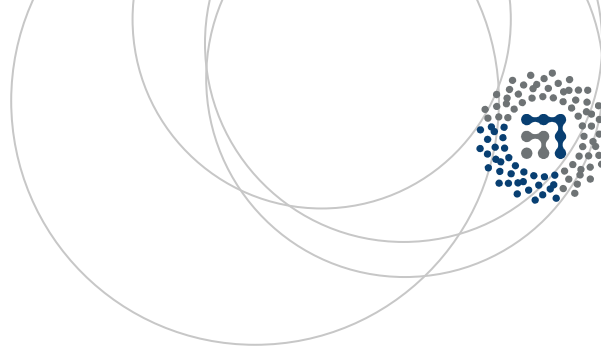


eman ta zabal zazu



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea



ZTF-FCT

Zientzia eta Teknologia Fakultatea
Facultad de Ciencia y Tecnología



Trabajo Fin de Grado
Grado en Biología

Intercepción de la lluvia del dosel arbóreo y de la hojarasca

Autor/a:

Ariane Amaya Orozco

Director/a:

Ibone Ametzaga Arregi

Leioa, Septiembre de 2015

eman ta zabal zazu



Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea



ZTF-FCT
Zientzia eta Teknologia Fakultatea
Facultad de Ciencia y Tecnología





Índice

Resumen.....	1
Abstract	2
1. Introducción	3
2. Objetivo.....	5
3. Materiales y Métodos.....	5
3.1 Área de estudio	5
3.2 Diseño experimental	6
4. Resultados y Discusión	11
4.1 Variación del LAI en relación a la estación y al tamaño de los árboles.....	11
4.2 Variación estacional del LAI y su efecto en la intercepción	12
4.3. Efecto del tamaño de los árboles en la cantidad de hojarasca acumulada.....	14
4.4. Capacidad máxima de retención de agua de la hoja verde y hojarasca de los robles.....	15
5. Conclusiones	16
6. Bibliografía	17

Resumen

La intercepción de la lluvia, tanto por el dosel como por la hojarasca, es un proceso importante que influye en las condiciones de humedad del suelo, ya que una parte vuelve mediante evaporación a la atmosfera. Por lo tanto el objetivo de este estudio es profundizar más en el conocimiento de la capacidad de almacenaje e intercepción de los robles (*Quercus robur*) y en especial analizar si el tamaño de los árboles influye la intercepción. El estudio se llevo a cabo en dos robledales diferenciados por su tamaño durante tres estaciones del año: otoño, invierno y primavera (2014-2015) en las que se obtuvieron medidas de intercepción del dosel de la precipitación. También se obtuvieron muestras de hoja verde y hojarasca con objeto de calcular su capacidad máxima de retención de agua. Los resultados mostraron que el tamaño de los árboles es una característica que influye en el Índice de área foliar (LAI), y por tanto en la intercepción, pero que su efecto parece ser menos importante que el efecto causado por la variabilidad del volumen de lluvia. Del mismo modo, la intercepción relativa (en relación al volumen de lluvia) dependió de la interacción entre la estacionalidad y el tamaño de los árboles. Finalmente, la cantidad máxima de almacenamiento de agua fue mayor en la hojarasca que en la hoja verde, siendo mayor en el robledal de mayor tamaño al presentar significativamente mayor cantidad de hojarasca acumulada.

Abstract

Rain interception by the canopy, and also by litter, is an important process that has an influence in the soil moisture conditions, because a part of it returns to the atmosphere. Therefore the aim of this study is to deepen the knowledge of the storage capacity and interception of oaks (*Quercus robur*) and analyze if the size of the trees has an influence. The study was done in two oak forests differentiated by the size, and the measurements were made in three different seasons: fall, winter and spring (2014-2015) where canopy rain interception measures were obtained. Also, samples of green leaves and litter were taken to determine their maximum capacity of water storage. Results showed that the size of the oaks is a characteristic that influences the Leaf Area Index (LAI), and thus, it influences the interception that also depends on the amount of rain. The latter seemed to be more important than LAI in the interception process. Besides, relative interception (i.e. that in relation to rainfall volume) varied with the interaction between season and tree size. Finally, the maximum capacity of water storage was significantly higher in the litter than in green leaves, thus, as the accumulation of litter was highest in the bigger size trees the water interception by litter was potentially higher.

