

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

ÁREA ACADÉMICA AGROFORESTAL
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN GESTIÓN DE RECURSOS
NATURALES Y TECNOLOGÍAS DE PRODUCCIÓN

CARACTERIZACIÓN DE LA FAUNA MICROBIOLÓGICA
DEL SUELO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN
BIOINTENSIVA, EN CHIRIQUÍ, PANAMÁ

Trabajo Final de Graduación sometido al Tribunal del Área
Académica Agroforestal del Instituto Tecnológico de Costa
Rica para optar por el grado de Magister en Gestión de
Recursos Naturales y Tecnologías de Producción

GEOVANI. A. OSTÍA MÉNDEZ

Campus Cartago, Costa Rica

2011

**CARACTERIZACIÓN DE LA FAUNA MICROBIOLÓGICA DEL SUELO EN
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN BIOINTENSIVA, EN CHIRIQUÍ, PANAMÁ.**

Este Trabajo Final de Graduación fue aceptado por el Tribunal del Área Académica Agroforestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica, como requisito parcial para optar por el grado de Magister en Gestión de Recursos Naturales y Tecnologías de Producción.

M.Sc. Vladimir Villalba Velásquez

Profesor Tutor – ITCR

M.Sc. Marcela Arguedas

Lectora

M.Sc. Rodolfo Canessa Mora

Coordinador del Área Académica Agroforestal

Geovani A. Ostía Méndez

Sustentante

AGRADECIMIENTOS

Quisiera dedicar mi más profundo agradecimiento a Dios y a todas aquellas personas, que de alguna forma han contribuido a que pudiera llevar a cabo este trabajo.

En primer lugar al Profesor M.Sc. Vladimir Villalba, de la Escuela de Biología del ITCR, por su gentileza al aceptar la tutoría de la presente tesis de maestría, por su apoyo, su continua y acertada orientación, marcando las líneas a seguir durante la investigación, estimulando al mismo tiempo mi iniciativa propia y por brindarme su amistad.

Al profesor M.Sc. Rodolfo Canessa, coordinador de la maestría y al TAE Carlos Hernández Vásquez, a ambos, por su inestimable ayuda a lo largo del proceso de estudio con el departamento administrativo.

A la profesora M.Sc. Marcela Arguedas del ITCR por sus acertados consejos y su colaboración desinteresada.

Al Laboratorio de Biocontroladores del Centro de Investigación en Biotecnología de la Escuela de Biología del ITCR, por su apoyo logístico, sin los cuales no hubiera sido posible este proyecto.

A la Secretaria Nacional para el Plan de Seguridad Alimentaria y Nutricional (SENAPAN) de Panamá, por facilitarme tiempo para estudiar y ayudarme a gestionar una solución económica para esta maestría.

Finalmente a la familia Solano por abrirme las puertas de su hogar, su amabilidad, su comprensión, su simpatía y amistad; muy especialmente a la Sra. Esmeralda quiero agradecer porque fue como mi madre en este bonito país.

DEDICATORIA

A mis padres y a mis hijas por ser
inspiración y darme su comprensión,
cariño, confianza y respaldo moral.

A los agricultores orgánicos,
indígenas y biointensivistas
que me hicieron aprender de
sus conocimientos y me han dejado
enseñar e investigar en sus campos.

ÍNDICE GENERAL

1	INTRODUCCIÓN	1
2	REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1	El método de cultivo biointensivo	3
2.2	Principios o técnicas del método de cultivo biointensivo	3
2.2.1	Preparación profunda del suelo.....	3
2.2.2	Uso de la composta	3
2.2.3	Siembra cercana	4
2.2.4	Rotación y asociación de cultivos	4
2.2.5	Cultivo eficiente en carbono	4
2.2.6	Cultivo de calorías.....	5
2.2.7	Uso de semillas de polinización abierta y almácigos.....	5
2.2.8	Integración de principios	5
2.3	La materia orgánica	6
2.3.1	Sostenibilidad de la materia orgánica en el suelo y la relación con los microorganismos.....	8
2.3.2	La fauna microbiológica de la materia orgánica	9
2.3.3	Mejora de la estructura y fertilidad del suelo por microorganismos	12
3	METODOLOGÍA	15
3.1	Ubicación del ensayo.....	15
3.2	Elaboración de composta:	15
3.3	Elaboración de huertos	18
3.4	Transplante del almácigo	19
3.5	Diseño de muestreo para análisis microbiológico y químico	22
3.6	Acondicionamiento de muestras.....	23
3.7	Preparación de la muestra en laboratorio.....	24
3.7.1	Técnicas para el cultivo de microorganismo en laboratorio	24
4	RESULTADOS Y DISCUSIONES	27
4.1	Resultados	27
4.2	Discusiones.....	30

5	CONCLUSIONES	33
6	RECOMENDACIONES	34
7	BIBLIOGRAFÍA.....	35

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Materiales para la elaboración de las composteras según cada localidad	16
Cuadro 2. Datos de siembra por cultivo.....	20
Cuadro 3. Cultivos sembrados en camas muestreadas en huertos.....	23
Cuadro 4. Identificación de microorganismos en los huertos biointensivos.....	27
Cuadro 5. Conteo de Unidades Formadoras de Colonia (UFC) a 10 cm de profundidad.	28
Cuadro 6. Conteo de Unidades Formadoras de Colonia (UFC) a 20 cm de profundidad.	29
Cuadro 7. Análisis químico de suelo de los cuatro huertos evaluados.....	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de los materiales en las composteras.	17
Figura 2. Actividades de seguimiento y mantenimiento de los huertos.	22

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1: Elaboración de la composta.	16
Fotografía 2. Marcación de eras.	18
Fotografía 3. Preparación de eras. A. Doble excavación y B. Aplicación de composta.	19
Fotografía 4. Transplante. A. Siembra en 3 bolillos y A. Cobertura muerta.....	20

ANEXOS

Anexo 1. Microorganismos encontrados a 10 cm de profundidad.....	39
Anexo 2. Microorganismos encontrados a 20 cm de profundidad.....	40
Anexo 3. Análisis de suelo	41

1 INTRODUCCIÓN

Conocer el suelo como un sistema complejo, vivo y su aplicación al diseño de modelos agrícolas eficientes para poner freno a su degradación y recuperación frente a la adversidad para producir y mantenerse en ambientes inestables, solo puede ser abordada de forma integral por modelos de manejo agroecológicos.

Uno de estos modelos agroecológicos, casi 99% eficiente o sustentable, es el método de cultivo biointensivo que incorpora las experiencias agrícolas acumuladas por la humanidad hace ya unos 4000 años (Torres y Martínez, 2010). El método biointensivo es un sistema sustentable enfocado a cultivar más alimentos en poco espacio pero a la vez mejorar el suelo, basado en la utilización e incorporación de la materia orgánica y de estrategias agronómicas como asociación y rotación de cultivos, entre otras, que aprovecha las cualidades de ciertas plantas para repeler algunas plagas de los cultivos y de insumos locales como la composta, abonos verdes, estiércoles y residuos de plantas (Semarnat, 2010).

Cuando se hace referencia a los residuos de vegetales y de animales de todo tipo, en diferente estado de descomposición, se habla de materia orgánica (Jeavons, 2002). Estos residuos están compuestos por moléculas complejas (azúcares, almidones, proteínas, aceites, ceras, etc.) que a través de la actividad de la macrobiota, mesobiota y microbiota del suelo se descomponen en sustancias inorgánicas disponibles para la planta como fosfatos, sulfatos, nitratos, potasio, y otros micronutrientes. (Sánchez y Gómez, 2001).

Ahora bien, la problemática del método de cultivo biointensivo u otro sistema de producción agrícola sostenible se da cuando un suelo produce cosechas, ya que se pierden los nutrimentos que las plantas extraen, lo mismo sucede con la materia orgánica y el humus que consumen los microorganismos. Así que para

mantener la materia orgánica del suelo por más tiempo se deben reabastecer los recursos biológicos como activadores de la fertilidad del suelo (Jeavons, 2002).

El presente estudio tiene como objetivo hacer una evaluación microbiológica a diferentes profundidades del suelo en huertos biointensivos que se están desarrollando en la provincia de Chiriquí, Panamá. Asimismo se pretende cuantificar y relacionar la fauna microbiológica en huertos biointensivos con la sostenibilidad de la materia orgánica en el suelo.

La importancia de esta investigación radica en observar la diversidad de microorganismos benéficos a nivel del suelo de estos huertos y relacionarla con el porcentaje de materia orgánica encontrada y con los diferentes tipos de compostas aplicadas para analizar el mantenimiento de la misma en el suelo. Con este estudio se obtendrá información importante la cual será de gran ayuda para desarrollar estrategias que permitan optimizar la productividad y la salud de los cultivos biointensivos y la conservación y mejoramiento del suelo.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 El método de cultivo biointensivo

El método de cultivo biointensivo toma como patrón los propios procesos de crecimientos biológicos intensivos de la naturaleza, basado en más de 4,000 años de experiencias de campo por civilizaciones como la de los chinos, griegos, mayas entre otros, que trabajaron en forma miniaturizada de agricultura (Torres y Martínez, 2010).

La técnica consiste en cultivar en mini huertos de forma apropiada para producir suelo rápidamente y mantener la fertilidad del mismo, de este modo se reciclan todos los desechos y se produce la materia orgánica suficiente para asegurar que cada huerto genere la composta suficiente (Jeavons 2002); Para lograr esta meta es importante aplicar el uso combinado de los principios del método (Torres y Martínez, 2010).

