
Efectos del fuego en algunas características de suelos de pinares, Macurije, Pinar del Río, Cuba

L. Valdes², L.W. Martínez¹, M. Bonilla^{1*}, y I. Castillo¹

¹Universidad de Pinar del Río, Calle Martí final Cp20100.Pinar del Río, Cuba

²Empresa Forestal Macurije Pinar del Río, Cuba

Effect of the fire in the characteristics of soil of pinegroves, Macurije, Pinar del Río, Cuba

Abstract

The present study was carried out in areas of natural pine *Pinus tropicalis* Morelet located in forest enterprise Macurije, Pinar del Rio province, Cuba. A sample was selected at random in the stands affected and not affected by fire in order to determine its effect in chemical and physical characteristics, taken from different plots soils at depths of 0 to 20 cm and 20 to 40 cm respectively. It was analyzed to determine pH organic matter, potassium, sodium, pentoxido of diphosphorus and oxide of potassium chemical features, bulk and actual density and porosity as physical properties. These actions were repeated in three years after the fire to evaluate the same parameters. It showed significant differences in both, burnt and not burnt areas, regarding to the depth of values: organic matter, phosphorus, potassium; while the pH did not show significant difference in the analysed depths. Physical characteristics showed significant differences between both areas after three years in which the content organic matter did not show recovery.

Key words: *Pinus tropicalis*, organic matter, pH, density, porosity.

Resumen

El presente estudio se realizó en áreas de pinares naturales de *Pinus tropicalis* Morelet ubicados en la Empresa Forestal Macurije, provincia de Pinar del Río, Cuba, con el objetivo de determinar el efecto del fuego en algunas de las características químicas y físicas en los suelos de pinares. Se realizó un muestreo aleatorio en los rodales afectados por el fuego y rodales no dañados. Se tomaron muestras de suelos de las diferentes parcelas a profundidades de 0 a 20 cm y de 20 a 40 cm, respectivamente un año después de ocurrido el incendio. Las muestras fueron analizadas para determinar: pH, materia orgánica, pentóxido de difósforo y óxido de potasio entre las características químicas y densidad aparente, densidad real y porosidad como propiedades físicas. En las parcelas evaluadas se repitió el muestreo a los cuatro años después del incendio evaluando los mismos parámetros. Se observan diferencias significativas del área quemada y no quemada y con respecto a la profundidad para los valores de materia orgánica, fósforo y potasio, mientras el pH no mostró diferencia significativa en las profundidades analizadas, pero sí entre el área quemada y la no quemada. Las características físicas evidenciaron diferencias significativas entre las áreas quemadas y las no quemadas. A los tres años de transcurrido el incendio se observó una recuperación en el contenido de materia orgánica.

Palabras claves: *Pinus tropicalis*, materia orgánica, pH, densidad, porosidad.

*Autores de correspondencia
Email: mbon@upr.edu.cu

Introducción

Los bosques son el resultado del equilibrio entre muy diversos factores ecológicos y entre ellos el fuego ha jugado un importante papel como regulador en la sucesión vegetal y especialmente en la forestal. La frecuencia y la intensidad de los incendios forestales están determinadas de forma general por el clima, la topografía y la acumulación de material combustible. El grado en el que un ecosistema es alterado o afectado por fuegos se denomina severidad. La severidad del fuego es dependiente del producto de intensidad de fuego y la duración, e incorpora ambos comportamientos activos del fuego y los efectos post-fuego inmediatos en el medio ambiente (Tesauro, 2013) mientras que la tasa de energía calorífica liberada por un incendio según Byram (1959) se considera su intensidad. Los efectos indirectos del fuego sobre los suelos se producen a partir de la desaparición de la cubierta vegetal, la adición de cenizas y el ennegrecimiento del suelo. Estas modificaciones suponen cambios microclimáticos en la humedad edáfica, temperatura y radiación solar (Raison *et al.*, 2009) que afectarán a la recuperación del sistema tanto en beneficio (menos competencia, más luz, más nutrientes) como en detrimento (mayor erosión, menos infiltración) del ecosistema (Neary *et al.*, 1999).