1. Introducción

Los ecosistemas forestales cumplen una función muy importante en el ciclo del agua puesto que se podría decir que son una fuente de transpiración continua de agua, de intercepción de agua (evaporación) y de distribución de la precipitación al atravesar el dosel y llegar al suelo (Figura 1.) (Jiménez 2010).

La capacidad de intercepción del agua depende sobre todo de dos factores: Las condiciones climáticas como pueden ser la temperatura, precipitación..., y las diferentes características de los propios ecosistemas forestales como el tipo de hoja, el índice de área foliar (LAI), la edad de los árboles, entre otros (Carlyle-Moses y Gash 2011). Además, de la época del año que también es clave para determinar la cantidad de intercepción del agua que realizan los ecosistemas forestales, el efecto en la intercepción depende de la frecuencia, cantidad y volumen de las precipitaciones (Casey 1996, Cavelier y Vargas 2002). En el caso de precipitaciones pequeñas pero frecuentes la intercepción suele ser alta, pero si la misma precipitación se distribuye en menor número de eventos pero de mayor volumen la intercepción puede ser comparativamente menor (Spittlehouse 1998).

Por otro lado, a medida que el bosque madura y el dosel se cierra aumenta la intercepción, sin embargo, esta relación se ha visto que no depende de la densidad de árboles como cabría esperar sino de la capacidad de auto clareo del bosque (Carlyle-Moses y Gash 2011). En el caso de un dosel arbóreo más denso el flujo de agua es más lento, y esto, lleva a que el contacto del agua con el follaje aumente (Zaltauskaite y Juknys 2007) y así su intercepción.

Durante el año la intercepción también varía. Así, se ha observado que en verano la intercepción es de un 36% frente al 26% que se da en invierno (Gerrits, Pfister y Savenije 2010). A parte del dosel arbóreo, la hojarasca también tiene la capacidad de interceptar una cantidad significativa de la precipitación. Esta importancia se hace evidente a largo plazo. El almacenamiento puede ser pequeño pero el número de veces que el almacén es llenado y vaciado puede llevar a una reducción significativa de la recarga de la humedad del suelo y por ello a la escorrentía superficial (Gerrits y Savenije 2011).

Actualmente con los cambios a nivel climático que se están dando se espera que en muchas zonas disminuyan los eventos de las precipitaciones aumentando el volumen de las mismas (Gitay et al 2002) Zonas de plantaciones forestales sufrirán menos cambios por consecuencia del cambio climático, debido a que están siendo manipuladas por el ser humano. Esto significa que dependiendo de la carencia que posean, la gestión que se realice será capaz de mitigarla. Sin embargo, las zonas forestales naturales son las que más sufrirán esos cambios. Por lo que, los cambios ecológicos serán más notables en estas últimas (Shugart et al 2003). La resiliencia de las zonas forestales tropicales se verá perjudicada (Tompson et al 2009), ya que se ha comprobado que se ha dado una reducción de las precipitaciones y como consecuencia un aumento en la sequía (Malhi et al 2009). Por ello es necesario aumentar el conocimiento de la intercepción de los ecosistemas forestales a escala pequeña, para conocer qué impacto tendrá sobre la producción de los mismos.