2.2 Principios o técnicas del método de cultivo biointensivo

Para tener un huerto por el método de cultivo biointensivo se debe cumplir correctamente los siguientes ocho principios o fundamentos:

2.2.1 Preparación profunda del suelo

Se utiliza la doble excavación para manipular la tierra hasta una profundidad de 60cm, lo cual le incorpora aire al suelo, con lo que se ayuda a que la vida se desarrolle mejor y se retenga más agua para las plantas (Semarnat, 2010). Una vez que esto se ha logrado, puede sembrarse hasta que una vez más debido a la compactación se requiera una nueva preparación (Jeavons, 2002).

2.2.2 Uso de la composta

Para aportar nutrimentos, mejorar la estructura y la vida en el suelo la composta es el secreto para lograr un suelo sano que produzca plantas sanas lo que a su vez da salud a quienes la consumen (Torres y Martínez, 2010).

2.2.3 Siembra cercana

La siembra cercana significa que las plantas se siembran a una distancia menor a la que la agricultura comercial y tradicional recomienda. Si la cama está bien preparada se aprovechará mejor el espacio. Se recomienda plantar a “tresbolillo” en forma de hexágono, de manera que la distancia entre planta y planta sea siempre la misma; esta variará según el tipo y la variedad de planta. Todas las plantas deben tener el mismo acceso a los nutrimentos, además de que sus hojas se toquen para crear una “sombra viviente” (Semarnat, 2010).

2.2.4 Rotación y asociación de cultivos

Para una adecuada rotación es necesario conocer los tipos de plantas y sus hábitos, por mencionar si son donantes de nutrimentos, consumidoras ligeras o voraces de los mismos. Cuando se domine esta técnica se pueda sembrar en una determinada temporada unas plantas y en la siguiente otras (Torres y Martínez, 2010).

En el caso de las asociaciones, también llamadas cultivos mezclados, acompañantes, intercalados o múltiples, consiste en hacer coincidir en el espacio y tiempo más de un cultivo (Porcuna, *et al.*, 2010). Las relaciones entre las plantas son interesantes, algunas crecen mejor acompañadas, en tanto que otras no crecen si están cerca de una o más plantas. Se plantan especies que atraen insectos benéficos y otras que ahuyentan plagas (Torres y Martínez, 2010).

2.2.5 Cultivo eficiente en carbono

Consiste en sembrar aproximadamente un 60% del área con granos con el doble propósito de obtener grandes cantidades de material carbonoso para la composta y un porcentaje significativo de calorías para la dieta, por ejemplo el maíz, el arroz, girasol o el sorgo (Jeavons, 2002).

2.2.6 Cultivo de calorías

Consiste en sembrar un 30% del área de los cultivos con cultivos de raíz, alto en calorías como el camote, ñame, yuca o la papa. El área que se queda, el 20%, se dedica a cultivar hortalizas para obtener las vitaminas y minerales necesarios.

2.2.7 Uso de semillas de polinización abierta y almácigos

Las semillas de polinización abierta son semillas que no han sido manipuladas para que no sean estables; es decir, semillas no híbridas ni transgénicas. Son conocidas en muchos lugares como “criollas” o “nativas”. Estas semillas son las que la naturaleza creó y, por tanto, son recursos naturales valiosos para los seres humanos, ya que nos proporcionan alimentos. Por eso es importante su uso y conservación. Además, muchas de ellas son patrimonio de las naciones, como el maíz, para los mexicanos (Semarnat, 2010).

Los almácigos son pequeños cajones donde se siembran directamente las plantas para facilitar su germinación y se comiencen a desarrollar bajo las mejores condiciones. La siembra en almácigo es muy ventajosa ya que las plantas están en un solo lugar, se pueden cuidar mejor, se gasta menos agua, tiempo y energía (Semarnat, 2010).

2.2.8 Integración de principios

Consiste en integrar todos sus fundamentos. La correcta aplicación de cada uno de ellos potenciará los beneficios como alta productividad en pequeños espacios, ahorro de agua, energía y fertilizantes, uso de abono orgánico, salud y fertilidad del suelo (Semarnat, 2010). El método biointensivo es un sistema completo, en cual todos los elementos deben utilizarse en conjunto para obtener un resultado más óptimo, ya que de no hacerlo, los altos rendimientos del método pueden agotar el suelo (Jeavons, 2002).

Para que un sistema como este se desarrolle de manera óptima, se asume que la materia orgánica o la composta es el principal principio que potencia las demás técnicas y es debido, a un efecto provocado por los microorganismos del suelo. Sánchez y Gómez (2001), mencionan que los organismos del suelo son los mediadores que hacen posible que los compuestos orgánicos e inorgánicos que están en el suelo y que les proporcionamos a las plantas, sean tomados por ellas con mayor o menor eficiencia.

2.3 La materia orgánica

La materia orgánica del suelo es una fuente de alimentos para su fauna y contribuye a la biodiversidad del mismo actuando como depósito de nutrimentos tales como: nitrógeno, fósforo y azufre; de hecho, es el elemento más importante para la fertilidad del suelo (SoCo, 2009). Por lo tanto la materia orgánica es un elemento imprescindible para fortalecer el dinamismo de los suelos agrícolas por una serie de beneficios que la acompañan.

Jeavons (2002), menciona que las funciones o beneficios básicos de la materia orgánica, que es vital para la vegetación y la fauna microbiológica del suelo son:

1. Alimenta a las plantas mediante el intercambio de nutrientes y liberándolos al descomponerse.
2. Fuente continua de nutrientes para la plantas.
3. Incrementa la permeabilidad de las membranas de las raíces.
4. Es la fuente de energía de los microorganismos del suelo.
5. Mejora la estructura del suelo, debido a un efecto aglutinante de los microorganismos en las partículas del suelo.
6. Facilita la penetración adecuada del aire y del agua.

Por otra parte, en los trópicos los suelos se caracterizan por ser pobres en nutrimentos o presentar deficiencias en algunos de ellos por lo que el mantenimiento de altos niveles de materia orgánica contribuye a través de los

ciclos biológicos, a constituir un bio depósito de nutrientes, así como en aportar a la capacidad de intercambio catiónico (González, 2003).

La productividad de un sistema agrícola sustentable está estrechamente ligada a la magnitud y eficiencia de la utilización de los nutrimentos, y a la reducción de sus pérdidas, las que pueden ser disminuidas, pero no eliminadas ya que procesos como volatilización, fijación e inmovilización de los nutrientes, no pueden ser eliminados totalmente (González, 2003).

En los sistemas de producción agrícola la pérdida de nutrimentos está ligada a las pérdidas de materia orgánica, que son debidas, principalmente, al humus que ha sido mineralizado; su tasa anual depende de los tipos de suelo y su manejo, de la naturaleza de los cultivos, de la intensidad de la actividad biológica, de los niveles de irrigación o hidrología, del laboreo y del clima, entre otros. (Henin y Dupuis 1945; Noboa y Clavijo, 2009). Sin embargo, la materia orgánica del suelo influye en casi todas las propiedades importantes que contribuyen a la calidad del mismo, a pesar de representar un pequeño porcentaje del peso de la mayoría de los suelos (1% -6%). La calidad y cantidad de materia orgánica puede cambiar las propiedades del suelo; un buen manejo de la misma puede mejorar la estructura y disponibilidad de nutrientes, así como incrementar la diversidad biológica del mismo (González, 2003).

Es importante destacar que la materia orgánica del suelo, en cuanto a su efecto sobre las propiedades biológicas, favorece los procesos de mineralización, el desarrollo de la cubierta vegetal, sirve de alimento a una multitud de microorganismos y estimula el crecimiento de la planta en un sistema ecológico equilibrado (Anónimo, 1988; Graetz, 1997; Julca 2006).

2.3.1 Sostenibilidad de la materia orgánica en el suelo y la relación con los microorganismos

Las civilizaciones antiguas podían mantener la sustentabilidad de sus suelos para alimentar a poblaciones enteras durante largos periodos, por ejemplo, los chinos miniaturizaron la agricultura hace mas de 4,000 años; producían alimentos con una siembra cercana entre las plantas y mantenían la fertilidad de los suelos utilizando composta o materia orgánica con nutrientes y carbono y de esa forma conservaron los suelos, hasta que adoptaron las técnicas de la agricultura industrial (Jeavons, 2002).

El carbono orgánico del suelo incide en la estructura del suelo y mejora su entorno físico, lo que hace que las raíces penetren con mayor facilidad. A escala mundial, los suelos contienen alrededor de dos veces más de carbono que la atmósfera y tres veces más que la vegetación. Cuando disminuye la materia orgánica del suelo, se libera dióxido de carbono (CO_2) a la atmósfera y, cuando aumenta, se absorbe CO_2 de la atmósfera. La disminución del contenido de carbono orgánico del suelo puede limitar la capacidad del suelo para proporcionar nutrientes con vistas a una producción agrícola sostenible, lo que podría desembocar en una disminución de los rendimientos y afectar a la seguridad alimentaria. Menos carbono orgánico significa menos alimentos para los organismos vivos del suelo y por ende, una menor biodiversidad del suelo (SoCo. 2009).

