

Intensificación de la producción en la agricultura orgánica: caso café*

Intensification of production in organic agriculture: coffee case

Gerardo Noriega Altamirano¹, Brenda Cárcamo Rico¹, Manuel Ángel Gómez Cruz², Rita Schwentesius Rindermann^{2§}, Sergio Cruz Hernández¹, Jesús Leyva Baeza¹, Eduardo García de la Rosa¹, Ulises Iván López Reyes¹ y Alexander Martínez Hernández¹

¹Academia de Meteorología. (gerardonorieg@gmail.com). ²Centro de Investigaciones Interdisciplinarias para el Desarrollo Rural Integral, Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco, km. 38.5, Chapingo, Estado de México. C. P. 56230. (ciidri2008@yahoo.com.mx). [§]Autora para correspondencia: rschwent@prodigy.net.mx.

Resumen

En la región costera de Oaxaca, en la parte media de la cuenca, se encuentra el agroecosistema cafetalero, donde además de los servicios ambientales, la producción del aromático es la base de la economía campesina, vulnerable a desastres asociados a tormentas y ciclones tropicales. Por ejemplo, antes del huracán Paulina se producían de 12 a 15 quintales ha, 13 años después del meteoro los cafetales tienen una cubierta vegetal con 81% de sombra, 7 000 kilos de hojarasca ha sobre el suelo y un rendimiento medio de sólo 2.9 qq/ha. La lixiviación del suelo ha conducido a la degradación edáfica donde el pH es de 5.4, la relación C/N de 11.57 y el fósforo disponible de 17.68 mg/kg. Por ello, en un esquema de parcelas demostrativas se promueve: la restauración de la biología del suelo, de la materia orgánica, para la remineralización del suelo se incorporan minerales secundarios no metálicos, como zeolitas, dolomitas y roca fosfórica; se practica la inoculación de microorganismos: *Azotobacter* y micorrizas, así como la incorporación de compostas y la fertilización foliar.

Palabras clave: fertilización foliar, remineralización, inoculación de microorganismos y micorrizas.

Abstract

In the coastal region of Oaxaca, in the middle of the basin, is the coffee agroecosystem, where in addition to environmental services, coffee production is the basis of the rural economy, vulnerable to disasters associated with tropical storms and cyclones. For example, before Hurricane Paulina occurred from 12-15 quintals ha, 13 years after the meteor the coffee have a cover with 81% shade, 7000 kilos of litter has on the ground and an average yield of only 2.9 qq/ha. Soil leaching has led to soil degradation where the pH is 5.4, the C/N of 11.57 and available phosphorus of 17.68 mg/kg. Therefore, in demonstration plots scheme is promoted: the restoration of soil biology, organic matter for soil remineralization incorporate nonmetallic secondary minerals, such as zeolites, dolomite and rock phosphate, is practiced inoculation microorganisms: *Azotobacter* and mycorrhizae, and the incorporation of compost and foliar fertilization.

Key words: foliar fertilization, remineralization, microorganisms and mycorrhizal inoculation.

* Recibido: junio de 2013
Aceptado: noviembre de 2013

Introducción

El ejercicio que aquí se presenta es un ensayo de transferencia tecnológica mediante el conocimiento científico con la participación local y el saber tradicional. Este planteamiento busca la intensificación de la agricultura orgánica, el caso que se presenta está orientado a la cafecultura orgánica en zonas de deterioro ambiental por la lixiviación ocasionada por las tormentas y ciclones tropicales, reconociendo que el manejo del recurso suelo ayudará a mejorar la productividad. El huracán Paulina en 1997 vino a marcar un parteaguas en la vida de los cafecultores indígenas de la Sierra Sur de Oaxaca, la lixiviación de los suelos llevó a un siniestro, de 12 qq/ha de café la productividad descendió a 2.9 qq/ha.