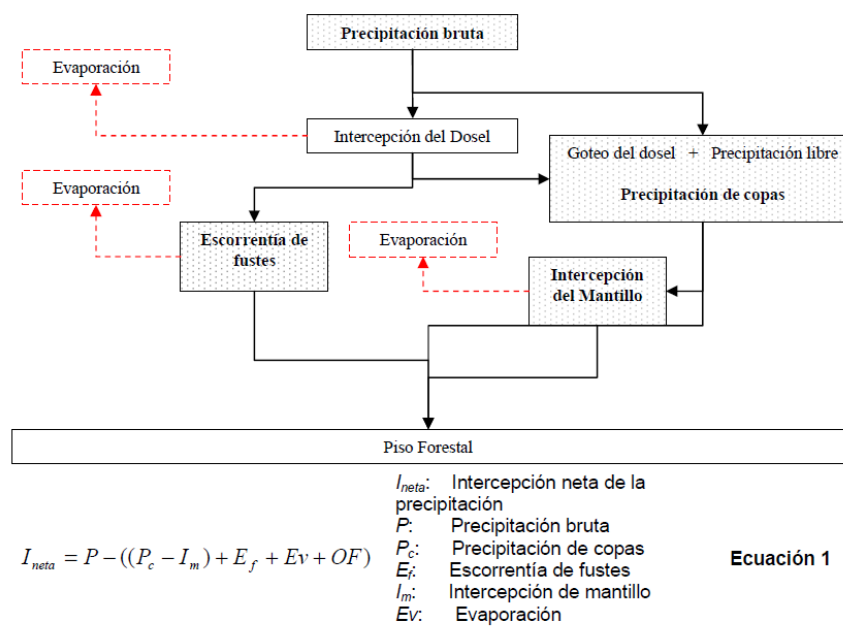


Figura 1. Diagrama conceptual de la intercepción de precipitación en ecosistemas forestales (Jiménez 2010).

2. Objetivo

El objetivo general es profundizar más en el conocimiento de la capacidad de almacenaje e interceptación de los robles (*Quercus robur*) y el efecto del tamaño de los mismos en dicho proceso.

Los objetivos específicos son:

- Estudiar el efecto del LAI del dosel en la interceptación de la precipitación.
- Analizar si el efecto del LAI varía con el tamaño de los árboles y su variación estacional.
- Calcular la capacidad máxima de retención de agua de la hoja verde y hojarasca de los robles.

3. Materiales y Métodos

3.1 Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en una zona montañosa de Leioa, Bizkaia (País Vasco), al Norte de la Península Ibérica (43°19'50"N 2°58'7"W). El clima de esta zona es templado oceánico, con una temperatura media anual de 13,9 °C y precipitación media anual de 1208 mm al año. La vegetación en esta zona montañosa está compuesta principalmente por *Quercus robur*, *Fraxinus excelsior* y *Crataegus monogyna*, aunque también son abundantes especies como *Castanea sativa*, *Ulmus glabra* y *Ulmus minor*. En muchas zonas de Bizkaia los robledales (*Q. robur*) han sido sustituidos por plantaciones de *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus* (Loidi et al 2011).

La dos zonas estudiadas son dos robledales (*Q. robur*) diferenciados por su edad localizados en la zona sur de la Facultad de Ciencia y Tecnología del Campus de Leioa de la UPV/EHU (Figura 2.). Los árboles de mayor edad presentaban una altura media de 4 metros (Robledal Maduro), mientras que, los árboles de menor edad presentaban una altura media de 2 metros (Robledal Joven). En cuanto a densidad, ambos presentaban una densidad parecida de (0,2 árboles/m²).



Figura 2. Área de estudio, campus de Bizkaia UPV-EHU. La marca roja indica la ubicación del roblechal joven y la marca azul indica la ubicación del roblechal maduro.

3.2 Diseño experimental

Trabajo en campo

Se dividieron los dos roblechales en cuatro zonas, de 5 x 5 m de tamaño que correspondía a zonas con diferentes robles las cuales en cada una se colocaron 4 botellas al azar (Figura 3. y 4.). Además, en el exterior de cada roblechal se colocaron dos botellas que actuaban como control. En total se utilizaron 18 botellas en cada roblechal.

En total se llevaron a cabo 9 recogidas de lluvia, que se pueden dividir en tres estaciones: otoño (noviembre), invierno (febrero) y primavera (mayo). En otoño se recogieron 2 muestras. En invierno 4 muestras. Y en primavera se recogieron 3 muestras. Hay que destacar que el otoño de 2014 debido a lo benigno que fue los árboles retuvieron las hojas casi hasta diciembre.

Para determinar la influencia del dosel arbóreo se utilizó la medida del Índice de Área Foliar (LAI) (Asner, Scurlock y Hicke 2003) realizada en los dos roblechales. La medida se

realizó justo debajo de cada una de las botellas colocadas. Las medidas se realizaron con el Licor LAI-2000 PCA, un instrumento diseñado para medir el índice foliar (LAI) del dosel de los árboles (Nackaerts et al 2000). Las lecturas debajo y fuera del dosel son requeridas para poder conocer la luz que penetra por el dosel. Se llevaron a cabo tres medidas en tres tiempos diferentes. Una medida se realizó en otoño del 2014, otra en invierno del 2015 y la última en primavera del 2015.



