

Intercepción de la precipitación en *Pinus engelmannii* Carr. y *Quercus rugosa* Née en el Ejido Adolfo Ruiz Cortines, Pueblo Nuevo, Durango

Precipitation interception in *Pinus engelmannii* Carr. and *Quercus rugosa* Née in the Ejido Adolfo Ruiz Cortines, Pueblo Nuevo, Durango

Tilo Gustavo Domínguez-Gómez*

Sarely Vicente-Juan

Edgar Giovanni Velásquez-Ortiz

Edgar Samuel Córdova-Delgado

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de El Salto, División de Estudios de Posgrado e Investigación. Calle Tecnológico 101, Col. La Forestal. C.P. 34942, El Salto, Durango, México.

Israel Cantú Silva

María Inés Yáñez-Díaz

Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales, Carr. Nac. No. 85, km 145, 67700. Linares, Nuevo León, México.

Francisco Javier Hernández

José Guadalupe Colín

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de El Salto, División de Estudios de Posgrado e Investigación. Calle Tecnológico 101, Col. La Forestal. C.P. 34942, El Salto, Durango, México.

*Autor para correspondencia: gustavo_dguezg@hotmail.com

Resumen

Con el propósito de determinar los porcentajes de la precipitación incidente, precipitación directa, escurrimiento fustal, pérdidas por intercepción y propiedades fisicoquímicas del agua en *Pinus engelmannii* Carr. y *Quercus rugosa* Née, se analizaron 30 eventos de lluvia dentro de un fragmento del Ejido Adolfo Ruiz Cortines del municipio de Pueblo Nuevo, Durango. Donde se estableció una parcela de 2500 m² para medir las propiedades hidrológicas durante el periodo del 05 de mayo de 2018 al 07 de diciembre de 2018. Los resultados indican una precipitación incidente de 856.24 mm. La precipitación directa en *P. engelmannii* Carr. y en *Q. rugosa* Née representó el 72.11 % y el 79.40 %, respectivamente, con un promedio de 75.76 % de la precipitación total. El escurrimiento fustal representó el 0.46 % y 0.11 %, mientras que la intercepción del dosel el 27.42 % y 20.27 % en *P. engelmannii* y *Q. rugosa*, respectivamente. El análisis del pluviolavado indicó que el máximo valor del pH en la precipitación incidente fue igual a 6.78, en la precipitación directa en *P. engelmannii* 5.78 y en *Q. rugosa* 6.78. El escurrimiento fustal en *P. engelmannii* presentó un pH igual a 6.08 y en *Q. rugosa* de 7.51. La conductividad eléctrica del escurrimiento fustal fue igual a 84.63 $\mu\text{S cm}^{-1}$ en *P. engelmannii* y de 170.67 $\mu\text{S cm}^{-1}$ en *Q. rugosa*, valores superiores a la precipitación incidente y a la precipitación directa de ambas especies. La estructura de la cubierta vegetal, la conformación de los árboles y el tipo de precipitación influye en la cantidad de la precipitación que llega al suelo.

Palabras clave: Redistribución, precipitación incidente, precipitación directa, escurrimiento fustal, pérdidas por intercepción, propiedades fisicoquímicas, pluviolavado.

Abstract

Whith the purpose to determine the percentage of the incident precipitation, direct precipitation, stem runoff, interception losses and physiochemical properties of rainfall in *Pinus engelmannii* Carr. and *Quercus rugosa* Née, 30 rain events were analyzed within fragment of the Adolfo Ruiz Cortines Ejido, in the municipality of Pueblo Nuevo, Durango. Where a plot of 2500 m² was established to measure the hydrological properties during the period from May 05, 2018 to December 07, 2018. The results showed an incident precipitation of 856.24 mm. The direct precipitation in *P. engelmannii* Carr. and *Q. rugosa* Née represented the 72.11 % and 79.40 %, respectively. With an average of 75.76 % of the total precipitation. The stem runoff represented the 0.46 % and 0.11 % while the canopy interception showed 27.42 % and 20.27 % in *P. engelmannii* and *Q. rugosa*, respectively. The analysis of throughfall indicated that the maximum value of pH in the incident precipitation was 6.78 in direct precipitation in *P. engelmannii*, 5.78 and in *Q. rugosa* 6.78. The stem runoff in *P. engelmannii* showed a pH of 6.08 and in *Q. rugosa* of 7.51. The electric conductivity of the stem runoff was 84.63 $\mu\text{S cm}^{-1}$ in *P. engelmannii* and of 170 $\mu\text{S cm}^{-1}$ in *Q. rugosa*; higher values compared to incident precipitation and to the direct precipitation in both species. The structure of the vegetation cover, the conformation of the trees and the type of precipitation influence the amount of precipitation that reaches the soil ground.

Keywords: Redistribution, incident precipitation, direct precipitation, stem runoff, losses by interception, physiochemical properties, throughfall.

Introducción

Béjar-Pulido *et al.* (2018) mencionan que el agua que es depositada sobre la cubierta vegetal enriquece a la materia orgánica con los elementos minerales que son exudados de las hojas y del fuste del árbol y las partículas atmosféricas que son arrastradas por el agua y depositadas en el suelo, generando condiciones más favorables para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Los principales componentes del proceso de redistribución de las precipitaciones incidentes son: a) precipitación directa, b) escurrimiento fustal y c) evaporación y absorción de agua por las plantas. La precipitación directa alcanza el suelo a través del goteo de hojas y ramas o al caer directamente al suelo en los claros. Por otra parte, el agua se escurre hacia el fuste a través de las ramas y hojas; el complemento retorna a la atmósfera por evaporación directa de las copas de los árboles o del suelo. Gran parte del agua que es almacenada en el suelo es absorbida por las plantas (Iroume y Huber, 2000).

