

## Preparation and nutritional characterization of liquid organic fertilizers in tropical conditions

### Elaboración y caracterización nutrimental de abonos orgánicos líquidos en condiciones tropicales

Rojas-Pérez, Francisco<sup>1</sup>; Palma-López, David J.<sup>1</sup>; Salgado-García, Sergio<sup>1</sup>; Obrador-Olán, José J.<sup>1</sup>; Arreola-Enríquez, Jesús<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. Cárdenas, Tabasco, México, 86500. <sup>2</sup>Colegio de Postgraduados Campus Campeche, Champotón, Campeche, México, 24450.

\*Autor para correspondencia: dapalma@colpos.com

#### ABSTRACT

**Objective:** to characterize the nutritional properties of liquid organic fertilizers (vermicompost tea, organic leachate and biol) made with crop residues.

**Design/methodology:** the design for the preparation of liquid organic fertilizers was based on the recommendations issued by FAO. Nutrient estimates were according to the methods of Semi-micro Kjeldahl for N, Vanadio-molybdcic for P and digestion with HNO<sub>3</sub>-HClO<sub>4</sub> for K, Ca, Mg, Na, Fe, Cu, Zn and Mn.

**Results:** worm leachate was the one that presented the highest values significantly with concentration of major elements NPK with 1.27%, 1.17% and 2.04% respectively, followed by bovine biol with 1.02%, 0.95% and 1.19% of NPK respectively, finally compost tea with the lowest statistically concentrations. In terms of micronutrients such as iron, copper, zinc and manganese, bovine biol presented the highest contents.

**Limitations/implications:** the chemical composition of liquid organic fertilizers depends on the quality of the organic matter with which they were made and their preparation form either aerobic or anaerobic.

**Findings/conclusions:** the leachate of earthworm and biol are the fertilizers that presented the highest concentration of nutrients, concluding that bovine biol is the fastest, most economical and profitable way to use it in agriculture.

**Keywords:** bovine biol, leachate of californian earthworm and compost tea

#### RESUMEN

**Objetivo:** caracterizar las propiedades nutrimentales de abonos orgánicos líquidos (té de vermicompost, lixiviados orgánicos de vermicompost y biol) elaborados con residuos de cultivos.

**Diseño/metodología:** el diseño para la elaboración de los abonos orgánicos líquidos fue basado conforme a las recomendaciones emitidas por la FAO. las estimaciones de los nutrientes fueron conforme a los métodos de Semi-micro Kjeldahl para N, Vanadio-molibdico para P y por digestión con HNO<sub>3</sub>-HClO<sub>4</sub> para K, Ca, Mg, Na, Fe, Cu, Zn y Mn).

**Resultados:** los lixiviados de vermicompost fueron lo que presentaron los valores más altos significativamente con concentración de elementos mayores N, P y K de 1.27%, 1.17% y 2.04%, respectivamente, seguido del biol de bovino con 1.02%, 0.95% y 1.19% de N, P y K respectivamente, finalmente el té de vermicompost con las concentraciones más bajas estadísticamente. En cuanto a micronutrientes como hierro, cobre, zinc y manganeso, el biol de bovino presentó los contenidos más altos.

**Agroproductividad:** Vol. 13, Núm. 4, abril. 2020, pp: 73-78.

**Recibido:** noviembre, 2019. **Aceptado:** marzo, 2020.

**Limitaciones/implicaciones:** la composición química de los abonos orgánicos líquidos depende de la calidad de la materia orgánica con la que fueron elaborados y su forma de preparación ya sea de forma aeróbica o anaeróbica.

**Hallazgos/conclusiones:** los lixiviados de vermicompost y biol son los abonos que presentaron mayor concentración de nutrientes, concluyendo que el biol de bovino es la forma más rápida, económica y rendidora para su uso en la agricultura.

