

APORTES DE NITRÓGENO Y FÓSFORO AL SUELO A TRAVÉS DE LA HOJARASCA EN DOS AGROECOSISTEMAS DE CAFÉ (*Coffea arábica*) BAJO SOMBRA EN LOS ANDES VENEZOLANOS.

NITROGEN AND PHOSPHORUS CONTRIBUTIONS TO THE SOIL THROUGH DEAD LEAVES IN THE SHADE IN THE VENEZUELAN ANDES.

¹Rosalva Arellano, ²Jorge Paolini, ¹Elda Villegas y ³Miguel Robles

¹Universidad de los Andes. Núcleo Universitario “Rafael Rangel”, Av. Medina Angarita, Sector Carmona. Trujillo-Venezuela, Grupo de Investigaciones de Suelos y Aguas (GISA). ²Instituto de Investigaciones Científicas (IVIC), Centro de Ecología, Caracas – Venezuela. ³Universidad de Los Andes. Núcleo Universitario “Rafael Rangel”. La concepción, Villa Universitaria. Trujillo-Venezuela. Laboratorio de Productos Naturales Dr. “Alfredo Nicolás Usbillaga del Hierro”. Grupo de Investigación en Productos Naturales (GIPRONA).E-mail: miguelrobles2007@gmail.com

Resumen

Durante el período de un año, se evaluó el aporte de nitrógeno (N) y fósforo (P) al suelo a través de la incorporación de la hojarasca y su descomposición en dos agroecosistemas de café (*Coffea arábica*), ubicados en el Sector “Vitú”, Parroquia Santa Ana, Municipio Pampán, Estado Trujillo. En el sistema A el café estaba bajo sombra de árboles de *Ficus caruca* e *Inga spp*, principalmente, mientras que el sistema B era de café bajo sombra de árboles de *Inga spp*, *Persea americana* y *Bixa Orellana*, entre otros. El estudio se realizó en tres etapas, una etapa de campo en la cual se determinó la descomposición de hojarasca por el método de “litter bags”, una etapa de laboratorio donde se determinarón las concentraciones de nitrógeno (N) y fósforo (P) por los métodos de kjeldahl y del azul de molibdeno, respectivamente, también se evaluaron los aportes de estos parámetros al mantillo orgánico. Las concentraciones de N y P, para el sistema A fueron 2,10-3,00 % N de café; 1,30-2,07 % N de hojas de árboles y 0,07-0,12 % P de café; 0,05-0,09 % P de hojas de árboles respectivamente. En el sistema B los aportes fueron: 2,03-2,38 % N de café; 1,90-2,69 % N de hojas de árboles y 0,11-0,16 % P de café; 0,07-0,15 % P de hojas de árboles. Los aportes de la hojarasca al mantillo orgánico en el sistema A fueron de N= 83,16 (kg/ha/año) y de N= 104,97 (kg/ha/año) para el sistema B respectivamente. El aporte de P para A fue 3,61 (kg/ha/año) y para B de 5,73 (kg/ha/año). Se observó un ligero incremento de los valores de N y P en la hojarasca del sistema B, pudiéndose atribuir estos resultados a que el sistema B posee diferentes arboles de sombras con respecto al sistema A, no obstante la concentración de N y P en el mantillo orgánico en rasgos generales son similares. El cultivo de café bajo sombra, proporciona un microclima adecuado de humedad y temperatura fundamentales para el desarrollo de la planta, en áreas no óptimas para su cultivo, hecho que le confiere una gran importancia ecológica. Para la comparación entre los resultados se hizo uso del paquete estadístico SAS y el análisis de varianza de una vía.

Palabras clave: *Coffea arabica*, Nitrógeno, Fósforo, Producción y descomposición de Hojarasca. Agroecosistemas.