Para llegar a la sostenibilidad de la materia orgánica es bueno conocer, que en el suelo esta puede diferenciarse en tres fases (Kononova, 1976; González, 2003):

- **Materia orgánica bruta**, constituida por residuos animales y vegetales, frescos y parcialmente descompuestos.
- **Humus en formación**, integrado por productos de la descomposición avanzada de los residuos orgánicos y productos resintetizados por

microorganismos (carbohidratos, ácidos orgánicos, compuestos nitrogenados, ligninas etc.)

- **Humus estable**, formado por las sustancias estrictamente húmicas (ácidos húmicos, ácidos fulvicos, huminas, etc.) la mayoría unidas a la parte mineral del suelo.

En el ciclo biogeológico, el ácido húmico, que se produce de la descomposición, junto con el ácido carbónico desarrollado alrededor de las raíces de las plantas, puede incrementar la actividad microbiana, descomponer minerales más grandes y llegar a alterar el pH del suelo de manera que los nutrientes que antes no se encontraban estén ahora disponibles (Jeavons, 2002).

La biomasa microbiana es el agente degradador de los residuos de las plantas, cuya actividad contribuye a la liberación de nutrientes y formación de CO₂ (Zagal y Córdova 2005). Sánchez y Gómez (2001), mencionan que en la rizosfera los microorganismos del suelo se desarrollan principalmente porque son estimulados por exudados radicales, las células y fragmentos de tejidos que se desprenden de la raíz y las moléculas que las plantas excretan al suelo como azúcares, ácidos orgánicos, enzimas, hormonas y quelatos.

2.3.2 La fauna microbiológica de la materia orgánica

Un suelo rico en materia orgánica y micro biota es un indicador de alta fertilidad y disponibilidad de nutrimentos. La microbiota descompone los residuos orgánicos liberando agua y sustancias minerales, mineraliza el humus, transforma los elementos no disponibles en disponibles, participa en los procesos de fijación biológica del nitrógeno atmosférico y en la oxidación-reducción de los nutrimentos. La micro biota utiliza la energía del carbono para su metabolismo, por lo que existe una relación directa entre microorganismos, fertilidad del suelo y contenido de materia orgánica en el mismo (Gómez, 2000; Ramírez, *et al.*, 2006). La comunidad microbiana del suelo es un componente lábil de la fracción orgánica, contiene de 1 a 3% del carbono total y hasta 5% del

nitrógeno total presente en el suelo; las características físicas, químicas y biológicas de este, así como la presencia de plantas, tienen influencia sobre el número y la actividad de las poblaciones microbianas, (Luna *et al.*, 2002; Ramírez *et al.*, 2006).

La biota edáfica se encuentra dividida, de acuerdo con el tamaño del organismo adulto, en tres grandes grupos: micro fauna (bacterias, hongos, nematodos, protozoarios y rotíferos), meso fauna (ácaros colémbolos, proturos, dipluros y symphylas) y macro fauna (isópodos, quilópodos, diplópodos, arácnidos, moluscos y formícidos, isópteros, coleópteros y oligoqueto (Cabrera y Crespo, 2001; Ramírez, *et al.*, 2006). El componente microbial es extremadamente diverso, con varios centenares de especies de hongos y una gran diversidad de tipos de bacterias con poblaciones que varían de 10^6 a 10^9 células por centímetro cúbico (Fernández y M. de Oliveira 2000, Ramírez, *et al.*, 2006).

Las bacterias representan entre el 25 y 30% de la biomasa microbiana del suelo, comportándose como los organismos más numerosos del mismo (entre 10^6 y 10^7 bacterias g⁻¹ de suelo), mientras que los hongos, dado por su mayor tamaño se presentan en menor abundancia, evidenciando la biomasa más significativa (Olalde y Aguilera, 1998; Ramírez, *et al.*, 2006). Los hongos poseen la mayor masa microbiana, alcanzan hasta un 80% y su presencia está sujeta a los tenores de materia orgánica. Entre estos sobresalen los del género Deuteromycetes, como *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Phytophthora*, y *Verticillum*, entre otros. Sus principales funciones son heterotróficas sobre los restos vegetales y formación de simbiosis del tipo micorrízicas y parásitas (Gómez, 2000; Ramírez, *et al.*, 2006).

Para el método biointensivo, la forma de agregar materia orgánica se hace con la composta, en la cual viven microorganismos. El compostaje es el proceso biológico aeróbico mediante el cual los microorganismos actúan sobre la materia orgánica biodegradable (restos de cosechas, excrementos de animales

y residuos urbanos), permitiendo obtener el compost, el cual es un abono excelente para la agricultura (Aubert, 1998; Gómez *et al.*, 2004). El compostaje que se practica en la actualidad es un proceso aerobio que combina fases mesófilas (15 a 45 °C) y termófilas (45 a 70 °C) para conseguir la reducción de los residuos orgánicos y su transformación en un producto estable y valorizable (Gómez, Gonzales y Chiroles, 2004).

Uribe (2003) menciona que la transformación de la composta es iniciada por bacterias mesófilas que al descomponer los materiales aeróbicamente aumentan la temperatura del sistema. Álvarez (2007) indica que durante esta fase se produce una degradación de azúcares y aminoácidos por la acción de grupos de bacterias. Durante la fase mesofílica inicial donde las cantidades de carbohidratos asimilables son altas, predominan las bacterias, el aumento de temperatura y la reducción de sustratos lábiles provocan cambios en la población de microorganismos, en esta fase la población mesofila disminuye y ocurre un aumento de los termófilos (Paul y Clark, 1996; Coyne, 2000; Atlas y Bartha, 2002; Uribe, 2003).

Hacia el final del período termofílico ocurre un aumento considerable en los recuentos de hongos, actinomicetes y microorganismos degradadores de celulosa y de proteínas (Uribe, 2003). Álvarez (2007) reafirma que en la descomposición termófila se degradan ceras polímeras y hemicelulosa por géneros de hongos del grupo de los actinomicetos como *Micromonospora*, *Streptomyces* y *Actinomyces*.

Una vez transcurrida la fase térmica se da inicio al proceso de maduración del compost. En esta etapa ocurre la recolonización por organismos mesofílicos dentro de los cuales se cuentan microorganismos de los géneros *Bacillus*, *Enterobacter*, *Flavobacterium*, *Pseudomonas*, *Streptomyces*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Gliocladium* y otros, los cuales son antagónicos a organismos fitopatógenos (Hoitink *et al.*, 1997; Atlas y Bartha, 2002; Arauz, 2003).

Estudios moleculares del proceso de compostaje de desechos domésticos demuestran la presencia, a temperaturas de 41°C, de clones con afiliación a la familia Enterobacteriaceae, y bacterias del género *Lactobacillus*, mientras que a temperaturas de 55 a 70°C dominaron bacterias Gram positivas como *Bacillus* y *Lactosphaera pasteurii*, entre otras. Los autores encontraron secuencias relacionadas a la bacteria celulítica *Ruminococcus flavefacien*, indicando la presencia de nichos anaerobios dentro del compost. Se encontraron secuencias relacionadas a bacterias termofílicas como *Symbiobacterium sp.* y *Thermus sp.*

Las cuales son importantes en la degradación de materia orgánica durante la fase termogénica. Cuando la temperatura disminuyó a 50°C, la comunidad microbiana cambió y se encontró en mayor número secuencias afiliadas con el grupo Bacteroides-Cytophaga-Flexibacter las cuales son bacterias importantes en la degradación de biopolímeros complejos como la celulosa (Alfreider *et al.*, 2002; Uribe, 2003).

2.3.3 Mejora de la estructura y fertilidad del suelo por microorganismos

Sánchez y Gómez (2001), mencionan que una diversidad de microorganismos pueden vivir libres en la rizósfera o en simbiosis con las plantas, donde todos interactúan y sus relaciones tienen fuertes implicaciones en la activación del ciclo de nutrientes y de la materia orgánica; como es el caso de los géneros de hongos que forman micorrizas arbusculares como *Glomus*, *Entrophospora*, y *Acaulospora*.

Estas micorrizas pueden aumentar la absorción de nutrientes como potasio, cobre, azufre y cinc, lo que favorece el crecimiento de la planta en suelos contaminados y erosionados y en áreas de gran variabilidad térmica y pH adverso. También estos hongos ayudan a aumentar la resistencia de las plantas a las enfermedades y mejorar en las leguminosas la fijación de nitrógeno, estimulando en la planta la producción de sustancias reguladoras del

crecimiento, incrementando la tasa fotosintética, mejorando la agregación del suelo directamente con sus hifas extra radicales o mediante la producción de glomalina e intervenir en muchas de las acciones que ocurren en el suelo alrededor de las raíces (Labrador, 2009).

En el caso de las bacterias de fijación biológica simbiótica la realizan los géneros implicados como *Rhizobium*, *SinoRhizobium*, *BradyRhizobium*, *MesoRhizobium* y *AzoRhizobium*, llamados colectivamente *Rhizobium*. Estas bacterias forman nódulos en las raíces de las leguminosas y utilizan los compuestos de carbono producidos por la planta como fuente de energía para fijar el nitrógeno atmosférico (Ribo, 2004).

Las bacterias de vida libre como *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Beijerinckia*, *Pseudomonas* y *Clostridium* están asociadas íntimamente con la raíz como fijadores asimbióticos de N₂. (Sánchez y Gómez, 2001). Por ejemplo la bacteria *Azospirillum* tiene capacidad de fijar pequeñas cantidades de nitrógeno y promueve el crecimiento de las raíces de las plantas, con lo que se mejora el aprovechamiento de otros nutrientes del perfil del suelo (Ribo, 2004).