El café es un arbusto siempre verde, de cuyos frutos se obtiene una bebida a partir de la mezcla en agua caliente con los granos tostados de la planta de café (*Coffea arabica* L.). La planta de café tiene su primera cosecha entre los tres y cinco años, con un rendimiento de hasta 2.2 kilos por mata; su raíz principal penetra hasta unos 50 cm, en los primeros 30 cm se encuentra 86% de las raíces absorbentes. Ésta profundidad del suelo debe abastecer los nutrientes que el cultivo demanda. El café tiene una relación N:P:K de 4:8:1:2.8 (Carvajal *et al.*, 1969); en Brasil se reportan resultados que conducen a incrementar la productividad cuando se acude a practicar de 3 a 4 aplicaciones foliares anuales (Malavolta, 1993).

En México no se ha desarrollado una cultura de fertilización en la agricultura orgánica, salvo en la cafecultura convencional donde aún se hace uso generalizado de la fórmula 18-12-6; así alrededor de 500 000 cafecultores aprovechan 664 794 ha en aproximadamente 5 000 comunidades rurales, que cultivan en suelos degradados, con bajos rendimientos, con plagas y enfermedades que no logran manejar, por ello el desarrollo tecnológico que se presenta conduce a diseñar agroecosistemas con mayor capacidad de carga.

El presente trabajo difunde una propuesta de fomento para la innovación tecnológica en la productividad de la agricultura orgánica, se ejemplifica con cafetales orgánicos atendiendo a los factores de la producción, donde destacan: (a) genética; (b) clima; (c) remineralización del suelo; (d) restauración de la biología del suelo; (e) incorporación de materia orgánica; (f) manejo del cultivo; y (e) nutrición complementaria vía fertilización foliar.

Introduction

The exercise presented here is a test of technology transfer through scientific knowledge with local participation and traditional knowledge. This approach seeks the intensification of organic agriculture, the case presented is oriented organic coffee production in areas of environmental degradation due to leaching caused by storms and tropical cyclones, recognizing that soil resource management will help improve productivity. Hurricane Pauline in 1997 came to mark a watershed in the life of indigenous coffee farmers in the Sierra Sur of Oaxaca, leaching of soils led to a loss of 12 q/ha of coffee productivity decreased to 2.9 tons/ha.

The coffee tree is an evergreen shrub whose fruits you get a drink from the hot mixture with the roasted beans of the coffee plant (*Coffea arabica* L.). The coffee plant has its first harvest between three and five years, with a yield of up to 2.2 kilos per mat, its taproot penetrates to about 50 cm, in the first 30 cm are 86% of the absorbing roots. This depth of soil to supply the nutrients that growing demand. The coffee has a ratio NP: K 4:8:1:2.8 (Carvajal *et al.*, 1969), in Brazil reported results that lead to increased productivity when it comes to practicing 3-4 foliar applications per year (Malavolta, 1993).

In Mexico, a culture of fertilization in organic farming has not been developed so far, except in the conventional coffee production which is still widespread use of 18-12-6 formula; so about 500 000 farmers exploit approximately 664 794 ha in 5 000 communities rural farming on degraded soils, with low yields, pests and diseases that fail to handle, so the technology development that leads to design agro-ecosystems has more capacity.

This paper disseminates a building proposal for technological innovation in the productivity of organic agriculture; organic coffee is exemplified by taking into account the factors of production, which include: (a) genetic; (b) climate; (c) soil remineralization; (d) restoration of soil biology; (e) incorporation of organic matter; (f) crop management; and (e) supplementary nutrition via foliar feeding.

La cuenca Río Copalita se localiza en el extremo sur del estado de Oaxaca dentro de la provincia Sierra Madre del Sur, ocupando las subprovincias Costa del Sur. Comprende un total de 3.96% del territorio estatal; dividiéndose en dieciséis cuencas y subcuencas donde en la parte media se encuentra el cafeto formando el estrato arbustivo de la vegetación primaria. En la parte media de la cuenca se practica la caficultura bajo el sistema rusticano y de policultivo tradicional, la fertilidad de suelos se atribuye a la humificación y mineralización de la materia orgánica de la hojarasca proveniente del arbolado. La región cuenta con 16 clases de uso de suelo, destaca la selva mediana caducifolia con 22.32% seguida por las actividades agrícolas-pecuarias-forestales con 17%. En el área cubierta con vegetación de selva mediana caducifolia y bosque de niebla coexiste el agroecosistema cafetalero.

