

Evaluación de la diversidad y dominancia arbórea en seis ejidos bajo manejo forestal en El Salto, Pueblo Nuevo, Durango

Assessment of tree diversity and dominance across six forest management units in El Salto, Durango

Recepción del artículo: 19/03/2026 • Aceptación para publicación: 23/04/2026 • Publicación: 01/05/2026

<https://doi.org/10.32870/e-cucba.vi28.432>

Alex Ruben Vasquez Gutierrez*

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-3661-7352>
Instituto Tecnológico de El Salto. Programa de Maestría en Ciencias en Desarrollo forestal sustentable. El Salto, Pueblo Nuevo, Durango, México.

Francisco Javier Hernández

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0480-624X>

Francisco Cruz Cobos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5090-8477>

Juan Abel Nájera Luna

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3989-3323>
Instituto Tecnológico de El Salto. División de Estudios de Posgrado e Investigación. El Salto, Pueblo Nuevo, Durango, México.

*Autor para correspondencia:
vaskex@gmail.com

Resumen

El presente estudio se realizó en seis ejidos forestales sujetos a manejo silvícola de la región de El Salto, Pueblo Nuevo, Durango. El perfil de equidad obtenido de los números de Hill mostro variaciones significativas en la estructura comunitaria de los sitios evaluados. La localidad de San Esteban presento índices de equidad elevados en todos los órdenes de q , situándose por encima del promedio regional con valores de 0.47 para $E_{q,1}$ y 0.33 para $E_{q,2}$. Por su parte, los ejidos La Victoria, Chavarría Nuevo y Chavarría Viejo presentaron valores alineados a la media regional en ambos órdenes. En contraste, La Campana y La Ciudad registran valores por debajo de la media, mostrando una marcada tendencia a la dominancia y una reducción drástica en la equidad. El análisis de las curvas de rango-importancia demostró que todas las comunidades se ajustan significativamente al modelo de Serie Geométrica ($R^2 > 0.90$), que los géneros de *Pinus* y *Quercus* lideran la estructura forestal en todos los sitios evaluados y que los valores del coeficiente de nicho (k) oscilaron entre 14.87% y 31.47%, lo que refleja variaciones importantes en la tasa de partición de recursos y la organización competitiva de las especies dentro de la región.

Palabras clave: Números de Hill, Manejo forestal, Curvas de Whittaker, Índice de valor de importancia (IVI), Coeficiente de nicho, Equidad de especies.

Abstract

This study was conducted across six forest ejidos under silvicultural management within the El Salto region of Pueblo Nuevo, Durango. The evenness profile derived from Hill numbers revealed significant variations in the community structure of the evaluated sites. Notably, the San Esteban locality exhibited the highest evenness indices across all q orders, surpassing the regional average with values of 0.47 for $E_{q,1}$ and 0.33 for $E_{q,2}$. Conversely, the ejidos of La Victoria, Chavarría Nuevo, and Chavarría Viejo showed values closely aligned with the regional mean for both orders. In stark contrast, La Campana and La Ciudad recorded values below the average, indicating a pronounced trend toward dominance and a drastic reduction in evenness. Rank-abundance curve analysis demonstrated that all communities significantly conform to the Geometric Series model ($R^2 > 0.90$), with the *Pinus* and *Quercus* genera anchoring the forest structure across all sites. Furthermore, niche coefficient (k) values fluctuated between 14.87% and 31.47%, reflecting substantial variations in resource partitioning rates and the competitive organization of species within the region.

Keywords: Hill numbers, Forest management, Whittaker curves, Importance Value Index (IVI), Niche coefficient, Species evenness.

Introducción

La diversidad biológica y la estructura de las comunidades vegetales son componentes que permiten comprender el funcionamiento de los ecosistemas forestales especialmente en regiones sometidas a manejo silvícola. Una manera indirecta de estudiar la interacción de las especies con la disponibilidad de recursos es analizar como su presencia y abundancia se relacionan con el espacio disponible, es decir, este patrón puede evaluarse mediante la distribución de las abundancias relativas de todas las especies presentes en la comunidad (Villa *et al.*, 2018; Ali *et al.*, 2018 y 2019). Estudios como el de Moreno *et al.* (2011), observaron beneficios en el uso de los Números de Hill para medir el estado actual de la estructura del bosque, al transformar la diversidad a números efectivos, permitiendo realizar comparaciones más rigurosas entre comunidades vegetales de forma lineal y sistemática a una misma escala, a diferencia con los índices de entropía (Shannon-Winner, Simpson), cuyos resultados no presentan una relación lineal.

Mark Hill (1973) propuso los Números de Hill que constituyen un método para analizar la distribución de la abundancia, haciendo énfasis al grado de dominancia o la contribución de las especies raras. Moreno (2001) destaca que los parámetros (q_0 , 1 y 2) de esta serie son altamente recomendables en la actualidad, ya que su análisis conjunto proporciona una idea clara de la riqueza, la dominancia y la equidad de una comunidad. Sin embargo, dado que estos valores son sensibles al esfuerzo de muestreo (Jost *et al.*, 2006, 2007 y 2010), autores como Ricotta y Feoli, (2024) sugieren estandarizar los datos a una misma escala de riqueza para evitar sesgos en las comparaciones. Estas métricas conocidas también como diversidad verdadera o números efectivos de especies, presentan la gran ventaja de permitir una comparación directa de la diversidad entre distintas comunidades facilitando su interpretación (Jost, 2018).