Abstract

During one year period, the contribution of nitrogen (N) and phosphorous (P) to the soil through incorporating dead leaves in decomposition in two coffee agroecosystems (coffee arabica) located in the sector Vitú, Municipality of Pampán, Trujillo State, was evaluated. In system A, coffee plants were mainly in the shade of trees like *Ficus caruca* and *Inga spp*, while system B consisted in coffee in the shade of trees like *Inga spp.*, *Persea Americana* and *Bixa orellana*, among others. The research was carried out in three stages; a field stage in which decomposition of dead leaves was determined by means of the “litter bags” method; and a laboratory stage where concentrations of nitrogen (N) and phosphorous (P) were determined by means of the Kjeldahl and blue molybdenum methods, respectively, the contributions of these parameters to the organic humus were evaluated too. Concentrations of N and P in system A were 2,10 – 3,00 % of coffee, 1,30 – 2,07 % N of tree leaves and 0,07 – 0,12 % of coffee, respectively. In system B, the contribution were: 2,03 – 2,38 % of coffee, 1,90 – 2,69 % N of tree leaves, and 0,11 – 0,16 % of coffee, 0,07 – 0,15 % of tree leaves. The contribution of tree leaves to the organic humus in system A were: N: 83,16 (Kg/ha/year) and of N: 104,97 (Kg/ha/year) for system B, respectively. Contributions of P for system A was of 3,61 (Kg/ha/year) and of 5,73 (Kg/ha/year) for system B. A light increase of values from N and P in dead leaves was also noticed. These results can be attributed to the fact that system B has different shade trees with respect to system A; however, the concentration of N and P in the organic humus are generally similar. Coffee farming in the shade provides an adequate microclimate in humidity and temperature, basic for the development of the plant in not best areas for that kind of farming; this fact confers it a great ecological importance. For comparing these results the SAS statistical pack and the one-way variance analysis were used.

Key words: coffee arabica, Nitrogen, Phosphorous, Dead leaves production and decomposition, Agroecosystems.

Recibido: 28-05-2014 / **Aprobado:** 07-10-2015

Introducción

El cultivo de café es sumamente importante en algunos países de América Latina, y sobre todo en Venezuela, ya que desde el punto de vista económico puede ser explotado, tanto en pequeñas unidades agrícolas como en grandes plantaciones.

El cultivo del café se extiende en casi toda Venezuela. Los principales Estados productores de café son: Lara, Portuguesa, Táchira, Mérida, Trujillo, Monagas, Sucre, Yaracuy. La región de Biscucuy (estado Portuguesa) es el primer productor nacional de café, luego le sigue la población de Rubio (estado Táchira) y Boconó (estado Trujillo). La producción nacional actual está alrededor de 800 mil quintales de café (Pestana, 2014). En el estado Trujillo, este cultivo es de gran importancia económica; el mismo se cultiva bajo diferentes condiciones, desde las más silvestres con exceso de sombra, pasando por varios sistemas agroforestales, con combinaciones diferentes de frutales y árboles de sombra (principalmente leguminosas), hasta plantaciones con sofisticados sistemas de poda y manejo, ya sean que tengan sombra o carezcan de ella. Adicionalmente por ser un cultivo conservacionista, se ha utilizado en zonas de altas pendientes con el fin de controlar los procesos de erosión de los suelos. El estado Trujillo aporta el 12% de la producción nacional de café (Pestana, 2014).__

En la década de los 60 la modalidad tradicional utilizada para el cultivo del café en el país era el "Arábigo bajo sombra", pero al llegar los años 70 se cambió por el modelo de café "bajo sol", el cual aportaba mayor densidad de siembra, pero era diferente al arábigo, refiriéndose al "café robusta" rubro que producía mayor cantidad más no con la misma calidad.

En la última década, se han introducido especies de árboles que sirven como sombra para el café (Phillips-Mora, 1993; Alpizar y col, 1986, citados por Jaimez y Franco,

1997). El establecimiento de plantaciones de café asociadas con árboles de sombra, permite un medio propicio para retener la humedad de las precipitaciones y regular su percolación y escorrentía; también sirve para el proceso de reciclaje de nutrientes para el café; este reciclaje ocurre a través de la descomposición del material que se deposita en la superficie del suelo; tomando en consideración que la hojarasca representa un enlace en el ciclo orgánico producción-descomposición y es un proceso fundamental de transferencia de nutrientes desde el dosel de la vegetación hacia el suelo. Sin embargo, esta práctica no es suficiente para proporcionarle los nutrientes necesarios al cultivo de café ya que en muchos casos las plantaciones se encuentran en suelos muy pobres, por lo que se hace necesaria la fertilización química básicamente con productos nitrogenados.

Este trabajo tiene como objetivo estimar el aporte de nitrógeno y fósforo al suelo a través de la incorporación de hojarasca en dos agroecosistemas de café (*Coffea arabica*) bajo sombra; localizados en el sector "Vítú", Parroquia Santa Ana, Municipio Pampán del estado Trujillo en los Andes venezolanos.

Considerando que el área de estudio es una zona cafetalera, la información generada es útil a los productores para mejorar la productividad de sus agroecosistemas.

Materiales y métodos

El área de estudio está ubicada dentro del área número 22 del Estudio de Sistemas Ambientales de Venezuela, Sub-área 22i, siendo las coordenadas Latitud Norte 9° 26' 00" y 9° 29' 20" y Longitud Oeste entre 70°23'15" y 70°25'20". La altitud varía entre 900 – 1200 m.s.n.m. y corresponde a la provincia fisiográfica del Sistema de los Andes, región natural de los páramos de Trujillo, Betancourt (1987).