**Palabras clave:** biol de bovino, lixiviados de lombriz californiana y té de compost.

## INTRODUCCIÓN

La agricultura orgánica se basa en el producto de una serie de transformaciones bioquímicas y microbiológicas que sufre la materia orgánica para el reciclado y aprovechamiento de los nutrientes. Uno de los subprocesos de reciclado de la materia orgánica es la obtención de los abonos líquidos, como es el caso de los bioles, lixiviados de lombriz y tés de compost (Soto, 2003). Los procesos de fermentación varían de acuerdo al tipo de abono líquidos que se desea crear, los bioles, por ejemplo, son abonos de tipo foliar, resultado de un proceso de digestión anaeróbica de restos de animales y vegetales. La producción de biol es una técnica utilizada con el objetivo de incrementar la cantidad y calidad de las cosechas, es fácil y barato de preparar, ya que se usan insumos locales, y se obtiene en un tiempo corto (1 - 4 meses), con la ventaja de que se pueden añadir plantas repelentes para combatir insectos en los cultivos (INIA, 2005; Siura y Davila, 2008; Álvarez-Solís *et al.*, 2010). Los sistemas de lombricomposteo que son el producto formado única y exclusivamente por las excretas o turrículos, producto de la digestión natural de las lombrices composteadoras, se deben regar constantemente, ya que las lombrices requieren humedad de entre 70 y 80% para facilitar su locomoción y el consumo del sustrato, y al líquido que escurre de las camas después del riego se conoce como lixiviados o efluentes (Gómez *et al.*, 2011). La aplicación de efluentes vía foliar o adicionados al suelo aumenta el rendimiento y la calidad de los frutos, además favorece la sanidad vegetal debido a que contienen microorganismos benéficos capaces de suprimir ciertas enfermedades en los cultivos (Ingham, 2003; Pant *et al.*, 2009). El té de compost, es un método para extraer del compost los compuestos que sean solubles en agua, y adicionalmente microorganismos. Los nutrientes solubles en el té pueden ser absorbidos por las plantas y al mismo tiempo favorecen el desarrollo de los microorganismos benéficos, que permiten también suprimir ciertas enfermedades en los cultivos (Scheuerell, 2004; Angulo *et al.*, 2011). La eficiencia de los abonos orgánicos líquidos depende de la preparación, manipulación del proceso de producción del compost o vermicompost, uso de nuevas técnicas para la caracterización de la materia orgánica

y el perfil de la comunidad microbiana, lo cual puede mejorar la eficacia y fiabilidad del control de una determinada enfermedad (Eghball, 2000). Con base en lo anterior, se caracterizaron las propiedades nutritivas de abonos orgánicos líquidos elaborados con residuos de cultivos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó del 21 de mayo al 07 de diciembre de 2018 en las instalaciones del Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco (17° 58' 34" N y 3° 23' 16" O), en Cárdenas, Tabasco, México. Esta región presenta un clima característico tropical húmedo, de acuerdo con el sistema de Köppen, modificado por García (2004), clasificado como Am(g)'' w'', con lluvias abundantes en el verano y sequía prolongada en los meses de marzo-abril, se presentan nortes a finales del año. La temperatura media anual es de 26 °C, con poca variación, precipitación promedio anual de 2,324 mm (Rivera-Hernández *et al.*, 2016) (Figura 1).

Para la elaboración del biol se usaron como materia prima los residuos orgánicos de la región: 50 kg de peso seco de estiércol de bovino,



**Figura 1.** Ubicación del módulo de compost donde se llevó a cabo la recolección del lixiviado y elaboración del té de compost.

6 kg de melaza (mieles no cristalizables de la caña de azúcar), 0.5 kg de levadura, 6 kg ceniza de leña, 10 kg de hojas de fabáceas recién cortada, 0.5 kg de cal, 100 L de agua, con base en la recomendación de INIA (2005) que indica además, que la relación de materia orgánica y agua sea 1:1. Los residuos fueron recolectados en los primeros días del mes de mayo del 2018, y fueron picados a tal grado que pudieran atravesar el tapón del biorreactor (cilindro plástico con capacidad de 200 L) con un diámetro de entrada de 10 cm, se mezclaron todos los ingredientes en el interior del contenedor, buscando siempre su homogeneización. Finalmente se agregaron 100 L de agua de pozo. Después se procedió a sellar herméticamente el biorreactor. Para la expulsión de los gases del biorreactor y evitar la entrada de oxígeno se conectó una manguera de plástico transparente del biorreactor a una botella pet de 6 L (Figura 2). La elaboración del biol cumplió con los requerimientos de elaboración mencionados por INIA (2005), Siura y Davila (2008) y Álvarez-Solis et al. (2010), con un periodo de digestión de seis semanas.

