

## **Método cuantitativo práctico para la determinación de grupos microbianos en el suelo**

## **Practical quantitative method for the determination of microbial groups in the soil**

**Autores:** Osveldo Gómez Reina

<https://orcid.org/0000-0001-6418-6092>

Ana Elsy Guerra Galafet

<https://orcid.org/0000-0003-1072-7679>

Dayamí Fontes Marrero

<https://orcid.org/0000-0001-6573-4732>

Carlos Armando Mazorra Calero

<https://orcid.org/0000-0002-3431-9824>

Diana Rosa Gómez Guerra

<https://orcid.org/0009-0009-6990-4044>

**Institución:** Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez, Cuba

**Correo electrónico:** [osbeldo@unica.cu](mailto:osbeldo@unica.cu)

[anaelsy@unica.cu](mailto:anaelsy@unica.cu)

[dayamif@unica.cu](mailto:dayamif@unica.cu)

[carlosmc@unica.cu](mailto:carlosmc@unica.cu)

[dianarg@unica.cu](mailto:dianarg@unica.cu)

<https://doi.org/10.5281/zenodo.8091984>

### **RESUMEN**

En la agricultura agroecológica, el reconocimiento de los tipos de microorganismos, benéficos o perjudiciales, que prevalecen en un suelo, constituye una herramienta fundamental para decidir la aplicación de enmiendas agroecológicas que logren equilibrar el sistema; sin embargo, las técnicas de laboratorio son muy caras o no asequibles a la mayoría de los campesinos de bajos ingresos. El presente trabajo, utilizando datos colectados de una situación real de campo, desarrolla un algoritmo matemático que permite determinar, de modo cuantitativo, el dominio en el suelo de los grupos microbianos, según su coloración, permitiendo ampliar el tamaño de muestras colectadas mediante el Método de captura con uso de trampas, con un mínimo de tiempo y esfuerzo intelectual.

**Palabras clave:** Agroecología, Enemigos naturales, Microorganismos autóctonos benéficos, Microbiología del suelo, Plagas.

## **ABSTRACT**

In agroecological agriculture, the recognition of the types of microorganisms, beneficial or harmful, that prevail in a soil, constitutes a fundamental tool to decide the application of agroecological amendments that manage to balance the system; however, laboratory techniques are either too expensive or not affordable for most low-income farmers. The present work, using data collected from a real field situation, develops a mathematical algorithm that allows to determine, in a quantitative way, the dominance in the soil of the microbial groups, according to their coloration, allowing to increase the size of samples collected through the Method capture with the use of traps, with a minimum of time and intellectual effort.

**Keywords:** Agroecology, Beneficial indigenous microorganisms, Natural enemies, Pests, Soil microbiology.

## **Introducción**

La agricultura global está enfrentando en la actualidad los desafíos crecientes del nexo interconectado alimento- energía- agua, que hasta el momento no ha logrado limitar la inseguridad alimentaria persistente y las enfermedades relacionadas con la dieta; tampoco estos sistemas han impedido el crecimiento de las demandas crecientes de energía y las consecuencias del cambio climático, la declinación de los recursos acuíferos, la contaminación de las aguas y los alimentos, así como la ocurrencia de sequías. Más allá de lo antes señalado, la degradación de la tierra y la pérdida de biodiversidad se convierten, a la vez, en detonantes y consecuencias de estos problemas (DeLonge, y Basche, 2017).

La agroecología actual se presenta como un paradigma alternativo a este tipo de producción intensiva. La misma se basa en principios ecológicos, tales como: reciclaje de nutrientes, gasto mínimo de energía, optimización del uso de agua, aumento de la diversidad biológica, regeneración de suelo y aumento de su contenido de carbono, integración agricultura- ganadería, así como el establecimiento de otras sinergias biológicas beneficiosas en el ecosistema (Hathaway, 2015). Otros autores (Abhishek y Dwivedi, 2021) agregan el manejo integrado de plagas como una aproximación holística que permite minimizar el impacto de las plagas, a la vez que mantiene el equilibrio del ecosistema.

