvo el rango de dispersión, con base en la diferencia de alturas se definieron las calidades de estación y se fijaron los índices de localidad, Cuadro 6.

Los valores del parámetro *bi* por índice de sitio se muestran en el Cuadro 7 y la sustitución de valores y resultados de los diferentes índices de localidad elegidos para cada especie.

Los datos tabulados de cada uno de los puntos a las diferentes edades por donde se forzó a pasar las curvas para cada índice, se integraron en Tablas y gráficas de cada una de las especies, por espacio solamente se presentan las de *Pinus douglasiana*, Cuadro 8 y Figura 3.

ESPECIES	ECUACIÓN DE REGRESIÓN	CORRELACIÓN	VALOR K
<i>Pinus douglasiana</i>	$Y = 8.10971 X + 4.25505$	0.98887	0.58
<i>P. michoacana var. cornuta</i>	$Y = 10.247 X + 4.9565$	0.981718	0.52
<i>P. lawsonii</i>	$Y = 8.4109 X + 4.77126$	0.984831	0.49
<i>P. pringlei</i>	$Y = 9.75729 X + 4.93346$	0.976219	0.47
<i>P. oocarpa</i>	$Y = 9.84812 X + 2.6866$	0.98586	0.54

Cuadro 4. Ecuaciones de regresión para cada especie en estudio.

EDAD (AÑOS)	<i>Pinus douglasiana</i> altura (m)	<i>P. michoacana var.</i> <i>cornuta</i> altura (m)	<i>P. lawsonii</i> altura (m)	<i>P. pringlei</i> altura (m)	<i>P. oocarpa</i> altura (m)
3	0.97	0.44	0.87	0.41	0.31
5	2.90	1.68	2.58	1.42	1.15
10	8.35	6.44	7.76	5.09	4.17
15	13.05	11.59	12.68	9.03	7.29
20	16.91	16.42	17.00	12.76	10.13
25	20.11	20.80	20.78	16.19	12.64
30	22.81	24.75	24.11	19.31	14.87
35	25.12	28.31	27.06	22.17	16.86
40	27.13	31.55	29.71	24.78	18.64

Cuadro 5. Crecimiento en altura a las diferentes edades.

$$\text{Modelo: } LnHo = LnHmax + b/A^k$$

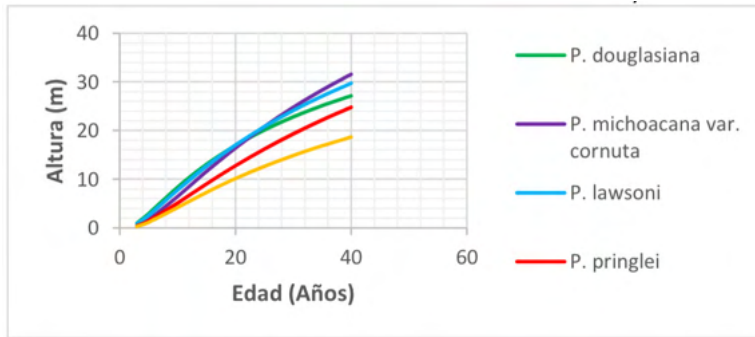


Figura 2. Curvas de comparación de crecimiento en altura de cada especie.

ESPECIE	RANGOS EN (m)		CALIDAD DE ESTACIÓN	ÍNDICE DE LOCALIDAD
	MAX.	MIN.		
<i>Pinus douglasiana</i>	29	17	I	29
			II	25
			II	21
				17
<i>P. michoacana var. cornuta</i>	27	21	I	27
			II	25
			III	23
				21
<i>P. lawsonii</i>	25	16	I	25
			II	22
			III	19
				16
<i>P. pringlei</i>	23	14	I	23
			II	20
			III	17
				14
<i>P. oocarpa</i>	17	11	I	17
			II	15
			III	13
				11

Cuadro 6. Calidades de estación y valores de índice de sitios.

<i>Pinus douglasiana</i>		<i>P. michoacana var. cornuta</i>		<i>P. lawsonii</i>		<i>P. pringlei</i>		<i>P. oocarpa</i>	
IND. LOC.30 AÑOS	<i>bi</i>	IND. LOC.30 AÑOS	<i>bi</i>	IND. LOC.30 AÑOS	<i>bi</i>	IND. LOC.30 AÑOS	<i>bi</i>	IND. LOC.30 AÑOS	<i>bi</i>
29	-6.382973	27	-9.736091	25	-8.218425	23	-8.892594	17	-9.008089
25	-7.450116	25	-10.187296	22	-8.895187	20	-9.583444	15	-9.793543
21	-8.703725	23	-10.676145	19	-9.671313	17	-10.38765	13	-10.691566
17	-10.223042	21	-11.209493	16	-10.581098	14	-11.34793	11	-11.739907

Cuadro 7. Determinación del parámetro *bi* por índice de sitio.