El efecto del fuego sobre el suelo es variable, dependiendo de su severidad, de la calidad y grado de incorporación de las cenizas, y de la frecuencia de quemadas. Entre las modificaciones químicas se mencionan cambios en los contenidos de nutrientes esenciales para la sustentabilidad a largo plazo de la producción forestal (Hepper *et al.*, 2008). Las pérdidas de nutrientes en suelos afectados por el fuego podrían deberse a volatilización, lavado, arrastre de las cenizas por corrientes de convección durante la quema o por erosión eólica e hídrica posterior a las mismas (Giardina *et al.* 2000).

El calentamiento del suelo produce variaciones en algunas de las propiedades físicas y químicas. El pH y la conductividad eléctrica normalmente aumentan, debido al aporte de carbonatos, cationes básicos y óxidos procedentes de las cenizas. El tiempo de recuperación del pH inicial es variado y se considera que es más o menos rápido según el tiempo que las cenizas permanezcan en el suelo (Mataix-Solera y Guerrero, 2007).

La presente investigación tiene como objetivo

determinar los efectos del fuego en las características físicas y químicas del suelo en las áreas de pinares correspondientes a la especie *Pinus tropicalis* Morelet en la empresa forestal Macurije, Pinar del Río, Cuba.

Materiales y método

Área de estudio

La investigación se realizó en áreas del patrimonio de la Empresa Forestal Integral Macurije ubicada en el municipio de Guane, provincia Pinar del Río. Se ubica en la región fitogeográfica sector Cuba Occidental, distrito Alturas de Pizarra, caracterizada por el predominio de pinares (*Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* y *Pinus tropicalis* Morelet) y la presencia de numerosos endémicos en la vegetación asociada.

Los suelos del área evaluada se clasifican como agrupamiento poco evolucionado, tipo genético Litosol. Se encuentran principalmente en los lugares donde el interperismo ha actuado poco o en paisajes donde la denudación geológica natural tiene una fuerte incidencia, sobre roca duras y compactas no carbonatadas. Son de perfil ACR o AR, con afloramiento rocoso en la superficie y muchas gravas y piedras en el suelo. Presenta un grado de saturación por bases menor que el 50%, en alguna parte del perfil en un espesor de un metro de profundidad, desde la superficie según (Hernández, *et. al.*, 2015).

Características climáticas

La precipitación media anual del área es de 1.218 mm. Temperatura media anual de 25,8 OC y la humedad relativa registrada es de 74% (CITMA, 2014).

Para la obtención de la información y caracterización de las áreas de estudio se emplearon los mapas de la empresa y los libros de ordenación existentes. Fueron seleccionados los rodales 2 y 4 del lote 68 con *Pinus tropicalis* natural dañados por los efectos de un incendio y el rodal 32 del lote 56 con predominio de la especie *Pinus tropicalis* y que no fue alcanzado por la acción del incendio.

- Área afectada por el incendio tiene una extensión de 12.9 ha con una pendiente de 15%, la especie dominante es *Pinus tropicalis* con una altura media de 12 m y diámetro medio de 14 cm, se encuentra en estado de desarrollo de latizal y una densidad de 30 %.

- Área no afectada por incendio. ocupa un área de 11 ha con una pendiente 10%, la especie dominante *Pinus tropicalis* con una altura media de 12 m y diámetro medio de 14 cm, se encuentra en estado de latizal y una densidad de 40%.

Un año después del incendio se realizó el muestreo aleatorio del suelo en línea recta cada 50 m en los rodales dañados y no dañados por los efectos del fuego. Se tomaron muestras de suelos de las diferentes parcelas a profundidades de 0 a 20 cm y de 20 a 40 cm, respectivamente. Las muestras obtenidas fueron procesadas para determinar las características químicas y físicas correspondientes a cada área. En las mismas áreas se repitió el muestreo tres años después del incendio evaluando los parámetros descritos anteriormente.

El procesamiento estadístico de los datos mostró que son paramétricos y las varianzas homogéneas por lo que se realizó un ANOVA simple y la prueba de Duncan para determinar la significación entre las medias. Se utilizó el paquete estadístico SPSS versión 15.0.1 2006 sobre Windows.

La caracterización química y física de los suelos se realizó en el laboratorio de suelo del Ministerio de la Agricultura, Provincia de Pinar del Río, utilizando las siguientes metodologías.