El biol fue almacenado en un lugar fresco y sombreado en garrafas herméticas con capacidad de 20 L que impiden el paso de la luz para evitar la fotoxidación del mismo como lo describe Medina (1990) y TQC (2005).

**Recolección del lixiviado de vermicompost:** Los lixiviados de vermicompost fueron recolectados en un módulo de lombricultura, y el vermicompost fue elaborado de las siguientes materias orgánicas: cachaza de la industria azucarera, hojas de tulipán (*Hibiscus rosa-sinensis*), hojas de cocoite (*Gliricidia sepium*), estiércol de bovino y cascarrilla de cacao (*Theobroma cacao*), con una relación volumétrica de 2:1:1:2:1, respetivamente de acuerdo con Palma-López et al. (2016). Estos residuos se suministraron como alimento para la lombriz californiana (*Eisenia foetida*), como lo describe Romero, (2003). Las lombrices se reprodujeron y alimentaron, en contenedores de aproximadamente 1 m<sup>3</sup>, se mantuvieron a una humedad constante y los excesos de humedad filtrados a través de las capas de vermicompost fueron recolectados a través de una llave ubicada en el fondo del contenedor, y acumulados en garrafas con capacidad de 20 L (Figura 3). Este proceso fue repetido cuatro veces consecutivas con el fin de concentrar los nutrientes solubles en el lixiviado como lo sugiere Gómez et al. (2011).

**Elaboración del té de vermicompost:** Para la elaboración del té se usó el vermicompost elaborado previamente, en un costal se pesaron 5 kg de vermicompost y se le anexo una manguera con piedra difusora dentro del costal, la cual se conectó a una bomba de aire con



**Figura 2.** A) Introducción de los materiales orgánicos al digestor, B) y C) homogeneización de los materiales dentro del digestor, D) adición de melaza después de la homogeneización de los materiales sólidos, E) vista de las materias primas después del aforo con 100 L de agua, F) comprobación de que exista un sellado hermético y vista previa del biodigestor en funcionamiento, G) vista después de la terminación de proceso de biodigestión, H) extracción de los componentes del biol, I) filtrado para la separación de líquido y sólidos, J) biol en su estado líquido listo para su almacenaje, K). biol listo para su uso en la agricultura.



**Figura 3.** A) Materia orgánica cruda que funciona de alimento para las lombrices californianas, B) y C) Tina de lombricompostaje, 1<sup>er</sup> y 2<sup>da</sup> recolección de lixiviados.

capacidad de oxigenar 40 L de agua. Esto se introdujo en un contenedor con agua de pozo con capacidad de 20 L, siguiendo las instrucciones de la FAO (2013). Se dejó oxigenar por un periodo de 24 h, tiempo suficiente para el traspaso de nutrientes y organismos benéficos que se encuentran en el material sólido a la solución del té. Finalmente se agitó vigorosamente y filtró por mallas con micro poros, con lo cual quedó listo para su uso en la agricultura (Ingham, 2003) (Figura 4).

**Variables de estudio:** Para la caracterización de los abonos orgánicos líquidos, se extrajeron tres alícuotas de 500 mL de biol, lixiviado y té de compost, y se almacenaron en botellas oscuras y bajo refrigeración, evitando así la degradación de sus componentes como lo establece Cano-Hernández *et al.* (2016). Posteriormente se analizaron las concentraciones totales de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na), hierro (Fe), cobre (Cu), zinc (Zn) y manganeso (Mn). En el Cuadro 1 se muestran los métodos que se usaron para la determinación de los elementos, dado que no hay una norma oficial para la determinación de nutrientes en abonos orgánicos líquidos se buscó la norma que

más se acoplara a las necesidades de estimación de nutrientes.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cuadro 2 muestra los resultados de los análisis químicos realizados a los abonos orgánicos líquidos. En ellos se observa que, los elementos nitrógeno, fósforo, potasio y sodio en el lixiviado de vermicompost presentaron las mayores diferencias significativa con concentraciones de 1.27% para nitrógeno, 1.17% para fosforo, 2.04% para potasio, 0.71% para magnesio y 0.15% para sodio, estos valores fueron mayores a los presentados por Pomboza-Tamaquiza *et al.* (2016) quienes encontraron valores de 0.41% de N, 0.10% de P, y 0.18% de Mg con un tiempo de digestión del biol de 150 d. Con datos recabados por los mismos autores, donde muestran el tiempo de digestión de 60 d, los valores de concentraciones de nutrientes no variaron más allá del 1%.

