



## CONCENTRACIÓN DE CLOROFILA Y DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES EN SUELOS CON PRESENCIA DE COSTRA BIOLÓGICA DE SUELO (CBS)

Duilio Torres<sup>1</sup>, Adriana Florentino<sup>2</sup>, Abelardo Ospina<sup>2</sup>, Lúe Meru Marco<sup>1</sup>, Carlos Colmenares<sup>1</sup>, Héctor Yendis<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidad "Lisandro Alvarado" (UCLA), Facultad de Agronomía, Departamento de Química y Suelos

<sup>2</sup> Universidad Central de Venezuela. Instituto de edafología. Maracay-Aragua. Sector El Limón, Maracay, Venezuela. A. P. 4579.

<sup>3</sup> Departamento de Ambiente y Tecnología Agrícola, Complejo Docente el Hatillo, Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda (UNEFM).

**Palabras clave:**  
aridez, stress hídrico, calidad de suelo

### RESUMEN

*La clorofila es un indicador del grado de desarrollo o alteración de suelos con presencia de costras biológicas. El contenido de clorofila (a + b), β-carotenos y xantofilas en suelos con presencia de costras biológicas fueron cuantificados en la depresión de Quibor. Las muestras fueron tomadas en un área dominada por vegetación natural, denominada parche (P) y otra con presencia de biocostra pero sin vegetación, denominada interparche (IP). La especie vegetal dominante en la depresión de Quibor fue Propis juliflora y en la planicie de Coro fue Jatropha juliflora. Cinco replicas fueron tomadas a una profundidad de 2.5 cm. La extracción fue realizada usando etanol como extractante, la cuantificación fue realizada por espectrofotometría. Los resultados muestran que la concentración de clorofila (A y B), así como carotenos fue significativamente más alta ( $p < 0.05$ ) en los suelos de Quibor, con valores de 20,83 g.g-1 y 14.5 μg.g-1 respectivamente, mientras en la planicie de Coro, estos fueron de 10.30 y 2.00 μg.g-1 respectivamente. En ambos sitios la concentración de clorofila y carotenos fue mayor en las áreas de interparches (IP). Se concluye que tanto el contenido de clorofila y carotenos puede ser usado como un indicador del grado del desarrollo de los suelos con presencia de costra biológica asociados en ambientes con stress hídrico*

## CHLOROPHYLL CONCENTRATION AND NUTRIENT AVAILABLE IN SOILS UNDER BIOLOGICAL SOIL CRUST (BSC)

**Key words:**  
aridity, hidrical stress, soil quality

SUELOS ECUATORIALES  
44 (2): 90-95

ISSN 0562-5351

### ABSTRACT

*Chlorophyll is an indicator of the degree of development or alteration of the soils' biological crust as well as the microorganisms' biomass present in it. The content of chlorophyll (a + b), β-carotene and xanthophylls in soils with presence of biological crusts in the Quibor depression (Venezuela) were determined in the current study. The samples were taken in an area dominated by natural vegetation (patch) and in another with a biocrust but without vegetation (inter-patch). The dominant specie in the Quibor depression was Prosopis juliflora and the one in the Coro plain was Jatropha juliflora. Five repetitions were taken at each site at a 2.5 cm depth. The extraction was performed with ethanol and the quantification by spectro photometry. The results show that the highest chlorophyll A and B and carotene concentration was significantly higher ( $p < 0.05$ ) in the Quibor soils, with values of 20,83 g.g-1 and 14.5 μg.g-1 respectively, while in the Coro plain, they were of 10.30 and 2.00 μg.g-1 respectively. In both places, the chlorophyll and carotene concentration were greater in the inter-patches. It is concluded that both the content of chlorophyll and carotene could be used as indicators of the degree of development of biological soil*

## INTRODUCCIÓN

Muchos de los procesos metabólicos que realiza la costra biológica, dependen de organismos autótrofos que forman parte de ellas, los cuales son capaces de fijar nitrógeno, captar carbono y solubilizar fósforo. Un indicador indirecto de la capacidad de funcionamiento de la costra, viene dado por la concentración de pigmentos fotosintéticos (Clorofila a, clorofila b, B-carotenos o xantofilas) y se ha determinado una correlación positiva entre la concentración de estos y la cantidad de microorganismos existentes.

La concentración de clorofila también es un parámetro que está asociado al grado de madurez de la costra biológica, dado que cuando la costra es sometida a una perturbación, desaparecen los organismos autótrofos y por ende los pigmentos fotosintéticos. Bowker et al., (2008) demostraron que la clorofila como indicador de biomasa total en comunidades de CBS dominadas por cianobacterias, es una variable que permite inferir la estabilidad del suelo, de hecho, la cobertura total de CBS ha sido empleada con éxito como indicador de estabilidad del suelo a distintas escalas espaciales (Chaudhary et al., 2009).