Según Betancourt (1987), la precipitación en esta zona es de 900 a 1200

mm anuales, con una temperatura media anual de 21,5 °C. La humedad relativa de la zona es de 80 %, los vientos varían de 7 a 9 km/h. La evaporación en lugares de menor altitud es de 1200 mm anuales y la evapotranspiración es de 1411,8 mm anuales.

La información climatológica disponible indica que la región presenta un régimen de precipitación bimodal, con un máximo principal dominante en octubre y otro secundario en abril/mayo, siendo enero el mes con menor precipitación seguido de junio/julio/agosto; este último se conoce como el “veranito de San Juan” (Andressen y Díaz, 2000) y de acuerdo a Foghin (2002) el tipo pluviométrico corresponde al intra-andino meridiano.

La investigación se llevó a cabo en el sector “Vitú” antes descrito, en el cual se seleccionaron dos agroecosistemas de café bajo sombra denominados Sistema

A y Sistema B, ubicados en dos fincas diferentes. Durante un año desde el 2000 hasta el 2001.

Etapas de trabajo

Para la realización de este trabajo fue necesario definir tres etapas, a saber: etapa de campo, de laboratorio y de gabinete.

La etapa de campo consistió en seleccionar los sistemas de estudio y la caracterización fisicoquímica de los suelos. En cada sistema seleccionado se delimitaron al azar tres parcelas de 100 m². En cada una de las cuales se construyeron e instalaron seis (6) trampas o cestas para la recolección de hojarasca de 1m² cada una; así mismo se construyeron e instalaron bolsas de descomposición, para cada parcela se colocaron 30 bolsas de 20 cm de largo por 15 cm de ancho amarradas con nylon.

Una vez obtenidas las muestras de campo se llevaron al laboratorio de

En la Figura 1 se muestra el régimen pluviométrico de la estación Pampán cercana al sitio de estudio.

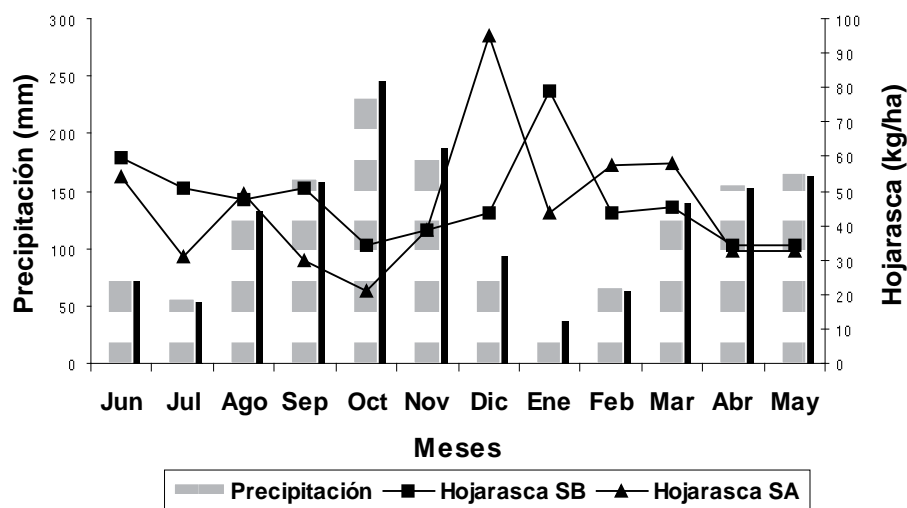


Figura 1. Distribución mensual de la precipitación de la Estación Pampán (promedio de 10 años). Fuente propia, gráfico construido en base a datos cortesía de la estación de registro pluviométrico Pampán del Estado Trujillo-Venezuela.

Química Ambiental (LAQUIAM), Adscrito al Departamento de Biología y Química del Núcleo Universitario “Rafael Rangel” de la Universidad de los Andes (NURR-ULA), para realizar los análisis químicos respectivos.

La etapa de gabinete consistió en ordenar, procesar y analizar la información para la presentación y discusión de los resultados.