El biol de bovino presentó concentraciones de 1.02% de N, 0.95% de P, 1.19% de K, 0.62% de Mg y 0.09% de Na, y finalmente, el té de vermicompost mostró concentraciones de 1.02% de N, 0.12% de P, 1.44% de K, 0.5% de Mg



**Figura 4.** A) Vista previa de la elaboración del té de compost, B) y C) oxigenación del vermicompost para la reproducción de microorganismos y fijación de nutrientes.

**Cuadro 1.** Métodos para la estimación de la concentración de nutriente a determinar basados en Soria et al. (2001), Quipezco et al. (2011) y Cano-Hernández et al. (2016).

| Elemento | Método              | Unidad | Elemento | Método  | Unidad              |    |
|----------|---------------------|--------|----------|---|---------------------|----|
| N        | Semi micro Kjeldahl | %      | K        | Por digestión con HNO <sub>3</sub> -HClO <sub>4</sub> | %                   |    |
|          |                     |        | Ca       |   |                     | Mg |
| P        | Vanado-molibdico    | %      | Fe       | Por digestión con HNO <sub>3</sub> -HClO <sub>4</sub> | mg kg <sup>-1</sup> |    |
|          |                     |        | Zn       |   |                     | Cu |
|          |                     |        | Mn       |   |                     | Mg |

Para el análisis de los datos recabados se realizó un análisis de varianza (ANAVA) para cada cultivo, con un nivel de significancia de  $P < 0.05$ , usando el software estadístico R Studio 3.4.1.

y 0.10% de Na. Para el elemento Ca, el té de vermicompost presentó el valor más alto estadísticamente seguidos de los lixiviados de lombriz y biol con 2.10%, 0.61% y 0.49% respectivamente. Para los elementos hierro, cobre, zinc y manganeso, el biol de bovino fue el que registró la mayor diferencia estadística con 85.99 mg L<sup>-1</sup>, 62.12 mg L<sup>-1</sup>, 20.84 mg L<sup>-1</sup> y 14.32 mg L<sup>-1</sup> respectivamente, quedando intermedio los lixiviados de lombriz con 35.23 mg L<sup>-1</sup> de Fe, 26.85 mg L<sup>-1</sup> de Cu, 17.89 mg L<sup>-1</sup> de Zn y 12.11 mg L<sup>-1</sup> de Mn. Los valores más bajos estadísticamente los presentó el té de vermicompost con 20.05 mg L<sup>-1</sup> de Fe, 10.3 mg L<sup>-1</sup> de Cu, 8.3 mg L<sup>-1</sup> de Zn y 6.60 mg L<sup>-1</sup> de Mn.

Se considera que no se puede estandarizar la elaboración de abonos orgánicos sólidos o líquidos ya que la calidad de las materias primas depende de la procedencia de recolección, así como, de los procesos de nutrición o descomposición de éstas cuando estaban en un estado vivo (Suquilanda, 1996; Soria et al., 2001). Los resultados obtenidos por Ramírez et al. (2016) y Cano-Hernández et al. (2016) en la evaluación de la calidad de un abono líquido producido vía fermentación homoláctica de heces de alpaca (*Vicugna pacos*), mostraron valores similares a los descritos en esta investigación, donde los contenidos más altos de nutrientes los presentaron los elementos de nitrógeno, fósforo y potasio, con intervalos de 1 a 3%.

## CONCLUSIONES

De los tres abonos orgánicos líquidos caracterizados, los que destacaron por su concentración nutrimental fueron los lixiviados de vermicompost con 1.27% de nitrógeno, 1.17% de fósforo y 2.04% de potasio, seguido del biol de bovino con 1.02% de N, 0.95% de P y 1.19% de K, mientras que té de compost presentó los contenidos más bajos en porcentaje de estos elementos. Respecto al tiempo y facilidad de obtención de los abonos orgánicos se recomienda el uso de los bioles de bovino.