Las algas azul verdosas de los géneros *Anabaena* y *Nostoc*, simbioses de no leguminosas en general árboles y arbustos, también están libres y asociadas aunque en menor número que los hongos y bacterias. En el caso de *Anabaena* participa en la simbiosis con *Azolla* (helecho acuático) y son fuente alternativa de nitrógeno en los cultivos de arroz (Labrador, 2009). Por ejemplo una experiencia en arrozales de la Comunidad Valenciana (España) se han llegado a obtener valores de fijación de nitrógeno entre 13 y 34 Kg N₂/ha, y se presentaron los registros más bajos cuando se aplicaba mayor cantidad de fertilizante nitrogenado (Leganés, *et al.*, 1996). Otro caso de microorganismo fijador de nitrógeno es el actinomiceto *Frankia*.

Otros microorganismos que juegan ese rol entre la rizósfera o en simbiosis con las plantas son los protozoarios, que consumen bacterias, algas y contribuyen de esta forma al equilibrio de las poblaciones y por último los nematodos saprofitos (Subclase: Rhabditia), las cuales son descomponedores de materia orgánica y parásitos (Sánchez y Gómez, 2001).

Todos estos microorganismos también hacen un trabajo desde el punto de vista de fertilización. Es por ello que en los sistemas de agricultura sostenible hay que hacer especial mención al papel de las micorrizas. La asociación micorrízicas está basada en una relación simbiótica de un hongo con la planta, donde las hifas del hongo se extienden desde las raíces de la planta al suelo que las rodea, incrementando mucho la zona de absorción de las raíces. Además, la fina estructura del micelio puede ocupar poros más pequeños haciéndose más efectiva que los pelos radiculares a la hora de absorber agua y nutrientes. Esta aportación se realiza a cambio de hidratos de carbono sintetizados por la planta (Ribo, 2004).

Por ejemplo, la micorrización propia de los suelos manejados ecológicamente puede potenciar el suministro de potasio a los cultivos, así como la asimilación de fosfato por la planta. Esto ocurre debido a la estructura agregacional que hace referencia a la interacción de los componentes texturales inorgánicos y los componentes orgánicos (Ribo, 2003). Los componentes cementantes son: adherentes inorgánicos - iones en solución, geles de oxihidróxidos y algunas sales, adherentes orgánicos procedentes de la necromasa - glucocáliz, alginatos, de la neomasa - glomalinas, ácidos húmicos - y compuestos de excreción bacterianos, fúngicos, radiculares - muco/polisacáridos y glico/proteínas y contenidos intestinales de la fauna del suelo (Labrador, 2009).

3 METODOLOGÍA

3.1 Ubicación del ensayo

La zona del estudio se encuentra en la región del pacífico de Panamá, en la parte oriental de la provincia de Chiriquí y la comarca Ngäbe Bugle, específicamente en los corregimientos de Santa Cruz, Río Salado, Quebrada de Hacha y Calabazal. En el primer corregimiento mencionado se utilizó un huerto manejado por el método de agricultura biointensiva, de dos años y en los demás se construyeron huertos nuevos bajo este sistema. Las condiciones de estas áreas presentan una temperatura mínima de 22°C y una máxima de 32 °C, precipitaciones promedio de 1800 mm, altitud de 30 a 300 m. y con una humedad relativa promedio de 80 %.

3.2 Elaboración de composta:

Para la elaboración del abono orgánico las pilas de composta se construyeron con una medida de 1.5 m de ancho x 1.5 m de largo y con 1m de altura. Iniciamos colocando materia seca, luego materia verde y finalmente tierra (Cuadro 1). Las capas se colocaron de 20 cm de espesor para la materia seca y verde, la tierra se colocó con espesor de 2 cm; todo esto esparcido de manera uniforme y dándole forma cuadrada (Fotografía 1) y se colocaron 4 estacas de 1.20m de alto en cada esquina.

Cuadro 1. Materiales para la elaboración de las composteras según cada localidad

Material	Calabazal 1/3/2011	Santa Cruz 1/3/2011	Q. de Hacha 1/3/2011	Río Salado 1/3/2011
Seco	Aserrín, hoja de caña de azúcar, bagazo de caña de azúcar, hoja de plátano	Caña de maíz, hoja de plátano, pasto suazi, pasto cebolla, cascarilla de arroz carbonizada	Aserrín, hoja de plátano, pasto cebolla, hojarasca de arboles de nance, mango, Corotú, guaba,	Cascarilla de arroz, hojas secas de mango, naranjo, sapote
Verde	Vaina de guandú, hoja de caña de azúcar, hoja de yuca, pasto, estiércol de caballo, hojas de guácimo, guaba, macano y balo.	Hoja de maíz, seudo tallo de plátano,	Seudo tallo de plátano, hojas de guácimo, guaba, macano y balo.	Estiércol de vaca, gallinaza, hojas de mango, naranjo y guaba.
Otros	Agua y tierra	Agua, tierra, ceniza de fogón, roca fosfórica, cal y cascara de huevo de gallina.	Agua y tierra.	Agua, tierra, ceniza de fogón, carbón de leña y bebida fermentada de maíz.

Fuente: El Autor



Fotografía 1: Elaboración de la composta.

Fuente: El Autor

Así se continuó colocando las 3 capas antes mencionadas de acuerdo a los materiales que teníamos, por 7 veces en el mismo orden hasta completar las dimensiones del recipiente contenedor (Figura 1), después de cada capa se colocó la cantidad de 8 l de agua. En este caso, como algunos materiales tenían humedad, la cantidad de agua que se proporcionó fue para hacer ese ajuste adecuado y que los microorganismos hicieran su trabajo de descomposición y a la vez facilitar su reproducción.

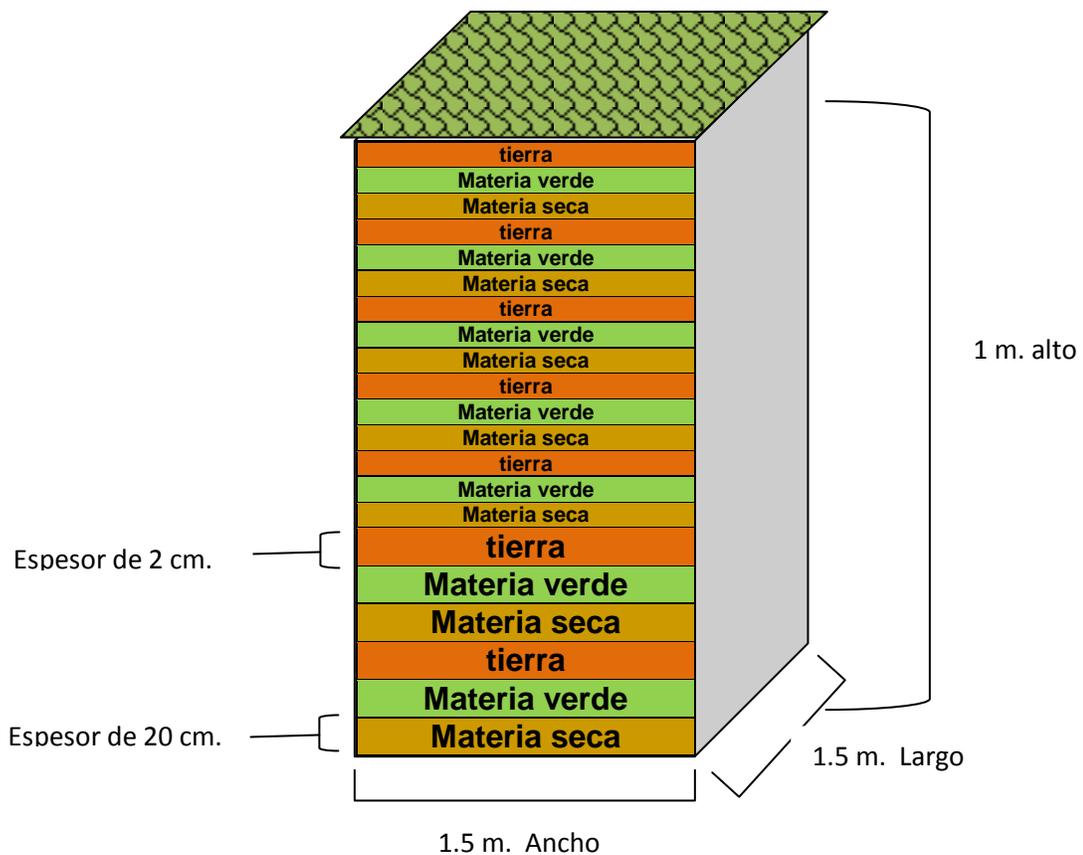


Figura 1. Ubicación de los materiales en las composteras.

Fuente: El Autor

Una vez construidas las composteras, se protegieron de las fuertes lluvias con hojas de plátano y plásticos. Durante los 15 primeros días se mantuvo la humedad de la pila y se volteó al mes y medio de construida. La cosecha de las compostas se realizó al tercer mes de elaborado.

3.3 Elaboración de huertos

El trabajo de campo para la investigación, consistió en escoger tres áreas nuevas donde se establecerían huertos biointensivos con el fin de ayudar a producir material para las composta, calorías y vitaminas para la nutrición de las familias indígenas y un huerto que ya tiene dos años de estar trabajando de forma biointensiva.

