



Revista de CIENCIAS AMBIENTALES

Tropical Journal of Environmental Sciences



NOTA TÉCNICA

Dinámica de las concentraciones de carbono y nitrógeno en la descomposición de hojarascas de cultivos subtropicales del sureste de España

TECHNICAL NOTE

Dynamic of Carbon and Nitrogen Concentrations in the Decomposition of Leaf Litter of Subtropical Crops in Southeastern Spain

Carmen Rocío Rodríguez Pleguezuelo^a, Dionisio Franco Tarifa^b, José Ramón Francia Martínez^c, Baltasar Gálvez Ruíz^d, Francisco Mamani Pati^e, Iván Francisco García Tejero^f, Víctor Hugo Durán Zuazo^g

- a Investigadora, Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA). Granada, España. crocio.rodriguez@juntadeandalucia.es
- b Técnico, Finca "El Zahorí", Patronato de Cultivos Subtropicales Plaza de la Constitución 1. Granada, España. dionifranco@hotmail.com
- c Investigador, Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA). Granada, España. joser.francia@juntadeandalucia.es
- d Técnico, Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA). Granada, España. bagalves@gmail.com
- e Investigador titular, Universidad Pública de El Alto (UPEA). La Paz, Bolivia.
- f Investigador, Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA). Sevilla, España. ivanf.garcia@juntadeandalucia.es
- g Investigador titular, Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA). Sevilla, España. victor.duran@juntadeandalucia.es

Director y Editor:

Dr. Sergio A. Molina-Murillo

Consejo Editorial:

Dra. Mónica Araya, Costa Rica Limpia, Costa Rica
Dr. Gerardo Ávalos-Rodríguez. SFS y UCR, USA y Costa Rica
Dr. Manuel Guariguata. CIFOR-Perú
Dr. Luko Hilje, CATIE, Costa Rica
Dr. Arturo Sánchez Azofeifa. Universidad de Alberta-Canadá

Asistente:

Sharon Rodríguez-Brenes

Editorial:

Editorial de la Universidad Nacional de Costa Rica (EUNA)





NOTA TÉCNICA

Dinámica de las concentraciones de carbono y nitrógeno en la descomposición de hojarasca de cultivos subtropicales del sureste de España

TECHNICAL NOTE

Dynamic of Carbon and Nitrogen Concentrations in the Decomposition of Leaf Litter of Subtropical Crops in Southeastern Spain

Carmen Rocío Rodríguez Pleguezuelo^a, Dionisio Franco Tarifa^b, José Ramón Francia Martínez^c, Baltasar Gálvez Ruíz^d, Francisco Mamani Pati^e, Iván Francisco García Tejero^f, Víctor Hugo Durán Zuazo^g

Recibido: 19 de julio, 2017. Aceptado: 25 de octubre, 2017. Corregido: 23 de noviembre, 2017. Publicado: 01 de enero, 2018.

Resumen

La descomposición de la hojarasca es una de las principales vías de consumo de energía en un ecosistema y uno de los pilares básicos en el ciclo de nutrientes. Por otro lado, en las últimas décadas, los cultivos subtropicales se han expandido de forma considerable en la costa de Granada (sureste de España). Para evaluar dichos ciclos se llevó a cabo un ensayo con bolsas utilizando para ello hojas de mango (*Mangifera indica* L.), chirimoyo (*Annona cherimola* Mill.), aguacate (*Persea americana* Mill.) y níspero (*Eriobotrya japonica* L.). El objetivo de este trabajo fue realizar un seguimiento de la dinámica de descomposición de las hojarasca producidas por el mango, aguacate, chirimoyo y níspero, y de la evolución de su contenido en carbono y nitrógeno en condiciones de clima mediterráneo subtropical. Las bolsas fueron enterradas y se recuperaron cada cierto tiempo para evaluar la concentración de carbono y nitrógeno, así como la pérdida de masa en cada una de ellas. Los resultados de este estudio mostraron de forma evidente que los agricultores pueden beneficiarse del conocimiento de la dinámica de nutrientes en hojarasca para mejorar la materia orgánica en el suelo a largo plazo y la incorporación de nitrógeno. En este sentido, el níspero y el mango mostraron las mayores tasas de acumulación de nitrógeno y, por lo tanto, la biomasa de estas especies podría ser utilizada como enmiendas de tipo orgánico a largo plazo. Por el contrario, el chirimoyo acumuló mayores cantidades de carbono que el resto de los cultivos estudiados.

a Investigadora, Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA). Granada, España. crocio.rodriguez@juntadeandalucia.es

b Técnico, Finca "El Zahorí", Patronato de Cultivos Subtropicales Plaza de la Constitución 1. Granada, España. dionifranco@hotmail.com

c Investigador, Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA). Granada, España. joser.francia@juntadeandalucia.es

d Técnico, Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA). Granada, España. bagalves@gmail.com

e Investigador titular, Universidad Pública de El Alto (UPEA). La Paz, Bolivia.

f Investigador, Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA). Sevilla, España. ivanf.garcia@juntadeandalucia.es

g Investigador titular, Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA). Sevilla, España. victor.duran@juntadeandalucia.es



Palabras clave: ciclo de nutrientes; hojarasca; mediterráneo; cultivos subtropicales.