## LITERATURA CITADA

- Álvarez-Solís J. D.; Gómez-Velasco, D. A.; León-Martínez N. S.; Gutiérrez-Miceli, F. A. (2010). Manejo integrado de fertilizantes y abonos orgánicos en el cultivo de maíz. *Agrociencia*, 44: 575-586.
- Angulo, J.; Alfonso, A.; Martínez, M.; García, A. (2011). Estimación de la transferencia de *E. coli* desde compost a té de compost durante el proceso de elaboración. Congreso Agronómico de Chile. Antofagasta, Chile.
- Cano-Hernández, M.; Bennet-Eaton, A.; Silva-Guerrero E.; Robles-González, S.; Sainos-Aguirre, U.; Castorena-García, H. (2016). Caracterización de bioles de la fermentación anaeróbica de excretas bovinas y porcinas. *Agrociencia*, 50 (4): 471-479.
- Eghball, B. (2000). Nitrogen mineralization from field-applied beef cattle feedlot manure or compost. *Soil Science Society of America Journal*, 64: 2002-2030.
- FAO. (2013). Manual del compostaje del agricultor, Roma, Italia. 72 p. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>. (Consultado en mayo 2019).

**Cuadro 2.** Contenido nutrimental de los abonos orgánicos líquidos: lixiviado de vermicompost, biol a base de estiércol de bovino y té de vermicompost.

| Identificación          | N      | P      | K      | Ca     | Mg     | Na     | Fe                 | Cu      | Zn      | Mn      |
|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------------------|---------|---------|---------|
|                         | %      |        |        |        |        |        | mg L <sup>-1</sup> |         |         |         |
| Lixiviados vermicompost | 1.27 a | 1.17 a | 2.04 a | 0.61 b | 0.71 a | 0.15 a | 35.23 b            | 26.85 b | 17.89 b | 12.11 b |
| Biol de Bovino          | 1.02 b | 0.95 b | 1.19 b | 0.49 c | 0.62 b | 0.09 b | 85.99 a            | 62.12 a | 20.84 a | 14.32 a |
| Té de vermicompost      | 1.02 b | 0.12 c | 1.08 c | 2.10 a | 0.5 c  | 0.05 c | 20.5 c             | 10.3 c  | 8.3 c   | 6.60 c  |
| Media                   | 1.1    | 1.44   | 1.44   | 1.07   | 0.61   | 0.1    | 47.24              | 33.09   | 15.68   | 11.01   |
| Pr(>F)                  | <.0001 | <.0001 | <.0001 | <.0001 | <.0001 | <.0001 | <.0001             | <.0001  | <.0001  | <.0001  |

\*Pr(>F)=Valor de Significancia; NS=No hay Significancia; <.0001=altamente significativo, Alpha=0.05.