Huber y Oyarzún (1983) señalaron que a medida que la cantidad de precipitación depositada sobre la superficie foliar y ramas sobrepasa su capacidad máxima de retención, el exceso de agua comienza a caer al suelo, la cual se suma a la que logra atravesar directamente el dosel del bosque sin ser interceptada (precipitación directa) y al agua que

escurre por el tronco de los árboles (escurrimiento fustal). A esta cantidad de agua que llega la suelo se le denomina precipitación neta y es la principal fuente que abastece de agua al ciclo hídrico de un bosque.

La interceptación forma parte del ciclo hidrológico dentro del subsistema de agua atmosférica, junto a la precipitación, evaporación y transpiración, pero afecta otros componentes del ciclo hidrológico, como la infiltración, escurrimiento y evaporación del suelo, entre otras fases (Belmonte y Romero, 1999).

Kress y Hofer (2013), aseguran que los bosques son usuarios importantes del agua. Los bosques desempeñan importantes funciones de amortiguación, como el enfriamiento, la interceptación de la lluvia y la infiltración y la retención del agua.

En México, en especial en la zona de la Sierra Madre Occidental, existen pocas investigaciones en base a trabajos de pérdidas por interceptación en bosques mixtos. El presente estudio se llevó a cabo en rodales con presencia de especies *P. engelmannii* Carr. y *Q. rugosa* Née del Ejido Adolfo Ruiz Cortines, con el propósito de aportar conocimientos sobre las propiedades hidrológicas y fisicoquímicas mediante diferentes tipos de mediciones para obtener resultados de las pérdidas por interceptación en la región estudiada.

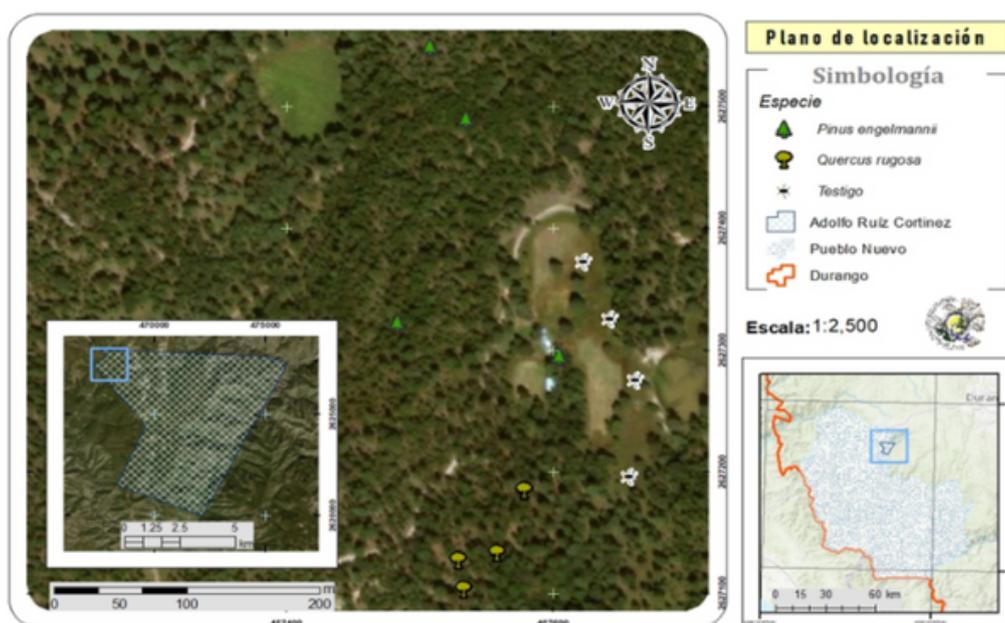


Figura 1. Imagen satelital de las parcelas experimentales en el Ejido Adolfo Ruiz Cortines en la región de El Salto, Pueblo Nuevo, Durango, México.

Materiales y Métodos

Descripción del área de estudio

El estudio se realizó en el Ejido Adolfo Ruiz Cortines, Pueblo Nuevo, Durango, el cual se ubica a 23° 44' 08" N, 105° 17' 52" O (Cruz-García, Contreras-Balderas, García-Salas y Gallo-Reynoso, 2017), con una elevación entre 2,481 y 2,553 msnm (UPSE 6, 2017). El clima es templado subhúmedo y semifrío subhúmedo con lluvias en verano. La precipitación tiene un rango anual de 800 a 1200 mm (INEGI, 2010). El tipo de vegetación es de pino-encino (UPSE 6, 2017). Los suelos del área de estudio son pedregosos INEGI (2010).

Medición de los componentes de las precipitaciones

Se estableció una parcela de 2,500 m², donde se colocaron de forma aleatoria canaletas quedando fijas en el mismo lugar durante el periodo de estudio para registrar la precipitación directa y mangueras para la escorrentía cortical. Adyacentes a la parcela, se establecieron colectores para la precipitación incidente. Las mediciones de los eventos de lluvia y la toma de una fracción (200 ml) para su análisis químico, se realizó durante el periodo del 05 de mayo de 2018 al 07 de diciembre de 2018. Se consideraron como eventos de lluvia a la precipitación separada por un periodo seco de una duración mínima de 8 a 10 horas.

Precipitación incidente

La precipitación incidente (arriba del dosel) fue colectada en cuatro canaletas de PVC de 0.1 m² (0.1 m de ancho x 1.0 m de largo) en forma de U, conectadas por medio de mangueras a recipientes de 20 litros. Las canaletas fueron cubiertas con una malla plástica para evitar la obstrucción de hojarasca e insectos e instaladas a 1.3 m de altura con respecto al suelo en un área abierta, sin árboles, colindante a las parcelas experimentales (Yáñez, 2011).