Los agro-ecosistemas modernos requieren de cambios sistémicos, pero los nuevos sistemas agrícolas rediseñados no surgirán, simplemente, de llevar a cabo prácticas agroecológicas como rotaciones, compostaje, cultivos de cobertura, etc., más bien emergen de la aplicación de principios agroecológicos que tienen efecto en la productividad, estabilidad y resiliencia de los sistemas agrícolas (Nicholls, Altieri y Vazquez, 2016).

Entre los principios revisados por estos autores (ver Nicholls, Altieri y Vazquez, 2016), se destaca la necesidad de fortalecer el “sistema inmunológico” del sistema agrícola, que se logra a través de la mejora de la biodiversidad funcional (enemigos naturales, antagonistas, etc.) creando un hábitat apropiado en el ecosistema.

Adicionalmente se ha señalado (Ratnadass *et al.*, 2012) que con el propósito de proveer más y mejores alimentos a la población mundial, de manera sostenible, se hace necesario reducir los pesticidas a la vez que se logre mantener bajo control las plagas y enfermedades. Esto se puede lograr, en principio, rompiendo con la agricultura industrial y provocando un acercamiento de los productores a la agroecología, cuyo pilar fundamental es la conservación e introducción de una mayor diversidad de plantas en los agro-ecosistemas seleccionadas en función de los servicios ecosistémicos que conllevan.

Las pérdidas de cosecha, provocadas por malezas, plagas y patógenos, se deben reducir en apoyo a la seguridad alimentaria y en la cual la biodiversidad puede jugar un papel importante en la protección de las plantas, a través del control natural de plagas, que refuerza el papel de los enemigos naturales del ecosistema (Bioversity International, 2017).

En este marco de biodiversidad, los organismos benéficos del suelo juegan un rol importante en la descomposición de la materia orgánica, la mineralización y la inmovilización de nutrientes en el suelo, así como en el mantenimiento de su estructura. Adicionalmente, estos organismos son cruciales en el funcionamiento del suelo y en la salud de las plantas, aun cuando este rol tiende a ser minimizado en las recomendaciones que transmiten los especialistas para lograr la fertilidad del suelo (Philippot *et al.*, 2013; Reeve *et al.*, 2016).

En la agricultura agroecológica, el reconocimiento de los tipos de microorganismos (benéficos o perjudiciales) que prevalecen en un suelo determinado, constituye una herramienta fundamental para decidir la aplicación de enmiendas agroecológicas que

logren equilibrar el sistema; sin embargo, las técnicas de laboratorio son muy caras o no asequibles a la mayoría de los campesinos de bajos ingresos.

Promotores de agricultura ecológica en Honduras (INFOP, 2011) han difundido entre los campesinos, un método práctico, cualitativo, para determinar la presencia de los principales grupos de microorganismos, ya sean benéficos o perjudiciales, que prevalecen en el suelo, basado fundamentalmente en la coloración que adquiere un sustrato de arroz precocinado depositado en suelo, durante un periodo de tres a cinco días de captura.

Investigaciones realizadas en otras regiones (Tredway y Burpee, 2001; Heit, 2015), demuestran que la coloración no es un indicador fiable del tipo de microorganismo en el suelo, por lo que es necesario la identificación en laboratorio de los grupos microbianos que prevalecen en el suelo para conocer si éstos son patógenos o benéficos.

Sin embargo, el método propuesto en el audiovisual puede ser una vía adecuada para muestrear de forma eficaz la microbiota del suelo en una región determinada, si previamente se corrobora en laboratorio la relación entre el color del arroz y la presencia de microorganismos benéficos o patógenos y a la vez se incrementa el tamaño de muestras en el terreno, con el propósito de lograr una mayor fiabilidad del método de captura.

Teniendo en consideración esta problemática, el presente trabajo desarrolla un algoritmo matemático que determina, de modo cuantitativo, el dominio en el suelo de los grupos microbianos, según su coloración, permitiendo analizar un mayor número de muestras colectadas mediante el Método de captura.

