



Avances
ISSN: 1562-3297
ISSN: 1562-3297
avances@ciget.vega.inf.cu
Instituto de Información Científica y Tecnológica
Cuba

Evaluación de potencialidades de las hojas de Ateje como alternativa de fertilización orgánica en agroecosistemas

Hongolo Chanja, Eduardo Job; Martínez Echevarría, María Teresa; Morejón García, Mariol
Evaluación de potencialidades de las hojas de Ateje como alternativa de fertilización orgánica en agroecosistemas

Avances, vol. 22, núm. 4, 2020

Instituto de Información Científica y Tecnológica, Cuba

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=637869118007>

Evaluación de potencialidades de las hojas de Ateje como alternativa de fertilización orgánica en agroecosistemas

Evaluation of potentialities of the leaves of Cordia collococca as an alternative of organic fertilization in agroecosystems

Eduardo Job Hongolo Chanja
Universidad de Pinar del Río Hermanos Saíz Montes de
Oca, Cuba
eduarjobchanja@gmail.com



<http://orcid.org/0000-0002-4545-4693>

Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=637869118007>

María Teresa Martínez Echevarría
Universidad de Pinar del Río Hermanos Saíz Montes de
Oca, Cuba
maritem@upr.edu.cu



<http://orcid.org/0000-0001-5434-8940>

Mariol Morejón García
Universidad de Pinar del Río Hermanos Saíz Montes de
Oca, Cuba
mariol@upr.edu.cu

Recepción: 18 Junio 2020
Aprobación: 03 Septiembre 2020

RESUMEN:

En dos fincas de las Cooperativas de producción y servicios del municipio Pinar del Río; Roberto Amaran y Fructuoso Rodríguez durante un año a intervalos de 15 días en el período de enero a marzo del 2019 se realizó una investigación con el objetivo de evaluar las hojas de la especie *Cordia collococca* para la fertilización orgánica de los suelos a partir de la estimación de la producción del área y la evaluación de los macronutrientes. Se utilizó la prueba de Levene para la igualdad de varianzas y análisis de varianzas ANOVA, con criterio de selección de los árboles a investigar, el nivel de diferencia del área foliar m² de los árboles seleccionados fue (0,983; p>0.05). Las hojas recolectadas se llevaron al laboratorio de la Universidad de Pinar del Río, las fracciones separadas fueron secadas a 700C hasta llegar a peso constante, mediante la estimación peso seco de cada repetición, en el agroecosistema Fructuoso Rodríguez las hojas de la especie *Cordia collococca* aportaron el mayor % de materia seca (79 %). Se representó la tasa relativa de descomposición quincenal al suelo por un modelo exponencial simple, el modelo presentó buen ajuste con un R² confiable igual a 0,504, finalmente se determinó la calidad de las hojas donde se encontraron valores con bajas concentraciones de lignina (7,12) y la disponibilidad de los macronutrientes se comportó en el orden siguiente (P>N>K>Mg>Ca), este resultado permitió establecer el estado nutricional de esta especie para evaluar su efectividad en los programas de fertilización de los suelos.

PALABRAS CLAVE: área foliar, *Cordia collococca*, hojas, lignina, macronutrientes, peso seco.

ABSTRACT:

In two farms of the production and service cooperatives of the municipality of Pinar del Río, Roberto Amaran and Fructuoso Rodríguez during a year at intervals of 15 days in the period from January to March 2019 an investigation was carried out, with the objective of evaluating the species of leaves *Cordia collococca* to know its potentialities from the estimation of the production of the area and the evaluation of the macronutrients. Levene's test was used for equality of variance and analysis of variance, with the selection criteria of the trees to investigate, the level of difference of the leaf area m² of the selected trees was (0,983; p>0.05). The collected leaves were taken to the laboratory of the University of Pinar del Río, the separated fractions were dried at 700C until reaching constant weight, by estimating the dry weight of each repetition, in the Fructuoso Rodríguez the leaves of the *Cordia collococca* species contributed the highest percentage of dry matter (79 %). The biweekly relative decomposition rate to the ground was represented by a simple exponential. The model presented a good fit with a reliable R² equal to 0,504. Finally, the quality of the leaf was determined where values with low lignin concentrations were found (7, 12), and the availability of macronutrients behaved in the following order: P>N>K>Mg>Ca. this result allowed establishing the nutritional status of this species to evaluate its effectiveness in soil fertilization.