Figura 3. Botellas con embudos y bandeja empleados para el experimento de campo.

Las “botellas” que se utilizaron para obtener la lluvia no interceptada por el dosel consistían en una botella con un embudo sobre él que se había añadido de una bandeja a la que se le había cortado la parte de abajo (Figura 3.). De este modo se pudo recoger el agua que se filtraba debajo de las copas de los árboles (Jiménez 2010).



Figura 4. Botellas bajo dosel.

Las muestras de hojarasca se recogieron en los dos robledales estudiados mediante un cuadrado de muestreo de 25x25 cm lanzado al azar. En cada robledal se recogieron 16 muestras que se guardaron en bolsas de plástico (cuatro en cada zona).

Por último, también se recogieron diferentes muestras de hojas del dosel arbóreo de los dos diferentes robledales estudiados (Figura 5.). En cada robledal se recogieron 16 muestras que se guardaron en bolsas de plástico, cada muestra obtenida era de 10 hojas. Las muestras se recogieron al azar, en las diferentes zonas marcadas anteriormente. Por lo que se obtuvieron 32 muestras de 10 hojas cada una, entre los dos robledales. Este proceso se realizó una vez, en el mes de mayo de 2015.



Figura 5. Ejemplo de muestras obtenidas de hojas verdes.

Trabajo de laboratorio

Las muestras obtenidas de hojarasca se colocaron en bandejas de plástico que fueron rellenas de agua hasta sumergir del todo las hojas. La muestra estuvo sumergida durante 24 horas, para que pudiera absorber toda el agua posible y obtener el peso turgente (Sato et al 2004) (Figura 6.).



Figura 6. Muestras de hojarasca sumergidas en agua en el laboratorio.

Una vez pasadas las 24 horas, se pesaron las diferentes muestras de hojarasca mojada, no sin antes haberlas escurrido para así eliminar el agua no absorbida por las hojas. Cuando se obtuvo el peso turgente de cada muestra, estas se llevaron a secar en una estufa a 60°C durante 4 días, tiempo en el que el peso seco se estabilizó más que suficiente. Transcurridos esos 4 días se pesaron para obtener el peso seco de la muestra.

Siguiendo el procedimiento de Sato et al. (2004), se ha hallado la cantidad de agua retenida por una masa seca mediante la diferencia entre el peso de la hojarasca tras haber estado sumergida 24 horas (húmeda) y el peso de la hojarasca seca. Todo este proceso se llevo a cabo también en las hojas verdes obtenidas del dosel arbóreo (Figura 7.).



Figura 7. Muestras de hojas del dosel arbóreo sumergidas en agua en el laboratorio.

Análisis de los datos

La intercepción en cada punto de muestreo y evento de precipitación se obtuvo restando al valor medio de la lluvia el volumen del agua almacenado en la botella.

La intercepción relativa se obtuvo restando al volumen medio de lluvia el obtenido en la botella y dividiéndolo por el volumen medio de lluvia y multiplicándolo por 100.

La normalidad de los datos se ha determinado mediante el test de Kolmogorov-Smirnov. La comparación de los datos paramétricos se realizó por medio de un Análisis de la Varianza (ANOVA) y con el test de Kruskal Wallis y la U-Mann-Whitney para los datos no paramétricos.

Los análisis se han realizado empleando el programa IBM-SPSS Statistics.

4. Resultados y Discusión

4.1 Variación del LAI en relación a la estación y al tamaño de los árboles

El LAI varió en relación a la estacionalidad y el tamaño de los árboles. Así el LAI mínimo se midió en invierno como es de esperar en ausencia de las hojas y el máximo en primavera solo mostrando diferencias significativas estacionales entre los tamaños de los árboles en primavera: el LAI de los árboles maduros fue significativamente mayor que el de los árboles jóvenes ($U=526,500$ $P=0.001$) (Figura 8.) como se ha observado en otros estudios (Köstener, Falge y Tenhunen 2002).