Abstract

Litter decomposition is one of the main routes of energy consume in an ecosystem and one of the principal roles in nutrient cycling. On the other side, in the last decades, subtropical crops have expanded importantly along the coast of Granada (SE Spain). To evaluate the cycles a bag technique experiment was carried out by using mango leaves (*Mangifera indica* L.), cherimolia (*Annona cherimola* Mill.), avocet (*Persea americana* Mill.) and loquat (*Eriobotrya japonica* L.). The main objective of this work was monitoring the dynamic of litter decomposition of these crops leaves and the evolution of their contents in carbon and nitrogen in a Mediterranean subtropical climate context. Bags were buried and recovered at certain time periodically to evaluate carbon and nitrogen concentration as well as mass losses. The results of this study showed that farmers could benefit of the knowledge of nutrient dynamics in litter decomposition to improve soil organic matter in the long term and to incorporate nitrogen. In this sense, loquat and mango showed the highest nitrogen accumulation and as a consequence these types of litters could be used as organic soil amendments in the long term. Contrarily, cherimolia accumulated higher carbon amounts than the rest of the studied crops.

Keywords: litter; Mediterranean; nutrient cycling; subtropical crops.

1. Introducción

La descomposición de las plantas es una función ecosistémica clave que determina los ciclos de carbono y nitrógeno desde un punto de vista amplio (Bardgett y Shine, 1999; Santoja *et al.*, 2017). Los sistemas de agrosilvicultura así como los agrarios productivos se han centrado de forma tradicional en los rendimientos de productos finales, fertilidad de suelo y en las interacciones ecológicas y económicas entre los componentes (árbol, cultivo o animales) (Nair, 1998), pero en los últimos años se ha comenzado a focalizar más la atención en este tipo de agroecosistemas como sumideros de CO₂ o como elementos integrantes de la adaptación y mitigación del cambio climático (Negash y Starr, 2013). Tal y como ocurre en otros ecosistemas, el carbono (C) y el nitrógeno (N) se almacenan en el cultivo formado (biomasa), en la materia orgánica del suelo y en los productos recolectados (Schoeneberger, 2008). En este sentido, la liberación de nutrientes de la descomposición de hojarasca afecta a la producción primaria en ecosistemas (Blair, 1988), ya que estos nutrientes se vuelven disponibles para la absorción por parte de las plantas y no se pierden del sistema (Santa Regina *et al.*, 1997). Además, la descomposición de la hojarasca juega un papel muy importante en los flujos de carbono en los ecosistemas terrestres (Sun *et al.*, 2004). Es un proceso que se ha estudiado de manera amplia en diversos ecosistemas: tropical y subtropical (Pandey *et al.*, 2007), semiárido (Tateno *et al.*, 2007), templados (Cookson *et al.*, 2007) y mediterráneo (Martins *et al.*, 2006). Sin embargo, a pesar de que existe una investigación extensa en descomposición de hojarasca y liberación de nutrientes en ecosistemas forestales (Teklay y Malmer, 2004), y para diferentes tipos de cultivos (Chaves *et al.*, 2004; Quemada y Cabrera, 1995), no hay mucha información concerniente a descomposición de hojarasca de cultivos subtropicales y ninguna si el contexto es mediterráneo, como es el caso del sudeste peninsular español.



En este contexto, *Lavelle et al.* (1993) establecen tres órdenes jerárquicos en los que diversos factores afectan la tasa de descomposición de hojarasca: clima, composición química de la hojarasca y microorganismos de suelo. Se han llevado a cabo diversos estudios en lo que relaciona la composición inicial de la hojarasca por estudiar con su descomposición. En este respecto, la ratio C:N ha demostrado ser un buen índice de la susceptibilidad de la hojarasca para degradarse (*Taylor et al.*, 1998). En general, se puede decir que las hojarascas con relaciones C:N bajas se descomponen más rápidamente que aquellas con una mayor relación C:N.

Por otro lado, España es el único país en Europa con una producción significativa de cultivos subtropicales. Este sector ha ido creciendo en la costa mediterránea andaluza desde que se plantaran los primeros árboles de chirimoyo (*Annona cherimolia* Mill.) en los años 50 (*Durán et al.*, 2006). En la península ibérica, las plantaciones de subtropicales en regadío se encuentran en las costas de Málaga y Granada, de ahí la importancia de la comunidad autónoma de Andalucía como productora única (*Rodríguez*, 2009; *Durán et al.*, 2003).

Atendiendo a la superficie dedicada, así como al impacto económico, el más importante es el aguacate (*Persea americana* Mill.), con 14 938 ha en España, de las cuales 13 393 ha están en Andalucía (90 %) (*ESRYCE*, 2015), seguido por el mango (*Mangifera indica* L.), con 3 763 ha en España y 3 276 en Andalucía (87 %). Estas zonas litorales de Málaga y Granada tienen la peculiaridad de ser las únicas productoras a escala comercial de toda Europa.

Por su parte, más del 50 % de la producción andaluza de aguacate se exporta a otros países del mercado europeo, en el cual, gracias a su relativa cercanía y a su calidad, es muy apreciada. Las exportaciones andaluzas de aguacate rondan las 50 000 toneladas, destacando como principal país receptor Francia con una cuota del 42 %. Asimismo, el mango es el tercer fruto tropical en términos de producción e importación a escala mundial, inmediatamente situado tras el plátano (*Musa paradisiaca* L.) y la piña tropical (*Ananas comosus* L.), y el quinto de todos los frutos (*Muchiri et al.*, 2012).

Las exportaciones desde España del mango de los últimos años han sido también muy importantes. En este sentido, en la temporada 2013/2014 se exportaron 20 579 t de mango, con un valor de 33 906 miles de €. También el níspero (*Eryobotria japonica*) es un frutal importante en España, siendo el segundo país productor solamente después de China y el primero exportador en el nivel mundial (*González et al.*, 2017). Su cultivo se sitúa principalmente en las provincias de Alicante, Granada y Valencia (*Soler et al.*, 2007). Por último, cabe destacar también que en la provincia de Granada el cultivo de la chirimoya es cada vez más importante, siendo este el primer fruto de carácter tropical que se implantó en la zona. Es cada vez más apreciado por sus excelentes propiedades sensoriales y por ser fuente de compuestos bioactivos (*García et al.*, 2016), al ser España el primer país productor del mundo (*Barreca et al.*, 2011).