KEYWORDS: leaf area, leaves, *Cordia collococca*, lignin, macronutrients, dry weight.

INTRODUCCIÓN

La descomposición de la biomasa es uno de los procesos importantes que ocurren en los bosques, por su transformación en nutrientes y su disponibilidad en el suelo (Álvarez *et al.*, 2014). En la producción y descomposición de la hojarasca las variables climáticas han sido identificadas como factores de incidencia que modifican la composición de las especies y el contenido nutricional de la hojarasca.

Los cambios microclimáticos son los efectos más importantes que ocurren en las tasas iniciales de descomposición de la hojarasca ocasionados por la reducción en el dosel de los árboles ya los contenidos de nutrientes (Fuentes *et al.*, 2018).

Para González *et al.* (2016) uno de los principales problemas asociados al manejo de la nutrición de plantaciones forestales en regiones tropicales es encontrar el mejor método de diagnóstico para determinar los factores que en mayor medida limitan su productividad. Uno de dichos métodos podría ser el análisis de tejidos vegetales, en el cual deben ser considerados aspectos como las diferentes metodologías de extracción, la definición del tejido a muestrear y la selección de los árboles, entre otros.

El efecto de las prácticas de manejo silvicultural que pueden determinar la variación de la concentración de los diferentes elementos en el follaje, tales como el número de árboles por parcela, la variación natural entre los árboles individuales de la plantación, la poda, el raleo, el control de malezas, la sanidad del rodal, las quemadas y la adición de enmiendas como fertilizantes y cal (Aryal *et al.*, 2015).

Otros estudios consideran otros aspectos; por ejemplo, López *et al.* (2013) estudian la variación de producción de biomasa, acumulación de nutrimentos y producción de residuos en bosques nativos de más de 60 años, bosques secundarios de más de 30 años y plantaciones forestales de Puerto Rico y agrupan sus datos siguiendo un criterio geológico.

La calidad de la hojarasca varía notablemente entre especies perennes y caducas en trabajos citados por Álvarez (2014), se compararon las características de material vegetal hojas procedentes de especies perennifolias y caducifolias encontrándose mayor cantidad de macronutrientes Ca; K y Mg en las especies caducifolias.

Por otro lado, las especies caducifolias se deshacen de la mayor parte de sus hojas durante el otoño con la finalidad de reducir la demanda de carbono y agua durante el invierno, y a su vez están muy relacionadas con las temperaturas y las precipitaciones por lo que una especie caducifolia ubicada en una misma región con diferentes regímenes climáticos puede mostrar diferencia en la cantidad de hojas desechadas y en la composición química.

Los árboles en crecimientos renuevan sus partes a través de la caída de hojas, flores, frutos, corteza, etc.

A la sumatoria de los detritos vegetales aéreos aportados al suelo durante un período de tiempo, expresados en peso seco se le define como producción de hojarasca, la cual representa una de las vías de entradas de nutrientes y materia orgánica al suelo (Aleman *et al.* (2016).

Las estimaciones de producción de hojarasca usualmente abarcan el uso de cestas o trampas de hojarasca distribuidas en el sotobosque con el objetivo de recolectar hojarasca por lo menos en un año, para obtener una estimación aérea.

Generalmente la producción de hojarasca ha sido relacionada con los cambios fenológicos de la especie y con la periodicidad de la defoliación, fenómenos que dependen de las condiciones y la fisiología de la especie, aunque pueden influir los fenómenos edáficos también (Aryal *et al.*, 2015).