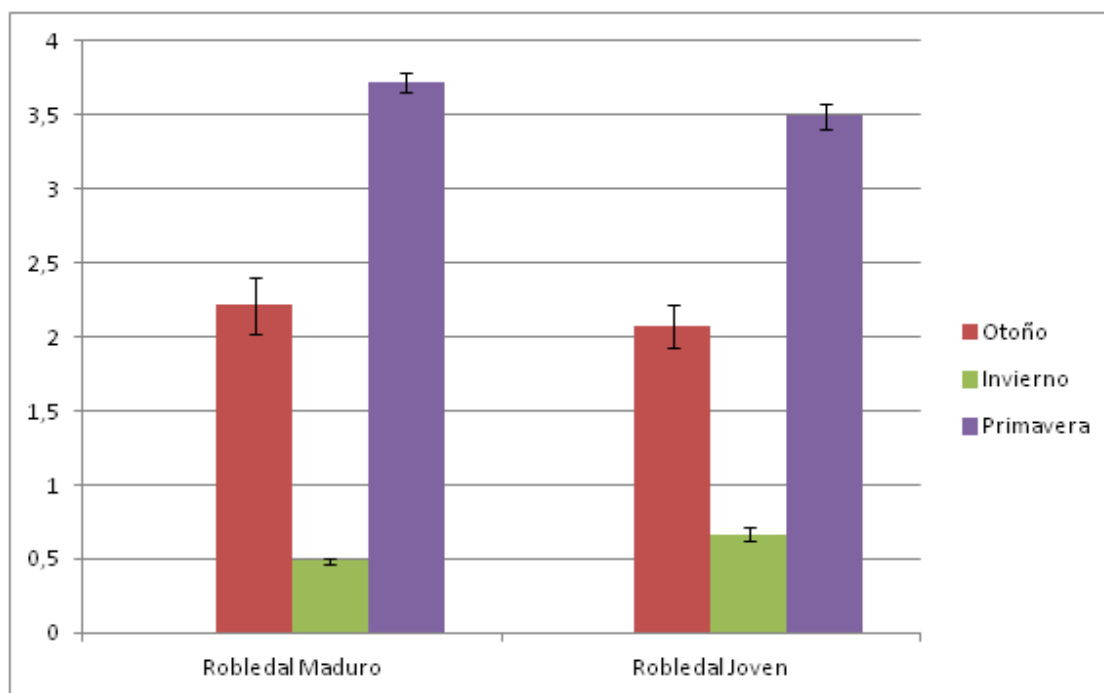


Figura 8. Valor medio (\pm Error Estándar) del índice foliar (LAI) en los dos tipos de robledales estudiados

4.2 Variación estacional del LAI y su efecto en la intercepción

En cuanto al análisis realizado a la cantidad de agua recogida debajo del dosel arbóreo en tres diferentes épocas del año muestran que hay una relación entre el LAI y la intercepción de la precipitación que se da debajo del dosel del *Q. robur*.

En invierno, al no tener hojas los árboles, el LAI que presentan es más bajo y también se puede observar que los valores de la Intercepción son bajos (Figura 9.). Sin embargo, en otoño, el LAI es mayor que el de invierno, ya que los árboles todavía presentan hojas, y también aumentan los valores de la Intercepción. Hay que destacar que el otoño de 2014 fue especialmente benigno y los árboles mantuvieron las hojas hasta diciembre. La presencia de las hojas intercepta el agua de la precipitación, y además hace que el agua fluya más lentamente aumentando así la intercepción (Zaltauskaite y Juknys 2007). También hay que tener en cuenta que la retención del agua por el dosel depende de la hidrofobicidad, de la microestructura de la superficie de las hojas y del ángulo de inclinación de las mismas (Holder 2007), por lo que las estaciones idóneas para que se dé una mayor Intercepción serían otoño y primavera.