- Métodos de potenciómetro para determinar el grado de acidez (pH) en cloruro de potasio con una relación suelo solución de 1:5, descrita por (DNSF, 1976).
- Método de Oniani para la determinación de las formas móviles de fósforo y potasio (DNSF, 1976).
- Método de Schachtschabel por fotometría de llama para la determinación de los cationes intercambiables (Na^+ y K^+) descrita por (DNSF, 1976).
- Método de Schachtschabel por valoración de

sal EDTA en medio básico para determinar los cationes Mg^{+2} y Ca^{+2} y valor T (capacidad de intercambio catiónico) según la NC-65-2000.

- Método Walkey –Black, para determinar la materia orgánica descrita por Jackson, 1964).
- En el análisis físico se determinaron las siguientes características :

- Porosidad, textura y estructura, según técnica de Monnier *et al* (1973).

- La porosidad total fue calculada por la fórmula [1]:

$$P(\%) = \left(1 - \frac{da}{dr}\right) * 100$$

Donde P (%) es el volumen total de poros del suelo (%),

da: densidad aparente del suelo (g cm^{-3})
 dr: densidad real del suelo (g cm^{-3}).

- Densidad aparente (método de los cilindros), descrita por (Monnier *et al*, 1973).
- Densidad real (método del picnómetro), descrita por (DNSF 1976).

Resultados

En la tabla 1 se presentan los resultados estadísticos correspondientes a las características químicas de los suelos quemados y no quemados un año después de la ocurrencia del incendio. Se observan diferencias significativas ($P < 0.05$) en los valores de pH que corresponden a suelos muy ácidos, no existiendo diferencias significativas entre estos valores con respecto a las profundidades, tanto en las áreas afectadas por los incendios como las no afectadas.

Tabla 1. Parámetros químicos en los suelos de áreas quemadas y sin quemar en Macurije

Parámetros	Un año después del incendio			
	Área no quemada		Área quemada	
	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm
pH (KCl)	3.37 d	3.45 cd	3.6 bc	3.66 bc
Y ¹	5.90b	5.16b	7.72 a	7.13 a
P ₂ O ₅ (mg/100g de suelo)	1.73 ab	1.41 b	1.88 ab	1.28 b
K ₂ O (mg/100g de suelo)	4.18 bc	3.71 bc	4.20 bc	3.59 c
MO %	1.81 ab	1.34 bc	1.41 bc	0.75 d
S cmoles ⁺ /kg ⁻¹ de suelo	2.63 a	0.94 bc	2.16 a	102 bc
T cmoles ⁺ /kg ⁻¹ de suelo	8.53 a	6.41b	9.88 a	6.02 bc

Medias seguidas por la misma letra no difieren para $P < 0.05$

Después de transcurrido un año del incendio, en el suelo quemado aumentó la acidez hidrolítica con diferencias significativas con respecto a los no quemados.

En cuanto a la suma de los cationes (S), tanto en los suelos quemados como sin quemar es baja, por lo que la disponibilidad y fertilidad natural de dicho suelos es baja.

El contenido de fósforos asimilables para las condiciones de quemado y no quemado y en los diferentes años evaluados se encuentra deficiente.

Los valores promedios del fósforo asimilable presentaron un incremento significativo a los cuatro años después del fuego (Tabla 2) en las dos profundidades evaluadas, producto de la descomposición de la materia orgánica que libera fósforo mineral incorporándolo al suelo. Resultados similares observó Martínez *et al.* (2007) en áreas naturales de pinares donde se aplicó quema prescrita.

La materia orgánica muestra diferencias significativas con respecto a las en las áreas

quemadas y no quemadas al año de ocurrido el incendio, también se observa diferencia entre las distintas profundidades para ambas condiciones

Después de cuatro años de ocurrido el incendio, se pueden observar incremento en el contenido de materia orgánica en el área quemada, ya que se produce la recuperación de la vegetación que comienza a cubrir el área, acompañada además de la caída de las hojas que favorece este incremento.

Los contenidos de Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ y K^+ varían significativamente con respecto a las condiciones evaluadas y la profundidad.

Al repetirse la evaluación a los cuatro años después del incendio, se observó diferencias significativas entre los cationes de Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ , presente en el suelo, con respecto al área quemada y no quemada, con un incremento de los valores.

A partir de la composición textural se clasificaron los suelos no quemados como franco arcillo-limoso y para los quemados franco arenoso.

Se observan en la figura 1 las variaciones de los porcentajes de las diferentes partículas que integran

Tabla 2. Valores medios de las propiedades químicas de los suelos quemados y sin quemar a diferentes profundidades (cuatro años después del incendio).