La especie *Cordia collococca* carece de estudios fenológicos, lo cual limita comprender el funcionamiento regenerativo de esta planta y con ello la posibilidad de un manejo adecuado que permita estimar la producción de hojarasca de un área determinado y el aporte nutricional de las mismas. Por lo tanto, el presente trabajo de

investigación tuvo como objetivo recolectar hojas de *C. collococca* para la fertilización orgánica de los suelos a partir de la estimación de la producción del área y la evaluación de los macronutrientes.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en dos fincas de las Cooperativas de producción y servicios (CPA) del municipio Pinar del Río; Roberto Amaran y Fructuoso Rodríguez durante un año a intervalos de 15 días en el período de enero a marzo del 2019. Durante el año el promedio de las variables climáticas osciló de la siguiente manera: humedad relativa de 78.2 %, precipitación de 1,462 mm, temperatura máxima 26,5 °C, temperatura mínima de 22,4 °C y los vientos de 14,4 km/h sobre el nivel del mar 61,00 m. En la Tabla 1 se muestran los datos climáticos que prevalecieron durante el proceso de recolección de las hojas de la especie *Cordia collococca*.

Tabla 1. Datos climáticos que prevalecieron durante el proceso de descomposición.

Variables	Evaluaciones año 2019		
	11/2-21/2	21/2-2/3	2/3-12/3
Temperatura media, °C	26,7	27,5	26,8
Humedad relativa media %,	76,3	77,1	77,6
Precipitación, mm	23,5	54	26,2
Días con lluvias	2	6	3

En la Tabla 2 se muestran la caracterización los suelos de las fincas objeto de investigación teniendo en cuenta la clasificación (Hernández *et al.*, 2015).

Tabla 2. Caracterización edáfica de las fincas objeto de la investigación.

Áreas de investigación	Tipo de suelo	MO %	P ₂ O ₅	K ₂ O	pH
CPA* Roberto Amaran	Ferralítico rojo lixiviado	3,30	3.79	11.0	4.8
CPA Fructuoso Rodríguez	Ferralítico amarillento lixiviado	1,33	12,87	15,83	5,36

Hernández *et al.* (2015) .

Legenda: *Cooperativa de Producción Agropecuaria.

Para realizar el experimento se tuvo en cuenta la variable área foliar (m²), a partir de esta variable se seleccionaron los árboles de la especie *C. collococca*, esta metodología se utilizó para medir de forma rápida y no destructiva (Cetina *et al.*, 1998).

Esta variable fue evaluada por un método que se denominó volumen foliar aparente (VFA) (Cetina *et al.*, 1998) consistió en medir la altura y el ancho de la copa, luego multiplicada por un factor de cobertura. Se consideró la ecuación del volumen de un cilindro: $V = Ah$; $A = r^2 \pi$ donde V =volumen del cilindro, en este caso (densidad aparente); A = área del cilindro (diámetro de la copa) y h = altura del cilindro (altura de la copa), finalmente se estimó mediante el producto del área de la base de la copa por la altura de copa y por un factor de densidad aparente (que es un factor de cobertura del follaje con respecto al cilindro que forma la copa).

La densidad aparente se cuantificó en forma visual, de acuerdo con la abundancia del follaje, con una escala de 0 a 10, esta escala correspondió a los valores entre 0 y 100 % de follaje en la copa respectivamente.

Para determinar la producción de hojarasca se emplearon trampas de recolección de hojarasca. Se utilizó la metodología de Huechacona (2016). Las bolsas se confeccionaron de saco yute de se tuvo en cuenta las propiedades físicas del material, aislantes, baja conductividad térmica y moderada retención de la humedad, se coció a un círculo, el cual se elaboró con el *Bambusoideae* (bambú) de 80 cm de diámetro ($0,5026 \text{ m}^2$ de área), se colocó dentro de estacas elaboradas del mismo material a una altura de 80 cm sobre la superficie del terreno, se situaron cuatro trampa por cada árbol seleccionado (Figura 1). Los datos se expresan en kilogramos de materia seca $\text{ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$ para cada colecta.



Figura 1. Bolsas para la recolección de hojas de la especie *Cordia collococca*
Elaboración propia.

La totalidad de la colecta del material depositado en cada trampa se realizó durante un año a intervalos de 15 días en el período de enero a marzo del 2019, teniendo en cuenta la fenología de la especie *Cordia collococca*. Las muestras recolectadas fueron depositadas en bolsas de nylon (1mm) y llevadas al laboratorio de la Universidad de Pinar del Río para su procesamiento. Una vez en el laboratorio se mezclaron las hojas de las trampas de cada árbol, se pesaron 100 gramos de hojas y se midieron con una regla para separar las fracciones gruesas y finas. Finalmente se utilizaron 30 g de fracciones gruesas por cada muestra.