Descripción de los sistemas:

Sistema A: El presente trabajo se realizó en un agroecosistema de café (*Coffea arabica*), variedad caturra rojo y caturra amarillo, de aproximadamente diez (10) años de edad, con distancias de 1 m entre plantas y con altura entre 2,30 y 3,30 m cada planta de café aproximadamente, con árboles de sombra. Las especies que conformaron el Sistema A fueron: Café (*Coffea arabica*), Guamo (*Inga spp*), Higo (*Ficus caruca*), Mancharropa (*Gliricida sepium*), Alcornoco (*Bowdichia virgiliodes H.B.K.*), Onotillo (*Bixa orellana*), entre otros. Este sistema presenta diferencias en cuanto a la distribución y densidad del cultivo e incluso en cuanto a la densidad y variedad de los árboles de sombra. Las prácticas agronómicas conservacionistas más utilizadas son la limpia e incorporación de los restos al suelo; no se aplica ningún tipo de fertilizante; no hay control fitosanitario ni poda de cafetales viejos.

Sistema B: Este sistema se encuentra cultivado con café (*Coffea arabica*) de la variedad de caturra rojo y café criollo, entre los 10 y 14 años de edad aproximadamente, distanciados entre 1 y 1,30 m entre plantas y con altura entre 2,30 y 3,40 m aproximadamente asociado con árboles de sombra y frutales: Para el Sistema B: Café (*Coffea arabica*), Guamo (*Inga spp*), Nuez (*Macademia integrifolia*), Aguacate (*Persea americana*) y Onotillo (*Bixa orellana*), entre otros.

Este sistema presenta una uniformidad en cuanto a distribución del cultivo e incluso en cuanto a la densidad de los árboles de sombra, recibe buen manejo y las prácticas agronómicas conservacionistas más utilizadas son la poda de cafetales viejos, la limpia e incorporación de los restos al suelo; se aplica fertilizante y control fitosanitario.

Seleccionados los sistemas A y B; se definieron las etapas de campo, laboratorio y gabinete para poner en práctica la metodología en cada una de ellas, en la etapa de campo para cada sistema se delimitaron al azar tres parcelas de 100 m² cada una. Por cada parcela se ubicaron seis cestas para la recolección de hojarasca y se distribuyeron al azar bolsas contentivas de hojas del cultivo y de los diferentes tipos de árboles de sombra para determinar la descomposición por el método de “litter bags” (Wider & Lang, 1982). Por cada sistema se hizo muestreo de la capa de mantillo depositado en la superficie del suelo en tres épocas del año para determinar la constante (K) de descomposición. En el laboratorio se determinó el peso del material recolectado, el nitrógeno total por (método de Kjeldahl) y fósforo total por método colorimétrico con azul de molibdeno) después del procedimiento de acenización (Olson, 1963).

En la etapa de gabinete se determinó la tasa de velocidad de descomposición mediante el modelo de Olson (1963) que describe el equilibrio de un ecosistema cuando la caída anual de hojarasca debe ser igual a la descomposición a través de la ecuación: $\partial x / \partial t = L - kx$; se calcularon las concentraciones de nitrógeno y fósforo total en cada una de las muestras y se estimaron los aportes de N y P por la caída de hojarasca y la almacenada en el mantillo orgánico. Así mismo se estimaron los modelos matemáticos que describen la descomposición de la hojarasca (Olson, 1963).

Para la comparación entre los resultados se hizo uso del paquete estadístico SAS y el análisis de varianza de una vía.

Construcción de las bolsas de descomposición

Para medir la velocidad de descomposición se elaboraron bolsas de mallas plásticas de orificio de 5x5 mm con medidas de 20 cm de largo por 15 cm de ancho, unidas con nylon. A objeto de determinar la velocidad de descomposición, se recogieron hojas caídas naturalmente de los árboles y del cultivo, se llevaron al laboratorio bien identificadas para seleccionar las que estuvieran en buen estado para posteriormente pesar 15 gramos de hojas de café y 15 gramos de los diferentes árboles existentes en cada parcela, para luego colocarlo en las bolsitas de descomposición ya elaboradas. Las especies y los pesos considerados fueron para el Sistema A: Café (*Coffea arabica*) 15 gramos, Guamo (*Inga spp*) 1,0 gramos, Higo (*Ficus caruca*) 2,5 gramos, Mancharropa (*Gliricida sepium*) 3,5 gramos, Alcornoco (*Bowdichia virgiliodes H.B.K.*) 7,5 gramos, Onotillo (*Bixa orellana*) 0,5 gramos. Para el Sistema B: Café (*Coffea arabica*) 15 gramos, Guamo (*Inga spp*), 3,7 gramos, Nuez (*Macademia integrifolia*) 3,7 gramos, Aguacate (*Persea americana*) 3,8 gramos y Onotillo (*Bixa orellana*) 3,8 gramos.