El color de la costra biológica varía en función del grado de desarrollo (Belnap et al., 2008), por lo tanto la concentración de la clorofila determinará el estado sucesional de la vegetación. Yeager et al. (2004) en una investigación en el desierto del Colorado encontraron que en los estados tardío de la sucesión, se determinaron altas concentraciones de clorofila, asociados a colores más oscuros, lo cual estaba relacionado a su vez a la biomasa de cianobacterias, mientras que en las etapas más tempranas de la sucesión la concentración de clorofila fue menor.

El objetivo de esta investigación fue cuantificar la concentración de clorofila en suelos de la depresión de Quíbor y la planicie de Coro, como medida indirecta de la biomasa de organismos autótrofos presentes en los suelos dominados por costra y establecer la correlación de estos parámetros con los niveles de nitrógeno, potasio, calcio, magnesio y cobre en el suelo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en la Depresión de Quíbor (estado Lara) y en la planicie de Coro (estado Falcón). En ambos sitios fue posible encontrar una costra biológica bien estabilizada, junto a otras reinstaladas en diferentes etapas de colonización y con diferentes comunidades de microorganismos. El clima es el típico de las zonas áridas y semiáridas, con precipitaciones muy variables y erráticas. La evapotranspiración promedio supera a la precipitación en todos los meses. Los suelos son de textura variable, desde arenosos en Falcón hasta franco limoso o franco arcilloso en Quíbor (Pérez et al., 1995). Se caracterizan por presentar una baja estabilidad estructural que los hace muy susceptibles a procesos de sellado, encostramiento, erosión y salinización (Mendoza et al., 2012; Villafañe et al., 1999).

### Descripción de los tratamientos a evaluar

Para el estudio se consideró un arreglo de tratamientos de tipo factorial, siendo los factores a evaluar: las condiciones de vegetación (Parche o Interparche) y la localidad (Quíbor y Coro). La condición de Parche (P), se refiere a la isla de vegetación con presencia de costra biológica y el Interparche (IP) se refiere a un sitio con presencia de costra biológica de suelo, pero sin presencia de vegetación asociada a la costra, la vegetación dominante en los parches fueron *Prosopis juliflora* en Quíbor y *Jatropha curcas* en Coro. En cada condición de vegetación se muestrearon tres microparcels de 50 x 50 cm. En cada microparcels se tomaron cinco muestras alteradas, a la profundidad de (0-2,5 cm) utilizando cilindros metálicos de 2,5 cm de altura y 7,5 cm de diámetro.

### Variables evaluadas y métodos.

Se cuantificó el contenido de macro y micronutrientes utilizados los métodos descritos por Gilabert et al., 1990. Los elementos determinados fueron nitrógeno total, fósforo, potasio, calcio, magnesio, manganeso, zinc y cobre). Adicionalmente se realizaron otras determinaciones que incluían el contenido de materia orgánica (MO), pH, la conductividad eléctrica (CE) y la capacidad de intercambio catiónico (CIC). La determinación de clorofila se realizó mediante el método descrito por López et al. (2004), el cual consiste en extraer la

clorofila, usando como solvente etanol y cuantificación por espectrofotometría

### Análisis de los datos

Se realizó un análisis de varianza (ANAVAR) para estimar diferencia entre los tratamientos evaluados, en aquellas variables que presentaron efectos significativos, se realizaron pruebas de comparación de medias de Tukey. Para examinar la dependencia entre las variables asociadas, se empleó el test de correlación de Pearson, empleándose un nivel de significancia de  $P < 0.05$ . El análisis estadístico fue realizado usando InfoStat (versión 2008).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores más altos de macro y micronutrientes fueron encontrados en los suelos con CBS dentro de la isla de fertilidad, estos incrementos fueron más significativos para los suelos de la depresión de Quíbor. Los nutrientes que presentaron cambio significativos ( $p < 0,05$ ) fueron: nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio en el caso de los macro nutrientes y manganeso y zinc en el caso de los micronutrientes. En la planicie de Coro solo se observó un incremento significativo para el fósforo (Tabla 1).

**Tabla 1.** Contenido de nutrientes y concentración de clorofila en dos zonas semiáridas venezolanas con presencias de costras biológicas de suelo (CBS).