## **Materiales y Métodos**

### **Ubicación y localización del experimento**

El trabajo se realizó en la Unidad de producción: Finca Rincón Los Hondones de la Cooperativa de Créditos y Servicios (CCS) Manuel Montaña en el municipio Chambas, provincia Ciego de Ávila, Cuba (Figura 1). La finca se ubica en las coordenadas en el plano: X: 705700, Y: 264320, posee una extensión de 3.21 ha, el suelo se clasifica del tipo IX A 123 p3 h4 e3 / f 23 t4, y sus características son las siguientes: medianamente profundo, mediana erosión, ligeramente ondulado.

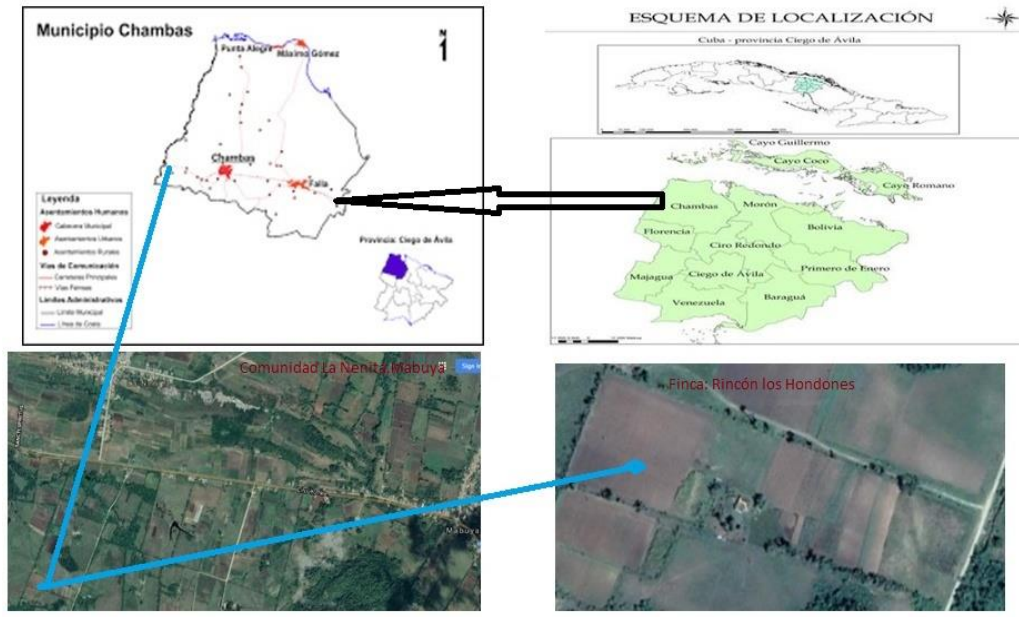


Figura 1. Localización de la finca Rincón Los Hondones

### Procedimiento experimental de campo

Se usó el Método de captura, con uso de trampas para microorganismos, desarrollado por el Instituto Nacional de Formación profesional (INFOP, 2011).

En una extensión de 0.25 ha de suelo preparado mediante tracción animal (aradura), se colocaron 4 trampas para la captura de microorganismos, en los cuatro puntos cardinales, de forma tal que el muestreo abarcara toda el área. En cada punto se colocó un recipiente plástico (pomo de refresco cortado entre 15 cm y 20 cm), en el cual previamente se introdujo arroz cocido (Figura 2) y se enterró a una profundidad entre 20 y 25 cm (Figura 3). El frasco se cubrió de hojarasca del lugar y se tapó con suelo aproximadamente entre 2 cm y 5 cm de la superficie.



Figura 2. Preparación de las trampas para la captura de microorganismos en el suelo.



Figura 3. Ubicación de la trampa para capturar microorganismos en el suelo.