Por lo tanto, dado lo fundamental de la presencia de estos cultivos en la zona y el desconocimiento de las tasas de reciclado de C y N en estas especies subtropicales de nueva introducción, justo en el límite climatológico para su cultivo, se hace necesario su estudio. Además, en esta zona de estudio, algunos agricultores retiran del suelo la hojarasca y tienden a mantener el suelo libre, mientras que otros dejan en el suelo dichos restos incluso procedentes de la poda



(tritutados). Es importante, por ello, conocer cómo evolucionan los nutrientes al descomponerse tales hojarascas en el suelo y cómo pueden beneficiar tanto a este como indirectamente al agricultor.

Asimismo, desde un marco teórico, este estudio iría en consonancia con la perspectiva que Morin (1993) tiene de un agrosistema (Casanova *et al.*, 2015, p. 212), según el cual sería “una interrelación de elementos que constituyen una entidad o unidad global con dos caracteres principales: la interrelación de los elementos económicos, sociales y ambientales y la unidad global constituida por estos elementos en interacción”. En otras palabras, se puede concebir como un sistema complejo, una unidad organizada de interrelaciones. En este sentido, dicho agrosistema de cultivos subtropicales se inscribe en un contexto de agricultura semiintensiva instalada la mayor parte de las veces en laderas aterrazadas, en una zona relativamente poblada donde además la influencia de la población es de marcada importancia, dado que aquella está dedicada fundamentalmente al turismo. Consecuentemente, las interacciones sociales, económicas y ecológicas son las que describen y condicionan al agrosistema creado. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue realizar un seguimiento de la dinámica de descomposición de las hojarascas producidas por el mango, aguacate, chirimoyo y níspero, y la evolución de su contenido en C y N en condiciones de clima mediterráneo subtropical.

2. Materiales y métodos

2.1 Descripción de la zona de estudio

El estudio se llevó a cabo en la finca experimental “El Zahorí” situada a pocos kilómetros de la costa de Almuñécar (Granada, SE España) (33° 48' 00”N, 3°38'0”W) y a una altura de 180 m sobre el nivel del mar (Figura 1).



Figura 1. Plantaciones de cultivos subtropicales en terrazas de cultivo (A) y árboles de mango (*Mangifera indica* L.) en plena producción (B)



Las temperaturas se sitúan entre subtropicales y semicálidas en la categoría de clima mediterráneo subtropical (Elias y Ruiz, 1977). La precipitación media anual de la zona es de 450 mm con una temperatura media de 20,8 °C. Los suelos son Xerorthent Típicos según la clasificación de Soil Survey Staff (1999), con 684 g kg⁻¹ de arena, 235 g kg⁻¹ de limo y 81 g kg⁻¹ de arcilla. Se caracterizan por tener 9,4 g kg⁻¹ de materia orgánica, 0,7 g kg⁻¹ de N, 14,6 g kg⁻¹ de P y 178,7 g kg⁻¹ de potasio asimilable.

La economía de la costa de Granada ha estado basada en el turismo desde 1970. Concretamente, según el censo de estadística de Andalucía (IEA, 2001), solo el 72 % de la población activa tenía un empleo relacionado con la agricultura, mientras que el 55,5 % estaba relacionado con el sector servicios. Sin embargo, desde finales de los años 80, se implantó una agricultura de regadío intensiva basada en los cultivos tropicales y subtropicales en las montañas cercanas a la costa. Para ello, se han construido terrazas en las laderas de dichas montañas que han transformado sustancialmente el paisaje.

Las principales características edafo-climáticas de las especies seleccionadas para este experimento se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Principales características de los cultivos seleccionados en el experimento

Cultivo	Familia	Hoja	Suelos	Riego	Fertilización	Temperatura
Aguacate	Lauraceae	Perennifolio	Ligeros, bien drenados, pH neutro o ácido	7 500-8 000 m ³ /ha	No exigente, aconsejable N y K en hoja	No tolera muy altas o muy bajas
Mango	Anacardiaceae	Perennifolio	Más tolerante (rusticidad)	7 000-10 000 m ³ /ha		Muy sensible a temperaturas bajas
Chirimoyo	Annonaceae	Perennifolio	Arenosos, limo-arenosos y arcillosos, pH 6-7,5	20-100 L/día	N-P-K variable (desde 0,250 kg en plantón hasta 5 kg en planta adulta)	Sensible a bajas temperaturas
Nispero	Rosaceae	Perennifolio	Bien drenados, pH 6-8	Frecuentes, pero poco abundantes	K en primavera Abonado general entre marzo y mayo	Sensible al viento y a temperaturas muy extremas

2.2 Diseño experimental

En este estudio se empleó la técnica de las bolsas de hojarasca, ya que es el método más estandarizado para estudiar la pérdida de biomasa de hojarasca (Aerts, 1997). Se recogieron hojas de los cuatro cultivos estudiados de la parte media de la copa, siguiendo los cuatro puntos cardinales y de ramas sanas de similar edad fisiológica. Las bolsas tenían unas dimensiones de 50 cm x 25 cm x 1 mm. El tamaño de luz de la malla de la bolsa fue de 1 mm, lo suficientemente pequeño para evitar pérdidas importantes de biomasa de las hojas más pequeñas, pero lo suficientemente amplio para permitir la actividad microbiana aeróbica y la entrada libre de pequeños animales del suelo (Dutta y Agrawal, 2001).