Otros autores como Matthews y Whittaker (2015), mencionan que existen diversos métodos para representar la distribución de la abundancia de especies o SAD (por su siglas en inglés), estos señalan que los histogramas de frecuencia permiten clasificar las especies para identificar patrones de rareza (Preston, 1948), que los diagramas o curvas de rango-abundancia facilitan la comparación de la equidad entre sitios mediante la medición de la pendiente de su distribución y que otras herramientas como las curvas de dominancia-k y las curvas de comparación de abundancia/biomasa (ABS), permite un manejo sostenible de la diversidad forestal. Las curvas de rangos-abundancias o curvas de Whittaker son una métrica utilizada para describir la estructura de las comunidades biológicas.

Estas curvas permiten ordenar las especies de acuerdo con su importancia relativa para evaluar de manera precisa los patrones de dominancia y equidad (Villa *et al.*, 2019). Borda-de-Água *et al.* (2012), observaron que la distribución de las especies en un ecosistema no es aleatoria, sino que sigue patrones estructurales definidos, desde la Serie Geométrica en ambientes pioneros o bajo estrés, hasta la distribución Log-normal en sistemas maduros y estables. También documentaron que el análisis de estos modelos permite identificar que especies dominan el estrato y comprender la repartición de recursos. El presente estudio tiene como objetivo caracterizar la diversidad y la estructura de seis ejidos en la región forestal de El Salto Pueblo Nuevo, Durango. Para ello, se empleó un análisis conjunto de los números de Hill y las curvas de abundancia de Whittaker. En la construcción de las curvas rango-importancia se utilizaron los valores del Índice de Importancia (IVI), considerado un descriptor más robusto, ya que integra la dominancia, densidad y frecuencia, lo que permite determinar el tamaño (biomasa) y la distribución espacial (Curtis y McIntosh, 1951).

Materiales y Métodos

Área de estudio

El área de estudio se localiza en la región de El Salto del municipio de Pueblo Nuevo, Durango, ubicado en la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Occidental. La superficie de la región está compuesta por bosque (84.8%), seguido por selva (10.8%) y en menor proporción áreas de pastizales y uso agrícola (INEGI, 2010). El clima se clasifica como templados C(w2), el cual se define como el más húmedo de los climas templados, presenta una temporada de lluvias intensa durante el verano máxima de 1800 mm y un invierno seco con 0 a 40 mm de precipitación, este clima es propio de altitudes que varían de los 2000 a los 2800 m. de manera particular, la precipitación promedio anual se estima para el área de estudio es de 1200 mm (García, 1981). Los tipos de suelo dominantes son los Litosol, Regosol y Faosem. Los dos primeros son suelos someros y jóvenes mientras que el último se caracteriza por ser rico en materia orgánica (SEMARNAT, 2011 y INEGI, 2015).

Tabla 1 Altitud media y tratamientos silvícolas aplicados en ejidos de la región de Pueblo Nuevo.

Ejidos	Altitud media*	Tratamiento Silvícola**
Chavarría Nuevo	2300	La región de El Salto es la única en el país que combina los métodos Método de Desarrollo Silvícola MDS (manejo regular) y el Método Mexicano de Ordenación de Bosques Irregulares MMOBI (manejo irregular)
Chavarría Viejo	2400	
La Campana	2300	Mexicano de Ordenación de Bosques Irregulares MMOBI (manejo irregular)
La Victoria y Anexos	2700	
San Esteban y Anexos	2500	
La Ciudad	2500	

*INEGI. Continuo de Elevaciones Mexicano 4.0 (2021). **Comisión Nacional Forestal. (2012). UMAFOR 1008

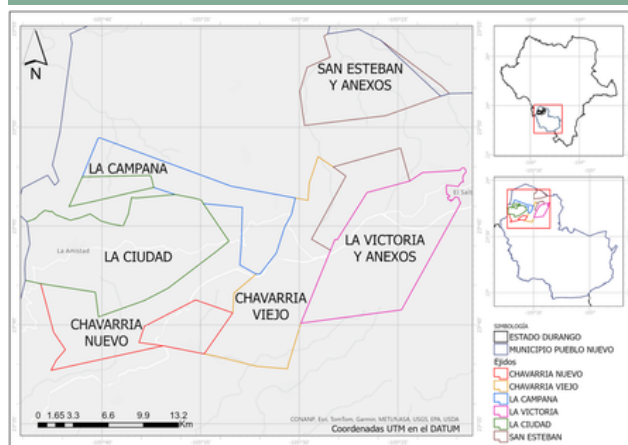


Figura 1 Área de estudio.

Trabajo de campo

Para la obtención de datos en campo, se seleccionaron seis ejidos representativos de las condiciones forestales de la región: Chavarría Nuevo, Chavarría Viejo, La Campana, La Victoria, La Ciudad y San Esteban (Figura 1). Se establecieron de manera aleatoria 195 sitios de muestreo circulares de 1000 m², distribuidos de forma proporcional a su superficie. Respecto a las variables dasométricas, se registró la identidad taxonómica de las especies (García y Gonzales, 1998; Musalem *et al.*, 2008), el diámetro normal ($D_n \geq 10$ cm) y la altura total (h).