Precipitación directa

La precipitación directa se colectó en ocho canaletas similares a las descritas anteriormente (cuatro por especies), ubicadas debajo del dosel de cada árbol.

Escurrimiento fustal

La medición del escurrimiento del agua que fluye en el fuste se realizó en 4 árboles seleccionados al azar de *P. engelmannii* Carr. y 4 de *Q. rugosa* Née, utilizándose mangueras de plástico de 3 pulgadas de diámetro y 3 metros de largo con perforaciones para facilitar el flujo de agua a intervalos de 2.5 a 3 cm. Las mangueras se fijaron al fuste con clavos a una altura de 1 m en espiral de dos vueltas y media al tronco. La parte del fuste donde se colocó la manguera en espiral fue descortezada y los clavos, colocados a los extremos de la manguera, se sellaron con silicón. El agua canalizada por las mangueras fue colectada en recipientes de 20 litros.

Pluviolavado

Inmediatamente después de cada evento de lluvia se determinó la conductividad eléctrica y el pH de las muestras colectadas de la precipitación directa, precipitación incidente y escurrimiento fustal con el potenciómetro-conductivímetro marca Consort Multi-Parameter Analyser Modelo C3010.

Análisis estadísticos

La descripción de los componentes hidrológicos precipitación incidente, precipitación directa y escurrimiento fustal se realizó a través de estimadores de estadística descriptiva y análisis de regresión lineal. Los valores de pH y conductividad eléctrica que se obtuvieron a través de los eventos de lluvia para la precipitación incidente, precipitación directa y el escurrimiento fustal de las especies de *P. engelmannii* y *Q. rugosa*, se sometieron a un análisis estadístico mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis con el fin de detectar diferencias significativas en las variables. La prueba de Kruskal-Wallis se realizó debido a que los datos no cumplieron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza, y para ello se empleó las pruebas estadísticas de Kolmogorov-Smirnov, Shapiro-Wilk y Levene (Brown & Forsythe, 1974). Los datos fueron analizados mediante el paquete estadístico para las Ciencias Sociales, SPSS/PC+ versión 22 (International Business Machines [IBM], 2013).

Resultados y discusión

Precipitación incidente

Durante los ocho meses de estudio, se registraron 30 eventos de lluvia acumulando 856.25 mm de precipitación. Esto difiere de lo reportado por Mendía-Santana y Soto-Silva (2019), quienes estimaron 761.29 mm en 28 eventos de lluvia, durante un periodo de siete meses en el Ejido Adolfo Ruiz Cortines. Mientras Cruz-García, Monárrez-González, Tecle, Wehenkel, y Pérez-Verdin (2020) estimaron 626 mm y 704 mm, respectivamente, en 40 y 50 eventos en pinos y encinos del norte de México.

En la Figura 2, se observa que la mayor cantidad de eventos de lluvia ocurrieron en los meses de junio y septiembre y la mayor precipitación en forma de lluvia en los meses de junio y agosto. Durante los meses de noviembre y diciembre se registraron las precipitaciones más bajas durante el periodo de estudio.

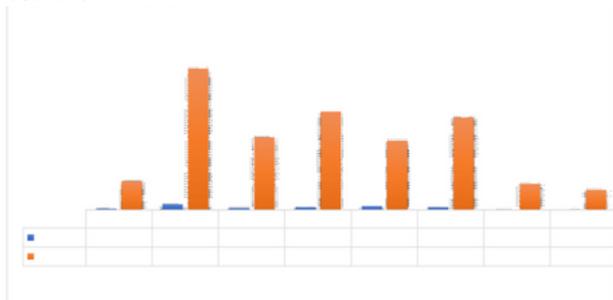


Figura 2. Distribución de la precipitación incidente y número de eventos de lluvia.

Precipitación directa

La precipitación directa promedio registrada en *P. engelmannii* fue igual a 65 % y de 90 % en *Q. rugosa*. El promedio de la precipitación directa de ambas especies fue igual a 77.5 %. El análisis de regresión lineal (R^2) mostró coeficientes de determinación para *P. engelmannii* y *Q. rugosa* iguales a 0.836 y 0.895, respectivamente (Figura 3 y 4). Estos resultados indican que la cantidad de lluvia que fluye a través del dosel del árbol tiene una estrecha relación con la lluvia que cae sobre el dosel. Los resultados anteriores coinciden con los obtenidos por Patricio-Mariano y Solís-Delgado (2018) quienes estudiaron la precipitación directa para *Arbutus xalapensis* Kunth, y *Pinus teocote* Schiede, presentando valores de 69.58 % y 72.12 %, respectivamente. Valores inferiores obtenidos Mendía-Santana y Soto-Silva (2019), donde la precipitación di-

recta promedio para ambas especies fue del 57.28 % representado el 30.45 % para *P. durangensis* Martínez y el 26.83 % en *Q. rugosa* Née. Los análisis de regresión lineal muestran valores relativamente altos del coeficiente de determinación (R^2), siendo de 0.920 en *P. durangensis* Martínez y 0.924 para *Q. rugosa* Née, lo que indica que la cantidad de lluvia que fluye a través del dosel del árbol tiene una estrecha relación con la lluvia sobre el mismo.

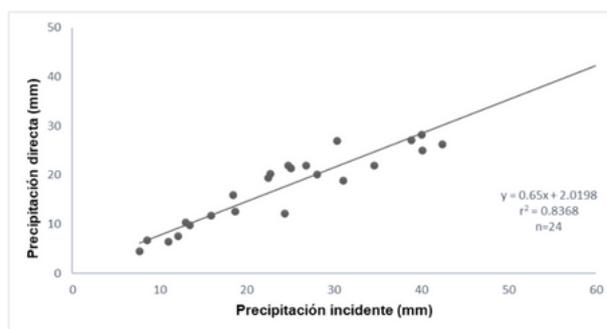


Figura 3. Relación de la precipitación incidente y la precipitación directa de *P. engelmannii*.