Las especies estudiadas fueron seleccionadas de acuerdo con la importancia de su extensión en la costa de Granada (ESYRCE, 2015). Las bolsas se enterraron a una distancia del tronco del árbol de aproximadamente un metro. Se enterraron 24 bolsas por cada cultivo, se realizaron tres recuperaciones y en cada una se extrajeron ocho bolsas. El modelo que se empleó para explicar las pérdidas de biomasa fue el exponencial simple (Ecuación 1):

$$M_t = M_0 e^{-kt} \quad (1)$$

Donde:

M_t es la cantidad de material en un instante t ,

M_0 es la cantidad de material al inicio del ensayo y

k es la constante de descomposición (años^{-1}) (Olson, 1963), y se calcula mediante la

Ecuación 2:

$$k = -\ln (M_t/M_0) \quad (2)$$

La monitorización se llevó a cabo durante 18 meses, se colectaron ocho bolsas en cada recogida y esto se realizó tres veces. Para cada tipo de hojarasca entre 24 y 36 bolsas se enterraron en el suelo al principio del ensayo (a una profundidad de 10-15 cm) y se recuperaron de manera regular en el tiempo. En cada "recogida", se recuperaron entre seis y diez bolsas para cada tipo de hojarasca. Cuando las bolsas se recuperaban, se retiraba cuidadosamente los restos de plantas y raíces que pudieran haber entrado en ellas, con un cepillo de mano y agua destilada. Después se secaron a 70 °C hasta peso constante y se pesaron para la determinación de la biomasa que quedaba. El C y N se determinaron tanto en la biomasa fresca inicial como en las bolsas que se fueron recuperando en el tiempo mediante un analizador elemental (Fisions Carlo Erba EA 1108 CHNSO).

2.3 Análisis de datos

La biomasa que permaneció en cada retirada, así como el contenido en C y N y la ratio C:N fueron analizados con ANOVA usando SPSS 24.0. El porcentaje de C y N remanente se calculó como la relación entre la concentración de ese nutriente en un determinado tiempo T_i y su concentración al principio (T_0).

3. Resultados y discusión

3.1 Tasas de descomposición y biomasa remanente

De acuerdo con los resultados obtenidos según el modelo empleado, las constantes de descomposición para mango, níspero, aguacate y chirimoya fueron de 0,64, 0,84, 0,90 y 1,30, respectivamente. Esto es que, de acuerdo con el modelo de Olson (1963), las ecuaciones que explicaron la evolución de la pérdida de masa en cada una de las hojarascas producidas fueron: $BR = 100 e^{-1,65t}$, $BR = 100 e^{-1,03t}$, $BR = 199 e^{-0,96t}$ y $BR = 100 e^{-0,76t}$ para chirimoyo, níspero, aguacate



y mango, respectivamente. El ajuste a este modelo tuvo un R^2 siempre superior a 0,90. En este sentido, en la primera retirada de bolsas (159 días) la biomasa remanente de mango, níspero, aguacate y chirimoyo fue de 54, 60, 56 y 36 %, respectivamente (**Cuadro 2, Figura 2**).

Cuadro 2. Biomasa remanente y biomasa perdida con el tiempo para los cuatro cultivos estudiados

Tiempo		Biomasa remanente (%)				Biomasa perdida (gr/100 gr de planta)			
(días)	(años)	Níspero	Aguacate	Mango	Chirimoyo	Níspero	Aguacate	Mango	Chirimoyo
0	0	100	100	100	100	0	0	0	0
159	0,43	60,2	55,8	54,0	36,1	39,8	44,2	45,9	64,1
459	1,26	35,0	38,6	44,0	20,0	64,0	61,3	56,1	80,2
536	1,47	22,1	25,1	37,0	9,2	77,8	74,9	63,1	91,3

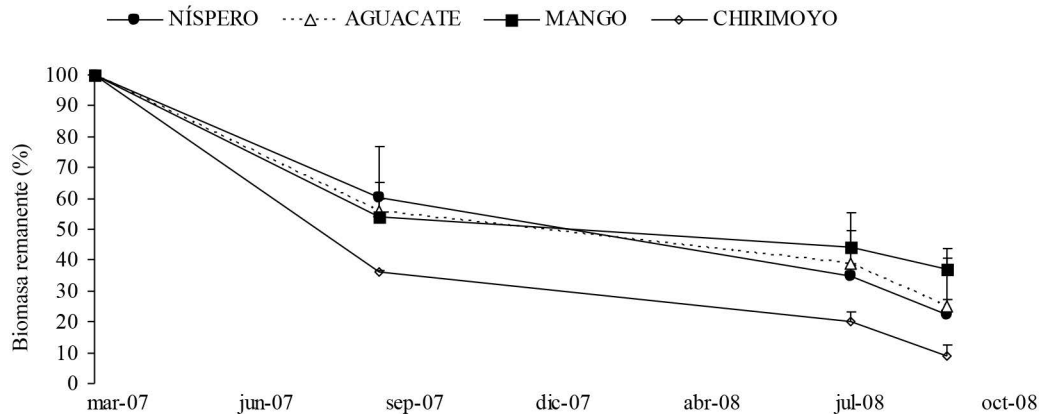


Figura 2. Dinámica de la biomasa remanente para cada frutal estudiado en relación con el tiempo

Mubarak *et al.* (2008) obtuvieron una biomasa remanente para mango del 60 % al final de su experimento (tres meses de duración). Estos autores consiguieron una constante de descomposición de $2,08 \text{ año}^{-1}$, el triple de la que en este experimento se ha alcanzado. Esto es consecuencia del propio modelo en sí, ya que las pérdidas de biomasa son mucho más rápidas al comienzo del experimento (nuestro ensayo duró 536 días y el de los citados autores solamente tres meses).