Análisis de la diversidad

Para caracterizar la estructura de las seis comunidades (ejidos), se utilizaron los Números de Hill (qD), los cuales permiten determinar la riqueza de especies y el valor verdadero de ellas aplicando los órdenes de $q = 0, 1$ y 2 (Hill, 1973). Jost *et al.* (2006, 2007, 2010) propone que para darle el mismo peso a los estimadores de los números de Hill de cada comunidad, estos sean transformados a medidas de equidad o medidas relativas ($E_{q,0}$). Estos valores de equidad oscilan entre 0 y 1, donde 1 representa que todas las especies presentes tienen la misma abundancia, mientras que los valores cercanos a cero indican una alta dominancia. Este proceso de estandarización se realizó dividiendo la diversidad de orden q entre la riqueza observada de cada comunidad, mediante la ecuación (4). Las estimaciones se llevaron a cabo mediante el software Microsoft Excel (Microsoft Corporation, 2021). Los análisis se complementaron con la construcción de perfiles para visualizar la equidad y la dominancia entre los seis ejidos. Las ecuaciones empleadas fueron:

$$\text{Riqueza } (q=0): {}^0D = S \text{ (donde } S \text{ es el conteo de especies)} \quad (1)$$

$$\text{Shannon-Winner } (q=1): {}^1D = \exp(-\sum p_i \ln p_i) \quad (2)$$

$$\text{Simpso } (q=2): {}^2D = 1 / \sum p_i^2 \quad (3)$$

$$\text{Equidad de Hill: } (E_{q,0}) = {}^qD / {}^0D \quad (4)$$

Indicadores ecológicos

Para evaluar la importancia ecológica de las especies en las comunidades arbóreas, se utilizó el Índice de Valor de Importancia (IVI) (Curtis y McIntosh, 1951). El IVI se calculó para cada especie mediante la suma de: a) abundancia relativa (Ab_r), b) frecuencia relativa (F_r), y c) dominancia relativa (D_r); donde a) se define como el cociente entre el número de individuos de la especie i (n_i) y el número total de individuos registrados (N), b) es la proporción de sitios en los que se presenta cada especie (m_i), respecto al total de sitios muestreados (M) y c) se determina como la proporción de la cobertura basal de cada especie (g_i) respecto a la cobertura total de la comunidad (G). La cobertura se estimó en términos de área basal (AB) utilizando la fórmula de Mostacedo y Fredericksen (2000): $AB = \pi \cdot D_n^2 / 4$ (donde D_n es el diámetro normal medido a 1.3 m de altura). Adicionalmente se calculó el Valor de Importancia Relativa (VIR) (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974) con el fin de facilitar su interpretación.

$$IVI = Ab_r + F_r + D_r \quad (5)$$

$$VIR = \frac{IVI}{3} \quad (6)$$

Para la construcción de las curvas de rango-importancia, se emplearon las curvas de rango-abundancia (Whittaker, 1965) como método para clasificar las abundancias de forma decreciente, desde la más abundantes hasta la de menor, utilizando los valores del IVI para generar las curvas. El IVI fue transformado a escala logarítmica ($\log_{10}$) y ajustado a un modelo de Serie Geométrica mediante una regresión lineal frente al rango (i) jerárquico de las especies (Magurran, 2004). La pendiente (m) de dicha regresión ($y = mx + b$) se utilizó para calcular el coeficiente de nicho (k) mediante la relación $k = 1 - 10^m$. Este parámetro representa la fracción del nicho o la importancia estructural total ocupada por cada especie en relación con la inmediata anterior en la jerarquía. Un valor R^2 elevado (>0.90) se tomó como criterio de validación para el modelo de nicho preferencial. Este enfoque permite comprender la descripción estática del IVI hacia un análisis de la equidad y dominancia relativa entre los seis ejidos.

Resultados

Análisis de la diversidad

El ejido de San Esteban presentó los índices de equidad ($E_{q,0}$) más altos por encima del promedio regional, con un valor de 0.69 para $E_{q,1}$ y 0.52 para $E_{q,2}$, la pendiente indicó que las especies poseen abundancias relativas muy similares entre sí, con una baja dominancia.

De igual manera, el ejido La Victoria mostró valores de diversidad relativa por encima de la media, con una equidad de orden $E_{q,1}$ de 0.54 y de $E_{q,2}$ de 0.44. Por otro lado, los ejidos con valores de equidad alineados al promedio general fueron Chavarría Nuevo y Chavarría Viejo. Ambos presentaron perfiles similares, manteniendo aproximadamente el 51-52% de su diversidad relativa en términos de equidad $E_{1,0}$. Las localidades que mostraron valores por debajo de la media regional fueron La Campana y La Ciudad. En el caso de La Campana, la equidad cae drásticamente a 0.37 ($E_{q,1}$) y 0.20 ($E_{q,2}$); mientras que La Ciudad presentó el perfil más bajo de todo el estudio; su valor en $E_{q,2}$ (0.15) representa menos de la mitad del promedio regional, igualmente sus curvas muestran pendientes pronunciadas, lo que describe comunidades donde unas pocas especies son muy abundantes y el resto son raras (Tabla 2 y Figura 2).