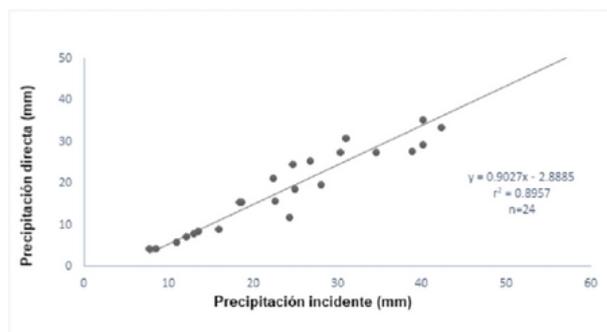


Figura 4. Relación de la precipitación incidente y la precipitación directa de *Q. rugosa*.

Escurrimiento fustal

Considerando la precipitación total, el escurrimiento fustal promedio de ambas especies fue de 0.28 %. *P. engelmannii* presentó el mayor porcentaje de escurrimiento fustal con 0.004 %. Por el contrario, en *Q. rugosa* se registró el 0.0006 %. Los coeficientes de determinación (R^2) obtenidos para este componente fueron de 0.6513 para *P. engelmannii* y 0.1094 para *Q. rugosa* (Figura 5 y 6). La diferente conformación del fuste que tienen las especies fue el factor principal que determinó que *Q. rugosa* presentará poca relación entre la precipitación incidente y el escurrimiento fustal. El pino tiene estrías por lo que el agua de lluvia fluye de una manera más regular en medio de ellas, además de que tiene un efecto mínimo sobre la precipitación neta. Resultados obtenidos por Nava-

Moreno (2018) fueron superiores ya que este reporta en el componente de escurrimiento fustal para *P. cooperi* el 7.7 % de la precipitación incidente, con un coeficiente de determinación $R^2 = 0.721$. Se puede observar un mejor ajuste del modelo en sus datos lo que nos dice que la cantidad de agua que escurre por el fuste está asociada con la que es interceptada por el dosel. Tamez-Ponce, Cantú-Silva, González-Rodríguez, Yáñez-Díaz y Uvalle-Sauceda (2018), obtuvieron un escurrimiento fustal de 1.12 % a 1.73 % para *C. hookeri*, y 13, 16, 20 y 22 % para *L. leucephala*, *C. greggii*, *A. farnesiana* y *C. hookeri*, respectivamente. Por tanto, la diferencia que se presenta en cada uno de los estudios se debe a las diferentes intensidades de lluvia en cada evento y a las diferentes características entre las especies descritas ya que varía el número y posición de ramas, estas influyen en la cantidad de agua que llega al suelo por medio de los fustes.

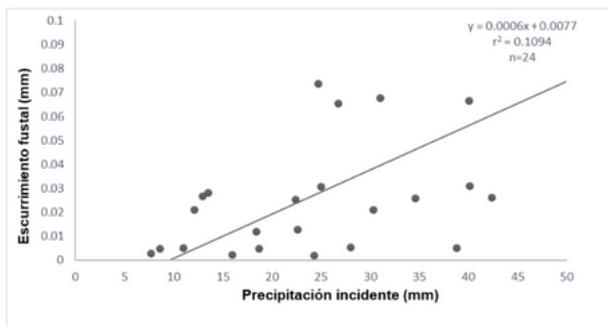


Figura 5. Relación de la precipitación incidente y el escurrimiento fustal de *Q. rugosa* Née.

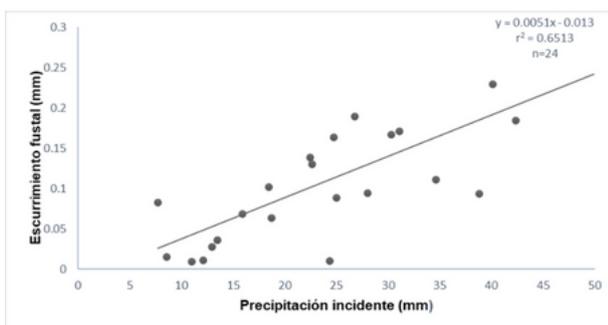


Figura 6. Relación de la precipitación incidente y el escurrimiento fustal de *P. engelmannii* Carr.

Precipitación neta

La precipitación neta en *P. engelmannii* y *Q. rugosa* fue igual a 65 % y 95 %, respectivamente, mientras que el promedio fue igual a 80 %. Esta se

encuentra significativamente correlacionada con la precipitación incidente con coeficientes de determinación (R^2) estimados en *P. engelmannii* y *Q. rugosa* iguales a 0.8583 y 0.9515, respectivamente (Figura 7 y 8). García-Ledezma, Cantú-Silva, González-Rodríguez y Yáñez-Díaz (2018), mostraron un porcentaje de precipitación neta de 82.08 %, representando así la precipitación real que fluyó al suelo, siendo mayores que los reportados en esta investigación. Valores inferiores obtenidos por Mendía-Santana y Soto-Silva (2019), quienes registraron un promedio para ambas especies de 48.66 % correlacionada con la precipitación incidente donde *P. durangensis* Martínez y *Q. rugosa* Née les corresponde el 22.86 % y 22.8 %, respectivamente siendo mínima la diferencia debido a la poca proporción involucrada de escurrimiento fustal. Los valores de coeficiente de determinación obtenidos para la precipitación neta fueron $R^2 = 0.595$ para *P. durangensis* Martínez y 0.324 para *Q. rugosa* Née; dichas variaciones pueden ser atribuibles a las características particulares de la composición florística, fenología de las especies y estructura de las comunidades vegetales de las parcelas estudiadas.