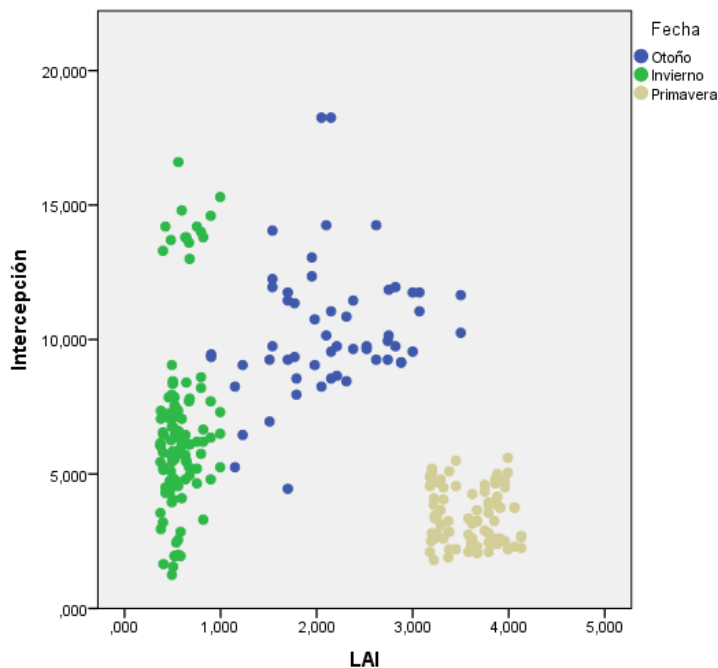


Figura 9. Relación de la Intercepción (mm) con respecto al LAI en las tres estaciones estudiadas.

Sin embargo, en los resultados de primavera (Figura 9.) sucede una relación extraña: el LAI es el más alto medido sin embargo la intercepción de la precipitación disminuye con respecto a la de otoño. Esta respuesta es probablemente debido a que en el mes de mayo de 2015 cuando se llevo a cabo el estudio el volumen de las precipitaciones no fue suficiente, es decir, llovió muy poco y no permitió diferencias claras para que los datos sean representativos (Spittlehouse 1998). Desgraciadamente no se pudo seguir con el estudio porque nos desaparecieron las botellas con los embudos que eran utilizados para realizar las muestras.

Por lo tanto, al depender la intercepción del volumen de la lluvia como se ha observado, se comparó la intercepción en relación a dicho volumen (intercepción relativa). Así los resultados mostraron como la intercepción relativa dependía de la interacción entre la estacionalidad (es decir, el LAI) y el tamaño de los árboles ($F_{2,24}=8,70$, $P= 0,002$) (Tabla 1.). La intercepción relativa máxima se observó en otoño no dependiendo del tamaño de los árboles, siendo la mínima en los árboles de mayor tamaño en invierno y primavera (Tabla 1.). Lo esperado hubiera sido que la intercepción relativa máxima se hubiera dado en primavera con los valores más altos de LAI y similar a la de otoño (Attarod *et al.* 2012), sin embargo, a pesar de haber intentado corregir el efecto del volumen de lluvia sobre la intercepción, éste siguió teniendo su efecto a pesar de que ello normalizó los datos. Este resultado podría mostrar la importancia del volumen de lluvia frente al LAI en la intercepción. Este efecto fue menos significativo en el caso de los árboles más jóvenes ya que la intercepción relativa no se diferenció entre otoño y primavera (Attarod *et al.* 2012).

Tabla 1. Valor medio de la intercepción en relación al volumen de la precipitación (%) (\pm Error Estándar) en los dos robledales estudiados en las diferentes estaciones del año estudiadas. Las letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

Estación	Roble Maduro	Roble Joven
Otoño	67,911 \pm 5,7a	59,15 \pm 9,15a
Invierno	40,99 \pm 4,01c	47,33 \pm 2,04bd
Primavera	44,09 \pm 4,06cd	56,47 \pm 3,31a

4.3. Efecto del tamaño de los árboles en la cantidad de hojarasca acumulada

Los resultados mostraron diferencias significativas en la hojarasca acumulada en los robledales estudiados. Así el Robledal Maduro acumuló una mayor cantidad de hojarasca en comparación con el Robledal Joven ($U = 98,00$ $P = 0,258$). Ello cabría de esperar ya que los árboles más grandes tienen una mayor producción de hojarasca (Berg y Meentemeyer 2001). Sin embargo, en las parcelas de estudio hay un factor que ha podido aumentar la diferencia: el Robledal Maduro se encuentra en una zona más resguardada en la que se puede acumular más fácilmente la hojarasca no siendo desplazada por el viento, y con menos tránsito de personas, sin embargo la zona en la que se encuentra el Robledal Joven es una zona más abierta y con más tránsito de personas por lo que es frecuente que se corte la hierba y se retire la hojarasca.