Más recientemente Upadhyaya *et al.* (2012) realizaron un ensayo sobre descomposición de hojarasca y liberación de N en diversas especies, entre ellas mango, y obtuvieron que a los 180 días (en los que finalizó su ensayo) quedaba el 18 % de la biomasa de mango, siendo para ellos la constante de descomposición k de $4,71$, también considerablemente mayor que la obtenida en este estudio. Vasconcelos *et al.* (2007) obtuvieron valores de k de $1,13 \text{ años}^{-1}$ para *Annona padulosa* en el Amazonas brasileño. Sin embargo, no hay referencias en la bibliografía sobre descomposición de hojarasca en *Annona cherimolia* Mill. Obviamente las diferencias también se deben a las distintas condiciones climáticas de la zona de estudio, No se hallan tampoco estudios sobre la descomposición de hojarasca en aguacate (*Persea americana*), aunque sí sobre



producción de hojarasca, [Negash y Starr \(2013\)](#) obtuvieron una producción anual de biomasa por unidad de área de 809 g m^{-2} y 807 g m^{-2} para aguacate y mango, respectivamente.

Basándonos en el modelo de Olson, se puede calcular el T_{50} y el T_{95} , que son los tiempos necesarios para que se descomponga el 50 % y el 95 % de la biomasa inicial, respectivamente, Estos datos se muestran en el **Cuadro 3**.

Cuadro 3. Constantes de descomposición y tiempo requerido para la descomposición del 50 y 95 % de la biomasa inicial (T_{50} y T_{95})

Especie frutal	Constante de descomposición (año^{-1})	T_{50} (días)	T_{95} (días)
<i>Annona cherimolia</i> Mill.	1,65	42	181
<i>Eryobotria japonica</i> L.	1,03	67	290
<i>Persea americana</i> Mill.	0,96	72	312
<i>Mangifera indica</i> L.	0,76	91	394

Como podemos observar en dicho cuadro, estos datos teóricos calculados a partir de la ecuación exponencial de [Olson \(1963\)](#) no corresponden exactamente con los empíricos, pero se aproximan de manera considerable. En este sentido, los menores valores de T_{50} y T_{95} se obtuvieron para chirimoyo, ya que, como hemos demostrado de forma experimental, fue la hojarasca cuya k resultó mayor y, por tanto, se descompuso más rápidamente. De manera opuesta, los valores mayores de T_{50} y T_{95} correspondieron al mango, que además tuvo una k mucho menor que el resto de plantas estudiadas. Los valores para mango en este ensayo fueron mayores que aquellos obtenidos por [Upadhyaya et al. \(2012\)](#), quienes notaron 57,7 y 232,4 para T_{50} y T_{95} , respectivamente. Esto se debe de nuevo a la duración mayor de este experimento, como se ha explicado.

La biomasa remanente al final del experimento se correlacionó de manera directa con la ratio C:N inicial de la hojarasca (12,1, 27,7, 30,9 y 32,0 para chirimoyo, aguacate, níspero y mango, respectivamente), siendo la ecuación que los relaciona la siguiente: $BR = 0,97 * C:N + 0,94$; $R^2 = 0,70$. Por lo tanto, la ratio C:N es un buen indicador del patrón de descomposición de hojarasca.

3.2 Evolución de la concentración de C y N en la hojarasca estudiada

El **Cuadro 4** presenta la concentración media de C y N y ratio C:N en la hojarasca con el tiempo para los diferentes momentos de retirada de bolsas. Las especies estudiadas mostraron un amplio rango de variación en las concentraciones de N. Considerando todo el periodo de estudio, la máxima concentración de N se obtuvo para chirimoyo y la menor para mango (con una media de 3,2 y 1,7 %, respectivamente). Para las cuatro especies, se encontró una relación inversa y muy marcada entre los porcentajes de biomasa remanente al final del experimento (BR_f) y la concentración inicial de N ($BR_f = 42,2 - 11,5 * N$; $p < 0,05$). Este tipo de relación se ha encontrado también en otras plantas, como demostraron otros autores ([Gallardo y Merino, 1992](#)). La dinámica del contenido de N se caracteriza normalmente por una inmovilización



(aumento neto en el contenido de N, debido a una incorporación de este en la hojarasca) o por una movilización neta (liberación) (Enoki y Hawaguchi, 2000).

Cuadro 4. Contenido medio de C y N y ratio C:N en la hojarasca con el tiempo para los diferentes momentos de retirada de bolsas

Días	N (%)	C (%)	C:N ratio
<i>Persea americana</i> Mill.			
0	3,08a	45,85a	14,86a
162	2,87ab	44,98a	15,67a
245	1,82 bc	31,10b	17,25a
310	1,73c	27,62b	16,43a
400	1,75c	27,53b	15,84a
<i>Annona cherimola</i> Mill.			
0	3,69a	45,64a	12,36a
162	3,27ab	44,85a	13,68ab
245	3,57a	39,55a	11,08a
310	3,14ab	38,34a	12,14a
400	2,63b	42,61a	16,43b
<i>Eryobotria japonica</i> L.			
0	1,46a	44,80a	30,70a
162	2,53b	42,09ab	16,87b
245	1,78ab	34,38ab	19,56ab
310	1,60ab	30,06b	18,68b
400	1,40a	31,63ab	23,60ab
<i>Mangifera indica</i> L.			
0	1,65ab	44,53a	27,02a
162	2,00a	40,14ab	20,08ab
245	2,11a	36,03bc	17,11b
310	1,56ab	29,89c	20,05ab
400	1,22b	29,78c	24,32a

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas (Test Tukey, $p < 0,05$)

Los ratios C:N de este estudio mostraron un amplio margen de valores entre las especies (11,1-27,0), lo que indica un amplio rango en las tasas de descomposición de la hojarasca de estas. El hecho de que en este tipo de agroecosistemas haya especies con este amplio margen de valores es beneficioso, asegurando, por lo tanto, una continua aportación de nutrientes y materia orgánica al suelo (Neshgar y Starr, 2013).