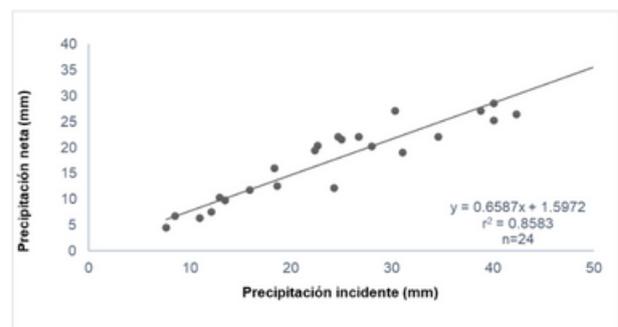


Figura 7. Relación de la precipitación neta y la precipitación incidente de *P. engelmannii*.

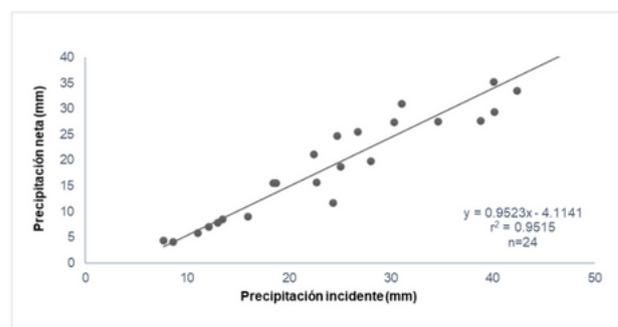


Figura 8. Relación de la precipitación neta y la precipitación incidente de *Q. rugosa*.

Pérdidas por intercepción

La estimación promedio fue igual a 22 %. En *P. engelmannii*, se estimó que la pérdida por intercepción fue del 33 %, mientras que en *Q. rugosa* de 11 %. Los coeficientes de determinación (R^2) estimados fueron iguales a 0.6617 y 0.1996 en *P. engelmannii* y *Q. rugosa*, respectivamente (Figura 9 y 10). Mastachi-Loza, González-Sosa, y Becerril-Piña (2010), quienes reportan los porcentajes de pérdida por intercepción, resultando en 15, 20 y 27 % en Huizache y de 27, 11 y 17 % en Mezquite para los sitios Cadereyta, El Carmen y Amazcala, respectivamente. Las diferencias que existen en los trabajos mencionados se deben principalmente a las distintas dimensiones del dosel de cada una de las especies investigadas. Resultados similares reportados por Besteiro y Vagaría (2012), quienes obtuvieron los valores de intercepción en una plantación de *Pinus radiata* con un 27.2 %, mientras que para *Eucalyptus viminalis* obtuvo un valor de 12.2 %.

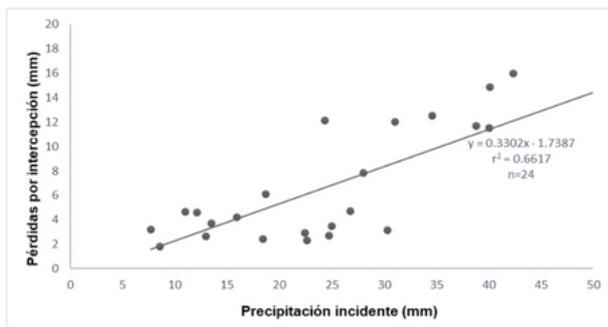


Figura 9. Relación de la precipitación por intercepción y las pérdidas de precipitación incidente de *P. engelmannii*.

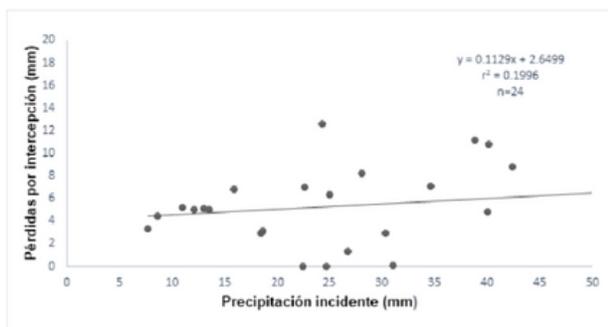


Figura 10. Relación de las pérdidas por intercepción y la precipitación incidente de *Q. rugosa*.

En la Figura 11 se presenta el comportamiento y las pérdidas por intercepción estimado durante el tiempo de análisis en los 30 eventos colectados. La

mayor cantidad de lluvia registrada en *P. engelmannii* pertenece a los eventos 9 (11.2 mm) y 17 (21.3 mm) y en *Q. rugosa* en los eventos 18 y 14 con valores de 12.6 mm y 11.2 mm, respectivamente. Así mismo, el análisis individual de las precipitaciones ocurridas mostró que la lluvia que llega al suelo no es una fracción constante de la lluvia total, sino que las lluvias incipientes tienden a ser más interceptadas.

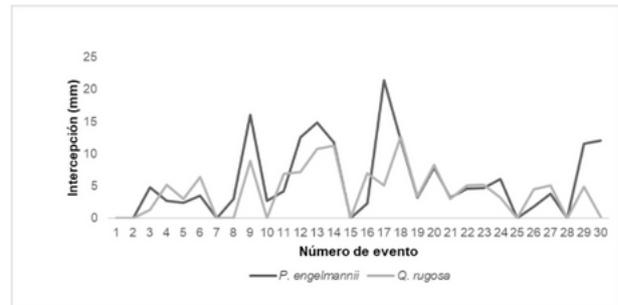


Figura 11. Variabilidad de las pérdidas por intercepción.