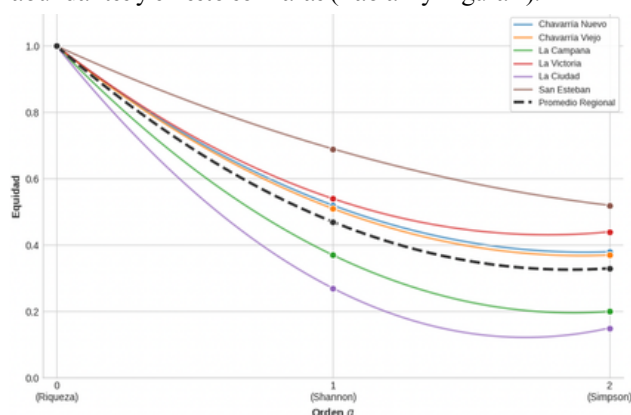


Figura 2. Perfil de equidad de Hill en las comunidades forestales.

Tabla 2. Valores de los parámetros de equidad ($E_{q,0}$) en las localidades forestales.

Localidad (Ejido)	Riqueza absoluta ($E_{q,0}$)	Equidad de Shannon ($E_{q,1}$)	Equidad de Simpson ($E_{q,2}$)
Chavarría Nuevo	17	0.52	0.38
Chavarría Viejo	23	0.51	0.37
La Campana	25	0.37	0.2
La Victoria	13	0.54	0.44
La Ciudad	17	0.27	0.15
San Esteban	15	0.69	0.52
Promedio Regional		0.47	0.33

Indicadores ecológicos

En el ejido de La Ciudad, *Pinus durangensis* presentó el mayor valor de importancia (45.65%), seguido de *Pinus cooperi* (12.5%) y *Quercus sideroxyla* (10.12%). A su vez, en el ejido Chavarría Nuevo, *Pinus durangensis* (22.42%) y *Quercus sideroxyla* (19.22%) suman un 41% de VIR, mientras que en el ejido de San Esteban ambas especies suman el 38.06% del VIR. En el ejido La Campana *Pinus durangensis* ocupó el 30.35% y en La Victoria *Pinus cooperi* el 26.60% de VIR (Tabla 4). La comunidad que presentó valores de importancia ecológica más homogéneos fue Chavarría Viejo. En esta comunidad la especie de mayor VIR fue *Pinus cooperi* con 16.57% seguida de *Pinus durangensis* con 15.45% (Tabla 4).

El arreglo de los valores logarítmicos de IVI en función de la mayor a la menor apropiación proporcional de los recursos (k) por las especies permite modelar la abundancia de cada especie. Para el ejido de La Ciudad, la población de *Pinus durangensis* utiliza el 22.25% de todos los recursos, al considerar todas las especies; La tendencia de la curva del modelo de la serie geométrica se ajustó a un $R^2 = 0.9416$. De la misma forma, en Chavarría Nuevo, la estimación de la proporción de recursos que acapara la especie de mayor valor de importancia (*Pinus durangensis*) fue igual a 0.205. La tendencia de la curva ajustada de los valores de importancia de esta comunidad presentó un valor de $R^2 = 0.9464$. Para San Esteban la tendencia de la curva se ajustó un $R^2=0.9251$, con un declive suave y un valor de k de 0.1609 para *Quercus sideroxyla*. Mientras tanto, En los ejidos La Campana y La Victoria se puede observar una curva suave con una pendiente escalonada ajustada a un $R^2 = 0.9521$ y $R^2 = 0.9456$, respectivamente. Particularmente, el coeficiente estimado k de *Pinus cooperi* del ejido La Campana es bajo (0.1487), implicando una repartición equitativa de los recursos. En la comunidad La Victoria se estimó que *Quercus sideroxyla* se apropia de un tercio de los recursos disponibles ($k = 0.3146$). En Chavarría Viejo, el valor de k indicó que la especie de mayor valor de importancia (*Pinus durangensis*) utiliza el 17.25% de los recursos disponibles (Tabla 3 y Figura 3).

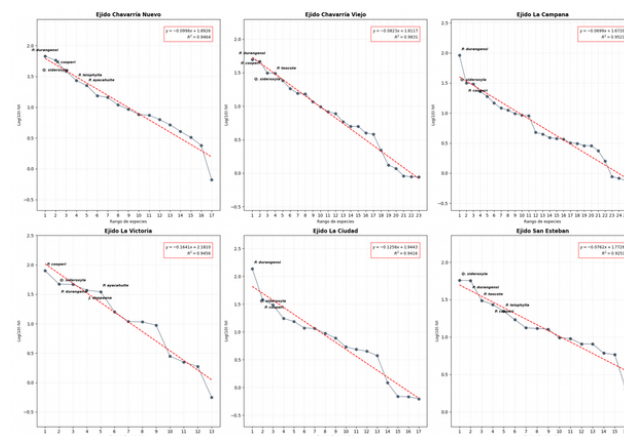


Figura 3. Modelo de rango-abundancia (Whittaker) aplicado al índice de valor de importancia en las localidades forestales.

Tabla 3. Estadísticos de bondad de ajuste y parámetros de la curva de dominancia-diversidad en las localidades forestales.