Para evaluar la fertilidad de los suelos de la entidad, concebida como la disponibilidad que tiene un suelo para proveer condiciones físicas, químicas y biológicas para el crecimiento y desarrollo de las plantas, se utilizaron 720 perfiles de suelos georreferenciados; de la Cuenca del Río Copalita se utilizaron 35 sitios georreferenciados. El pH fue determinado en agua, la materia orgánica mediante la oxidación con dicromato de potasio, las variables químicas de N, P, K, Ca, Mg y micronutrientes fueron determinadas en apego a la NOM-021-SEMARNAT-2000. Los resultados se interpolaron apoyados en Kriging (Demmers, 1999), con sistemas de información geográfico se elaboraron mapas de acidez del suelo y contenido de materia orgánica, así se generó la formulación de la fertilización al suelo y foliar.

Desde 2010 en la comunidad de San Bartolomé Loxicha, se ha impulsado la fertilización foliar y en la actualidad en 200 parcelas distribuidas en la Sierra Sur, se realiza un esquema de transferencia tecnológica orientada al manejo del suelo y a la nutrición del cafeto con nueve componentes.

Diagnóstico nutrimental. El análisis de suelos diagnostica la oferta de nutrimentos en la solución del suelo; la información es procesada apoyados en Sistemas de Información Geográfica (SIG), para identificar espacialmente la distribución de la calidad de los suelos estudiados, con ello se diseña la estrategia de abonadura.

Manejo de la reacción del suelo. En la rizosfera, zona de contacto del suelo y la raíz el pH disminuye por las excreciones de la raíz producto de la actividad microbiana, así la formación de ácidos orgánicos por la raíz abate el pH

Copalita River Basin is located in the southern state of Oaxaca in the Sierra Madre del Sur province, occupying sub-provinces South Coast. Comprising 3.96% of the state territory, divided into sixteen sub-basins and where in the middle there is the coffee shrub layer forming the primary vegetation. In the middle part of the basin is practiced under coffee cultivation system and traditional polyculture, soil fertility is attributed to the humification and mineralization of organic matter in the litter from the trees. The region has 16 land use classes, medium deciduous forest stands with 22.32%, followed by agriculture-livestock-forest with 17%. In the area covered with vegetation medium deciduous forest and cloud forest coexists coffee agroecosystem.

To evaluate the soil fertility of the organization, conceived as having a floor availability to provide physical, chemical and biological growth and development of plants used 720 georeferenced soil profiles; River Basin Copalita 35 sites were used georeferenced. The pH was determined in water, organic matter by oxidation with potassium dichromate, the chemical variables of N, P, K, Ca, Mg and micronutrients were determined in compliance with NOM-021-SEMARNAT-2000. The results are supported by Kriging interpolated (Demmers, 1999); geographic information systems were mapped soil acidity and organic matter content and generated the formulation of foliar and soil fertilization.

Since 2010 in the community of San Bartolomé Loxicha has driven foliar fertilization and currently in 200 plots distributed in the Southern Highlands, we performed a technology transfer scheme oriented soil management and nutrition of coffee with nine components.

Nutritional diagnosis. Soil testing diagnosed nutrient supply in the soil solution, the information is processed supported by Geographic Information Systems (GIS) to identify spatial distribution of the quality of the soils studied, with this strategy is designed Fertilisation .

Managing soil reaction. At rhizosphere, soil contact zone and the pH decreases root excretions, product of the microbial activity and the formation of organic acids lowers the pH root of this area. Besides high rainfall conditions explain how water dissolves soluble bases are lost by leaching the soil profile. Because of this, it promotes the incorporation of dolomite with compost, this mixture is incorporated into the bushes.

de esta zona. Además las condiciones de alta pluviometría explican como el agua disuelve las bases solubles que por lixiviación se pierden del perfil del suelo. Por lo anterior se promueve la incorporación de dolomita con composta, esta mezcla se incorpora a los arbustos.