Parámetros	Cuatro años después del incendio			
	Área no quemada		Área quemada	
	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm
pH (KCl)	3.37 a	3.45 a	3.60 bc	3.66 ab
Y ¹	3.35 c	3.37c	3.70c	3.12 c
P ₂ O ₅ (mg 100 ⁻¹ g de suelo)	1.89 ab	1.75 ab	2.60 a	2.20 ab
K ₂ O (mg 100 ⁻¹ g de suelo)	3.63 c	3.75 bc	5.47 a	4.57 b
MO %	1.71 b	1.02 cd	2.22 a	1.48 bc
S cmoles ⁺ /kg ⁻¹ de suelo	1.12 bc	0.69 c	1.36 b	0.074 bc
T cmoles ⁺ /kg ⁻¹ de suelo	4.47 cd	4.06 d	0.06 bcd	4.19 d

Medias seguidas por la misma letra no difieren para P < 0.05

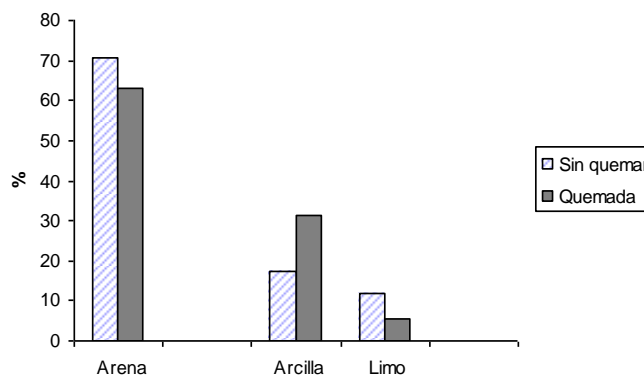


Figura 1. Composición textural del suelo en áreas quemadas y no quemada a los cuatro años después del incendio y a una profundidad de 0-20 cm

la composición textural de los suelos que se modifican por los efectos del calor y a partir de las condiciones de humedad del suelo y la presencia de la vegetación.

Discusión

El valor del pH se mostró diferencia significativa a los cuatro años después del fuego, con respecto al área quemada y no quemadas y las profundidades coincidiendo con los resultados obtenidos Martínez *et al.* (2007), señalando diferencias significativas para los valores de pH del suelo, para igual tiempo de ocurridos incendios en bosques naturales de *P. caribaea* y *P. tropicalis*, en Macurije respectivamente, señalando que la adición de cenizas, básicamente procedentes de la vegetación quemada ocasionan un incremento de los valores de pH, relacionado con los contenidos en sales y materia orgánica.

El pH del suelo es elevado temporalmente dependiendo de la cantidad de cenizas liberadas, del pH original del suelo, de la composición de las cenizas y de la humedad local (Benítez, 2010). Mientras Von Wallis (2008) considera que el efecto del fuego genera un aumento significativo del pH en el horizonte superficial, en el presente estudio no se observó diferencia de pH con respecto a la profundidad del suelo.

Los contenidos de fósforo asimilable comparados antes y después de las quemas experimentan incrementos significativos para las diferentes profundidades, coincidiendo con los resultados obtenidos por Urrutía, *et al.*, (2013), atribuidos a la rápida mineralización del fósforo causada por el efecto del fuego al acelerar la descomposición de la materia orgánica, y a un menor grado de movilidad en los perfiles del suelo de este elemento.

Los valores promedios del potasio presentaron diferencias significativas con respecto a los suelos quemados y los no quemados a los 4 años después

del incendio, a diferencia de los resultados obtenidos por Urrutía, *et al.*, 2014, señalando valores similares a los iniciales, debido a la baja severidad de la quema y las características de la vegetación que le permite retornar a sus condiciones iniciales.

Después de ocurrido el incendio se produce una disminución en el contenido de materia orgánica tanto en la superficie como en capas inferiores (tabla 1) transcurrido cuatro años después del incendio se aprecia un incremento de los (de estos valores en el área quemada con respecto a la no quemada, ya que esta se recupera como consecuencia de la acumulación de los diferentes restos vegetales, resultados similares obtuvo Martínez *et al.* (2004) con variaciones estadísticamente significativas a los tres años después de fuego (Tabla 2).