Ejido	Pendiente (m)	Intersección (b)	Bondad de ajuste (R^2)	Coefficiente k
Chavarría Nuevo	-0.0998	1.8926	0.9464	0.2053
Chavarría Viejo	-0.0823	1.8117	0.9831	0.1725
La Campana	-0.0699	1.6721	0.9521	0.1486
La Victoria	-0.1641	2.1810	0.9456	0.3146
La Ciudad	-0.1258	1.9443	0.9416	0.2515
San Esteban	-0.0762	1.7729	0.9251	0.1609

m: Tasa de declive logarítmico del IVI; b: Valor teórico del log(IVI) en el rango 0; R^2 : Bondad de ajuste al modelo de Serie Geométrica y k: Proporción de recursos captada por la jerarquía

Tabla 4. Índice de Valor de Importancia Relativa para las especies arbóreas en las localidades forestales

Especies	Chavarría Nuevo		Chavarría Viejo		La Campana		La Victoria		La Ciudad		San Esteban	
	Abr	VIR%	Abr	VIR%	Abr	VIR%	Abr	VIR%	Abr	VIR%	Abr	VIR%
<i>Abies durangensis</i>	-	-	-	-	0.14	0.29	-	-	-	-	-	-
<i>Alnus firmifolia</i>	-	-	-	-	0.48	0.79	-	-	0.41	1.24	-	-
<i>Arbutus bicolor</i>	-	-	-	-	3.95	3.73	0.57	0.74	0.78	1.78	3.28	3.19
<i>Arbutus madrensis</i>	-	-	1	1.67	0.54	1.23	0.06	0.19	1.3	3.15	1.14	2.04
<i>Arbutus xalapensis</i>	0.39	1.08	3.65	6.11	1.77	3.07	2.01	3.15	2.23	5.14	1.81	3.26
<i>Juniperus deppeana</i>	1.27	2.1	2.74	3.28	3.07	3.01	14.2	12.3	2.9	3.92	3.22	4.25
<i>Pinus ayacahuite</i>	7.54	7.49	2.57	3.89	5.52	6.34	11.8	11.6	3.68	5.82	3.82	4.35
<i>Pinus chihuahuana</i>	2.81	3.64	0.08	0.3	0.07	0.27	-	-	-	-	0.6	0.67
<i>Pinus cooperi</i>	11.4	12.8	19.8	15.5	9.33	10.6	29.8	26.6	13.9	12.59	8.04	9.07
<i>Pinus douglasiana</i>	4.19	4.81	0.17	0.3	0.95	1.06	-	-	-	-	-	-
<i>Pinus durangensis</i>	25.7	22.4	19.7	16.6	41.5	30.35	16.1	15.7	59.2	45.65	20.4	19
<i>Pinus engelmannii</i>	0.33	0.8	2.07	2.59	-	-	-	-	-	-	3.82	4.43
<i>Pinus herrerae</i>	1.76	3.08	0.17	0.29	0.82	1.3	-	-	0.47	0.41	-	-
<i>Pinus leiophylla</i>	9.69	9.08	5.31	5.16	0.41	1.04	4.2	5.32	1.19	1.5	6.17	7.37
<i>Pinus lumholtzii</i>	5.67	5.14	4.07	5.11	4.77	4.87	-	-	-	-	-	-
<i>Pinus michoacana</i>	-	-	1.24	1.67	1.43	1.59	-	-	-	-	-	-
<i>Pinus oocarpa</i>	-	-	-	-	0.34	0.96	-	-	-	-	-	-
<i>Pinus teocote</i>	0.88	1.35	11.2	10.3	8.86	7.59	2.93	3.58	2.69	3.84	8.65	10.3
<i>Populus tremuloides</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0.05	0.23	-	-
<i>Quercus candicans</i>	-	-	2.16	2.75	3.27	3.25	-	-	-	-	-	-
<i>Quercus castanea</i>	0.17	0.22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Quercus konzattii</i>	-	-	0.83	0.73	-	-	-	-	0.1	0.23	3.49	1.95
<i>Quercus crassifolia</i>	2.2	2.47	-	-	0.82	1.25	0.17	0.62	0.98	1.61	3.55	2.7
<i>Quercus durifolia</i>	-	-	1.08	1.33	0.14	0.25	0.98	0.93	0.05	0.21	2.35	2.71
<i>Quercus eduardii</i>	-	-	1.49	1.96	0.54	0.96	-	-	-	-	-	-
<i>Quercus fulva</i>	-	-	0.25	0.44	0.34	0.53	-	-	-	-	-	-
<i>Quercus rugosa</i>	1.6	2.55	8.88	8.07	3.07	4.03	1.95	3.63	1.71	2.57	6.43	5.68
<i>Quercus sideroxyla</i>	23.2	19.2	9.88	10.4	6.74	10.2	15.2	15.6	8.34	10.12	23.3	19.1
<i>Quercus urbanii</i>	1.27	1.73	1.33	1.27	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Quercus viminea</i>	-	-	0.33	0.39	1.16	1.49	-	-	-	-	-	-