En cada bolsa se colocaron un total de 30 g. de hojas (suma de las hojas de café mas las hojas de los árboles de sombra). Se colocaron treinta bolsas por parcela aleatoriamente que suman 90 bolsas por sistemas y se dejaron una bolsa por sistema en el laboratorio para considerarse en el análisis químico como tiempo cero (T0).

Procesamiento y clasificación del material recolectado

Las muestras recogidas mensualmente fueron llevadas al laboratorio, Luego se procedió a identificar y separar el material recolectado en cada cesta en las siguientes fracciones: hojas de café, hojas de árboles de sombra, ramas y flores más frutos por cada sistema, se dejaron secar al aire por una

semana, luego se secaron en la estufa a 60 °C por dos días en bolsas de papel, para eliminar la humedad remanente posteriormente se determinó el peso seco de cada fracción, hasta que este último se estabilizó.

El análisis químico de las muestras se realizó en una muestra compuesta por cada parcela para cada fecha, en las fracciones de las hojas de las plantas de café y en las hojas de los árboles de sombra, para el nitrógeno total se hizo un análisis simple por el método de Kjeldahl y para el fósforo total por duplicado aplicando el método de Azul de molibdeno.

Capa de mantillo orgánico y constante de descomposición

Se considero como mantillo orgánico, la hojarasca acumulada en el suelo, dentro de cada parcela (Klinge, 1978). Para la recolección del mantillo se utilizó un marco construido con madera de 1 m², colocado aleatoriamente.

Se realizaron tres muestreos en diferentes épocas del año (dos épocas de verano y una de lluvia) y por cada parcela, se hicieron tres recolecciones para un total de 9 muestras por sistemas, durante el período del 12 de junio de 2000 al 12 de junio de 2001.

Determinación de la constante de velocidad de descomposición por el método de Olson (1963)

Sí un ecosistema está en equilibrio, la caída anual de hojarasca debe ser igual a la descomposición, por lo tanto la cantidad de hojarasca que se acumula en la superficie del suelo depende del balance entre la tasa la caída de hojarasca y de la velocidad de la cual se descompone, una vez que alcanza el suelo (Olson, 1963, Swiff y col., 1979).

Análisis Químico

Nitrógeno total

El método utilizado para medir nitrógeno orgánico total fue el de Kjeldahl (Jackson, 1976). Este método consiste en una

digestión de la muestra en medio de ácido sulfúrico por lo cual las formas orgánicas e inorgánicas de nitrógeno son transformadas a amonio; el cual subsecuentemente puede ser determinado por titulación, análisis colorimétrico y electrodos sensitivos a iones.

Fósforo Total

La determinación del fósforo total en el material vegetal involucra dos procesos, el primero es la preparación de una solución del fósforo del tejido vegetal y la segunda es la determinación cuantitativa del fósforo en dicha solución.

La selección del método colorimétrico dependerá de la concentración del fósforo en la solución, la concentración de sustancias interferentes y el sistema ácido particular involucrado en el procedimiento analítico. El método del azul de molibdeno es el más sensible y por consiguiente de mayor

aplicación en la-determinación de fósforo total. Este método consiste en la formación de un complejo del ácido molibdofosfórico el cual es subsecuentemente reducido por el ácido ascórbico, produciéndose una intensa coloración azul que se mide a 882 nm.

Para llevar a solución el fósforo contenido en los tejidos vegetales utilizamos el procedimiento de acenización.

Análisis Estadístico:

En este análisis estadístico, se hizo uso del paquete estadístico (SAS), para realizar un análisis de varianza de una vía, para establecer comparaciones en los contenidos de nitrógeno y fósforo entre los sistemas estudiados, entre las parcelas y las variaciones en el tiempo.

Resultados y Discusión

Producción de hojarasca: La cantidad de material muerto de plantas (hojas, ramas,

Cuadro 1. Estadísticos descriptivos de la hojarasca caída en las cestas separada por fracciones para los dos agroecosistemas de café en estudio.

Estadístico	Sistema A			
	Hojas de café	Hojas de árboles	Ramas	Flor y frutos
	g/m ²			
Media ()	11,01	24,09	3,72	7,52
Desviación estándar	6,94	23,45	6,18	11,11
Coefficiente de variación (%)	63	97	166	148
Máximo	36,68	190	31,94	99,56
Mínimo	1,09	0,00	0,00	0,00
Mediana	9,64	20,47	1,47	4,18
Estadístico	Sistema B			
Media (□)	9,89	29,78	4,20	2,79
Desviación estándar	7,57	15,85	4,15	3,77
Coefficiente de variación (%)	76	53	99	135
Máximo	35,18	153,12	25,49	25,84
Mínimo	0,00	4,66	0,00	0,00
Mediana	8,27	26,81	3,01	1,69

flores y frutos) que caen al suelo en un tiempo dado es lo que se considera producción de hojarasca (Klinge, 1978).