Variable	Quíbor		Coro	
	IP	P	IP	P
Nitrógeno ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	0,31 b	0,50 c	0,08 a	0,14 a
Fosforo ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	13,82 a	19,78 ab	17,36 ab	14,67 b
Potasio ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	168,64 b	209,56 c	99,09 a	100,33 a
Calcio ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	4736,73 b	4319,67 b	576 a	507 a
Magnesio ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	82,55 a	111,89 b	72,64 b	68,22 b
Cobre ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	2,29 b	2,16 b	0,40 a	0,40 a
Manganeso ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	5,50 a	7,75 a	4,76 a	6,18 a
Zinc ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	1,04 a	1,85 b	1,31 a	1,33 a
Clorofila ( a+b)	6,76 a	5,14 a	3,16 a	2,49 a

Leyenda: Parche (P): corresponde a la isla de vegetación con presencia de costra biológica; Interparche (IP) corresponde a un sitio con presencia de costra biológica de suelo, pero sin presencia de vegetación asociada a la costra. Valores seguidos de la misma letra en la fila indican que no son estadísticamente diferentes para  $p \leq 0,05$  según Tukey

El incremento de nutrientes puede ser explicado por los aportes de materia orgánica proveniente de la vegetación nativa y por los microorganismos autótrofos presentes en la costra biológica, los cuales fijan nitrógeno, solubilizan fósforo y mineralizan la materia orgánica (Montaño *et al.*, 2006). El análisis de correlación entre el contenido de nutrientes y la concentración de clorofila determinó que el incremento en los niveles de macro y micronutrientes estuvo relacionado con la presencia de microorganismos, se observó una correlación significativa entre la concentración de clorofila, y el contenido de nitrógeno, potasio, calcio y magnesio, lo que indica que la acumulación de nutrientes está fuertemente relacionada

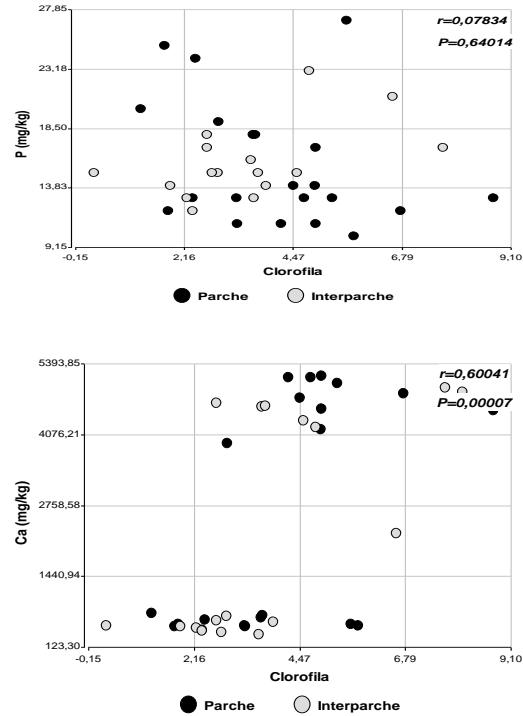
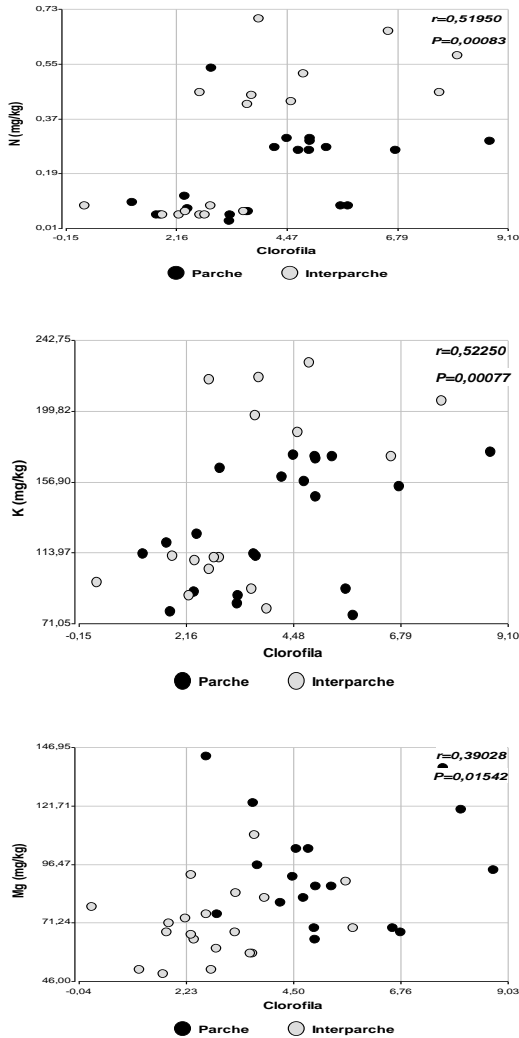
a la cantidad de microorganismos presentes en la costra biológica (Figura 1).