Discusión

El ejido de San Esteban, presenta la diversidad más alta y equilibrada, superando el promedio calculado para la regional en todos los órdenes de E_q . Por otro lado, las localidades de la Victoria, Chavarría Nuevo y Chavarría Viejo, se sitúan en un rango de diversidad media, alineadas con el promedio. Por el contrario, La Ciudad y La Campana presentaron una diversidad baja en términos de equidad con valores por debajo del promedio. Estos resultados concuerdan con estudios en la región que reportan valores del índice de diversidad de Shannon-Wiener y Simpson de media-alta diversidad, señalando que los tratamientos aplicados en el MDS no modifican significativamente la composición arbórea, mientras que el MMOBI mantiene mayor diversidad e influye en la equidad y dominancia de las especies (Graciano-Ávila *et al.*, 2017a; Graciano-Ávila *et al.*, 2020; Silva-González *et al.*, 2021; Silva-González *et al.*, 2022; Flores-Morales *et al.*, 2022; Silva-González *et al.*, 2024; Graciano Luna *et al.*, 2025 y Díaz-Vásquez *et al.*, 2025). También, se ha documentado que el manejo forestal regular favorece estructuras más homogéneas y que las variables ambientales tienen un efecto más relevante sobre la diversidad que el manejo silvícola (Aguirre Calderón *et al.*, 2002; Hernández-Díaz *et al.*, 2008; Nívar-Cháidez y González-Elizondo, 2009; Delgado-Zamora *et al.*, 2016; Hernández *et al.*, 2018 y Morales *et al.*, 2022). Esta similitud en los perfiles de diversidad entre sitios sugiere que estas comunidades colindantes, presentan una configuración forestal similar, favorecidas por un manejo que permite la estabilidad de sus abundancias. En cambio, Graciano-Ávila *et al.* (2017b), documentaron que la regeneración natural en sitios con historial de disturbio tiende a ser acaparadas por especies pioneras competitivas del género *Pinus*. Por último, Guevara-Fisher *et al.* (2021), observaron que la aplicación de cortas de matarrasa seguidas de plantaciones de *Pinus* ha transformado rodales naturales de pino-encino en sistemas más homogéneos. Los resultados del análisis de las curvas de rango-importancia coinciden con la estructura forestal descrita por Graciano-Ávila *et al.* (2017a); Medrano-Meraz *et al.* (2017); Díaz-Vasquez *et al.* (2018); López Serrano *et al.* (2022) y Silva-Gonzales *et al.* (2022, 2024), quienes reportan la dominancia de las especies de género *Pinus* y la relevancia secundaria el género *Quercus* en la región forestal de El Salto. Esta jerarquía taxonómica se reflejó claramente en la pendiente de las curvas, donde taxones como *Pinus durangensis* y *Pinus cooperi* ocuparon los rangos de mayor importancia, mientras que las especies de *Quercus* se situaron en posiciones subordinadas o intermedias. Otros autores como López-Hernández *et al.* (2017); Méndez Osorio *et al.* (2018); Mora-Donjuán *et al.* (2024) y Díaz-Vasquez *et al.* (2025), mencionan que el Índice de Valor de

Importancia al medir la relevancia ecológica de las especies claves, resulta esencial para garantizar que las estrategias de manejo forestal contribuyan efectivamente a la conservación de la biodiversidad y estabilidad del ecosistema.

Conclusiones

La integración de los números de Hill como diversidad verdadera y las curvas de rango-importancia de Whithaker permitieron realizar una comparación estadística robusta y línea, facilitando la visualización de la estructura de las comunidades y los modelos de reparto de recursos, permitiendo no solo cuantificar la diversidad, sino comprender su distribución mediante un análisis multidimensional que los índices clásicos de entropía omiten. La evaluación de la estructura forestal, señaló que los tratamiento de selección favorece la equidad y diversidad, manteniendo niveles superiores al promedio regional como es el caso de San Esteban, La Victoria, Chavarría Nuevo y Chavarría Viejo; por el contrario, las intervenciones intensivas, como las cortas de matarrasa y el historial de disturbios derivan en sistemas homogéneos y de baja equidad. Estos sitios se caracterizan por el predominio de especies de interés comercial y especies pioneras de dimensiones reducidas, como se observó en las localidades de La Campana y La Ciudad. confirman la dominancia ecológica de *Pinus durangensis* y *Pinus cooperi* sobre el género *Quercus*, demostrando que la cuantificación robusta de esta jerarquía taxonómica es indispensable para diseñar estrategias de aprovechamiento que asegure la resiliencia y la estabilidad del ecosistema a largo plazo.

Agradecimientos

Expreso mi gratitud al Instituto Tecnológico de el Salto y a su División de Estudios de Posgrado e Investigación, cuyo apoyo institucional y facilidades académicas resultaron fundamentales para el desarrollo y culminación de la presente investigación.