La capacidad de intercambio catiónico disminuye con respecto con los valores iniciales tanto en áreas quemadas y no quemadas, coincidiendo con lo señalado por (Urrutía, *et al.*, 2013).

El aumento del pH, Ca^{2+} y K^+ cambiables según Martínez *et al.* (2007) ocurre por el aporte de bases procedentes de la vegetación incinerada.

Al evaluar el efecto del fuego en las concentraciones de nutrientes del suelo, comparados antes y después de las quemas, se observó incremento transcurrido cuatro años después de incendio 1 para el Ca^{+2} , Mg^{+2} , y K^+ como se puede observar en la tabla 3.

En los suelos sin quemar la porosidad alcanzó un valor de 48 % mientras que en los quemados fue de 44%. La porosidad y distribución de tamaño de poros se ven afectadas por el fuego debido a los cambios en la distribución del tamaño de las partículas, cambios en la agregación y el taponamiento de los poros por la incorporación al suelo de cenizas procedentes de la combustión de las raíces y la materia orgánica (Varela, 2007).

Después de transcurrido cuatro años del incendio y a una profundidad de (0 a 20 cm) se produjo un

Tabla 3. Comportamiento de los cationes (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+) 4 años después del fuego.

Parámetros	Sq1 0-20	Sq1 20-40	Q2 0-20	Q2 20-40
Ca^+	0.79 c	0.48 c	1.73 c	0.69 c
Mg^+	0.24 bc	0.17 bc	1.39 b	0.27 bc
Na^+	0.04 d	0.03 d	0.05 cd	0.06 bcd
K^+	0.05 b	0.03 b	0.09 b	0.07 b

Medias seguidas por la misma letra no difieren entre sí por la prueba de Duncan a un nivel del 5 % de significación.

Sq1=suelo sin quemar (0-20 cm), Sq1b = suelo sin quemar (20-40 cm), q 1 = suelo quemado (0-20 cm), q1b = suelo quemado (20-40 cm) (un año después del incendio) 2000 y Sq2=suelo sin quemar (0-20 cm), Sq2b = suelo sin quemar (20-40 cm), q 2 = suelo quemado (0-20 cm), q2b = suelo quemado (20-40 cm) (cuatro años después).

aumento en el contenido de arcilla y la proporción de arena disminuyó, Afif Khouri y Oliveira (2006) con la aplicación de quema prescripta observaron inicialmente un incremento en la proporción de arena mientras que la arcilla decreció, atribuyendo estos cambios a una aglutinación de partículas después del incendio con el resultado final de formación de agregados no estables que producen un aumento temporal en la fracción arena, transcurrido 90 días de realizada la quema prescripta aumenta el contenido de arcilla y decrece el de arena comportándose de manera similar a los resultados obtenidos en el presente estudio. Estos autores señalan que la alta temperatura puede llevar a cabo es una microignición fraccionada que quizás se vea enmascarada por una eventual y débil restauración.

Conclusiones

El efecto del fuego provocó variaciones en las características químicas del suelo en el área de estudio, con respecto a la profundidad y tiempo de ocurrencia del incendio.

A medida que transcurre el tiempo después del incendio se incrementaron las concentraciones de los cationes Mg^{++} , Ca^+ , K^+ , pH y materia orgánica. Las características físicas del suelo después del incendio sufrieron variación, dando lugar a cambio en su composición textural.