En este experimento, la máxima cantidad de N inmovilizado difirió según la especie. En mango y níspero, las especies con mayores ratios C:N iniciales también registraron más cantidades de N inmovilizado, mientras que, contrariamente, chirimoyo y aguacate, que tuvieron las



menores ratios C:N, obtuvieron las mayores tasas de movilización. Se produjo una liberación neta de N durante los primeros 159 días en aguacate y chirimoyo, además muy pronunciada. Durante los primeros cuatro meses, se produjo una inmovilización neta de aproximadamente 20 y 73 % para mango y níspero, respectivamente, mientras que para chirimoyo y aguacate tuvo lugar una liberación neta (12 y 7 %, respectivamente). El porcentaje de N remanente al final del estudio fue para chirimoyo y aguacate 71,2 y 56,8 %, respectivamente. En este mismo contexto, en condiciones tropicales *Musvoto et al. (2000)* obtuvieron inmovilizaciones netas de 1,95 veces la concentración inicial de N para mango,

Por otra parte, *Rebecca et al. (2006)* obtuvieron un patrón de aumento de la concentración de N y P en la hojarasca de mango, en un ensayo llevado a cabo en los así denominados “home-gardens”, seguido de una disminución posterior, al igual que en nuestro experimento (aumento neto durante los ocho primeros meses y posterior liberación).

Murovhi et al. (2012) estudiaron la hojarasca producida por mango y aguacate, así como la calidad de dicha hojarasca, pero no realizaron un ensayo de enterramiento de bolsas y evolución en el tiempo, Estos autores obtuvieron una concentración inicial de C y N de 44,9 y 0,94 % y de 47,9 y 1,18 % para mango y aguacate, respectivamente. Los valores de C en la hojarasca inicial de nuestro ensayo fueron muy similares a estos (44,5 y 45,1 % para mango y aguacate, respectivamente); sin embargo, los valores iniciales de N de la hojarasca que se analizó en este estudio fueron mayores (1,65 y 3,08 % para mango y aguacate, respectivamente).

Recientemente, *Xavier et al. (2014)* realizaron un estudio sobre reciclado de nutrientes en mango. Para ello, analizaron las concentraciones de N y otros nutrientes en varias épocas del año en la hojarasca, pero nuevamente en la hojarasca inicial, sin ver la evolución en el tiempo una vez enterrada. Dichos autores obtuvieron unas concentraciones de N para hojas jóvenes, maduras, senescente y hojarasca de 13,9, 11,9, 5,7 y 7,0 g kg⁻¹, respectivamente, por lo que se puede observar una clara liberación de N, pero obviamente no podemos comparar estos valores con los resultados logrados en este experimento, puesto que el punto inicial de este es justo el punto final de estos autores.

Los cambios en el contenido de C fueron estadísticamente significativos entre cada recogida para las cuatro especies estudiadas (**Cuadro 4**), excepto para chirimoyo. En general, se puede observar que hubo una disminución en el contenido de C en el tiempo para las cuatro especies, aún más marcada en aguacate y mango, que tuvieron solamente un 60 y 67 % del C inicial, respectivamente.

4. Conclusiones

La producción de hojarasca y su descomposición son vías muy importantes del reciclado de nutrientes en este tipo de agroecosistemas de cultivos subtropicales en ambiente mediterráneo. Los resultados de este estudio contribuyen a la comprensión de la dinámica de la hojarasca de estas especies tan poco estudiadas.

Los datos obtenidos muestran claramente que los agricultores podrían obtener beneficios mediante la propia utilización de la hojarasca, para mejorar la materia orgánica en el suelo a largo plazo y la incorporación de N. El níspero y el mango mostraron las mayores tasas de



acumulación de N y, por lo tanto, la biomasa de estas especies podría ser utilizada como enmiendas de tipo orgánico a largo plazo. Por el contrario, el chirimoyo acumuló mayores cantidades de C que el resto de los cultivos estudiados.

La inmovilización temporal de nutrientes, por ende, sugiere liberaciones netas lentas de estos desde la hojarasca, lo que minimiza las pérdidas del ecosistema, al mismo tiempo que contribuye a reunir los requerimientos de absorción de los cultivos. Una posible estrategia para mejorar la calidad, descomposición y liberación de nutrientes de esta hojarasca sería la eventual mezcla con otras fuentes orgánicas o inorgánicas (compost). Además, esta hojarasca, al permanecer en el suelo, contribuiría de manera directa a disminuir la erosión y la escorrentía del suelo, conservar el agua en este, tal y como hemos demostrado en otros ensayos llevados a cabo en la zona.

Es necesario, además, realizar más estudios referentes a la dinámica de los nutrientes en el suelo con restos de hojarasca y poda de estos cultivos, ya que la sobreutilización de los fertilizantes ha llevado en ocasiones a contaminación de acuíferos y de aguas superficiales. Estos agrosistemas, igualmente, son de alta importancia para la economía de la zona, pero, al mismo tiempo, relativamente frágiles, pues se ven sometidos a la presión urbanística y del sector turístico en su competencia por los recursos suelo y agua.

5. Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por el proyecto de investigación “Impacto del riego deficitario en la productividad de los cultivos frutales subtropicales: herramientas para la gestión sostenible del estrés hídrico” (PP,AVA,AVA201601,8), en el Programa Operativo FEDER de Andalucía 2014-2020 “Andalucía se mueve con Europa”. Finalmente, agradecemos a la revista y a las personas revisoras por sus oportunos comentarios.