Literatura citada

- Aguirre Calderón, O. A. (2002). Índices para la caracterización de la estructura del estrato arbóreo de ecosistemas forestales. *Revista Mexicana de Ciencia Forestal en México*, 27(92), 5–27. Recuperado de <https://cienciasforestales.inifap.gob.mx/index.php/forestales/article/view/900>
- Ali, A., Lin, S.-L., He, J.-K., Kong, F.-M., Yu, J.-H., & Jiang, H.-S. (2018). Climate and soils determine aboveground biomass indirectly via species diversity and stand structural complexity in tropical forests. *Forest Ecology and Management*, 432, 823–831. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.10.024>
- Ali, A., Lin, S.-L., He, J.-K., Kong, F.-M., Yu, J.-H., & Jiang, H.-S. (2019). Big-sized trees overrule remaining trees' attributes and species richness as determinants of aboveground biomass in tropical forests. *Global Change Biology*, 25(8), 2810–2824. <https://doi.org/10.1111/gcb.14707>
- Borda-de-Água, L., Borges, P. A. V., Hubbell, S. P., & Pereira, H. M. (2012). Spatial scaling of species abundance distributions. *Ecography*, 35(6), 549–556. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2011.07128.x>
- Comisión Nacional Forestal. (2012). *Estudio Regional Forestal: Unidad de Manejo Forestal 1008 "El Salto". Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales*. http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/mapaLista/Durango/1134ERF_UMAFOR1008.pdf
- Curtis, J. T., & McIntosh, R. P. (1951). An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology*, 32(3), 476–496. <https://doi.org/10.2307/1931725>
- Delgado Zamora, D. A., Heynes Silerio, S. A., Mares Quiñones, M. D., Piedra Leandro, N. L., Retana Rentería, F. I., Rodríguez Corral, K., Villanueva Hernández, A. I., González-Elizondo, M. S., & Ruacho-González, L. (2016). Diversidad y estructura arbórea de dos rodales en Pueblo Nuevo, Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 7(33), 94–107. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322016000100094
- Díaz-Vásquez, M. A., Domínguez-Calleros, P. A., Domínguez-Amaya, N., Loera-Gallegos, H. M., & Soto-Cervantes, J. A. (2025). Análisis de la estructura de un bosque en una región del suroeste del estado de Durango, México. *Polibotánica*, (60), 91–105. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.60.6>
- Díaz Vazquez, M. A., Bretado Velázquez, J. L., Torres Herrera, S. L., & Dominguez Calleros, P. A. (2018). Indicadores ecológicos en el ejido El Brillante, Pueblo Nuevo Durango. *Foresta Veracruzana*, 20(2), 1–7. <https://www.redalyc.org/journal/497/49758340001/html/>
- Flores-Morales, E. A., Aguirre-Calderón, Ó. A., Treviño-Garza, E. J., González-Tagle, M. A., Alanís-Rodríguez, E., Ángeles-Pérez, G., & Huizar-Amezcu, F. (2022). Diversidad y estructura arbórea de un bosque templado bajo manejo en el municipio de Pueblo Nuevo, Durango, México. *Polibotánica*, (54), 11–26. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.54.2>
- García, A. A., & González E., M. S. (1998). *Pináceas de Durango*. Instituto de Ecología A. C.
- García, E. (1981). *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana)*. Ciudad de México, México: Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Graciano-Ávila, G., Aguirre-Calderón, O. A., Alanís-Rodríguez, E., & Lujan-Soto, J. E. (2017a). Composición, estructura y diversidad de especies arbóreas en un bosque templado del noroeste de México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 4(12), 535–542. <http://doi.org/10.19136/era.a4n12.1114>
- Graciano-Ávila, G., Alanís-Rodríguez, E., Aguirre-Calderón, O. A., González-Tagle, M. A., Treviño-Garza, E. J., & Mora-Olivo, A. (2017b). Caracterización estructural del arbolado en un ejido forestal del noroeste de México. *Madera y Bosques*, 23(3), 137–146. <https://doi.org/10.21829/myb.2017.2331480>
- Graciano-Ávila, G., Alanís-Rodríguez, E., Aguirre-Calderón, Ó. 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>
- Graciano Luna, J. J., Alanís Rodríguez, E., Aguirre Calderón, O., Cantú Ayala, C. M., Yerena Yamallé, J., Martínez Adriano, C., & Luján Soto, J. (2025). Estructura y diversidad arbórea bajo dos esquemas de manejo forestal e influencia de la orientación geográfica en un bosque de Durango, México. *Polibotánica*, (60), 141–161. doi:10.18387/polibotanica.60.9
- Guevara-Fisher, Y. Y., Cruz-Cobos, F., Hernández, F. J., Nájera-Luna, J. A., Cruz-García, F., & Quiñonez-Barraza, G. (2020). Efecto de la corta de matarrasa en la diversidad de la regeneración arbórea en Durango, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 12(63), 1–20. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v12i63.709>
- Hernández, F. J., Navarro Mata, C. B., Peña Montañez, R., & Nájera Luna, A. (2018). Patrón de distribución espacial de las especies arbóreas de la región de El Salto, Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(47), 169–186. doi:10.29298/rmcf.v9i47.161