Remineralización del suelo. Se aplican minerales procedentes de la molienda de rocas, con una malla fina para mezclarlos al suelo, utilizando materiales como diatomeas, dolomitas, roca fosfórica y zeolitas, entre otros.

Dosis de abonadura sustentable. Fundados en el análisis de suelos y en el rendimiento meta se diseña la cantidad de materia orgánica a aplicar, los microorganismos que deben inocularse y los minerales secundarios metálicos que utilizan.

Incremento de la capacidad de intercambio catiónico (CIC). Se promueve el incremento de la CIC, para incrementar la eficiencia de absorción nutrimental, por ello el compostaje debe alcanzar un nivel de humificación previo a su incorporación al suelo, además de mezclar zeolitas.

Incorporación de materia orgánica. Mejora el hábitat de la fauna edáfica, el almacenamiento de agua y la eficiencia de aprovechamiento de los minerales secundarios no metálicos al incrementar la solubilización de ellos, incorporan 2 t de humus/ha.

Biología del suelo. La rizósfera, zona inmediata a las raíces de los cultivos, fundamental para el ciclo biológico y la disponibilidad de nutrimentos, se fortalece inoculando dos grupos de microorganismos:

Bacterias promotoras del crecimiento: *Azotobacter*. Estrategia para la fijación biológica de Nitrógeno, balancear la relación Carbono/ Nitrógeno y coadyuvar a la humificación de la hojarasca existente en la superficie del suelo, así como a la mineralización.

Micorrizas. Se utiliza el hongo micorrízico arbuscular *Glomus intraradices* para suministrar Fósforo y otros nutrimentos al café.

Nutrición mineral complementaria. La atención de las necesidades nutricionales de micronutrientes y elementos benéficos se realiza mediante la fertilización foliar teniendo como referencia la normatividad de la agricultura orgánica. La fertilización foliar deriva del análisis de suelos y

Soil remineralization. Apply grinding minerals from rocks, with a fine mesh to mix the soil, using materials such as diatomaceous earth, dolomite, rock phosphate and zeolites, among others.

Sustainable Fertilisation dose. Founded in soil analysis and performance design goal is the amount of organic matter applied, to be inoculated microorganisms and minerals used metal side.

Increased on the cation exchange capacity (CEC). We promoted the increased of CIC to increase the efficiency of nutrient absorption, so the compost must reach a level of humification prior to incorporation into the soil, mix well zeolites.

Incorporation of organic matter. Improves soil fauna habitat, water storage and efficiency of utilization of nonmetallic secondary minerals by increasing the solubilization of them, incorporate humus 2 t/ha.

Soil biology. The rhizosphere, roots immediate area of crops critical to the life cycle and the availability of nutrients, strengthens inoculating two groups of microorganisms:

Growth promoting bacteria: *Azotobacter*. Strategy for the biological fixation of nitrogen, balance the carbon/nitrogen ratio and contribute to the humification of litter at the surface of the soil and the mineralization.

Mycorrhizae. *Glomus intraradices* fungus is used to supply P and other nutrients to the coffee tree.

Complementary mineral nutrition. The care of the nutritional needs of micronutrients and beneficial elements is by foliar feeding with reference to the regulation of organic agriculture. Foliar fertilization derived from the analysis of soil and foliar comprises incorporation of (a) humic substances; (b) amino acids; and (c) nutrient: Cu, Zn, Mn, Fe, Mo, B, Mg, Si, is and Ni mainly.

Pest management. We encourage the use of entomopathogens as aerial pest control, such is the case of the coffee berry borer.

Organic matter. The soil organic matter is determined on the chemical analysis corresponds to the organic fraction of the soil passing through a sieve with 2 mm mesh (Fassbender and Bornemisza, 1987). The average content

comprende la incorporación vía foliar de: (a) sustancias húmicas; (b) aminoácidos; y (c) nutrimentos: Cu, Zn, Mn, Fe, Mo, B, Mg, Si, Se y Ni, principalmente.