Referencias

- Afif Khouri, E. Y Oliveira Prendes J. A. 2006. Efectos del fuego prescrito sobre matorral en las propiedades del suelo Invest. Agrar: Sist. Recur. For. 15(3), 262-270.
- Batista A.C., C.B. Reissmann Y .V. Suarez. 2000. Efeitos da quema controlada sobre algunas propiedades químicas do solo em um povoamento de Pinus taeda no municipio de Sangés – PR. Floresta Br. 27 (1-2): pp.59-70.
- Benítez, H. 2003. Regeneración natural de Pinus caribaea var. caribaea mediante talas rasas en fajas alternas. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en ciencias ecológicas. Programa doctoral conjunto. “Desarrollo sostenible de bosques tropicales: Manejo forestal y turístico”. Universidad de Alicante y Universidad de Pinar del Río, Pinar del Río. 209 p.
- Byram, G.M. 1959. Combustión of forest fuels in: Davis K.P. Forest Fire. Control and use. New York. Mc GRAW Hill, p. 77-84.
- CITMA. 2014. Instituto de Meteorología: Resumen Climático de la Estación Meteorológica.
- D.N.S.F, 1976. Dirección Nacional de Suelos y Fertilizantes. Conservación de Suelos. MINAG. 61 p.
- Giardina, Cp; Rl Sanford (Jr.) & Ic Døckersmith. 2000. Changes in soil phosphorus and nitrogen during slash and burn clearing of a dry tropical forest. Soil Sci. Soc. Am. J. 64: 399-405.
- Hepper, E.; Urioste, A.; Belmonte, V. Y Buschiazzo D. 2008. Temperaturas de quema y propiedades físicas y químicas de suelos de la región semiárida pampeana central. CI. Suelo (Argentina) 26(1): 29-34. 2008.
- Hernández, Jiménez, Dr. Juanmiguel Pérez, Dalmacio Bosch, Nelso Castro Sepk. 2015. Clasificación de los suelos de Cuba Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Instituto de Suelo. Ediciones INCA. 92P.
- Martínez, L.W; Ramos, M.; Castillo, I.; Bonilla, M. Y Sotolongo, R. 2004. Efectos de quemas prescritas sobre las propiedades del suelo en bosques de P. tropicalis Morelet., en Cuba. Revista Chapingo. Universidad Autónoma de Chapingo, Vol. X, (1):31-37.
- Martínez, L. W, Ramos, M. P; Bonilla, M. Impactos de las quemas prescritas en bosques naturales de Pinus tropicalis Morelet en Pinar del Río, Cuba. IV Congreso Forestal de Cuba. ISBN 978-959-287-048-7. 2007.
- Mataix-Solera, J. Y Guerrero, C. 2007. Efectos de los incendios forestales sobre las propiedades edáficas, en Incendios forestales, suelos y erosión hídrica (Mataix-Solera, J. coord.). Alcoi, Edit. Caja Mediterráneo CEMACAM. 5-40.
- Monnier, G., Stengel, P.; Fies, J. C. 1973. Une méthode de mesure de la densité apparente de petits agglomérats terreux: application a l'analyse de la déposition du sol. Annales Agronomiques, Versailles, V 24, p 533-545.
- Neary, D. G., Klopatek, C., C., Debano, L. F. Y Ffolliott, P. F. 1999: Fire effects on belowground sustainability: a review and synthesis. Forest Ecology and Management, n° 122, 51-71.
- Raison, R. J., Khanna, P. K., Jacobsen, K., L. S., Romanya, J. Y Serrasol-Ses, I. 2009: Effect of fire on forest nutrient cycles, en Fire effects on soils and restoration strategies (Cerdà, A. y Robichaud, P. R., coord.). Enfield, Edit. Science Publishers, 225-256.
- TESAURO. 2013 de la Biblioteca Agrícola Nacional de los Estados Unidos <http://www.boletinagrario.com/ap-6,severidad+del+fuego,4110.html>.
- Urrutia Hernández; Rodríguez Alfaro, B; Hernández Abreu, J.A; Germán Flores Garnica, J.; Martínez Becerra, L. W.; Bonilla Vichot, M. 2013- Efecto de quemas prescritas sobre las propiedades físico químicas del suelo en la Estación Hidrológica Amistad Galalón. Vol. 32. No.1- enero- Junio 2013. ISSN- 0138- 6441.
- TESAURO. 2013. Biblioteca Agrícola Nacional de los Estados Unidos <http://www.boletinagrario.com/ap-6,severidad+del+fuego,4110.html>.
- Varela Teijeiro M.E. 2007. Efectos de los incendios forestales en la degradación física de los suelos de Galicia Universidad de Vigo Departamento de Biología Vegetal y Ciencia del Suelo Facultad de Biología. 269 p.
- Von Wallis A.; Martiarena R.; Pahr N. 2008. condición química de un suelo rojo de misiones en situación de quema y no quema de residuos forestales. INTA EEA Montecarlo. /www.researchgate.net/publication/237737770.
- Velmurugan, S. y Ravikumar, R., 2014. Biodegradation and decolorization of reactive dye red ME4BL by Bacillus subtilis. IJEBB 2, 250-255. DOI:10.12691/ijebb-2-6-1
- Wang, Y. y Shen, H., 1995. Bacterial reduction of hexavalent chromium. J. Ind. Microbiol. 14, 159-163. DOI: 10.1007/BF01569898.