Posteriormente las fracciones separadas fueron secadas a 700°C hasta llegar a peso constante (Huechacona, 2016). El peso seco por cada componente de la fracción se registró por medio de una balanza analítica de precisión. Se utilizó regresión lineal múltiple para relacionar el volumen de la copa con la producción de hojarasca, para este análisis se promediaron todos los valores de los días comprendidos en la colecta.

Se utilizó la metodología de Farfán y Urrego (2007) para determinar la descomposición de la hojas de la especie *Cordia collococca*, a partir de evaluar la pérdida de peso correspondiente a cada tiempo de degradación y expresar el porcentaje de peso de la materia seca remanente (porcentaje peso seco- % PR); estimándose mediante el cociente del peso seco de cada repetición remanente en la estufa (X_t), sobre el peso seco del material inicial de la estufa (X_0). Se define la ecuación:

$$\text{PR} (\%) = X_t / X_0 * 100 [1]$$

Donde:

PR (%) = Proporción del peso del residuo.

X_t = Peso seco en el tiempo t (días).

X_0 = Peso seco inicial.

El proceso de descomposición de las hojas de la especie *Cordia collococca*, se describió mediante la función lineal propuesta por Olson en 1963, utilizando los datos obtenidos de la pérdida de peso seco.

Modelo exponencial simple del orden (ecuación):

$$Y = Y_0 e^{-kt} [2]$$

Donde:

Y = Porcentaje de peso seco remanente.

Y_0 = Porcentaje de peso seco inicial.

e = Base de logaritmo natural.

t = Tiempo.

k = Tasa relativa de descomposición mensual o constante de velocidad de descomposición del residuo.

Finalmente la muestra de hojas de la especie *C. collococca*, se envasó en un frasco de cristal con cierre hermético y se almacenó a temperatura ambiente, hasta su análisis, luego de realizar análisis foliar a 30 g de muestra para determinar la calidad de la hoja, se le determinó N, P, K, Ca y Mg en base seca, según las técnicas de la AOAC (1965). Se analizaron las fracciones de lignina según Van Soest y Wine (1968) y se determinó la concentración de nutrientes en la muestra seca a peso constante de las hojas de la especie.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La similitud de los resultados del área foliar (m^2) permitió la selección de los árboles para la investigación (Tabla 3).

Tabla 3. Resultados de la variable Área foliar.

Árboles seleccionados	Área Foliar (m^2)
1-RA*	8829,70
2-RA	9070,40
3-RA	9282,70
1-FR*	9097,93
2-FR	8861,18
3-FR	9212,37

Elaboración propia.

Leyenda: RA = Finca Roberto Amarán, FR = Finca Fructuoso Rodríguez

Aunque visualmente se observó que los árboles de la muestra son semejantes entre sí, la prueba estadística de hipótesis nula confirmó que no todas las medidas de las muestras de árboles seleccionados son iguales (Tabla 4).

Tabla 4. Resumen de prueba de hipótesis.

Hipótesis nula	Sig.	Decisión
Las distribuciones de volumen de la copa, diámetro de la copa, densidad aparente y área basal son las mismas.	0.000	Rechazar la hipótesis nula

Elaboración propia.

Posteriormente la decisión de rechazar la hipótesis nula implicó que no todas las medidas de las muestras de los árboles seleccionados son iguales para un nivel de significancia $\alpha = P < 0,05$, sin embargo, la prueba de

Levene para la igualdad de varianza, indicó que la probabilidad asociada al estadístico Levene es $= P > 0.05$ por lo que se supone que las varianzas son semejantes como se aprecia en la (Figura 2).