- García, E. (2004). Modificaciones al Régimen de Clasificación Climática de Köppen, Quinta edición. Instituto de Geografía, UNAM. México, D.F. 97p.
- Gómez, R.S.; Ángeles, M.L.; Becerra, J. (2011). Alternativas para el reciclaje de excretas animales. Uso de humus de lombriz y otros derivados de la lombricultura. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, INIFAP-SAGARPA. Publicación Técnica No. 14, Colón, Querétaro. 1-64 p.
- Ingham E. (2003). The compost tea brewing manual; latest methods and research. Soil Food Web Incorporated. Fifth Edition. Corvallis, Oregon, USA. 79 p.
- INIA (Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria). (2005). Producción de Biol abono líquido natural y ecológico. (en línea). Consultado 25-mayo-2019. Disponible en: [https://www.academia.edu/23671098/PRODUCCION\\_DE\\_BIOL\\_ABONO\\_LIQUIDO\\_NATURAL\\_Y\\_ECOLOGICO\\_ESTACION\\_EXPERIMENTAL\\_ILLPA\\_PUNO\\_PUNO\\_PERU\\_SEPTIEMBRE\\_2005\\_inia\\_Instituto\\_Nacional\\_de\\_Investigacion\\_y\\_Extension\\_Agraria](https://www.academia.edu/23671098/PRODUCCION_DE_BIOL_ABONO_LIQUIDO_NATURAL_Y_ECOLOGICO_ESTACION_EXPERIMENTAL_ILLPA_PUNO_PUNO_PERU_SEPTIEMBRE_2005_inia_Instituto_Nacional_de_Investigacion_y_Extension_Agraria)
- Medina, A. (1990). El biol fuente de fitoestimulantes en el desarrollo agrícola. UMSS-GTZ. Cochabamba, Bolivia. 23 p.
- Palma-López, D.J.; Zavala-Cruz, J.; Cámara-Reyna, J. C.; Ruiz-Maldonado, E.; Salgado-García, S. (2016). Uso de residuos de la agroindustria de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) para elaborar abonos orgánicos. *AgroProductividad*, 9(7): 29-34.
- Pant, A. P.; Radovich, K. T. J.; Hue, V. N.; Talcott T. S.; Krenek, A. K. (2009). Effects of vermicompost tea (Aqueous extract) on pak choi yield, quality, and on soil biological properties. *Compost Science & Utilization*, 19(4): 279-292.
- Pomboza-Tamaquiza, P.; León-Gordón, O.A.; Villacís-Aldaz, L.A.; Vega, J.; Aldáz-Jarrín, J.C. (2016). Influencia del biol en el rendimiento del cultivo de *Lactuca sativa* L. variedad Iceberg. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 4(2): 84-92.
- QuiPUZCO, U.L.; Baldeón Q. W.; Tang C.O. (2011). Evaluación de la calidad de biogas y biol a partir de dos mezclas de estiércol de vaca en biodigestores tubulares de PVC. *Rev. Inst. Inv. Fac. Geolog. Minas, Metalurg. Cienc. Geográf.* 14: 99-107.
- Ramírez, H.Q.; Trejo, C.W.; Morales, J.J. (2016). Evaluación de la calidad de un abono líquido producido vía fermentación homoláctica de heces de alpaca. *Ecología Aplicada*, 15(2): 133-142.
- Rivera-Hernández, B.; Aceves-Navarro L. A.; Arrieta-Rivera, A.; Juárez López, J. F.; Méndez-Adorno J. M.; Ramos-Álvarez, C. (2016). Evidencias del cambio climático en el estado de Tabasco durante el periodo 1961-2010. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 14: 2645-2656
- Romero, M. (2003). La lombriz de tierra una alternativa para enriquecer la fase orgánica del suelo. En: *Memorias. II Taller de Hortalizas, Productividad Mercadeo. CORPOICA, Bogotá.* pp. 69-72.
- Scheuerell, S. J. (2004). Compost tea production practices, microbial properties, and plant disease suppression. I International Conference Soil and Compost Eco-Biology. September 15th- 17th. León- Spain. 41-51.
- Siura S. y S. Davila. (2008). Effect of green manure rotation, biol and cultivar on the production of organic spinach (*Spinacea oleracea*). 16th IFOAM Organic World Congress, Modena, Italy, June 16-20. 4p.
- Soria, F.M.J.; Ferrera-Cerrato, R.; Etchevers, B.J.; Alcántar, G.G.; Trinidad, S.J.; Borges, G.L.; Pereyda, P.G. (2001). Producción de biofertilizantes mediante biodigestión de excreta líquida de cerdo. *Terra Latinoamericana*, 19: 353-362.
- Soto G. (2003). Agricultura Orgánica: una herramienta para el desarrollo rural sostenible y la reducción de la pobreza. Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA), Unidad Regional de Asistencia Técnica (RUTA), Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) y Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Turrialba, Costa Rica. 115 p.
- Suquilandá, M. (1996). Agricultura orgánica, alternativa tecnológica del futuro. UPS. Fundación Para El Desarrollo Agropecuario. Fundagro. Programa De Agricultura Orgánica. Quito, Ecuador. 654p.
- TQC (Tecnología Química y Comercio). (2005). El biol (en línea). Disponible en <http://www.tqc.com.pe/uploads/fichas/agricola/biol.pdf>. (Consultado septiembre 2018).