Yeager (2004) y Tirkey y Adhikary (2005), reportan que el incremento en la disponibilidad de nitrógeno, está asociado al incremento de la biomasa de cianobacterias y que esta a su vez está asociada a la densidad de clorofila. La presencia de cianobacterias en los primeros milímetros del suelo, sugieren la importancia de estas para la fijación de nitrógeno en ecosistemas semiáridos, asimismo la CBS es una importante fuente para la fijación de carbono.

Bowker *et al.*, (2005), señalan que el fósforo presenta una correlación negativa con la biomasa de costra biológica de musgos y líquenes. Esta

correlación negativa puede ser explicada por la absorción del mismo por los líquenes y musgos y su conversión a formas orgánicas no disponibles. Mientras que para el caso del potasio y magnesio,

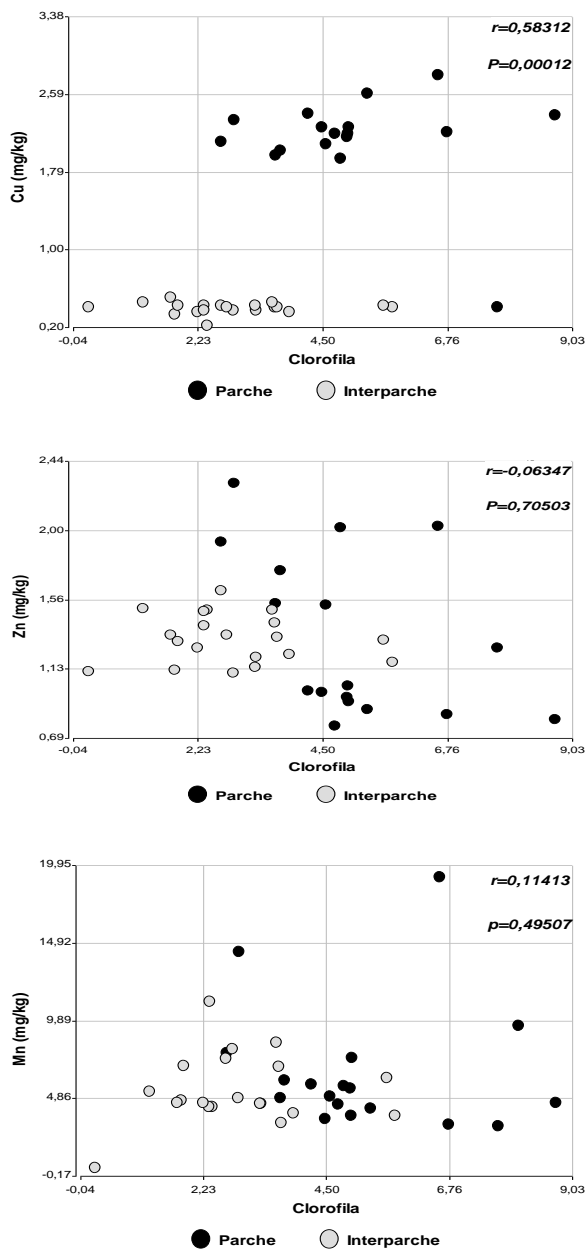
Nonnan (2012), señala que los procesos de movilización e inmovilización de estos elementos está gobernado por elementos abióticos y no por la actividad de los microorganismos del suelo.



**Figura 1.** Dependencia lineal entre la concentración de clorofila y la concentración de macro nutrientes en suelos dominados por costra biológica del suelo en dos zonas semiáridas venezolanas.

En la figura 2, se observa que el único micronutriente que tuvo una dependencia lineal significativa con la concentración de clorofila fue el cobre. Estos resultados coinciden con lo reportado por Nonnan (2012), quien al evaluar el efecto de la CBS sobre la actividad y disponibilidad de elementos esenciales en el desierto de Arizona, encontró que el aluminio, vanadio, cobre y molibdeno fueron solubilizados por la acción de la costra, mientras que níquel, zinc, arsénico y zirconio fueron inmovilizados por la acción de la costra. Los procesos de solubilización estuvieron asociados a la acción microbiana.

Con esta investigación se ratifica que el incremento de macro nutrientes y micronutrientes en suelos dominados por costra biológica esta correlacionado positivamente a los incrementos de la materia orgánica, y que estos incrementos de materia orgánica a su vez están asociados a la microbiota autótrófica presente en la costra, de allí la importancia de cuantificar los contenidos de clorofila, para determinar la actividad de los organismos autótróficos dentro de la CBS.