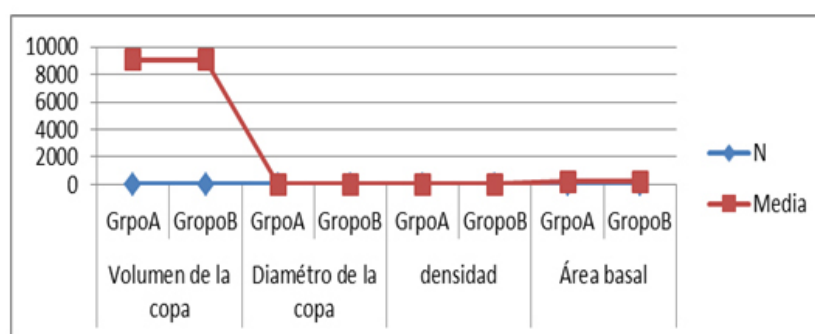


Figura 2. Medias de los grupos para intervalo de confianza $* = P < 0,05$.
Elaboración propia.

Los resultados de las medias de los grupos que se evaluaron indicaron que la metodología usada es apropiada para la selección de árboles, por otro lado constituyen métodos adecuados de diagnósticos para la determinación de la productividad de las especies forestales, protegiendo las mismas de métodos destructivos, según Alvarado (2012).

Por otro lado, se establecieron relaciones entre las variables definidas para la producción de hojas de árboles de la especie *C. collococca* (Tabla 5).

Tabla 5. relación entre las variables definidas.

Grupos	Peso seco inicial	Peso seco en el tiempo t (días)	Proporción del peso del residuo
FR	-.345	.191	-.533**
RA	.099	.372	.007
FR	1	.470*	.717**
RA	.470*	1	-.277
FR	.917**	.511*	.594**
RA	.717**	-.277	1

Elaboración propia.

Leyenda: La correlación es significativa al nivel $** = P < 0,01$ (bilateral).

La correlación es significativa al nivel $* = P < 0,05$ (bilateral).

Se apreciaron interrelaciones significativas, expresándose el valor cuantitativo de cada una de las variables, sin embargo, al aplicar la correlación de Pearson entre el porcentaje de peso de la materia seca remanente de hojas de árboles de la especie *C. collococca* y las variables peso seco inicial y peso seco en el tiempo t (días), se evidenció una dependencia negativa en la primera recolección para ambos agroecosistemas, siendo estadísticamente significativa ($P < 0,01$) para el agroecosistema Fructuoso Rodríguez, mientras que para la segunda recolección existe una correlación positiva estadísticamente ($P < 0,01$).

Los análisis estadísticos realizados indicaron que existe una correlación entre las dos variables (porcentaje y días) perfectamente lineal y directa de tal manera que un cambio en una variable permite predecir el cambio en la otra.

Mientras que, el proceso de descomposición de las hojas de la especie *C. collococca* es proporcional al contenido de materia orgánica y a la tasa relativa de descomposición o de transferencia quincenal al suelo, cuantitativamente las descomposiciones de las hojas se cuantificaron en un 79 % para Fructuoso Rodríguez y un 76 % para Roberto Amaran con un coeficiente de variación entre 0,11 y 0,15.

La fenología de la especie *Cordia collococca* y las condiciones climáticas son variables que influyeron considerablemente en el comportamiento de los resultados de los agroecosistemas evaluados. En la Fructuoso Rodríguez existió un adelanto en el proceso de defoliación total, similar a la literatura consultada por Martínez (2019), mientras que en la Roberto Amaran los resultados corresponden a la fenología citada por Roig (1988).

Sin embargo, existe un coeficiente de variación pequeño en relación a los datos de las condiciones climáticas (Tabla 1), las cuales influyeron en las diferencias que existieron para el peso seco en el tiempo t (días) de los agroecosistemas evaluados, con una incidencia positiva para el microclima establecido en el agroecosistema Fructuoso Rodríguez.

Finalmente, en el modelo aplicado exponencial simple, se observaron las tasas relativas de descomposición (Tabla 6).

Tabla 6. Valores estimados de la tasa de descomposición quincenal.

Agroecosistemas	Tasa de descomposición de residuos (constante K)
	Tasa descomposición quincena ⁻¹
Fructuoso Rodríguez	-0,079
Roberto Amaran	-0,076

Elaboración propia.