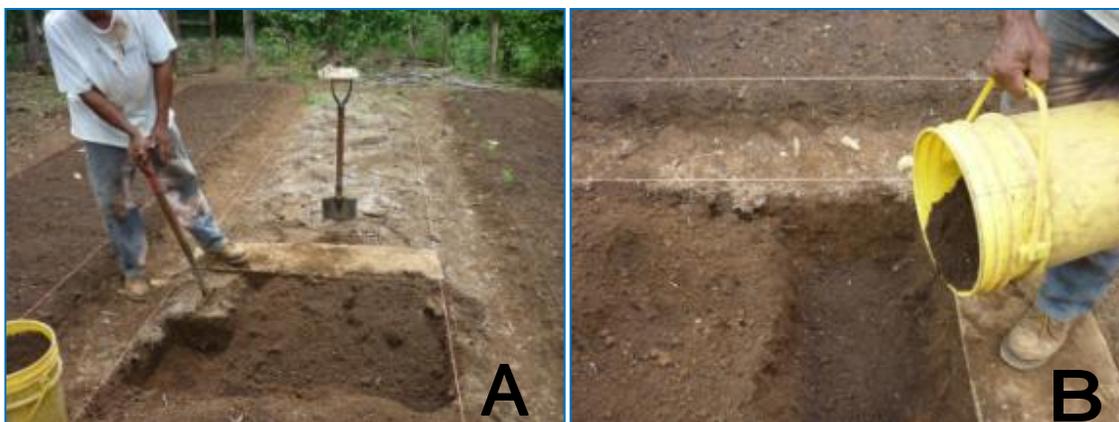
La construcción de los huertos se inicio escogiendo el terreno con base en las condiciones topográficas y orientadas de norte a sur para el mejor aprovechamiento del sol. Luego se realizó la demarcación de cinco camas o eras (fotografía 2) en cada huerto, para ello se utilizó: cinta métrica, estacas y una cuerda de nylon para hacer las medidas de 1.25 m de ancho y 8 m de largo, haciendo una área de 10 m²; seguidamente se procedió al desyerbado de las camas con machete a ras de suelo.



Fotografía 2. Marcación de eras.

Fuente: El Autor

Para la preparación profunda del suelo (60 cm de suelo suave: doble excavado) utilizamos un bieldo y una pala cuadrada, iniciamos a excavar la primera zanja, empezando en un extremo de la cama, para ello se construyó una zanja de 30 cm de profundidad por 125 cm de ancho de la cama (Fotografía 3 A).



Fotografía 3. Preparación de eras. A. Doble excavación y B. Aplicación de composta.

Fuente: El Autor

Nos colocamos encima de una tabla de 1 m de ancho por 50 cm de largo y 2 cm de grosor. Utilizando el cuerpo sobre el biello para penetrar y con la pala sacamos la tierra que guardamos en cubeta para hacer composta o almácigos. Seguidamente se aflojó el fondo de la zanja con el biello, pero no se extrajo el suelo, se aplicó 5 lb de composta aproximadamente (Fotografía 3 B).

Después se procedió a realizar la segunda, la tercera zanja y hasta la última zanja del extremo de la era bajo la misma metodología anteriormente descrita. Una vez finalizada la doble excavación de la cama, se procedió a nivelar la superficie con rastrillo y se realizó otra aplicación de 70 libras aproximadamente de composta por encima de la cama terminada, incorporándose este abono con el biello.

3.4 Transplante del almácigo

Para hacer el transplante, se remojó el almácigo y la cama un día antes, seguidamente se cortaron estacas delgadas, a diferentes distancias indicadas (cuadro 2) que utilizamos para la siembra de los cultivos. Después se procedió

a realizar la marcación en las camas en forma de tres bolillos (Fotografía 4 A.) guiándose con las estacas, según el cultivo a establecer con un palin de mano.

Cuadro 2. Datos de siembra por cultivo.

Cultivo	Semana en almacigo (n)	Distancia entre plantas (cm)
Arroz	2	10
Maíz	5 (días)	40
Acelga	4	25
Amaranto	4	20
Apio	6	15
Habichuela	1,5	25
Frijol	1,5	20
Lechuga	4	25
Ñampi	directo	40
Otoe	directo	90
Poroto	1,5	20
Tomate	6	50
Pimentón	5	40
Zucchini	3	40

Fuente: El Autor



Fotografía 4. Transplante. A. Siembra en 3 bolillos y A. Cobertura muerta.

Fuente: El Autor

Una vez terminado el trasplante de los cultivos procedimos a poner una cobertura muerta a base de pasto picado seco (Fotografía 4 B). Esta labor se hizo en horas tempranas de la mañana y las semillas que se utilizaron para los almácigos fueron de producción y obtención local bajo el sistema de agricultura orgánica.

La segunda fase consistió en el mantenimiento y seguimiento (figura 2) de cada huerto, que consistió en:

1. **Riego:** se efectuó dos veces, una el día del trasplante y otra al día siguiente, para todos los cultivos.
2. **Aplicación de cobertura muerta:** entre los cultivos, se realizó una sola vez para todos los cultivos y fue una semana después de haber realizado el trasplante.
3. **Limpieza de hierbas:** se realizó con las manos, una vez para los vegetales y granos y dos veces para las raíces.
4. **Tutorado:** se aplicó para los cultivos de tomate y habichuela, a los 20 días después de trasplantados.

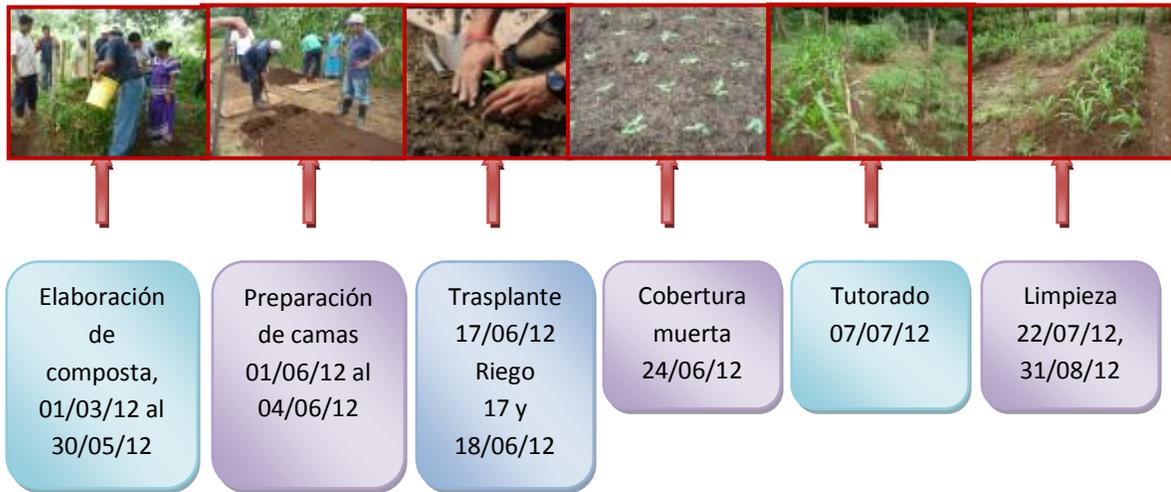


Figura 2. Actividades de seguimiento y mantenimiento de los huertos.

Fuente: El Autor.

Es muy importante mencionar que en todo el proceso no se realizaron aplicaciones de bioplaguicidas botánicos contra plagas y enfermedades.

3.5 Diseño de muestreo para análisis microbiológico y químico

Para la toma de muestras de suelo en cada huerto, se utilizó un barreno, cubetas, bolsas plásticas y marcador para codificar. Luego se decidió muestrear en tres de cinco camas (cuadro 3) al azar por cada huerto, ya que un huerto de los cuatro a evaluar no se había sembrado cultivos en dos de sus cinco camas.

Cuadro 3. Cultivos sembrados en camas muestreadas en huertos.

Huerto	Era 1	Era 2	Era 3	Era 4	Era 5
Calabazal	Maíz (<i>Zea mays</i>) Arroz (<i>Oryza sativa</i>)	Acelga (<i>Beta vulgaris</i>) Apio (<i>Apium graveolens</i>) Lechugas (<i>Lactuca sativa</i>)	Poroto (<i>Phaseolus vulgaris</i>) Amaranto (<i>Amaranthus</i> sp.)		
Santa Cruz	Tomate (<i>Lycopersicum</i> sp.) Pimentón (<i>Capsicum annum</i>)		Frijol (<i>Vigna</i> sp.) Maíz (<i>Zea mays</i>) Zucchini (<i>Cucúrbita pepo</i>)		Ñampi (<i>Colocasia esculenta</i>) Tomate (<i>Lycopersicum</i> sp.)
C. de Hacha	Tomate (<i>Lycopersicum</i> sp.)	Frijol (<i>Vigna</i> sp.) Tomate (<i>Lycopersicum</i> sp.)			Habichuela (<i>Phaseolus vulgaris</i>) Frijol (<i>Vigna</i> sp.)
Río Salado		Apio (<i>Apium graveolens</i>) Habichuela (<i>Phaseolus vulgaris</i>)		Frijol (<i>Vigna</i> sp.)	Otoe (<i>Xanthosoma</i> sp.)