6. Referencias

- Aerts, R. (1997). Climate, leaf litter chemistry and leaf litter decomposition in terrestrial ecosystems: a triangular relationship. *Oikos*, 79(3), 439-449. Doi: <https://doi.org/10.2307/3546886>
- Bardgett, R. D. y Shine, A. (1999). Linkages between plant litter diversity, soil microbial biomass and ecosystem function in temperate grasslands. *Soil Biology and Biochemistry*, 31(2), 317-321. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(98\)00121-7](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(98)00121-7)
- Barreca, D., Lagana, G., Ficarra, S., Tellone, E., Leuzzi, U. y Galtieri, A. (2011). Evaluation of the antioxidant and cytoprotective properties of the exotic fruit *Annona cherimola* Mill. (Annonaceae). *Food Research International*, 44(7), 2302-2310. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.02.031>
- Blair, J. M. (1988). Nitrogen, sulfur and phosphorous dynamics in decomposing deciduous leaf litter in the southern Appalachians. *Soil Biology and Biochemistry*, 20(1), 693-701. Doi: [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(88\)90154-X](https://doi.org/10.1016/0038-0717(88)90154-X)



- Casanova, P. L., Martínez, D. J., López, O. S., López, R. G. y Peña, O. B. (2015). Enfoques del pensamiento complejo en el Agroecosistemas. *Interciencia*, 40(3), 210-216.
- Chaves, B., De Neve, S., Hofman, G., Boeck, P. y Van Cleemput, O. (2004). Nitrogen mineralization of vegetable root residues and green manures as related to their biochemical composition. *European Journal of Agronomy*, 21(2), 161-170.
- Cookson, W. R., Osman, M., Marschner, P., Abaye, D. A., Clarck, I., Murphy, D. V., Stockdale, E. A. y Watson, C. A. (2007). Controls on soil nitrogen cycling and microbial community composition across land use and incubation temperature. *Soil Biology and Biochemistry*, 39(3), 744-756. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2006.09.022>
- Durán, Z. V. H., Martínez, R. A., Aguilar, R. J. y Franco, T. D. (2003). El cultivo del mango (*Mangifera indica* L.) en la costa granadina. ISBN: 84-607-8627-7, 141 p.
- Durán, Z. V. H., Rodríguez, P. C. R., Franco, T. D. y Martín, P. F. J. (2006). El cultivo del chirimoyo (*Annona cherimola* Mill.). ISBN: 84-609-9341-8. Granada, España. 106 p.
- Durán, Z. V. H., Rodríguez, P. C. R., Francia, M. J. R. y Martín, P. F. J. (2013). Land use changes in a small watershed in the Mediterranean landscape (SE Spain): environmental implications of a shift towards subtropical crops. *Journal of Land Use Science*, 8(1), 47-58. Doi: <https://doi.org/10.1080/1747423X.2011.620992>
- Dutta, R. K. y Agrawal, M. (2001). Litterfall, litter decomposition and nutrient release in five exotic plant species planted on coal mine spoils. *Pedobiologia*, 45(4), 298-312. Doi: <https://doi.org/10.1078/0031-4056-00088>
- Elías, F. y Ruiz, L. (1977). Agroclimatología de España. Cuaderno I.N.I.A. 7, Madrid, España.
- Enoki, T. y Hawaguchi, H. (2000). Initial nitrogen and topographic moisture effects on the decomposition of pine needles. *Ecological Research*, 15(4), 425-434. Doi: <https://doi.org/10.1046/j.1440-1703.2000.00363.x>
- ESYRCE. (2015) Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Recuperado de: <http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/esyrce/>
- Gallardo, A. y Merino, J. (1992). Nitrogen immobilization in leaf litter in two Mediterranean ecosystems of SW Spain. *Biogeochemistry*, 15(3), 213-228. Doi: <https://doi.org/10.1007/BF00002937>
- García, S. P., Verardo, V., Gori, A., Fiorenza, C. M., Segura, C. A. y Fernández, G. A. (2016). Determination of lipid composition of the two principal cherimoya cultivars grown in Andalusian Region. *Food Science and Technology*, 65, 390-397
- González, D. E., Alves, A., León, M. y Armengol, J. (2017). Characterization of Botryosphaeriaceae species associated with diseased loquat (*Eriobotrya japonica*) in Spain. *Plant Pathology*, 66(1), 77-89. Doi: <https://doi.org/10.1111/ppa.12556>