Pluviolavado

Los análisis del pluviolavado indica que, en el área de la precipitación incidente, el pH mínimo y máximo de la precipitación fueron iguales a 5.12 y 6.78, respectivamente. En la parcela de *P. engelmannii*, los pH mínimos y máximos fueron iguales a 4.46 y 5.78, mientras que en *Q. rugosa*, estos valores correspondieron a 5.16 y 6.78. En la Figura 12 se observa la tendencia del pH en relación a la precipitación directa de ambas especies. Béjar-Pulido *et al.* (2018), quienes, durante el periodo de seguimiento de los eventos de lluvia, el pH de la precipitación incidente se mantuvo con valores entre 4.42 a 6.12, una vez que la lluvia fluye sobre el dosel arbóreo, se modifica (precipitación directa), disminuye ligeramente y adquiere valores de 4.21 a 6.27. Cuando la lluvia recorre el fuste del árbol (escurrimiento fustal), se acidifica y alcanza cifras de 3.85 a 6.82. García-Ledezma *et al.* (2018) quienes obtuvieron valores de pH de 6.7, lo cual nos muestra que los doseles de coníferas tienden a bajar el pH con respecto a otras especies que son importantes en el contexto hidráulico para la región estudiada. Por otra parte, el escurrimiento fustal nos arroja los siguientes valores de pH para *P. engelmannii* de 6.08, mientras que para *Q. rugosa* el valor fue de 7.51.

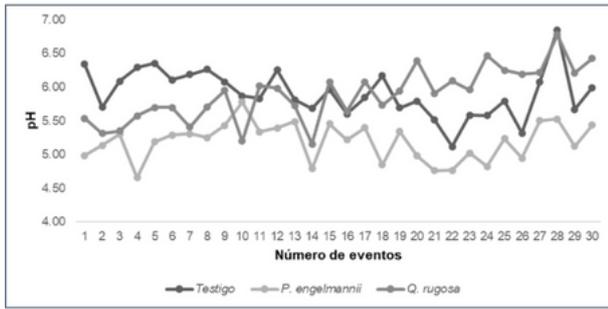


Figura 12. Valores de pH de la precipitación directa.

El análisis del escurrimiento fustal indica que en *P. engelmannii* el pH más alto es de 6.08, mientras que para *Q. rugosa* fue igual a 7.51. Estos valores corresponden a un rango ácido para el pino y alcalino en el caso del encino (Figura 13). El valor más bajo de pH fue de 3.78, mientras que el valor más alto de pH fue de 6.35. Por medio de esta investigación, se muestra que el pH tiene relación con la cantidad de lluvia, ya que a medida que la precipitación incrementa, el pH disminuye. La conductividad eléctrica (CE) fue inversamente proporcional al pH. El valor promedio de conductividad eléctrica en la precipitación incidente fue de $27.17 \mu\text{S cm}^{-1}$. El valor más alto de la CE relacionado a la precipitación directa en *P. engelmannii* fue de $83.30 \mu\text{S cm}^{-1}$ y en *Q. rugosa* de $151.40 \mu\text{S cm}^{-1}$. En la Figura 14 se observa que la conductividad eléctrica de la precipitación directa de ambas especies. En los primeros tres eventos se observan valores más altos al resto de los eventos, indicando la influencia que presentan poca precipitación que ocurre en las primeras lluvias. Resultados reportados por García-Ledezma *et al.* (2018) quienes documentan una conductividad eléctrica de $12 \mu\text{S cm}^{-1}$ en lo que respecta a precipitación incidente, por otro lado, Béjar-Pulido *et al.* (2018) presentaron una conductividad eléctrica de $21.30 \mu\text{S cm}^{-1}$ para *A. xalapensis* Kunth, mientras que para *P. teocote* Schiede con un promedio de $41.40 \mu\text{S cm}^{-1}$.

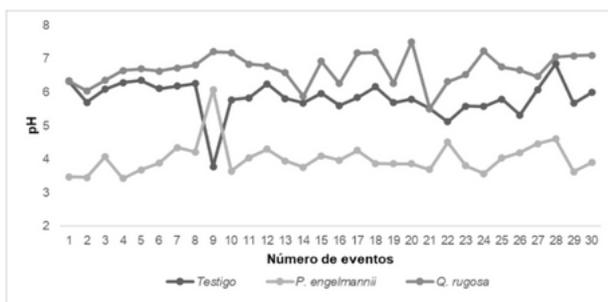


Figura 13. Valores de pH del escurrimiento fustal.

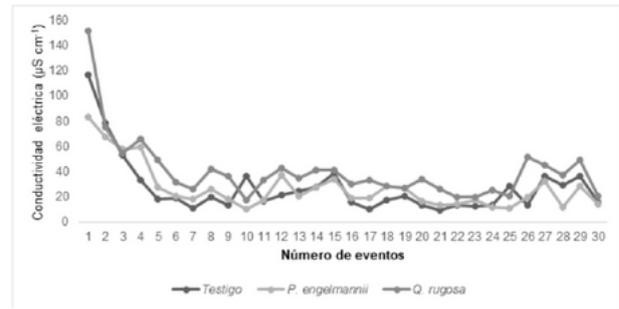


Figura 14. Conductividad eléctrica de la precipitación directa.

En el análisis del escurrimiento fustal, la CE mostró que en ambas especies los valores fueron superiores a la determinada en la precipitación directa. El promedio estimado en *P. engelmannii* fue igual a $84.63 \mu\text{S cm}^{-1}$; este valor aumentó notablemente en *Q. rugosa* con un promedio de $170.67 \mu\text{S cm}^{-1}$. En la Figura 15 se observa que en el primer evento de lluvia el valor de la CE fue sobresaliente en comparación a los demás; para la especie de *P. engelmannii* el valor fue de $393 \mu\text{S cm}^{-1}$. Este resultado se atribuye a que fue la primera lluvia del año y el fuste arrastró diferentes partículas químicas acumulados en el tronco del árbol. En el caso de *Q. rugosa*, se observan valores más altos en los eventos 1, 2, 5, 8 y 10 con valores de 337.25 , 357.50 , 347.25 , 348 y $335.25 \mu\text{S cm}^{-1}$, respectivamente.