Fuente: El Autor

Una vez separadas las camas según los anteriores criterios procedimos a la toma de muestra considerando que esta debe estar compuesta de varias submuestras y de igual tamaño. Es así como tomamos 24 submuestras por cada unidad de muestreo, colectadas en forma de zig-zag a cierta distancia sobre toda la superficie que se consideró homogénea.

3.6 Acondicionamiento de muestras

Se utilizó el barreno introduciéndolo primero a 10 cm de profundidad y luego 20 cm de profundidad. Cada submuestra extraída se introdujo a una cubeta plástica rotulada con la profundidad de muestreo. Las submuestras se mezclaron con la ayuda de la mano para tomar una muestra de 0,5 kg de suelo las cuales fueron colocadas en bolsas plásticas debidamente codificadas y

posteriormente enviadas al laboratorio. Para cada huerto se extrajeron dos muestras, una para los primeros 10 cm y la otra para los 20 cm de profundidad, en total se colectaron 8 muestras. Estas muestras las nombramos con la letra inicial de cada productor quedando de la siguiente forma:

1. Huerto de Daniel García = HDG
2. Huerto de Hojier Carrera = HHC
3. Huerto de Marta Bejerano = HMB
4. Huerto de Raúl García = HRG

Seguidamente con la tierra restante de cada colecta y a las dos profundidades de muestreo se unieron para sacar una muestra de 0,5 Kg de suelo por huerto para el análisis químico - físico; las cuales fueron enviadas al laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Panamá en la provincia de Chiriquí. Las muestras para el análisis microbiológico fueron enviadas al laboratorio de Biocontroladores del Centro de Investigación en Biotecnología de la Escuela de Biología del Instituto Tecnológico de Costa Rica, sede de Cartago.

3.7 Preparación de la muestra en laboratorio.

3.7.1. Técnicas para el cultivo de microorganismo en laboratorio

Las muestras colectadas e identificadas una vez en el laboratorio se realizaron los siguientes pasos:

- Se preparó la superficie de trabajo limpiándola con hipoclorito de sodio o alcohol al 70% señalado en el frasco rociador. Seguidamente se preparó una solución madre de 100gr de la muestra de suelos pesada en una balanza analítica y digital y transferida a un vaso de precipitado de 1 a 1.5 l. de capacidad, al que se añadió 900 ml de agua destilada y se agitó la muestra por 5 minutos.

- Una vez finalizada la agitación, se procedió a realizar las diluciones 1:10, 1:100 y 1:1000 en tubos de ensayo de aproximadamente 15 ml de capacidad, colocando 9 ml de agua destilada estéril y 1 ml de la solución madre para obtener la dilución 1:10, seguidamente se agitó y se tomó 1 ml de esta solución 1:10 y transfiriólo a un tubo de ensayo de 15 ml en el cual previamente se habían colocado 9 ml de agua destilada estéril para obtener la dilución 1:100; por último se tomó 1 ml de la solución 1:100 y se colocó en otro tubo de ensayo de 15 ml en el cual también previamente se habían colocado 9 ml de agua destilada y estéril para obtener la dilución 1:1000. Se agitaron las tres diluciones hasta homogenizarlas.
- Con la ayuda de una micro pipeta, se procedió a sembrar 0.5 ml de cada una de las diluciones realizadas sobre los medios selectivos colocados en platos de Petri uno a base de agar papa dextrosa (APD) y el otro de agar nutritivo (AN). Seguidamente los platos de Petri chorreadas se guardaron por espacio de 24 horas, en posición invertida en cámara climatizada de 28 a 30 °C. Posteriormente se realizaron observaciones a las 24 y 72 horas y entre los 10 y 15 días después de la siembra. Una vez crecidas las colonias se realizó el montaje y se observó al microscopio con 4, 10, 40 y 100X para su identificación.

Para la identificación de hongos se utilizo el Manual de Fintch and Fintch.

Y para la identificación de bacterias se procedió de la siguiente manera:

i. Prueba del KOH 3%

Una vez crecidas las colonias bacterianas en el medio de AN se depositaron dos gotas de KOH al 3% en un portaobjetos y con el asa bacteriológica estéril, se tomó una muestra de las colonias de bacterias que se deseaba analizar.

Se realizó una mezcla homogénea con las dos gotas de KOH y si al levantar el asa se formaba un hilo fino, entonces estábamos ante la presencia de una bacteria **Gram –** mientras que si no formaba el hilo entonces la bacteria es **Gram +**.

ii. Reacción de la Catalasa

También se procedió a la realización de la técnica denominada Reacción de la Catalasa, la cual consistió en depositar una gota de peróxido de hidrógeno (H_2O_2) sobre una lámina portaobjetos. Seguidamente y con la ayuda de un asa bacteriológica se tomó una pequeña muestra de la colonia de bacterias que se deseaba analizar y se colocó sobre la gota de peróxido de hidrógeno contenida en el portaobjetos. Si se observaba que hacía burbujas entonces la reacción es positiva, de lo contrario es negativa.

4 RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Resultados

Al efectuarse el análisis microscópico, para identificar la fauna microbiológica encontrada (ver anexo 1 y 2) a 10 cm y 20 cm de profundidad del suelo de los huertos biointensivos, se pudo observar que hay ocho tipos diferentes de microorganismos (cuadro 4) de los cuales cuatro son bacterias Gram negativas. Además se detectaron cuatro tipos de hongos, de los cuales dos géneros son patógenos de cultivos y los otros dos géneros son considerados microorganismos benéficos.

Cuadro 4. Identificación de microorganismos en los huertos biointensivos

Dominio	Genero	Funciones
Bacteria	<i>Azotobacter</i> sp.	Fijador de nitrógeno, promotor de crecimiento.
Bacteria	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Solubiliza fósforo, produce sustancias estimuladoras del crecimiento, limitando el crecimiento y desarrollo de los patógenos fúngicos.
Bacteria	<i>Azospirillum</i> sp.	Fijador de nitrógeno, solubiliza fosforo orgánico e inorgánico y promotor de crecimiento.
Bacteria	<i>Pseudomonas</i> sp.	Biodegradadores de aceites y grasas, solubiliza fosforo y moviliza potasio.
Hongo	<i>Levaduras</i>	Descomponedores de azúcar y carbohidratos.
Hongo	<i>Trichoderma</i> sp	Descompone lignina y celulosa, bioestimulante, biopesticida y biofertilizante
Hongo	<i>Fusarium oxysporum</i>	Patógeno o saprofito.
Hongo	<i>Pythium</i> sp	Patógeno o saprofito.

Fuente: El Autor

En el cuadro 5 que corresponde al primer muestreo de microorganismos a una profundidad de 10 cm, se comprueba la existencia de cuatro géneros de bacterias benéficas, de las cuales sobresale en todos los huertos el género *Azotobacter* haciendo un total de 111 UFC, seguido de *Azospirillum* sp. con 10 UFC y con menos incidencia *Pseudomonas fluorescens* y otro género de *Pseudomonas* sp con 7 y 6 UFC respectivamente, pero estas 3 últimas bacterias no aparecen en todos los huertos, una posibilidad puede ser porque los compuestos químicos que exudan las raíces modifican las poblaciones de bacterias, hongos, entre otros microorganismos. Además estudios cualitativos revelan cierto efecto selectivo en el sistema radical, al encontrarse una estimulación preferencial sobre los microorganismos Gram negativos, no esporulados (Acuña *et al.*, 2006). Por otro lado a esta profundidad se encontraron en dos huertos, levaduras que hicieron un total de 19 UFC.

Cuadro 5. Conteo de Unidades Formadoras de Colonia (UFC) a 10 cm de profundidad.

Microorganismos	Huertos				Total
	HDG10	HHC10	HMB10	HRG10	
<i>Azotobacter</i> sp.	16 UFC	26 UFC	60 UFC	9 UFC	111
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	6 UFC	1 UFC	----	----	7
<i>Azospirillum</i> sp.	----	10 UFC	----	----	10
<i>Pseudomonas</i> sp.		----	6 UFC	----	6
Levaduras	6 UFC	----	13 UFC	----	19

Fuente: El Autor

En el cuadro 6 se evidencia la aparición, en los huertos, de más diversidad de géneros de hongos que bacterias a una profundidad de 20 cm (cuadro 6). En este caso el hongo *Trichoderma* sp. presentó un total de 54 UFC, seguido de las levaduras que aparecen colonizando más a esta profundidad con 25 UFC y las que menos colonias presentaron fueron los patógenos *F. oxysporum* y *Pythium* sp con 1UFC para cada uno, aunque eventualmente *F. oxysporum* puede ser considerado un microorganismo descomponedor y no patogénico. Importante mencionar que estos tres últimos hongos no están presente en

todos los huertos. Por otro lado, en el caso de las bacterias, la especie *Azotobacter* sp. sigue prevaleciendo en todos los huertos con un total de 115 UFC, seguido por *P. florescens* con 27 UFC y *Azospirillum* sp. con 8 UFC, aunque estos dos últimos géneros de bacterias no están presentes en todos los huertos.

Cuadro 6. Conteo de Unidades Formadoras de Colonia (UFC) a 20 cm de profundidad.