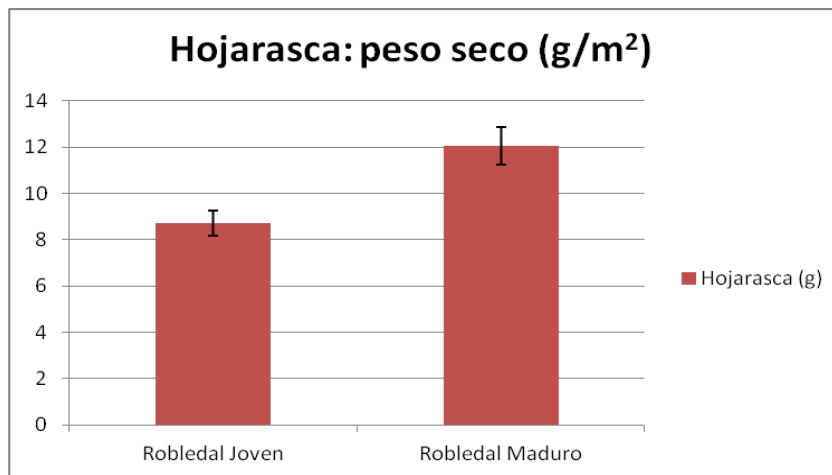


Figura 10. Valor medio (\pm Error Estándar) de la cantidad de hojarasca acumulada (g/m^2) en los dos robledales estudiados.

4.4. Capacidad máxima de retención de agua de la hoja verde y hojarasca de los robles

Los resultados obtenidos muestran como la cantidad de agua almacenada en las hojas de los robles depende del tipo de hoja analizada, es decir, si la hoja estudiada se trata de hoja verde o de la hojarasca no viéndose afectada por la edad de los árboles. La hojarasca almacenó significativamente más agua que la hoja verde ($U=49,000$ $P=0.001$). Las hojas verdes en su fase inicial suelen presentar una rugosidad y pubescencia que las recubre (Fernández et al. 2014), que facilitan la retención de agua. Sin embargo, esta característica no es suficiente para acumular igual cantidad de agua que la hojarasca. A medida que van madurando las hojas se vuelven más planas y glabras lo cual reduce su capacidad de retener agua. En su senescencia pierden las diferentes ceras que también poseen facilitando la retención del agua (Fernández et al. 2014).

Tabla 2. Valor medio (\pm Error Estándar, ES) de la relación entre el peso húmedo y el peso seco en los dos tipo de hojas estudiados y para los dos tipos de robledales.

Tipo de Hoja	Roble Maduro	Roble Joven
Hoja Verde	4,56 \pm 0,1	4,406 \pm 0,07
Hojarasca	6,709 \pm 0,5	6,65 \pm 0,5

5. Conclusiones

Por lo tanto, según los resultados obtenidos en el presente estudio se concluye que:

1. El índice de Área Foliar (LAI) varía con el tamaño de los árboles y con la estacionalidad, como era de esperar.
2. Existe una clara relación entre el índice foliar (LAI) y la intercepción en los robledales (*Q. robur*), al aumentar el espesor del dosel arbóreo aumenta la intercepción.
3. El volumen de precipitación es importante a la hora de determinar la intercepción ya que a volúmenes pequeños puede desaparecer el efecto del LAI, como se ha visto en los datos obtenidos en primavera. Sin embargo, al uniformizarlos datos de la intercepción en relación a la precipitación muestra como el efecto del volumen puede tener más importancia que el LAI.
4. La producción de hojarasca depende del tamaño de los árboles, aumentando con su tamaño, aunque su presencia puede verse afectada por factores externos al ecosistema (ej. Recogida de hojarasca).
5. La hojarasca tiene una mayor capacidad máxima de almacenar agua que la hoja verde posiblemente por los cambios que se producen en la cutícula de la hoja facilitando la entrada de agua y así su almacenamiento. Así, dependiendo de la cantidad de hojarasca en un sistema forestal la intercepción de agua puede ser significativamente importante.
6. Se deben de realizar más trabajos que estudien la intercepción, ya que es un proceso muy importante el ciclo hidrológico de los ecosistemas forestales y que varía localmente, y en especial estudiar la intercepción conjunta del dosel y la hojarasca.

6. Bibliografía

Attarod, P., Fathizadeh O., Pypker, T. G., Darvishsefat, A. A. y Zahedi Amiri, G. 2012. Seasonal variability of rainfall interception and canopy storage capacity measured under individual oak (*Quercus brantii*) trees in Western Iran. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 15: 175-188.