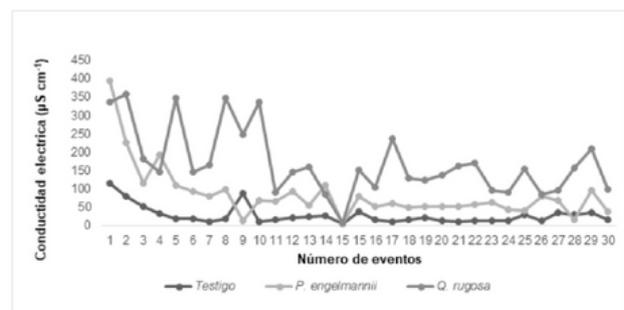


Figura 15. Conductividad eléctrica del escurrimiento fustal.

Prueba Kruskal-Wallis

En el Cuadro 1 se observa que en *P. engelmannii*, la variable pH mostró 28 eventos con diferencia significativa ($P < 0.05$), mientras que en dos eventos de lluvia no se obtuvieron diferencias significativas (septiembre y octubre del 2018), para esta variable. Para la CE se obtuvieron 25 eventos con diferencia significativa ($P < 0.05$). Para los meses de mayo, junio, agosto y octubre (cinco eventos) no se observaron diferencias significativas ($P > 0.05$).

Cuadro 1. Valores de la prueba de Kruskal-Wallis de pH y CE para *P. engelmannii* y *Q. rugosa* en los 30 eventos de la precipitación incidente, precipitación directa y escurrimiento fustal.

Evento	Fecha de evento	<i>Pinus engelmannii</i>				<i>Quercus rugosa</i>			
		pH		CE		pH		CE	
		χ^2	Valor P	χ^2	Valor P	χ^2	Valor P	χ^2	Valor P
1	10-may-18	9.486	0.007	4.485	0.087	5.692	0.058	5.692	0.058
2	31-may-18	9.846	0.007	8.000	0.018	9.846	0.007	7.385	0.025
3	08-jun-18	8.800	0.012	4.962	0.084	9.881	0.007	7.423	0.024
4	10-jun-18	9.846	0.007	9.846	0.007	9.269	0.010	9.269	0.010
5	13-jun-18	9.915	0.007	9.846	0.007	7.758	0.021	9.846	0.007
6	17-jun-18	9.881	0.007	7.538	0.023	8.800	0.012	9.269	0.010
7	19-jun-18	8.000	0.018	8.769	0.012	9.846	0.007	9.846	0.007
8	22-jun-18	8.000	0.018	6.615	0.037	6.038	0.049	8.769	0.012
9	27-jun-18	9.846	0.007	9.269	0.010	6.500	0.039	9.846	0.007
10	29-jun-18	9.582	0.008	9.846	0.007	6.500	0.039	9.846	0.007
11	30-jun-18	9.269	0.010	7.731	0.021	5.692	0.058	4.500	0.105
12	08-jul-18	8.346	0.015	8.115	0.017	5.915	0.052	9.269	0.010
13	21-jul-18	9.269	0.010	6.500	0.039	7.385	0.025	8.000	0.018
14	30-jul-18	8.800	0.012	7.538	0.023	6.000	0.050	9.269	0.010
15	12-ago-18	8.346	0.015	4.962	0.084	6.962	0.031	7.538	0.023
16	19-ago-18	9.269	0.010	7.731	0.021	7.385	0.025	9.881	0.007
17	20-ago-18	8.769	0.012	9.846	0.007	6.500	0.039	9.846	0.007
18	27-ago-18	7.654	0.022	4.769	0.092	8.000	0.018	9.846	0.018
19	02-sep-18	9.846	0.007	9.269	0.010	2.923	0.232	8.346	0.015
20	11-sep-18	8.654	0.013	9.269	0.010	9.881	0.007	9.846	0.007
21	16-sep-18	9.881	0.007	9.846	0.007	2.192	0.334	9.846	0.007
22	25-sep-18	1.192	0.551	7.538	0.023	3.731	0.155	8.769	0.012
23	28-sep-18	9.846	0.007	9.269	0.010	7.423	0.024	9.269	0.010
24	30-sep-18	8.769	0.012	7.423	0.024	7.845	0.020	8.769	0.012
25	05-oct-18	8.346	0.015	4.154	0.125	5.336	0.069	5.654	0.059
26	07-oct-18	3.962	0.138	9.269	0.010	5.346	0.069	8.000	0.018
27	17-oct-18	8.346	0.015	7.538	0.023	0.154	0.926	9.269	0.010
28	22-oct-18	9.269	0.010	8.346	0.015	1.423	0.491	2.923	0.232
29	28-nov-18	9.269	0.010	8.346	0.015	9.881	0.007	8.346	0.015
30	07-dic-18	8.000	0.018	7.538	0.023	9.881	0.007	8.769	0.012

En *Q. rugosa*, 21 eventos presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$), por el contrario, nueve eventos no presentaron diferencia significativa. La CE fue significativamente diferente en 26 eventos ($P < 0.05$), indicando que el agua de lluvia que fluye a través del dosel es químicamente diferente a la de la precipitación incidente en la mayoría de los eventos ocurridos.