Manejo de plagas. Se fomenta el uso de entomopatógenos como agentes de control de plagas aéreas, es el caso de la broca de café.

Materia orgánica. La materia orgánica del suelo que se cuantifica en el análisis químico, corresponde a la fracción orgánica del suelo que pasa por un tamiz con malla de 2 mm (Fassbender y Bornemisza, 1987). El contenido promedio de materia orgánica de los suelos cafetaleros es 5.14% y 2.98% de carbono, existe variación desde 2.89 a 9.34%. La mayoría de los suelos cafetaleros presentan valores altos de materia orgánica, los valores encontrados de materia orgánica indican que aunque existen altas temperaturas y alta precipitación en la zona, las condiciones de acidez frenan el desarrollo de las bacterias y se abate el proceso de mineralización, lo que está ocurriendo es alta proliferación de hongos y nulificación de la actividad bacteriana.

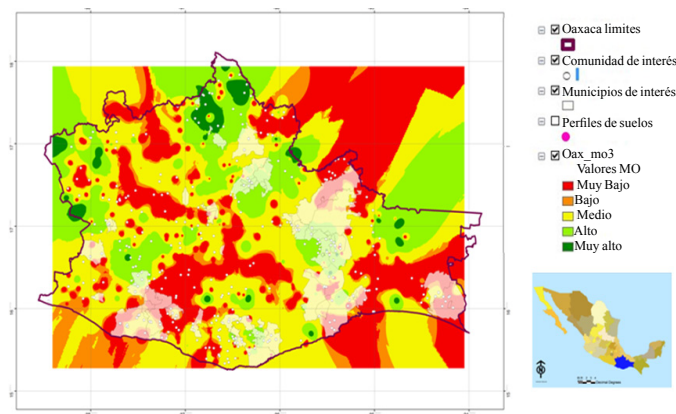


Figura 1. Mapa del contenido de materia orgánica en los suelos de Oaxaca.

Figure 1. Map of the organic matter content in soils of Oaxaca.

Acidez del suelo. La reacción de un suelo se expresa por el pH, cuyo valor medio regional en los suelos cafetaleros es 5.44, califica como moderadamente ácido, por ello los microorganismos descomponedores de la materia orgánica y de la mineralización del nitrógeno, fósforo y azufre reducen su actividad. las bacterias fijadoras de nitrógeno se reducen, además se incrementa la lixiviación de potasio; esta acidez indica deficiencia de Molibdeno, nitrógeno, calcio, magnesio y fósforo. los resultados revelan alta concentración de manganeso, boro y fierro.

of soil organic matter coffee is 5.14% and 2.98% carbon; there is variation from 2.89 to 9.34%. Most floors have high values coffee organic matter, organic matter values found indicate that although there are high temperatures and high rainfall in the area, the acidic conditions slowing down the development of bacteria and swings the mineralization process, what is happening is high nullification fungal and bacterial activity.

Soil acidity. The soil reaction is expressed by the pH, the regional average is 5.44 coffee soils qualifies as moderately acidic, thereby decomposing microorganisms and organic matter mineralization of nitrogen, phosphorus and sulfur reduce their activity. Nitrogen-fixing bacteria is reduced, and increases the leaching of potassium deficiency indicates this acidity molybdenum, nitrogen, calcium, magnesium and phosphorus. The results reveal high concentrations of manganese, boron and iron. The causes of regional acidity are three: (1) precipitation; (2) decomposition of organic matter; and (3) harvesting crops. Using a training process is performed on-site composting, incorporating 2 t ha⁻¹, the material dehumidification in compliance with organic regulations, microbial activity takes advantage of such material and mixed with 200 kg of dolomite/ha and 100 zeolites kg/ha applied in each plant in the fertilizer band, as an amendment to correct soil acidity.