En el cuadro 1 se muestran los estadísticos básicos descriptivos para la hojarasca caída durante un año separada por fracciones en los dos agroecosistemas. Estos datos confirman la mayor contribución de las hojas de los árboles de sombra a la hojarasca caída llegando a duplicar en el Sistema A y a triplicar en el sistema B a las hojas del cultivo; los valores promedios en todas las fracciones para ambos sistemas son bastante similares y presentan gran variabilidad como se refleja en los elevados coeficientes de variación.

Contenido y aporte de Nitrógeno y Fósforo en la hojarasca caída.

En relación con las plantaciones de café, el nitrógeno es uno de los nutrientes de mayor importancia. Además de las cantidades requeridas por el cultivo para el crecimiento y reproducción de frutos, la

planta necesita al menos de 30 kg N/ha para su crecimiento vegetativo. Este elemento es absorbido por el café en forma de NO_3^- y NH_4^+ , que se convierten continuamente en compuestos orgánicos (Bornemisza, 1982; Carvajal, 1984).

El fósforo forma parte de las moléculas fundamentales que preservan y transfieren energía, como adenosín-trifosfato (ATP) y uridín-trifosfato (UTP). También de ácidos nucleicos, de las coenzimas adenín-nicotamida-dinucleótido (NAD^+), fosfoadenín-nicotamida-dinucleótido (NADP^+) y de fosfolípidos. Las formas iónicas H_2PO_4^- y HPO_4^{2-} , son las que son absorbidas por mecanismos activos y forman rápidamente compuestos orgánicos, principalmente hexosas fosfatadas (Carvajal, 1984).

En las figuras 2 y 3 se muestran las variaciones en el contenido de N para las hojas de cultivo y la de los árboles de sombra durante el período de muestreo para el Sistema A y B, respectivamente. En el

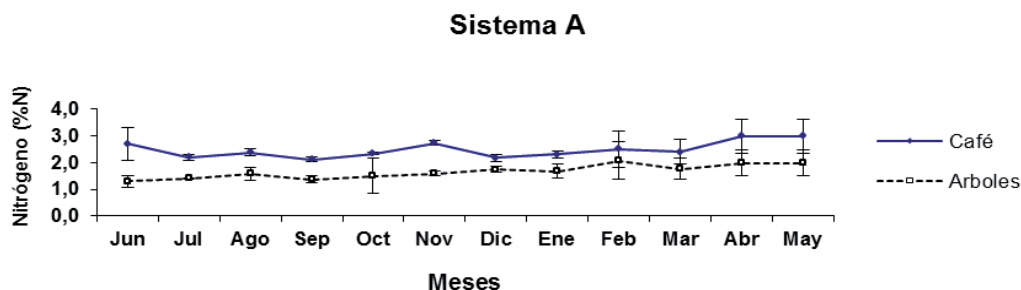


Figura 2. Variación estacional del contenido de nitrógeno en las hojas de los árboles de sombra y de café en el Sistema A.

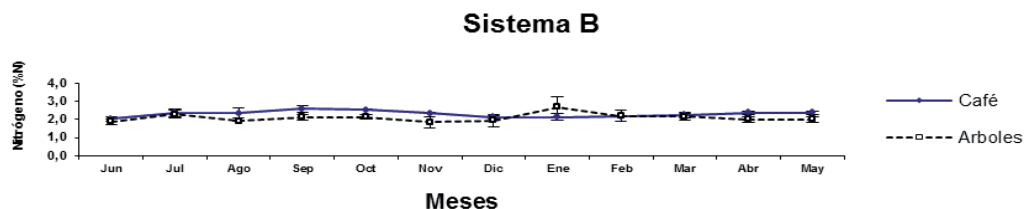


Figura 3. Variación estacional del contenido de nitrógeno en las hojas de los árboles de sombra y de café en el Sistema B.

sistema A las concentraciones de N en las hojas de café superan a la de los árboles de sombra en todos los meses; a diferencia del sistema B donde para las concentraciones resultaron ser similares para ambos tipos de hojas sin diferencias estadísticas significativas, según el paquete estadístico (SAS) de varianza de una vía.