Microorganismos	Huertos				Total
	HDG20	HHC20	HMB20	HRG20	
<i>Azotobacter</i> sp.	10 UFC	7 UFC	35 UFC	63 UFC	115
<i>Pseudomonas florescens</i>	24 UFC	---	3 UFC	----	27
<i>Azospirillum</i> sp.	----	8 UFC	----	----	8
<i>Levaduras</i>	----	8 UFC	17 UFC	----	25
<i>Trichoderma</i> sp.	6 UFC	---	34 UFC	14 UFC	54
<i>Fusarium oxysporum</i>	----	---	----	1 UFC	1
<i>Pythium</i> sp.	----	---	1 UFC	----	1

Fuente: El Autor

El cuadro 7 presenta la riqueza nutricional que existe en los diferentes huertos y además proporciona el dato en porcentaje de la materia orgánica existente, después de haber preparado las eras con composta. De los 4 huertos biointensivos el huerto HHC, presenta la mayor cantidad de materia orgánica en el suelo con un 6,70%, seguido por el huerto HMB con 4,47 %, después el huerto HRG con un 4,07% y el huerto que presentó el menor contenido de materia orgánica fue HDG con 2,63%. También podemos destacar de este análisis el valor del pH de todos los huertos, donde el huerto HHC presenta un pH ácido de 5,9 (el valor más alto) y el huerto HMB presenta un pH muy ácido de 4,7 (el valor más bajo).

Cuadro 7. Análisis químico de suelo de los cuatro huertos evaluados

Huerto	pH (H ₂ O)	Mat. Org.	N	P	K	Fe	Cu	Mn	Zn	Ca	Mg	Al
	(1:2.5)	%	ppm= (mg/L)= (mg/Kg)							Meq/100g		
HDG	5,1	2,63	0.13	5,13	97,6	40,7	0,6	53,7	2,0	35,37	2,05	0,15
HHC	5,9	6,70	0.33	212,20	206,1	1,5	0,7	49,6	11,3	93,65	2,65	0,55
HMB	4,7	4,47	0.22	4,38	41,2	39,1	1,0	51,7	1,4	27,59	1,24	0,20
HRG	5,0	4,07	0.20	6,42	188,7	42,4	0,6	46,6	5,3	67,56	4,97	0,15

Fuente: El Autor

4.2 Discusiones

La actividad microbiana es especialmente intensa en torno a la rizosfera. Cuando los residuos vegetales vuelven al suelo, esta población microscópica desdobra sus moléculas si las condiciones del suelo son favorables para esa descomposición. Los materiales remanentes después de la descomposición son dióxido de carbono, agua; nitratos, fosfatos, sulfatos y sales de calcio, magnesio y potasio, así como también muchos elementos en pequeñas cantidades. (McCalla, 1963, Ramírez *et al.*, 2006).

Que se haya encontrado más diversidad de bacterias fijadoras de nitrógeno en los primeros 10 cm en los huertos biointensivos, encabezadas por *Azotobacter* sp., indica que hay condiciones aeróbicas favorables para desarrollarse y una disponibilidad de este nutrimento en el suelo en parte por aporte de ellas mismas, que es muy bueno para los cultivos y esto se determina en el análisis químico – físico (cuadro 7) que presentó valores altos expresados en porcentaje que van de 0.13 a 0.33 de N₂ en el suelo.

Para hablar de sostenibilidad de la materia orgánica en los suelos debe haber más presencia de poblaciones equilibradas de bacterias, hongos, actinomicetos y otros microorganismos, ya que la literatura reporta que hay mayor presencia de bacterias por disponibilidad de algunos elementos y que se relacionan con el análisis químico – físico (ver anexo 3), necesarios para su metabolismo, como

nitrógeno, calcio y magnesio, una baja acidez, altos contenidos de materia orgánica y mayor disponibilidad de oxígeno, hay una descomposición más rápida de la materia orgánica en el suelo (Acuña *et al.*, 2006).

Por otro lado que haya hongos como *Trichoderma* sp. en estos huertos nos indican que aparte de descomponer materia orgánica y que están presentes cuando hay materiales más ricos en lignina y celulosa, es que este hongo crece a medida que lo hace el sistema radicular del vegetal con el que se encuentra asociado, alimentándose de los productos de desecho y de exudados que excreta la planta. Esta a su vez se beneficia al poder colonizar mayor cantidad de suelo gracias al sistema de hifas del hongo, aumentando considerablemente de esta manera el crecimiento de la planta (Galeano, 2009). También este hongo es promotor del desarrollo vegetativo, pues promueve el desarrollo de raíces debido a la secreción de fitohormonas, lo que permite, debido al incremento de masa radicular, una mejor asimilación de nutrientes y de humedad, aumentando la resistencia frente a situaciones de estrés biótico y ataques de patógenos (Infante *et al.*, 2009).

Tal vez por ello los géneros encontrados como *Fusarium oxysporum* y *Pythium* sp. están poco desarrollados a esas profundidades por presentarse hongos benéficos como *Trichoderma* sp. ya que este posee diferentes modos o mecanismos de acción que le permiten el control de los fitopatógenos. El *Fusarium oxysporum* reportado es un hongo saprófito y un hongo patogénico, pero en este caso cuando no afecta a las plantas, sobrevive mucho tiempo sobre la materia orgánica. (Garcés, 2001).

Cuando el suelo es cultivado se somete a cambios en las cantidades y calidades de la materia orgánica, en los regímenes de temperatura, en la humedad del suelo y en los procesos biológicos que afectan la descomposición y dinámica de la materia orgánica. La labranza del suelo incrementa la oxidación de la materia orgánica al destruir los agregados del suelo, exponiendo

nuevas superficies al ataque bacterial y cambiando las condiciones redox dentro del perfil (Castro, 1995; Ramírez *et al.*, 2006).

Al comparar las compostas que se utilizaron para abonar los huertos biointensivos, vemos que los diferentes tipos de materiales han influido para que aparezcan bacterias y hongos benéficos. Por ejemplo, algo que pudo haber influido en la aparición de más UFC hongos es que el huerto HHC en los dos años de aplicación de composta esta se cierne, mientras las de los otros huertos la aplicamos sin cernir; es decir que al cernir se minimizan las partículas que son ricas en lignina y celulosa, por tal en estas partículas quedan materiales valorados por las bacterias que dan como resultados su alimentación. Por otro lado, que el huerto HHC tenga exceso del elemento fósforo hace que haya menos microorganismos como *Azospirillum* sp. y *Trichoderma* sp. que son solubilizadores de este nutrimento.

Finalmente, en la parte nutricional se ve un mejoramiento en la disponibilidad de nutrientes; es el caso del huerto HHC debido a que por dos años se ha estado aplicando composta por lo tanto hay un mejoramiento en el pH, ya que los suelos de esa área tienden a tener pH muy ácidos. Además por tener un pH de 5,9 hay mejor disponibilidad de elementos para los cultivos como nitrógeno, fosforo, potasio, magnesio, calcio manganeso y cinc.

5 CONCLUSIONES

1. Las características del suelo y el método de agricultura biointensiva influyen sobre la diversidad y la abundancia del componente microbiano del suelo.
2. En este estudio la presencia de más UFC de bacterias que de hongos puede relacionarse con una descomposición más rápida de la materia orgánica y por ende menos sostenibilidad de la misma en el suelo.
3. En los muestreo a 10 y 20 cm de profundidad, se determinó que la bacteria del género *Azotobacter* estuvo presente en todos los huertos biointensivos.
4. En ambas profundidades muestreadas se presentan más UFC de bacterias benéficas fijadoras de nitrógeno que de hongos benéficos, las cuales son promotoras del crecimiento radicular, solubilizadoras de fósforo y biopesticidas.
5. El hongo *Trichoderma* sp. y las levaduras se presentaron en 3 de 4 huertos que utilizaron composta no cernida, presentando más UFC a la profundidad de 20 cm de el suelo
6. El huerto HHC fue el que presentó el mayor contenido de materia orgánica, así como el mejor pH, debido a que se le ha aplicado composta por dos años.
7. El aprendizaje a través de la práctica desarrollada a los agricultores sobre el método de agricultura biointensiva a través del experimento, permitió que desarrollen destrezas para la instalación y mantenimiento de un huerto familiar.

6 RECOMENDACIONES

Continuar con la investigación de la sostenibilidad de la materia orgánica en los sistemas de cultivos biointensivos es vital con el fin de comprender la diversidad de microorganismos del suelo, así como los materiales que se utilizan para hacer las compostas y que intervienen en la dinámica. Para futuras investigaciones es importante tomar en cuenta los siguientes aspectos:

1. La sostenibilidad de la materia orgánica en los huertos biointensivos puede estar ligada a un equilibrio de microorganismos descomponedores de la materia orgánica. Es importante ampliar la caracterización a microflora, microfauna, mesofauna y a macro y megafauna.
2. Se deben realizar muestreos para análisis microbiológicos y químicos, estudios para la macrofauna antes de establecer el huerto y antes de cada siembra, con el fin de comparar la dinámica de la materia orgánica, la retención del carbono y las emisiones o producciones de CO₂.
3. Con el fin de obtener resultados exactos en los estudios, las compostas elaboradas deberán manejarse y medirse de acuerdo a la relación C/N y medición de temperaturas, para evaluar cada material y la mezcla en las cantidades adecuadas que al momento de arrancar la fermentación sea la óptima para la presencia de la diversidad de microorganismos descomponedores.