ÍNDICE DE LOCALIDAD				
EDAD	29	25	21	17
40	33.24	29.32	25.29	21.13
35	31.29	27.32	23.29	19.17
30	29.00	25.00	21.00	16.98
25	26.27	22.27	18.35	14.48
20	22.92	18.99	15.23	11.54
15	18.69	14.97	11.54	8.39
10	13.15	9.93	7.14	4.78
5	5.73	3.77	2.30	1.26
3	2.41	1.37	0.71	0.31

Cuadro 8. *Pinus douglasiana*.

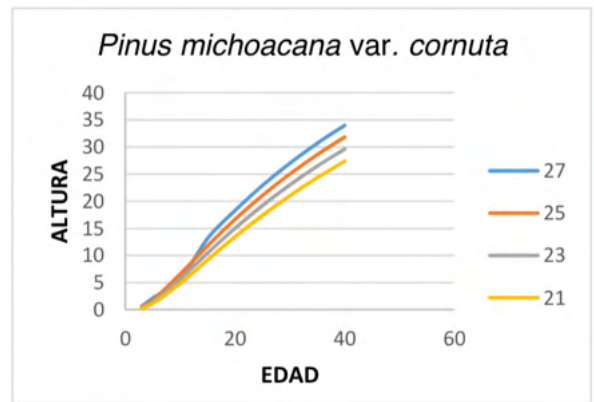


Figura 4. Índice de localidad.

Las alturas tabuladas de cada una de las curvas de índice de localidad para:

ÍNDICE DE LOCALIDAD				
EDAD	25	22	19	16
40	30.66	27.44	24.16	20.81
35	27.99	24.86	21.7	15.5
30	25.00	19.00	19.00	16.00
25	21.62	18.8	16.02	13.27
20	17.77	15.21	12.72	10.31
15	13.34	11.15	9.08	7.13
10	8.26	6.64	5.16	3.85
5	2.82	2.07	1.46	0.96
3	0.97	0.66	0.42	0.25

Cuadro 10. *Pinus lawsonii*.

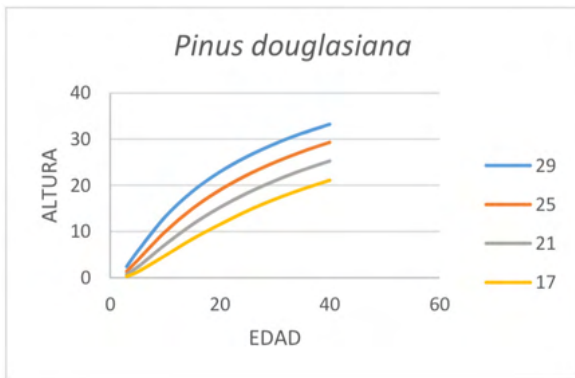


Figura 3. Índice de localidad de *Pinus douglasiana*.

Las alturas tabuladas de cada una de las curvas de índice de localidad para:

ÍNDICE DE LOCALIDAD				
EDAD	27	25	23	21
40	34	31.83	29.62	27.39
35	30.68	28.58	26.46	24.33
30	27.00	25.00	23.00	21.00
25	22.89	21.03	19.19	17.36
20	18.28	16.63	15	13.41
15	13.13	11.76	10.44	9.16
10	5.51	6.55	5.65	4.81
5	2.1	1.72	1.4	1.11
3	0.58	0.45	0.34	0.25

Cuadro 9. *Pinus michoacana var. cornuta*.

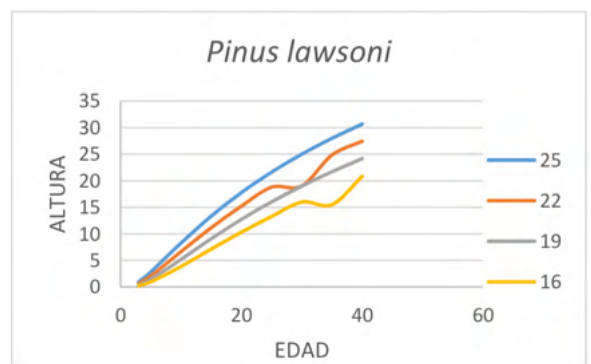


Figura 5. Índice de localidad.

Las alturas tabuladas de cada una de las curvas de Índice de localidad para:



ÍNDICE DE LOCALIDAD				
EDAD	23	20	17	14
40	28.87	25.55	22.17	18.17
35	26.08	22.9	19.69	16.43
30	23.00	20.00	17.00	14.00
25	19.58	16.82	14.09	11.4
20	15.77	13.32	10.94	8.65
15	11.51	9.48	7.57	5.79
10	6.82	5.4	4.11	2.57
5	2.14	1.55	1.06	0.68
3	0.69	0.46	0.28	0.16

Cuadro 11. *Pinus pringlei*.