En ambos agroecosistemas el intervalo de concentraciones observado se corresponde bastante bien a los datos reportados en la literatura para cafetales, tal como se evidencia en el Cuadro 2, desde el punto de vista nutricional se considera para el café un nivel adecuado de N el intervalo comprendido entre 2,2 y 3,0 % (Haque y Godfrey Sam Agrey, 1980, citado por Ataroff, 1990) con lo cual podemos deducir que los cafetales estudiados tienen un suministro adecuado de N a pesar de que las hojas analizadas corresponden a hojas caídas.

En el cuadro 2, se muestran la concentración (%) de nitrógeno y fósforo en hojarasca caída en cafetales Venezolanos; y los valores del presente trabajo se asemejan para cada caso.

Se observa que el mayor aporte de Nitrógeno y Fósforo al suelo es por parte de las hojas de los árboles de sombra seguidos

En las figuras 4 y 5 se muestran las variaciones en el contenido de P para las hojas de cultivo y la de los árboles de sombra durante el período de muestreo para el Sistema A y B, respectivamente. En el sistema A las concentraciones de P en las hojas de café superan a la de los árboles de sombra a partir del mes de Julio hasta

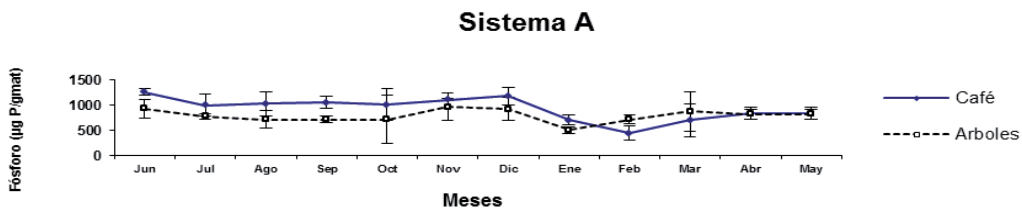


Figura 4. Variación estacional del contenido de fósforo en las hojas de los árboles de sombra y de café en el Sistema A.

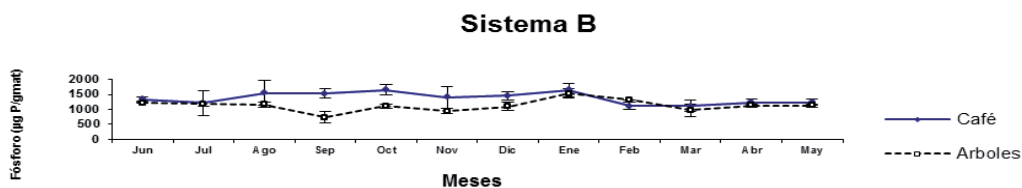


Figura 5. Variación estacional del contenido de fósforo en las hojas de los árboles de sombra y de café en el Sistema B.

Cuadro 2. Concentración de nutrientes (%) en las hojas de café y de los árboles de sombra de la hojarasca caída en diversos sistemas cafetaleros.

Sistema	Nitrógeno		Fósforo		Fuente
	Café	Árboles de sombra	Café	Árboles de sombra	
Sombra	2,30 – 3,14		0,11 – 0,19		Vásquez (1999)
Sombra	2,50 – 3,40		0,09 – 0,19		
Sol	2,69 – 3,49		0,12 – 0,20		
Sombra	1,30 – 2,10		0,04 – 0,09		Suárez de Castro y Rodríguez (1955)
Sol	1,95 – 2,47		0,01 – 0,14		Navidad (1987)
Sombra	1,90 – 2,67	1,89 – 2,36	0,10 – 0,13	0,10 – 0,21	Aranguren (1979)
Sol	1,90 – 2,30				Quintero y Ataroff (1998)
S A	2,10 – 3,00	1,30 – 2,07	0,07 – 0,12	0,05 – 0,09	Cálculos propios
S B	2,03 – 2,38	1,90 – 2,69	0,11 – 0,16	0,07 – 0,15	

por las hojas de café; en cuanto a los sistemas hay una ligera diferencia, alcanzando el sistema B un incremento en el aporte de Nitrógeno en comparación con el sistema A.

Conclusiones y recomendaciones

La producción de hojarasca durante el año en los sistemas A y B según el paquete estadístico (SAS) de varianza de una vía, es similar en ambos sistemas a pesar de presentar diferencias en cuanto a la distribución y densidad del cultivo y también en cuanto a la densidad y variedad de los árboles de sombra y las prácticas agronómicas; las máximas caídas en “A” ocurrió en los meses de diciembre, febrero y marzo (época de sequía) y en “B” en enero (inicio de la época de sequía) y los meses de julio a septiembre (segunda época de sequía y de fuertes vientos); el sistema “A” alcanzó valores mínimos en el mes de septiembre previo al máximo de precipitación (octubre);

mientras que “B” alcanzó los mínimos valores en el mes de octubre y noviembre. En ambos sistemas el aporte de nitrógeno y fósforo mayoritariamente es por las hojas de los árboles de sombra.