Pasado cinco días, se procedió a extraer los frascos o recipientes y se observó la coloración mostrada por los granos de arroz contenidos en los recipientes. La escala de colores manifestada por los granos y su significado práctico en cuanto a los microorganismos presentes en el suelo, se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Relación entre la coloración del arroz y la presencia microbiana en el suelo y su impacto en los cultivos.

Coloración del grano de arroz	Tipo de microorganismo prevaliente	Impacto en los cultivos
Rojo a rosado	Fusarium (grupo o género de hongos patógenos o malignos)	Causante del mal del tallo en las plantas
Gris	Rhizoctonia (grupo o género de hongos patógenos o malignos)	Causante del mal del tallo en las plantas
Verde	Trichoderma (grupo o género de hongos antagónicos o beneficiosos)	Enemigo principal del Fusarium y los nemátodos
Blanco	Bacillum (grupo o género de bacterias antagónicas o beneficiosos)	Enemigo principal de la Rhizoctonia

Adaptado de INFOP (2011)

### Método práctico para analizar la actividad microbiana del suelo

Una vez observados los frascos, se otorgó a cada grupo o género de hongos una letra como simbología, quedando de la siguiente manera:

Fusarium (patógenos o malignos) ..... F

Rhizoctonia (patógenos o malignos) ..... R

Trichoderma (antagónicos o beneficiosos) .....T

Bacillum (antagónicos o beneficiosos) .....B

Seguidamente, se estableció una forma de expresión para la presencia de estos hongos en la muestra (frasco o recipiente) observada, quedando en el siguiente orden.

F –R –T –B.

También se concibió una escala valorativa, de acuerdo a la observación realizada en el frasco o recipiente, de la presencia de estos hongos en el suelo.

Muy buena ----5.

Buena -----4.

Regular -----3.

Mala -----2.

No hay presencia -----0.

Con estos dos elementos se realizó una clasificación mediante la observación práctica de las muestras que se expresa según el siguiente ejemplo.

Resultado: 3-5-4-2. Significa que la muestra posee una presencia regular de Fusarium, muy buena de Rhizoctonia, buena de Trichoderma y mala de Bacillum.

### **Determinación del promedio de presencia microbiana por grupo o género**

Al utilizar varias muestras en el análisis microbiano del suelo (10 a 12 nichos por hectárea) se necesita establecer, mediante un método matemático, un algoritmo de trabajo práctico que permita obtener un resultado lo más fidedigno posible sobre la población microbiana en esta área y entonces poder intervenir mediante enmiendas agroecológicas. Dicho algoritmo se indica a continuación:

$$\overline{P_H} = \frac{\sum_{n=1}^n H}{n} \quad (\text{ecuación 1})$$

Dónde:

$\overline{P_H}$  es el promedio de presencia del grupo de microorganismos que se analiza.  
H escala valorativa del grupo de microorganismo que se analiza.  
n es el número de muestras realizadas.

$$D = \sum \overline{P_A} - \sum \overline{P_M} \quad (\text{ecuación 2})$$

Dónde:

D es el dominio de presencia microbiana

$\sum \overline{P_A}$  suma del promedio de presencia de los grupos de microorganismos benéficos o antagónicos (Trichoderma y Bacillum)

$\sum \overline{P_M}$  suma del promedio de presencia de los grupos de microorganismos malignos o patógenos (Fusarium y Rhizoctonia)

El resultado permite resumir lo siguiente:

Sí:

D = 0 Hay equilibrio entre los 2 grupos.

D > 0 Dominan los grupos antagónicos o benéficos.

D < 0 Dominan los grupos patógenos o malignos.

### **Resultados y Discusión**

#### *Captura de microorganismos en el suelo de la parcela*

Al analizar la actividad microbiana en el área de 0.25 ha, pasados los cinco días, se observó la presencia de los cuatro colores (rojo, gris, verde y blanco) que identifican



los grupos o géneros de microorganismos. El orden valorativo de la observación se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Orden en que se valoraron las muestras en el área de 0.25 ha.