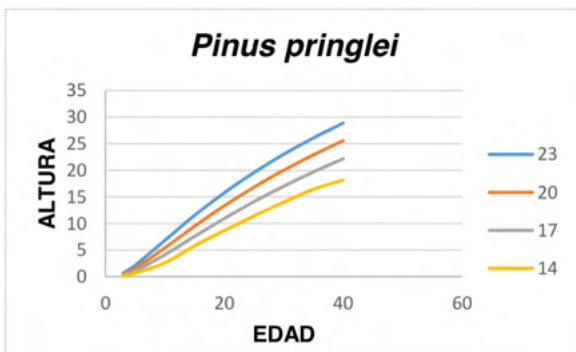


Figura 6. Índice de localidad.

Alturas tabuladas de cada una de las curvas de Índice de localidad para:

INDICE DE LOCALIDAD				
EDAD	17	15	13	11
40	20.9	18.78	16.61	14.4
35	19.07	16.99	14.9	7.00
30	17.00	15.00	13.00	11.0
25	14.65	12.76	10.89	9.06
20	11.96	10.24	8.57	6.96
15	8.86	7.39	6.00	4.7
10	5.32	4.24	3.27	2.42
5	1.63	1.18	0.81	0.52
3	0.49	0.32	0.19	0.11

Cuadro 12. *Pinus oocarpa*.

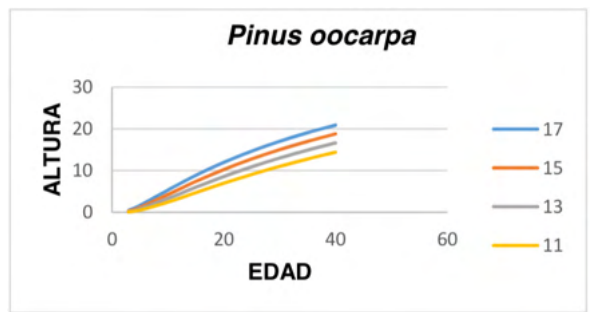


Figura 7. Índice de localidad.

## CONCLUSIONES

Se encontraron las mayores alturas de ICA en volumen e índices de localidad en *Pinus devoniana*, después *P. douglasiana*, la especie con mayor plasticidad es *P. pringlei*.

La mejor calidad de estación e índices de sitio es en *Pinus douglasiana*, después *P. devoniana*.

*Pinus douglasiana* Mtz., es la especie con más rápido crecimiento en las primeras etapas de desarrollo, la culminación del IMA ocurre a los 15 años.

*Pinus michoacana* var. *cornuta* Mtz., en la etapa de brinzal permanece en estado cespitoso por tres a cinco años, como adaptación y de protección para su crecimiento rápido posterior, por lo que la culminación del IMA es a los 25 años, a partir de esta edad el crecimiento que presenta es superior al resto de las especies y sólo lo supera *Pinus douglasiana*.

La especie de mayor plasticidad es *Pinus pringlei*, se encuentra distribuida en toda el área de estudio y ausente en las cañadas de la parte suroccidental.

La culminación del ICA en altura y del diámetro se presentan casi a la misma edad, a excepción de algunas calidades que difieren en 5 años, lo cual indica que no es un criterio válido para aplicar el primer aclareo, pero si es un referente para la toma de decisiones.

El modelo matemático utilizado para el ajuste y tabulación de los valores de curvas de crecimiento  $LnH_0 = LnH_{max} + b/A^k$  fue

bueno, ya que presentó valores de correlación de 98%, en las relaciones alométricas edad-altura.

Con el modelo  $LnHo = a+bi/A^k$  derivado del anterior, es factible obtener los valores para los puntos por donde pasan las curvas de índice de localidad, las cuales a su vez delimitan con mayor precisión las calidades de estación.

## REFERENCIAS

- Aguilar R. M. 1984. Estudio del crecimiento en *Pinus douglasiana* y *Pinus leiophylla*, en la región centro de Michoacán; Tesis UMSNH, México. 86 pp.
- Aguilar R. M. y Mas. 1988. Curso sobre determinación de calidad de estación; SARH, CIFAP-MICH., CE-URUAPAN, MICH.
- Chávez H. y M. y Gómez Tagle R. A. 1984. Principales interacciones entre los suelos forestales de las coníferas del cerro “La Cruz”, Mich. Tesis profesional UNAM, México, D. F. 75 P.
- Esquivel, C. J. y Castro, C. R. 2017. Valor y sostenibilidad de ecosistemas forestales impactados por incendios forestales en la Comunidad Indígena Barrio de San Juan Bautista, municipio de Uruapan, Mich.”, México.
- Esquivel C. J. et al. 2018. Resiliencia del bosque natural de pino ante los impactos de incendios en la Zona de Protección Forestal, municipio de Uruapan, Mich., Congreso Internacional de Recursos Naturales.
- Nájera D. A. 2019. Manejo del Fuego “Estrategia Global de Conservación”, Segunda Jornada de Responsabilidad Social Universitaria, Facultad de Agrobiología “Presidente Juárez”-UMSNH.