**Figura 2.** Dependencia lineal entre la concentración de clorofila y concentración de micronutrientes en suelos dominados por costra biológica en dos zonas semiáridas

### CONCLUSIONES

Se encontró una dependencia lineal positiva entre la concentración de clorofila y la acumulación de la mayoría de nutrientes independientemente de la localidad, por lo que la presencia de la costra biológica pudiese ser una vía relevante en el ciclaje de nutrientes en ecosistemas del semiárido venezolano.

El mayor contenido de clorofila encontrado en la depresión de Quibor, estuvo asociado a una mayor concentración de nutrientes. La menor concentración de nutrientes en la Llanura de Coro, puede ser explicada por el predominio de suelos arenosos, que conllevan a un menor desarrollo de las biocostras, sin embargo se observó un aumento en los valores de nitrógeno en el área de parche, debido a los aportes de nitrógeno proveniente de leguminosas nativas y las cianobacterias presentes en las biocostras.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Consejo de Desarrollo científico y Tecnológico de la UCLA (CDCHT) proyecto registrado bajo el código AG-2013-9: por el aporte económico otorgado para la realización de este trabajo, así como al Instituto de Edafología, Laboratorio de Física de Suelo de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela.

### REFERENCIAS

BELNAP, J., PHILLIPS, S.L, FLINTS, S., MONEY, J., CALDWELL, M. (2008) Global change and biological soil crusts: Effects of ultraviolet augmentation under altered precipitation regimes and nitrogen additions. *Global Change Biology* 14: 670-686.

BOWKER, M.; BELNAP, J.,BALACHAUDHARY, V.,JOHNSON, N. (2008). Revisiting classic water erosion models in dry lands: The strong impact of biological soil crusts. 40 (9): 2309–2316-

CASTLE, S.C., BARGER, N.N., MORRISON, C.D.D. (2011). Extraction of chlorophyll a from biological soil crusts; a comparison of solvents for spectrophotometric determination. *Soil Biology and Biochemistry* 43 (4), 853-856.

CHAUDHARY, V.A., BOWKER, M. A., O'DELL,T.E., GRACE,J.B., REDMAN, A.E., RILLIG, M.C., JOHNSON, N.C (2009) Untangling the biological contributions to soil stability in semiarid scrublands. *Ecological Applications* 19: 110-122

GILABERT DE B. J., LÓPEZ DE R, I., HERRERA, L.B., GARCÍA, E. (1990). Estimación de las necesidades actuales y potenciales de fertilizantes y enmiendas en función de los análisis de suelo. XI proyección de las

necesidades de roca fosfórica en pastizales cultivados. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias., Serie C, N° 34. 21p.

MENDOZA, B., FLORENTINO, A., HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, R.M., ACIEGO, J.C., TORRES, D. (2012). Atributos biológicos del suelo con aplicación de abono orgánico y soluciones salinas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 4 (1): 409-421.

MONTAÑO-ARIAS, N., R. GARCÍA-SÁNCHEZ, G. OCHOA-DE LA ROSA Y A. MONROY-ATA. (2006). Relación entre la vegetación arbustiva, el mezquite y el suelo de un ecosistema semiárido en México. *Terra latinoamericana*. 24:193-205.

NONNAN, A. Element use and Acquisition Strategies in Biological Soil Crusts (2012). Dissertation Arizona Univerity. 274 p.

PÉREZ, J., SCHARGEL, R., GÓMEZ, J.M., OHEP, C. (1995). Estudio semi detallado de suelos a nivel de series del Valle de Quíbor. Sistema Hidráulico Yacambú Quíbor (SHYQ). Barquisimeto. Venezuela.

TIRKEY, J., ADHIKARY, P. (2012). Cyanobacteria in biological soil crusts of India. *Current Science* 89 (3): 515-521.

VILLAFANE, R.; ABARCA, O., AZPÚRUA, M., RUIZ, T., DUGARTE, J. (1999). Distribución espacial de la salinidad en los suelos de Quíbor y su relación con las limitaciones de drenaje y la calidad del agua. *Bioagro* 11(2): 43-50

YEAGER, C.M., KORNOSKY, J. L., HOUSMAN, D.C., GROTE, E.E., BELNAP, J., KUSKE, C.R. (2004). Diazotrophic community structure and function in two successional stages of biological soil crusts from the Colorado Plateau and Chihuahuan Desert. *Applied and Environmental Microbiology* 70: 973-983.