Según Farfán y Urrego (2007), la tasa de descomposición puede fluctuar entre 0,1 por día de muy rápida descomposición a 0,00001 para residuos de muy lenta degradación, por los valores estimados se puede considerar que las hojas de la especie *Cordia collococca*, en ambos agroecosistemas el tiempo requerido para la descomposición de la fracción foliar de 76 % y 79 % fue de 1.5.

La tasa de descomposición (constante K) durante el tiempo evaluado fue diferente en los agroecosistemas de estudios, la variación más significativa fue en el período del 10 de febrero al 24 de febrero con un tiempo requerido para la descomposición de la fracción foliar entre 35 y 65 %.

Estudios de la descomposición de las hojas en especies arbóreas como la *A. acumita* mostraron valores similares a la descomposición de las hojas de la especie *C. collococca*, según Gaspar *et al.* (2015), los resultados de esta especie sugieren la conveniencia de concentrar los esfuerzos iniciales en la utilización de la especie, por su aportación de materia orgánica y nutrientes a través de la descomposición de sus hojas.

El modelo propuesto tiene buen ajuste estadístico en términos del coeficiente de determinación y el error medio cuadrático, es estadísticamente igual a la mayoría de los modelos tradicionales. Por otro lado, el valor de R^2 es bajo (0,505) pero tiene predictores estadísticamente significativos por lo que se pueden tener conclusiones importantes acerca de la asociación entre los cambios en los valores de los predictores y los cambios en el valor de respuesta independiente del R^2 en general el modelo se ajusta a los datos.

En el análisis químico se encontraron bajas concentraciones de lignina (7,15 % y 7,37 %) en las hojas de la especie (e.g. *C. collococca*), por lo se puede clasificar según Huechacona (2016), como hojarasca mejorante por tener hojas poco lignificadas y ricas en nitrógeno.

En la (Tabla 7) se muestran la disponibilidad de los macronutrientes, esta se comportó en el orden siguiente: N>P>K>Mg>Ca.

Tabla 7. Macronutrientes de las hojas de la especie *Cordia collococca* (%)

N	P	K	Mg	Ca
2,1	0,23	0,54	1,99	0,99

Elaboración propia.

Si se comparan los valores obtenidos en los macronutrientes de las hojas de la especie *C. collococca* con los resultados de estudios realizados por Alvarado (2012), la especie se puede ubicar en el tercer grupo el cual está constituido por 24 especies con valores foliares por elementos que oscilan entre 0,63-4,09 % N, 0,63-2,49 % K, 0,28-1,75 % Ca, 0,20-0,86 % Mg y 0,11-0,26 % P, de manera general, se puede apreciar que los valores obtenidos se encuentran entre los rangos definidos por Alvarado (2012) para este grupo, excepto el potasio.

CONCLUSIONES

El proceso de descomposición quincenal de las hojas de la especie *Cordia collococca* resultaron ser diferentes en ambos agroecosistemas; las diferencias se centraron en los factores ambientales y en la concentración de la lignina.

El modelo exponencial simple, se ajustó a la descripción de la relación entre el peso inicial y final en la descomposición quincenal de las hojas de la especie *Cordia collococca*.