Berg, B. y Meentemeyer, V. 2001. Litter fall in some European coniferous forests as dependent on climate: a synthesis. *Canadian Journal of Forest Research* 31: 292-301.

Casey, M. 1996. Throughfall in a forestry plantation at the La Selva Biological Station, Costa Rica. M.Sc. Thesis. University of Tennessee. Knoxville, EEUU.

Carlyle-Moses D.E. y Gash J.H.C. 2011. Rainfall Interception Loss by Forest Canopies. D.F. Levia et al. (eds), *Forest Hydrology and Biogeochemistry: Synthesis of Past Research and Future Directions*. Ecological Studies.

Cavelier, J. y Vargas, G. 2002. Procesos hidrológicos. Guariguata, M. y G. Kattan (eds.). *Ecología y conservación de bosques tropicales*. Libro Universitario Regional, Cartago, Costa Rica.

Fernández, V., Sancho-Knapik, D., Guzmán, P., Peguero-Pina J.J., Gil, L., Karabourniotis, G., Khayet, M., Fasseas, C., Heredia-Guerrero, J.A., Heredia, A. y Eustaquio Gil-Pelegrín, E. 2014. Wettability, Polarity, and Water Absorption of Holm Oak Leaves: Effect of Leaf Side and Age. *Plant Physiology* 166: 168-180.

Gerrits, A.M.J., Pfister, L. y Savenije, H.H.G. 2010. Spatial and temporal variability of canopy and forest floor interception in a beech forest. *Hydrological Process* 24: 3011-3025.

Holder, C.D. 2007. Leaf water repellency of species in Guatemala and Colorado (USA) and its significance to forest hydrology studies. *Journal of Hydrology* 336:147–154.

Jiménez C. 2010. Intercepción de lluvia en tres estadios sucesionales del Bosque seco Tropical, Parque Nacional Santa Rosa, Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Forestal.

Köstner, B., Falge, E. y Tenhunen, J.D. 2002. Age-related effects on leaf area/sapwood area relationships, canopy transpiration and carbon gain of Norway spruce stands (*Picea abies*) in the Fichtelgebirge, Germany. *Tree Physiology*, 22: 567-574.

Loidi, J., Biurrun, I., Campos, J.A., García-Mijangos, I. y Herrera, M. 2011. *La vegetación de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Leyenda del mapa de series de vegetación a escala 1:50.000.* Ed. Universidad del País Vasco (edición electrónica).

Malhia, Y., Aragao, L.E.O.C., Galbraith, D., Huntingford, C., Fisher, R., Zelazowski, P., Sitche, S., McSweeney, C. y Meir, P. 2009. Exploring the likelihood and mechanism of a climate-change-induced dieback of the Amazon rainforest. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106: 20610-20615.

Nackaerts, K., Coppin, P., Muys, B. y Hermy, M. 2000. Sampling methodology for LAI measurements with LAI-2000 in small forest stands. *Agricultural and Forest Meteorology* 101: 247-250

Sato, Y., Kumagai, T., Kume, A., Otsuki, K. y Ogawa S. 2004. Experimental analysis of moisture dynamics of litter layers—the effects of rainfall conditions and leaf shapes, *Hydrology Processes*, 20 18: 3007-3018.

Shugart, H., Sedjo, R. y Shongen, B. 2003. Forests & Global climate change. Potential Impacts on U.S. Forest Resources. Prepared for the Pew Center on Global Climate Change.

Spittlehouse D.L. 1998. Rainfall interception in young and mature conifer forests in British Columbia. In: Proceedings of the 23rd conference on agricultural and forest meteorology, 2–6 Nov 1998, Albuquerque, NM. Am Meteorol Soc, 171-174.

Tompson, I., Mackey, B., McNulty, S. y Mosseler, A. 2009. Forest Resilience, Biodiversity, and Climate Change. *A synthesis of the biodiversity/resilience/stability relationship in forest ecosystems*. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal. Technical Series no. 43, 67 pages.

Zaltauskaitė, J. y Juknys, R. 2007. Atmospheric Deposition and Canopy Interactions in Urban Scots Pine Forest. *Baltic Forestry*, 13: 68-73.