# de la muestra	Orden de colores	Orden del microorganismo	Escala valorativa
1	Rojo, Gris, Verde, Blanco	F –R –T –B	3-4-2-5
2	Rojo, Gris, Verde, Blanco	F –R –T –B	2-5-3-4
3	Rojo, Gris, Verde, Blanco	F –R –T –B	3-4-2-5
4	Rojo, Gris, Verde, Blanco	F –R –T –B	3-4-2-5

*Determinación del promedio de presencia microbiana por grupo o género de hongo*

Al sustituir en la ecuación 1 por cada grupo o género de hongos se obtuvo:

$$\overline{P_H} = \frac{\sum_{n=1}^n H}{n}$$

Para género Fusarium (F)

$$\overline{P_F} = \frac{\sum_{n=1}^4 F}{4} \quad \overline{P_F} = \frac{3 + 2 + 3 + 3}{4} \quad \overline{P_F} = 2.75$$

Para género Rhizoctonia (R)

$$\overline{P_R} = \frac{\sum_{n=1}^4 R}{4} \quad \overline{P_R} = \frac{4 + 5 + 4 + 4}{4} \quad \overline{P_R} = 4.25$$

Para género Trichoderma (T)

$$\overline{P_T} = \frac{\sum_{n=1}^4 T}{4} \quad \overline{P_T} = \frac{2 + 3 + 2 + 2}{4} \quad \overline{P_T} = 2.25$$

Para género Bacillum (B)

$$\overline{P_B} = \frac{\sum_{n=1}^4 B}{4} \quad \overline{P_B} = \frac{5 + 4 + 5 + 5}{4} \quad \overline{P_B} = 4.75$$

*Determinación del dominio de presencia microbiana. (D).*

Conociendo el resultado anterior, para cada grupo o género de hongos, se procede a determinar el dominio de presencia microbiana mediante la ecuación 2.

$$D = \sum \overline{P_A} - \sum \overline{P_M}$$
$$D = (\overline{P_T} + \overline{P_B}) - (\overline{P_F} + \overline{P_R})$$
$$D = (2.25 + 4.75) - (2.75 + 4.25)$$
$$D = 7 - 7 = 0$$

De acuerdo al resultado matemático, se puede resumir que existe en el área analizada un equilibrio presencial entre los grupos o géneros de microorganismos patógenos y antagonicos. No obstante, de forma individual, el análisis indica la necesidad de aplicar enmiendas para fortalecer la presencia de Trichoderma, pues los niveles de este hongo benéfico están por debajo del promedio del grupo Fusarium.

Otros métodos prácticos se han desarrollado para facilitar los saberes campesinos y evaluar, desde el punto de vista práctico, el estado tecnológico, social, ambiental, económico, etc., de sus sistemas de producción, en tal sentido se destaca la herramienta didáctica para la planificación de fincas resilientes diseñada por Henao, Altieri y Nicholls (2015).

El método matemático que se explica en este trabajo, si se demuestra previamente en la localidad la relación entre los grupos microbianos y el color del sustrato, resultaría de fácil ejecución y aprendizaje por los productores de bajos insumos, incluso se podría automatizar. Este saber, mediante audiovisuales, manuales y herramientas informáticas, se puede transmitir de campesino a campesino, teniendo en cuenta que las innovaciones en Agroecología surgen, de modo "in situ", con la participación de campesinos, de forma horizontal (Altieri y Nicholls, 2017), creándose un diálogo con actores locales, vía investigación participativa, que permite constante creatividad y nuevos conocimientos (Altieri y Toledo 2011).

## Conclusiones

En algoritmo matemático desarrollado en este trabajo, posibilitó determinar, de modo cuantitativo, el dominio en el suelo de los grupos microbianos, según su coloración, permitiendo ampliar el tamaño de muestras colectadas mediante el Método de captura con uso de trampas, con un mínimo de tiempo y esfuerzo intelectual.

## Referencias Bibliográficas

ABHISHEK, T. S. y DWIVEDI, S.A. (2021). Review on integrated pest management of coconut crop. *International Journal of Entomology Research*. Vol. 6, pp. 115-120.