Las hojas de la especie *Cordia collococca* presentaron elementos nutritivos almacenados en los residuos vegetales, de manera que pueden ser alternativas de los programas de fertilización orgánica de los suelos para favorecer la sincronía entre los procesos de nutrientes fácilmente disponibles y el contenido de humus del suelo de los agroecosistemas que posean dicha especie.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alemán, R. & Domínguez, J. (2016). Efecto de dos abonos orgánicos (compost y biol) sobre el desarrollo morfológico de *Beta vulgaris* L. var. Cicla bajo condiciones de invernadero. *Maderas: Ciencia y Tecnología*, 2(5), 103-117. <https://www.researchgate.net/publication/311426921>
- Alvarado, A. (2012). Diagnóstico de la nutrición en plantaciones forestales. Capítulo 4. In Alvarado A, Raigosa J (eds.). *Nutrición y fertilización forestal en regiones tropicales*. San José, Costa Rica: Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. pp. 93-120.
- Álvarez, A., Cairo, P., Mollineda, A., García, Y., Torres, P., Rodríguez, A. & Cuevas, F. (2014). Caracterización química de la biomasa del Bambú (*Bambusa vulgaris* Schrader ex. Wendlan): perspectivas para su utilización. *Centro Agrícola*, 41(2), 91-93. <http://cagricola.uclv.edu.cu/index.php/es/volumen-41-2014/numero-2-2014/34-caracterizacion-quimica-de-la-biomasa-del-bambu-bambusa-vulgaris-schrader-ex-wendlan-perspectivas-para-su-utilizacion>.
- A.O.A.C., Association Official Agricultural Chemists (1965). Official methods of analysis of A. O. A. C. 10th. Washington DC.: Association of Official Agricultural Chemists.
- Aryal, B. D., Jong, B.H., Ochoa, J., Mendoza, J., & Esparza, L. (2015). Successional and seasonal variation in litterfall and associated nutrient transfer in evergreen tropical forests of SE Mexico. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 103(1), 45-60. <https://www.researchgate.net/deref/http%3A%2F%2Fdx.doi.org%2F10.1007%2Fs10705-015-9719-0>
- Cetina, V. M & González, V. A. (1998). Métodos para estimar el área foliar y la tasa de fotosíntesis neta en *Pinus Greggii* Engelm. En *I Congreso Latinoamericano IUFRO*. Valdivia, Chile, del 22 al 29 de noviembre.
- Farfán V. F. & Urrego, J. B. (2007). Descomposición de la hojarasca y liberación de nutrientes de *Coffea arabica*, *Cordia alliodora*, *Pinus oocarpa* y *Eucalyptus grandis*, en sistemas agroforestales con café. *Cenicafé*, 58(1), 20-39. <https://www.cenicafe.org/es/publications/arc058%2801%29020-039.pdf>
- Fuente, N., Rodríguez, J. & Acenia, S. (2018). Caída y descomposición de hojarasca en los bosques ribereños del manantial de cañaverales, guajira, Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 23(1), 115-12. <http://doi.org/10.15446/abc.v23n1.62342>

- Gaspar, E. S., Espinosa, M. & Ramírez, N. (2015). Acumulación y descomposición de hojarasca en bosques secundarios del sur de la Sierra Madre de Chiapas, México. *Bosque*, 36(3), 467-480. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/bosque/v36n3/art13.pdf>
- González, A., Hernández, J. & Del Pino, A. (2016). Extracción y reciclaje de elementos nutritivos por cosecha de *Eucalyptus globulus* en Uruguay. *Bosque*, 37(1). <http://doi.org/10.4067/S0717-92002016000100017>
- Hernández, A., Pérez, J. M., Bosch, D. & Castro, N. (2015). Clasificación de los suelos de Cuba. La Habana: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA).
- Huechacona, A. (2016). *Dinámica de la producción de hojarasca y el índice de área foliar (IAF) en un bosque seco de Yucatán* [Tesis en opción al título Maestra en Ciencias. Ciencias Biológicas. Opción recursos naturales]. Mérida, Yucatán, México.
- López, J. M., González, H., Ramírez, G., Cantú, I., Gómez, M. V., Pando, M. & Estrada, A. E. (2013). Producción de hojarasca y retorno potencial de nutrientes en tres sitios del estado de Nuevo León, México. *Revista Polibotánica* (35). http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-27682013000100003
- Martínez, M. T. (2019). Estudio sociocultural de la especie (*Cordia collococca* L.) en agroecosistemas de Pinar del Río. *Avances*, 21(3), 381-391. <https://www.ciget.pinar.cu/ojs/index.php/publicaciones/article/download/457/1499>
- Roig, J. T. (1988). *Diccionario botánico de nombres vulgares cubanos de la Llave Z*. Tomo 2., 3ra ed. La Habana: Editorial Científico-Técnica. p. 607-1142.
- Van Soest, P. J., & Wine, R. H. (1968). Determination of lignin and cellulose in acid-detergent fibre with permanganate. *Journal of the Association of Official Agricultural Chemists*, 51, 780. <https://www.sciencedirect.com/article/pii/S0021854668900311>