- Hernández-Díaz, J. C., Corral-Rivas, J. J., Quiñones-Chávez, A., Bacon-Sobbe, J. R., & Vargas-Larreta, B. (2008). Evaluación del manejo forestal regular e irregular en bosques de la Sierra Madre Occidental. *Madera y Bosques*, 14(3), 25–41. Recuperado de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712008000300002
- Hill, M. O. (1973). Diversity and evenness: A unifying notation and its consequences. *Ecology*, 54(2), 427–432. <https://doi.org/10.2307/1934352>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2010). *Compendio de información geográfica municipal 2010: Pueblo Nuevo, Durango*. http://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/10/10023.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2023). *Continuo de Elevaciones Mexicano 4.0 (CEM 4.0)* [Conjunto de datos]. <https://www.inegi.org.mx/app/geo2/elevacionesmex/>
- Jost, L. (2006). Entropy and diversity. *Oikos*, 113(2), 363–375. <https://doi.org/10.1111/j.2006.0030-1299.14714.x>
- Jost, L. (2007). Partitioning diversity into independent alpha and beta components. *Ecology*, 88(10), 2427–2439. <https://doi.org/10.1890/06-1736.1>
- Jost, L. (2010). The relation between evenness and diversity. *Diversity*, 2(2), 207–232. <https://doi.org/10.3390/d2020207>
- Jost, L. (2018). ¿Qué entendemos por diversidad? El camino hacia la cuantificación. *Métode Science Studies Journal*, (98), 39–45. DOI: 10.7203/metode.9.11472
- López-Hernández, J. A., Aguirre-Calderón, O. A., Alanís-Rodríguez, E., Monarrez-Gonzalez, 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>
- López Serrano, P. M., Vega Nieva, D. J., Corral Rivas, J. J., Briseño Reyes, J., & Antúnez, P. (2022). Diversidad e importancia ecológica de la vegetación arbórea en el Parque El Tecuán, Durango, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 13(74). <https://doi.org/10.29298/rmcf.v13i74.1273>
- Magurran, A. E. (2004). *Measuring biological diversity*. Blackwell Publishing.
- Matthews, T. J., & Whittaker, R. J. (2015). Review: On the species abundance distribution in applied ecology and biodiversity management. *Journal of Applied Ecology*, 52(2), 443–454. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12380>
- Medrano-Meraz, M. J., Hernández, J. F., Corral-Rivas, S., & Nájera-Luna, J. A. (2017). Diversidad arbórea a través de gradientes topográficos en la región de El Salto, Durango. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 4(12), 525–534. <https://doi.org/10.19136/era.a4n12.1121>
- Méndez Osorio, C., Mora Donjuán, C. A., Alanís Rodríguez, E., Jiménez Pérez, J., Aguirre Calderón, O. A., Treviño Garza, E. J., & Pequeño Ledezma, M. Á. (2018). Fitodiversidad y estructura de un bosque de pino-encino en la Sierra Madre del Sur, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(50). <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i50.236>
- Microsoft Corporation. (2021). *Microsoft Excel (Versión 16.0)* [Software]. <https://www.microsoft.com>
- Mora-Donjuán, C. A., Mata-Balderas, J. M., Alanís-Rodríguez, E., García-García, S. A., & Mora-Olivo, A. (2024). Caracterización estructural y diversidad florística de un bosque de Pinus – Quercus en la Sierra Madre del Sur, México. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 21(49), 23–31. <https://doi.org/10.18845/rfmk.v21i49.7751>
- Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA*, vol. 1. Zaragoza, 84 p.
- Moreno, C. E., Barragán, F., Pineda, E., & Pavón, N. P. (2011). Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82(4), 1249–1261. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-34532011000400019
- Mostacedo, B., & Fredericksen, T. S. (2000). *Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal*. Proyecto BOLFOR.
- Mueller-Dombois, D., & Ellenberg, H. (1974). *Aims and methods of vegetation ecology*. John Wiley & Sons.
- Musálem Santiago, M. A. (2006). *Fichas de 27 especies de coníferas incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2001*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. SNIB-CONABIO Proyecto No. DK003.
- Nívar-Cháidez, J. J., & González-Elizondo, S. (2009). Diversidad, estructura y productividad de bosques templados de Durango, México. *Polibotánica*, (27), 71–87. Recuperado de <https://polibotanica.mx/index.php/polibotanica/article/view/785>
- Preston, F. W. (1948). The commonness, and rarity, of species. *Ecology*, 29(3), 254–283. <https://doi.org/10.2307/1930989>

- Ricotta, C., & Feoli, E. (2024). Hill numbers: A Procrustean bed for diversity? *Ecological Indicators*, 160, 111925. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.111925>
- Silva-González, E., 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 en Durango, México. *Madera y bosques*, 27(2), e2722082. doi:10.21829/myb.2021.2722082
- Silva-González, E., Aguirre-Calderón, O. A., Alanís-Rodríguez, E., González-Tagle, M. A., Treviño-Garza, E. J., & Corral-Rivas, J. J. (2022). Evaluación del aprovechamiento forestal en la diversidad y estructura de un bosque templado en Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 13(71). <https://doi.org/10.29298/rmcf.v13i71.1017>
- Silva-González, E., Colín, J. G., Aguirre-Calderón, Ó. A., Treviño-Garza, E. J., Corral-Rivas, J. J., & Manzanilla-Quijada, G. E. (2024). Diversidad y estructura de especies arbóreas en tres tipos de vegetación forestal al sur de Durango, México. *Polibotánica*, (58), 103–118. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.58.7>
- Villa, P. M., Cardinelli, L. de S., Magnago, L. F., Heringer, G., Venâncio Martins, S., Viana Campos, P., Rodrigues, A. C., Viana Neri, A., & Alves Meira-Neto, J. A. (2018). Relación especie-área y distribución de la abundancia de especies en una comunidad vegetal de un inselberg tropical: efecto del tamaño de los parches. *Revista de Biología Tropical*, 66(2), 937–951. <https://dx.doi.org/10.15517/rbt.v66i2.33424>
- Villa, P. M., Martins, S. V., Rodrigues, A. C., Safar, N. V. H., Castro Bonilla, M. A., & Ali, A. (2019). Testing species abundance distribution models in tropical forest successions: Implications for fine-scale passive restoration. *Ecological Engineering*, 135, 28–35. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2019.05.015>
- Whittaker, R. H. (1965). Dominance and diversity in land plant communities. *Science*, 147(3655), 250–260. <https://doi.org/10.1126/science.147.3655.250>