- Lavelle, P., Blanchart, E., Martin, A., Spain, A., Toutain, F., Barois, I. y Schaefer, R. (1993). A hierarchical model for decomposition in terrestrial ecosystems: application to soil of the humid tropics. *Biotropica*, 25(2), 130-150. Doi: <https://doi.org/10.2307/2389178>
- Martins, A., Azevedo, S., Raimundo, F. y Madeira, M. (2006). Decomposição e evolução da composição estrutural e do teor em nutrientes. En: II Congresso Internacional de Ciencia do Solo, Livro de resumos, Huelva.
- Morín, E. (1993). *El Método I: La naturaleza de la naturaleza*. Madrid, España: Cátedra.
- Mubarak, A. R., Elbashir, A. A., Elamin, L. A., Daldoum, D. M. A., Steffens, D. y Benckiser, G. (2008). Decomposition and nutrient release from litter fall in the semi-arid tropics of Sudan. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 39(15-16), 2359-2377. Doi: <https://doi.org/10.1080/00103620802292574>
- Muchiri, D. R., Mahungu, S. M y Gituanja, S. N. (2012). Studies on Mango (*Mangifera indica* L.) kernel fat of some Kenyan varieties in Meru. *Journal of the American Oil Chemist's Society*, 89(9), 1567-1575. Doi: <https://doi.org/10.1007/s11746-012-2054-6>
- Murovhi, N. R., Materechera, S. A. y Mulugeta, S. D. (2012). Seasonal changes in litter fall and its quality from three sub-tropical fruit tree species at Nelspruit South Africa. *Agroforestry Systems*, 86(1), 61-71. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10457-012-9508-6>
- Musvoto, C., Campbell, B. M. y Kirchmann, H. (2000). Decomposition and nutrient release from mango and miombo woodland litter in Zimbabwe. *Soil Biology and Biochemistry*, 32(8-9), 1111-1119. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(00\)00023-7](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(00)00023-7)
- Nair, P. K. R. (1998). Directions in tropical agroforestry research: past, present and future. *Agroforestry Systems*, 38(1-3), 223-245. Doi: https://doi.org/10.1007/978-94-015-9008-2_10
- Negash, M. y Starr, M. (2013). Litterfall production and associated carbon and nitrogen fluxes of seven woody species grown in indigenous agroforestry systems in the south-eastern Rift Valley escarpment of Ethiopia. *Nutrient Cycling Agroecosystems*, 97(1-3), 29-41. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10705-013-9590-9>
- Olson, J. S. (1963). Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. *Ecology*, 44(2), 322-331. Doi: <https://doi.org/10.2307/1932179>
- Pandey, R. R., Sharma, G., Tripathi, S. K. y Singh, A. K. (2007). Litterfall, litter decomposition and nutrient dynamics in a subtropical oak forest and managed plantation in northeastern India. *Forest Ecology and Management*, 240(1-3), 96-104. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.12.013>
- Quemada, M. y Cabrera, M. L. (1995). Carbon and nitrogen mineralised from leaves and stems of four cover crops. *Soil Science Society of America Journal*, 59(2), 471-477. Doi: <https://doi.org/10.2136/sssaj1995.03615995005900020029x>



- Rebecca, I. S. y Achuthan, N. M. (2006). Litter dynamics of six multipurpose trees in a home-garden in Southern Kerala, India. *Agroforestry Systems*, 67(3), 203-213. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10457-005-1107-3>
- Rodríguez, P. C. R. (2009) Impacto medioambiental del cultivo de especies subtropicales en terrenos con fuertes pendientes en la costa de Granada. Medidas correctoras. ISBN: 978-84-693-3312-9. Universidad de Granada (editorial).
- Santa Regina, I., Rapp, M., Martin, A. y Gallardo, J. F. (1997). Nutrient release dynamics in decomposing leaf litter in two Mediterranean deciduous oak species. *Annals of Forest Science*, 54(8), 747-760.
- Santoja, M., Rancon, A., Fromin, N., Baldy, V., Hättenschwiler, A., Fernández, C., Montès N. y Mirleau, P. (2017). Plant litter diversity increases microbial abundance, fungal diversity, and carbon and nitrogen cycling in a Mediterranean shrubland. *Soil Biology and Biochemistry*, 111, 124-134. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2017.04.006>
- Schoeneberger, M. M. (2008). Agroforestry: working trees for sequestering carbon on agricultural lands. Recuperado de: <http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1001&context=usdafsfacpub>
- Soil Survey Staff. (1999). Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. Agriculture Handbook, 436. USDA, US.
- Soler, E., Martínez-Calvo, J., Llacer, G. y Badenes, M. L. (2007). Loquat in Spain: production and marketing. *Acta Horticulturae*, 750, 45-7. Doi: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2007.750.3>
- Sun, O. J., Campbell, J., Law, B. E. y Wolf, V. (2004). Dynamics of carbon storage in soils and detritus across chronosequences of different forest types in the Pacific Northwest USA. *Global Change Biology*, 10(9), 1470-1481.
- Tateno, R., Tokuchi, N., Yamanaka, N., Du, S., Otsuki, K., Xue, Z., Wang, S. y Hou, Q. (2007). Comparison of litterfall production and leaf litter decomposition between an exotic black locust plantation and an indigenous oak forest near Yan'an on the Loess Plateau. *China Forest Ecology and Management*, 241(1-3), 84-90. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.12.026>
- Taylor, B. R., Parkinson, D. y Parsons, W. F. J. (1989). Nitrogen and lignin content as predictors of litter decay rates: a microcosm test. *Ecology*, 70(1), 97-104. Doi: <https://doi.org/10.2307/1938416>
- Tecklay, T. y Malmer, A. (2004). Decomposition of leaves from two indigenous trees of contrasting qualities under shaded –coffee and agricultural land– uses during the dry season at Wondo Genet, Ethiopia. *Soil Biology and Biochemistry*, 36(5), 777-786. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2003.12.013>



- Upadhyaya, K., Sahoo, U. K., Vanlalhriatpuia, K. y Roy, S. (2012). Decomposition Dynamics and Nutrient Release Pattern from Leaf Litters of Five Commonly Occurring Homegarden Tree Species in Mizoram, India. *Journal of Sustainable Forestry*, 31(8), 8-16. Doi: <https://doi.org/10.1080/10549811.2012.706495>
- Vasconcelos, S. S., Zarín, D. J., da Rosa, M. B., Oliveira, F. A. y Carvalho, C. J. R. (2007). Leaf decomposition in a dry season irrigation experiment in Eastern Amazonian forest regrowth. *Biotropica*, 35(5), 593-600. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2007.00313.x>
- Xavier, A. C., Pita, J. J. L., Eduardo, R. D., Antunes, S. H., Hernandez, A., Natale, W. y Sergio, F. A. (2014). Nutrient cycling in mango trees. *Ciencias Agrarias Londrina*, 35(1), 259-266. Doi: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n1p259>