- ALTIERI, M. A. y TOLEDO, V. M. (2011). The agroecological revolution in Latin America: Rescuing nature, ensuring food sovereignty and empowering peasants. *Journal of Peasant Studies*, No. 38, pp. 587–612. Disponible en: DOI:10.1080/03066150.2011.582947.
- ALTIERI, M.A. y NICHOLLS, Clara I. (2017). Agroecology: a brief account of its origins and currents of thought in Latin America. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, Vol. 41, No. 3-4, pp. 231-237, DOI: 10.1080/21683565.2017.1287147.
- BIOVERSITY INTERNATIONAL (2017). Mainstreaming Agrobiodiversity in Sustainable Food Systems: Scientific Foundations for an Agrobiodiversity Index. Bioversity International, Rome, Italy.
- DELONGE, M. y BASCHE, A. (2017). Leveraging agroecology for solutions in food, energy, and water. *Elem Sci Anth*, No. 5, pp. 6. Disponible en: DOI: <https://doi.org/10.1525/elementa.211>. Visitado: 21 de abril de 2022.
- HATHAWAY, Mark (2015). Agroecology and permaculture: Addressing key ecological problems by rethinking and redesigning agricultural systems. *Journal of Environmental Studies and Sciences*. Disponible en: DOI: 10.1007/s13412-015-0254-8. Visitado: 21 de abril de 2022.
- HEIT, Sophie (2015). Identification de Fusarium et détection des mycotoxines associées par MALDI-TOF. These le Diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie. Faculte de Pharmacie, Universite de Lorraine. 117 p.
- HENAO, A., ALTIERI, M.A. y NICHOLLS, Clara I. (2015). Herramienta didáctica para la planificación de fincas resilientes. Primera edición. Medellín, Colombia: Ed. Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA) y la Red IberoAmericana para el Desarrollo de Sistemas Agrícolas Resilientes al Cambio Climático (REDAGRES). 61 p.
- INFOP (Instituto Nacional de Formación Profesional) (2011). Trampa para microorganismos y análisis de suelos. (Audiovisual). Unidad Audiovideo, INFOP. Tegucigalpa D.C., Honduras C.A. Disponible en: [https://www.youtube.com/watch?v=WcXEH\\_mIYSE](https://www.youtube.com/watch?v=WcXEH_mIYSE). Visitado: 10 de marzo de 2021.
- NICHOLLS, Clara, ALTIERI, M.A. y VAZQUEZ, L. (2016). Agroecology: Principles for the Conversion and Redesign of Farming Systems. *J Ecosys Ecograph*. S5: 010. doi:10.4172/2157-7625.S5-010.

PHILIPPOT, L. ... [et al.] (2013). Going back to the roots: the microbial ecology of the rhizosphere. *Nat. Rev. Microbiol.* No. 11, pp. 789-799.

RATNADASS, A. ... [et al.] (2012). Plant species diversity for sustainable management of crop pests and diseases in agroecosystems: a review. *Agron. Sustain. Dev.* No. 32, pp. 273–303. Disponible en: DOI 10.1007/s13593-011-0022-4. Visitado: 10 de marzo de 2022.

REEVE, Jennifer R. ... [et al.] (2016). Organic Farming, Soil Health, and Food Quality: Considering Possible Links. In: Donald L Sparks, editors. *Advances in Agronomy*. Vol 137, Chennai: Academic Press, pp. 319-368.

TREDWAY, L.P. y BURPEE, L.L. (2001). Rhizoctonia diseases of turfgrass. The Plant Health Instructor. Disponible en: DOI: 10.1094/PHI-I-2001-1109-01. Visitado: 10 de marzo de 2022.

Agradecimientos: este trabajo se realizó en el marco del Proyecto FSPI Agrecocaribe, financiado por la Embajada de Francia en Cuba. Se agradece a todas las personas, que, de una forma u otra, apoyaron la investigación.