De acuerdo al método de bolsas de descomposición (*litter bag*), la hojarasca en el sistema B se descompone más rápidamente que en el sistema A en los estadios iniciales del experimento, probablemente debido a diferencias asociadas a la calidad del material confinado en las bolsas de descomposición, aunque al final del mismo el porcentaje de descomposición es similar en ambos sistemas de acuerdo al paquete estadístico (SAS) de varianza de una vía.

Agradecimiento

- Grupo de Investigación de Suelos y Aguas (GISA), Laboratorios de Hidráulica y Química Ambiental NURR-ULA, CDCHTA (proyecto código NURR – C – 293 – 01 – 01 – F). Profesora Rosalva Arellano, Doctor

Jorge Paolini, Prof. Héctor Caraballo, Sr. Rufino Godoy, Sr. Johan Canelones, Prof. Aixa Núñez, Prof. Francisco Lahoud, Sr. Barroeta, T.S.U. Hilda Rodríguez, Prof. Margarita Márquez y Lic. Clemencia Guédez.

Referencias bibliográficas:

- Aranguren J. Contribución de la caída de hojarasca al ciclo de nutrientes en cultivos bajo árboles de sombra. Tesis Caracas. Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas. 1979. p.285.
- Ataroff M. Dinámica hídrica de nutrientes y erosión en dos formas de manejo de cultivo de café en los Andes del Estado Mérida. Tesis Doctoral. Mérida: Universidad de los Andes. 1990. p.295.
- Betancourt, B. Análisis del Servicio de Asistencia Técnica en el Área cafetalera “La Vitú”.1987.p61.
- Bornemisza E.. Nitrogen cycling in coffee plantation. *Plant and Soil*. 1982. p 67:241-246.
- Carvajal J. Cafeto cultivo y fertilización 2^{da} Edic. Instituto Internacional de la Potasa. Berna / Suiza. 1984. p.254.
- Foghin, S. Tiempo y Clima en Venezuela. Aproximación a una geografía climática del territorio Venezolano. UPEL-IF. Clase magistral. N° 1, Caracas. 2002. p159.
- Jackson L. Análisis químico de suelos. Editorial Omega. 4ª Edición. Barcelona España. 1976. 662 pp.
- Jaimez y Franco. Aportes de macronutrientes y descomposición de la materia orgánica en Agroecosistemas de Cacao (*Theobroma cacao*) con frutales en la región de Tucaní. Universidad de los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Mérida. I Congreso Venezolano del cacao y su industria. Área: Suelos, Fertilización y Contaminación. 1997. p 234 – 241.
- Klinge. Fine litter production and nutrient return to the soil in three natural forest stands of east Amazonia. *Geo-Eco-Trop*. 1978. 1 (2): 159-163.
- Olson J. Energy storag and descomposers in ecological systems. *Ecology*. 1963. 44: 322-331.
- Pestana, L. (2014). Venezuela incrementa la producción del café para abastecer la red de industria. Recuperado el 13 de marzo de 2015, de <http://www.noticias24.com/venezuela/noticia/235446/venezuela-incrementa-la-produccion-del-cafe-para-abastecer-la-red-de-industria/>
- Quintero J. y Ataroff S. Contenido y flujos de nitrógeno en la biomasa y hojarasca de un cafetal a plena exposición solar en los Andes Venezolanos. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 1998. 15 (6): 501-514.
- Suárez de Castro. Equilibrio de material orgánica en plantaciones de café. *Boletín de la Federación de Cafeteros*, N° 55, Colombia. 1955. p. 5-28.
- Swidt M, Heal O., Anderson J. Descomposition in terrestrial ecosystems studies in ecology. University of California press. Berkeley. Volumen 5 1979. p. 372.
- Vásquez L. 1999. Aportes de nutrientes vía materia orgánica en tres agroecosistemas de café (*Coffea arábica*) ubicados en el sector Quebrada de Ramos microcuenca Quebrada de Ramos, subcuenca río Castán, estado Trujillo. Trabajo Especial de Grado para optar al título de Ingeniero Agrícola Núcleo Universitario “Rafael Rangel”, Universidad de los Andes, Trujillo. 1999. p.86.
- Wider, R. K., & Lang, G. E. A critique of the analytical methods used in examining decomposition data obtained from litter bags. *Ecology*. 1982: 1636-1642.