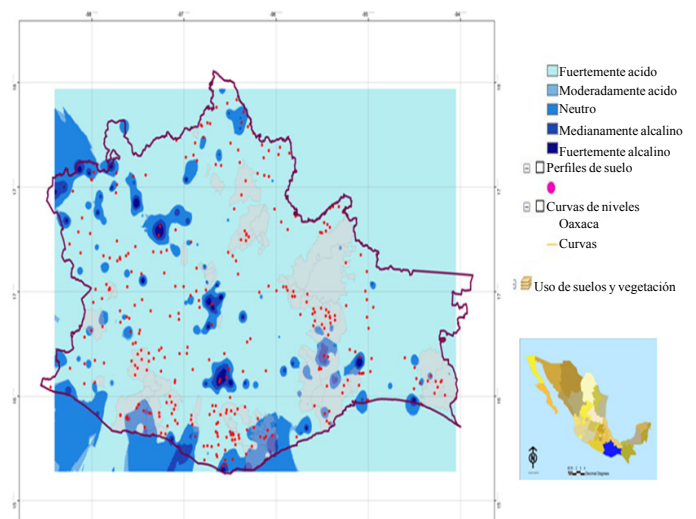


Figura 2. Mapa de pH en los suelos del estado de Oaxaca.

Figure 2. Map of soil pH in the state of Oaxaca.

Nitrogen. The average values of the C/N are 11.59. The first product resulting from the decomposition of organic matter is the ammonium (NH₄⁺) from the decomposition

Las causas de la acidez regional son tres: (1) precipitación pluvial; (2) descomposición de la materia orgánica; y (3) cosecha de cultivos. Mediante un proceso de capacitación se realiza el compostaje *in situ*; incorporándose 2 t ha⁻¹, el material se humifica en apego a la reglamentación orgánica, se aprovecha la actividad microbiana de dicho material y se mezcla con 200 kg de dolomitas/ha y 100 kg de zeolitas/ha que se aplican en cada planta en la banda de fertilización, como enmienda para corregir acidez del suelo.

Nitrógeno. Los valores promedio de la relación C/N son de 11.59. El primer producto resultado de la descomposición de la materia orgánica es el amonio (NH₄⁺), proviene de la descomposición de proteínas, aminoácidos y otros compuestos; cuando las condiciones son favorables la mayor parte del amonio se transforma a nitrato (NO₃⁻) mediante la participación de bacterias nitrificantes. Es recomendable la inoculación de bacterias promotoras del crecimiento como *Azotobacter* esta estrategia abastece al café de 20 a 30 kg/ha/año de nitrógeno, además de aportar sustancias promotoras del crecimiento: ácido indolacético, ácido giberélico, citoquininas y vitaminas.

Fósforo. En suelos tropicales el fósforo es variable; en condiciones de acumulación de materia orgánica en el suelo (baja temperatura, alta precipitación), acidez del suelo, escasa actividad biológica, dominan los fosfatos orgánicos (Fassbender y Bornemisza, 1987). Los suelos cafetaleros en la región presentan un valor medio de 17.68 mg kg, lo que califica como moderadamente bajo. Se recomienda el uso de micorrizas, mejorando la absorción de agua, del ión fosfato y nutrimentos como N, K, Ca, Mg, B y Fe. Además se recomienda la incorporación de 50 kg ha de roca fosfórica, fuente mineral permitida en la agricultura orgánica certificada, que también se mezcla con el *humus*.

Conclusiones

El método Kriging facilita el proceso de interpretación respecto al pH y materia orgánica y permite la identificación de las necesidades de abonadura en grandes territorios, ello ayuda a identificar los volúmenes de los insumos permitidos en la normatividad de certificación internacional que se aplica a la agricultura orgánica.

of proteins, amino acids and other compounds, where the conditions are most of the ammonia is converted to nitrate (NO₃⁻) through participation of nitrifying bacteria. It is recommended to use the bacterial inoculation as *Azotobacter* growth promoting this strategy serve the coffee of 20-30 kg/ha/year of nitrogen, in addition to providing growth-promoting substances: indole acetic acid, gibberellic acid, cytokinins and vitamins.