7 BIBLIOGRAFÍA

- Acuña O.; Peña W.; Serrano E.; Pocasangre L.; Rosales F.; Delgado E.; Trejos J. & Segura A. 2006. Importancia de los microorganismos en la calidad y salud de suelos bananeros. *In* Soprano E.; Tcacenco FA.; Lichtemberg LA.; Silva, MC. Eds. En Memorias de ACORBAT, Joinville, Santa Catarina, Brazil, 20 al 26 Octubre, p. 222 - 233.
- Álvarez de la Puente JM. 2007. Manual de Compostaje para Agricultura Ecológica. Edita Junta de Andalucía, Consejería de agricultura y pesca. Diseño y producción: Albanta creativos, s.l. 45p.
- Arauz F. 2003. Abonos Orgánicos: principios, aplicaciones e impacto en la agricultura: Utilización de abonos orgánicos en el combate de enfermedades de plantas. Ed. G Meléndez. CIA-UCR, CATIE, ACCS. San José, Costa Rica. p. 74-83.
- Galeano, M., Méndez, F., Urbaneja, A. 2009. Efecto de *Trichoderma Harzianum* RIFAI (CEPA T-22) sobre cultivos hortícolas. Koppert Biological Systems. Murcia, España. Consultado 8 dic. 2011. Disponible en:
http://www.koppert.nl/fileadmin/user_upload/Overig/Koppert/Koppert.nl/PDF/ES/trianum/HORTICOLAS_SEMILLEROS.pdf
- Garcés de Granada, E., Orozco de Amézquita, M., Roció, G., Valencia, H. 2001. *Fusarium oxysporum* El Hongo que nos falta conocer. Facultad De Ciencias Universidad Nacional. Acta Biológica Colombiana: 6 (1): 7 - 25
- Gómez, Y. González, M., Chiroles, S. 2004. Microorganismos presentes en el compost. Importancia de su control sanitario (en línea). Revista

electrónica de la agencia de medio ambiente Cubana. Consultado 8 ago. 2011. Disponible en: www.medioambiente.cu/revistama/7_01.asp

- González Bayón, R. 2003. Reciclaje de nutrientes: aspectos prácticos. Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical, “Alejandro de Humboldt”, (INIFAT). La Habana, CU. Consultado 6 ago.2011. Disponible en <http://dc385.4shared.com/doc/LMm3dc3w/preview.html>
- Infante, D., Martínez, B., González, N. y Reyes, Y. 2009. Mecanismos de acción de *Trichoderma* frente a hongos fitopatógenos. Revista de Protección Vegetal. 24 (1): 14-21.
- Jeavons, J. 2002. Cultivo biointensivo de alimentos, mas alimentos en menos espacio. Eds. JM Martínez Valdez; A Guzmán Salinas. Trad. W Castillejos. Ecology Action, Willits, California, US. 261p. 6 ed.
- Julca, A. Meneses L., Blas R., Bello S. 2006. La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. Universidad de Tarapacá. Facultad de Ciencias Agronómicas. Arica. Chile. 24 (1): 49-61
- Labrador J. 2009. Manejo del suelo en los sistemas agrícolas de producción ecológica. Edita la Junta de Andalucía y la Sociedad Española de Agricultura Ecológica. Andalucía, España. 52p. 1 ed.
- Leganés, F. Carreres, R. González, R., Nieva M., Quesada A., Sendra, J. Fernández Valiente, E. 2001. Effect of phosphate fertilisation, straw incorporation, insecticide application and inoculation with cyanobacteria on rice productivity. Dpto. del Arroz, Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. Valencia, España. 16 (2), 274-281

- Noboa, D. y Clavijo O. 2009. Evaluación del método biointensivo como manejo sustentable del recurso suelo en la comunidad Los Lavaderos-Ambuquí. Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador. 118p.
- Porcuna, J., Gaude, M. Castejon, P., Rosello, J., Oliver, A. 2010. Guía de agricultura ecológica de cultivos hortícolas invernaderos. Edita Federación de Cooperativas Agrarias de la Comunidad Valenciana. Valencia, España 114p.
- Ramírez, R., Trujillo, P. y Rivera, B. 2006. Identificación y cuantificación de la actividad microbiana y macro fauna de un andisol bajo diferentes sistemas de manejo, en el municipio de marinilla (Antioquia). Escuela de Geociencias, Universidad Nacional de Colombia.
- Ribó M. 2004. Balance de macronutrientes y materia orgánica en el suelo de agrosistemas hortícolas con manejo integrado ecológico. Edita Universidad de Valencia. Valencia, España. 175p.
- Sánchez de Prager, M; Gomes López, ED. 2001. La fruticultura orgánica en el Cauca, Colombia -Un manual para el campesinado: Manejo de recursos biológicos como activadores de la fertilidad del suelo en frutales. Ed. J Pohlan. ECOSUR. Tapachula, México. 314p.
- _____. 2001. La fruticultura orgánica en el Cauca, Colombia -Un manual para el campesinado: El suelo – un sistema vivo. Ed. J Pohlan. ECOSUR. Tapachula, México. 314p.
- SEMARNAT (secretaria de medio ambiente y recursos naturales). 2010. El huerto familiar biointensivo. Edita Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable. Mexico, D.F. 44p.

- SoCo (Sustainable agriculture and soil-conservation). 2009. Pérdida de materia orgánica. Comunidades Europeas. Consultado 2 jun. 2011. Disponible en <http://soco.jrc.ec.europa.eu>.
- Torres M. y Martínez J. 2010. Método de mini cultivo sustentable biointensivo. Editado por Ecology Action. CA. Estados Unidos. 204p.
- Uribe Lorío, L. 2003. Abonos Orgánicos: principios, aplicaciones e impacto en la agricultura: Calidad microbiológica e inocuidad de abonos orgánicos. Ed. G Meléndez. CIA-UCR, CATIE, ACCS. San José, Costa Rica. p. 165-182
- Zagal E. y Córdova C. 2005. Indicadores de Calidad de la Materia Orgánica del Suelo en un Andisol Cultivado. Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía. Av. Vicente Méndez 595, Chillán, Chile. Consultado 10 set. 2011. Disponible en: <http://www.inia.cl/at/agritec.htm>.

ANEXOS

Anexo 1. Microorganismos encontrados a 10 cm de profundidad



HHC



HDG



HRG



HMB

Fuente: El Autor

Anexo 2. Microorganismos encontrados a 20 cm de profundidad



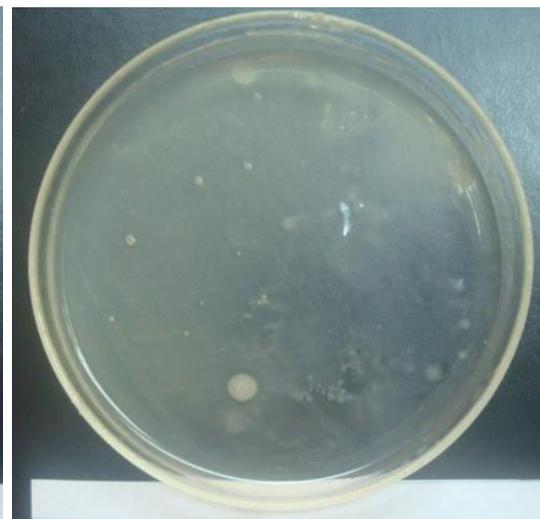
HRG



HMB



HHC



HDG

Fuente: El Autor

Anexo 3. Análisis de suelo



UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS
LABSA
labsa.fca.up@gmail.com

ANÁLISIS DE SUELO



LIC LILIANA L. ESCALANTE
Química Analista Especializada
Reg. 218 ID 0019

ATENCIÓN: ING. GEOVANI OSTÍA
LUGAR: ORIENTE, CHIRIQUÍ
FECHA: 10 DE OCTUBRE DE 2011

N°	Arenas y Limos (%)		pH (H ₂ O) (1:2.5)	CLAF. TEXTURAL	P	K	Fe (ppm)	Cu (mg/kg)	Mn	Zn	Ca	Mg	Acidez (mEq/100g)	Al	Mat.Org. (%)
	Arcilla	Limosa													
1	24,9	53,5	5,1 mA	Franco Arc. Arenoso	5,13	97,6	40,7	0,6	55,7	2,0	35,37	2,05	0,55	0,15	2,63
2	21,3	63,1	5,9 A	Franco Arc. Arenoso	212,20	206,1	1,5	0,7	49,6	11,3	93,65	2,65	1,15	0,55	6,70
3	31,3	54,6	4,7 mA	Franco Arc. Arenoso	4,38	41,2	39,1	1,0	51,7	1,4	27,59	1,24	0,90	0,20	4,47
4	21,1	61,1	5,0 mA	Franco Arc. Arenoso	6,42	188,7	42,4	0,6	46,6	5,3	67,56	4,97	0,80	0,15	4,07

mA= Muy Ácido A= Ácido N= Neutro a= alto m= medio b= bajo

pA= Poco Ácido

IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS

1	S-470	M-1	HDG	Calabazal, Halo Corotú
2	S-471	M-2	HHC	Santa Cruz, Las Lajas
3	S-472	M-3	HMB	Cabeceira de Hacha, Nomonoti
4	S-473	M-4	HRG	Río Salado, Lajero

2011: "Año de la Consolidación de la Democracia Universitaria"
Gracias por preferir los servicios de este laboratorio
Chiriquí Tel.: 772-9064, 772-9065, Fax.: 772-9063

Fuente: LABSA, Universidad de Panamá.