Conclusiones

Se registraron cantidades de lluvias en un rango de 7.70 mm a 94.78 mm, donde solo el 6% fueron menores de 10 mm y el 7% del total fueron mayores a 50 mm. La precipitación directa

promedio para ambas especies fue igual a 77.5 %, la precipitación neta promedio fue de 80 %, mientras que el escurrimiento fustal promedio fue de 0.28 %, las pérdidas de intercepción promedio fue de un 22 %. El pluviolavado presento valore de pH de 5.42 para la precipitación incidente, 5.95 para la precipitación directa y para el escurrimiento fustal 6.79, la conductividad eléctrica presento valores de 27.17, 117.35 y 127.65 $\mu\text{S cm}^{-1}$ para la precipitación incidente, directa y escurrimiento fustal respectivamente. La estructura de la cubierta vegetal, la conformación de los árboles y el tipo de precipitación influye en la cantidad de la precipitación que llega al suelo.

Literatura citada

- Besteiro, S.I. y A.M. Vagaría. (2012). Precipitation redistribution on forestry plantations in a property of the locality of La Plata, Buenos Aires. *Revista de la Facultad de Agronomía (La Plata)*, 111(2): 75-82.
- Béjar-Pulido, S.J. I. Cantú-Silva, T.G. Domínguez-Gómez, H. González-Rodríguez, J.G. Marmolejo-Monciváis, M.I. Yáñez-Díaz, y E.O. Luna-Robles. (2018). Redistribución de la precipitación y aporte de nutrimentos en *Pinus cooperi* C.E. Blanco. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(50): 95-120. DOI: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i50.237>
- Belmonte, S.F. y D.A. Romero. (1999). Intercepción en algunas especies del matorral mediterráneo. *Cuadernos de ecología y medio ambiente*. Murcia: Universidad de Murcia. 202.
- Brown, M.B. y A.B. Forsythe. (1974). Robust tests for the equality of variances. *Journal of the American Statistical Association*. 69:364-367
- Cruz-García, F. A.J. Contreras-Balderas, J.A. García-Salas, y J.P. Gallo-Reynoso. (2017). Dieta de la nutria neotropical (*Lontra longicaudis annectens*) en Pueblo Nuevo, Durango, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88(3): 701-709.
- Cruz-García, F. J.C. Monárrez-González, A. Teclé, C. Wehenkel, y G. Perez-Verdin. (2020). Effects of stand variables on stemflow and surface runoff in pine-oak forests in northern Mexico. *PLoS ONE*, 15(6): 1-16. e0235320. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0235320>.
- García-Ledezma, Y.W. I. Cantú-Silva, H. González-Rodríguez, y M.I. Yáñez-Díaz. (2018). Pérdida por intercepción de lluvia en el Matorral Espinoso Tamaulipeco bajo diferentes intensidades de raleo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(49): 148-164.
- Huber, A. y C. Oyarzún. (1983). Precipitación neta e intercepción en un bosque adulto de *Pinus radiata*. *Bosque*, 5(1): 13-20.
- INEGI. (2010). *Conjunto Nacional de Uso del Suelo y Vegetación a escala 1:250,000, serie II*, DGG-INEGI, México.
- International Business Machines (IBM). (2013). IBM SPSS Statistics for Windows, version 22.0. Armonk, NY, USA: IBM Corp.
- Iroume, A. y A. Huber. (2000). Intercepción de las lluvias por la cubierta de bosques y efecto en los caudales de crecida en una cuenca experimental en malakahuello, IX región, Chile. *Bosque*, 21(1): 45-56.
- Kress, A. y T. Hofer. (2013). *Forest and water*. Roma, Italia: Food and Agriculture Organization (FAO), forestry department. 8.
- Mastachi-Loza, C.A. E. González-Sosa, y R. Becerril-Piña. (2010). Pérdidas por intercepción en mezquite (*Prosopis laevigata*) y huizache (*Acacia farnesiana*) de la región semiárida del centro de México. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 1(1): 103-120.
- Mendía-Santana, R. y C.A. Soto-Silva. (2019). Propiedades hidrológicas de *Quercus rugosa* Née y *Pinus durangensis* Martínez en el ejido Adolfo Ruiz Cortines, Pueblo Nuevo, Durango (tesis profesional). Instituto Tecnológico de El Salto. El Salto, Pueblo Nuevo, Durango, México.
- Nava-Moreno, M.A. (2018). Pérdidas por intercepción en un bosque de *Pinus cooperi* C.E Blanco en la región de El Salto, Durango (tesis de maestría). U.A.N.L Facultad de Ciencias Forestales, Linares, Nuevo León.
- Patricio-Mariano, J. y I. Solís-Delgado. (2018). Pérdidas por intercepción de precipitación en *Arbutus xalapensis* Kunth in H.B.K. y *Pinus teocote* Schiede en el ejido Adolfo Ruiz Cortines, Pueblo Nuevo, Durango (tesis de licenciatura). Instituto Tecnológico De El Salto, El Salto Pueblo Nuevo, Durango, México.
- Tamez-Ponce, C. I. Cantú-Silva, H. González-Rodríguez, M.I. Yáñez-Díaz, y J.I. Uvalle-Sauceda. (2018). Pérdidas por intercepción en cuatro especies de matorral en el noreste de México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(49):127-147.
- Unidad de prestación y servicios ejidales (UPSE 6). (2017). Programa de manejo forestal 2017-2026 del p.p. El Tule Lotes 2 3 y 4, Pueblo Nuevo, Durango.
- Yáñez, D.M.I. (2011). Redistribución de la precipitación en tres especies nativas y una plantación de *Eucalyptus camaldulensis*, en Linares, Nuevo León, México (tesis de licenciatura). Universidad Autónoma de Nuevo León Facultad de Ciencias Forestales, Linares, Nuevo León, México.