Phosphorus. Phosphorus in tropical soils is variable in terms of accumulation of organic matter in the soil (low temperature, high rainfall), soil acidity, low biological activity; organic phosphates dominate (Fassbender and Bornemisza, 1987). Coffee soils in the region have an average value of 17.68 mg kg, what qualifies as moderately low. Recommend the use of mycorrhizae, improving water absorption of nutrients such as phosphate ion and N, K, Ca, Mg, B and Fe also recommends the incorporation of 50 kg ha of phosphate rock, mineral source allowable in agriculture Certified Organic, also mixed with humus.

Conclusions

The Kriging method facilitates the interpretation process on pH and organic matter and allows the identification of the needs of Fertilization in large territories; it helps identify the volumes of inputs allowed in international certification regulations that apply to organic farming.

Minerals have been identified as available for phosphate rock producers, dolomites and zeolites, permitted inputs in the management of mineral nutrition.

Foliar fertilization inputs in organic coffee allowed on international standards of organic agriculture has led to the formulation of a foliar fertilizer, whose concentration in ppm: 4500 Mg, Fe 700, Cu 500, Zn 400, B 300, Mn 300, Mo 50, Si 50, Ni 10 is 50, this input is energized with low frequency Tesla energy type. Three applications per year on coffee plantations of St. Bartholomew Loxicha, Oaxaca, achieved a performance increase of 72%.

In the Organic Fertilizers Production Module of Chapingo (UACH), established in San Ignacio Station has an accreditation from CERTIMEX to a formulation of an approved organic fertilizer for application in certified organic

Se han identificado minerales accesibles para los productores como la roca fosfórica, dolomitas y zeolitas, insumos permitidos en el manejo de la nutrición mineral.

La fertilización foliar en cafetales orgánicos con insumos permitidos en la normatividad internacional de la agricultura orgánica ha conducido a la formulación de un fertilizante foliar, cuya concentración en ppm, es: Mg 4500, Fe 700, Cu 500, Zn 400, B 300, Mn 300, Mo 50, Si 50, Se 50 y Ni 10, este insumo es energizado con baja frecuencia con energía tipo Tesla. Tres aplicaciones al año en los cafetales de San Bartolomé Loxicha, Oaxaca, logró un incremento en el rendimiento de 72%.

En el Módulo de Producción de Abonos Orgánicos de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), establecido en el Campo San Ignacio se cuenta con una acreditación CERTIMEX para a formulación de un fertilizante orgánico autorizado para aplicarlo en la agricultura orgánica certificada. De la misma manera nuestra experiencia permite que en dicho módulo se promueva el compostaje, la lombricultura, la producción de microorganismos eficientes en la agricultura como una estrategia para restaurar el recurso suelo e incrementar la productividad agrícola. Los insumos que se elaboran son energizados mediante el campo magnético con energía de baja frecuencia tipo Tesla.

agriculture. Just as our experience allows in that module promotes composting, vermiculture, producing effective microorganisms in agriculture as a strategy to restore the soil resource and increase agricultural productivity. The inputs that are produced and powered by magnetic field with low frequency of Tesla energy type.

End of the English version



Literatura citada

- Fassbender, H. y Bornemisza, E. 1987. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José, Costa Rica. 420 p.
- Carvajal, J. F. 1984. Cafeto - cultivo y fertilización. Instituto Internacional de la Potasa. Berna, Suiza. 254 p.
- Carvajal, J. F.; Acevedo, A. and Lopéz, C. A. 1969. Nutrient uptake by the coffee tree during a yearly cycle. Turrialba. 19(1):13-20.
- Demmers, M. N. 1999. Fundamentals of geographic information systems. 2 (Ed.) Wiley. 498 p.
- Malavolta, E. 1993. Sea o doutor de deu cafezal. Informacoes Agronomicas (Brasil). 64:1-10.
- Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. Diario Oficial 31 de diciembre, 2002. México. 85 p.