



Vicerrectoría de Investigación y Postgrado  
Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología  
Programa de Maestría en Ciencias Biológicas.

**TESIS**

Sometida para optar al título de Maestría en Ciencias Biológicas,  
con Orientación en Zoología

El Estudiante: JORGE LUIS GUTIERREZ VASQUEZ Cédula: 8 -327-571

Título de la Tesis:

*"Efectos de la Materia Orgánica (m.o.) y el pH, sobre la Fauna de Collembola, en Sue-  
los de Vocación Arrocera en Panamá"*

APROBADO POR:

**Doctor Bruno Zachrisson**  
Presidente

**Magister Benjamin Name**  
Miembro

**Magister Roberto Cambra**  
Miembro

REFRENDADO POR:

**REPRESENTANTE DE LA VICERRECTORÍA  
DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO**

FECHA: 25 de nov. 2010

**UNIVERSIDAD DE PANAMÁ  
VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y POST GRADO  
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS  
ORIENTACIÓN EN BIOLOGÍA ANIMAL**

**Efectos de la Matena Orgánica (m o ) y el pH sobre la Fauna  
de Collembola en Suelos de Vocación Arrocera en Panamá**

**Por**

**Jorge Luis Gutiérrez Vásquez**

**8-327 571**

**Tesis Presentada como uno de los Requisitos para Optar al Grado  
de Maestría en Ciencias con Orientación en Biología Animal**

**Panamá Republica de Panamá**

**ANO 2010**

## DEDICATORIA

Este trabajo de investigación lo dedico a mi esposa Doris, y a mi hijo Jorge Luis, quienes me apoyaron de manera incondicional, a pesar que la misma fue realizada durante un periodo donde ellos más necesitaban que les dedicase tiempo y apoyo, y sin embargo, pudieron comprenderlo; a ellos gracias.

## **AGRADECIMIENTO**

Expreso mi eterno agradecimiento a todas las personas como a las instituciones que me brindaron su apoyo para hacer posible el desarrollo de este proyecto de tesis de Maestría brindándome la oportunidad de explorar nuevos horizontes en la investigación

### **INSTITUCIONES**

Al proyecto de Entomofauna de Collembola en suelos de vocación arrocera coordinado por el Dr Bruno Zachrisson por el apoyo económico equipo e infraestructura brindado durante el desarrollo de esta tesis

Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP)

Universidad de Panamá Departamento de Zoología Facultad de Ciencias Naturales Exactas y Tecnología

Asociación Panameña para el Avance de la Ciencia (APANAC)

Secretaría Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación (SENACYT)

### **TUTORES**

**Dr Bruno Zachrisson** Investigador Agrícola Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) CIAOr

### **ASISTENCIA TÉCNICA**

**Sr Onesio Martinez** Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) CIAOr

**Lic Gregorio Aranda** Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) CIAOr

**Pamela Polanco** Estudiante de la Escuela de Biología Facultad de Ciencias Naturales Exactas y Tecnología Universidad de Panamá

**Ing Lwonel Agudo M Sc** Investigador Agrícola Laboratorio de Análisis de Suelo Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) CIAC

**Dr José Villarreal** Investigador Agrícola Laboratorio de Análisis de Suelo  
Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) CIAC

**Ing Agr José Quintero** Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá  
(IDIAP) CIAOc

**Ing Agr Román Gordón MSc** Instituto de Investigación Agropecuaria de  
Panamá (IDIAP) CIAA

**Dr Juan Jaén** Director de Investigación y Post Grado Facultad de Ciencias  
Naturales Exactas y Tecnología Universidad de Panamá

**Dr Carlos Ramos** Coordinador de la Maestría en Ciencias Biológicas Facultad  
de Ciencias Naturales Exactas y Tecnología Universidad de Panamá

**Dra Yolanda Águila** Departamento de Zoología Facultad de Ciencias  
Naturales Exactas y Tecnología Universidad de Panamá

**Profesora Josefina P de Correa** Departamento de Zoología Facultad de  
Ciencias Naturales Exactas y Tecnología Universidad de Panama

**Profesor Miguel Avilés** Departamento de Zoología Facultad de Ciencias  
Naturales Exactas y Tecnología Universidad de Panamá

**Profesora Mónica Contreras** Departamento de zoología Facultad de Ciencias  
Naturales Exactas y Tecnología Universidad de Panamá

**Sr Cesar Chavarría** Propietano de finca arrocera Barro Blanco Bugaba  
provincia de Chiriquí Panamá

**Sr Vidal Pino** Propietano de finca arrocera Dos Bocas Ocu provincia de  
Herrera Panamá

**Sr Diego Hurtado** Propietano de finca arrocera Conagro Tocumen provincia  
de Panamá Panamá

## ÍNDICE GENERAL

	Páginas
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice General.....	v
Índices de Cuadros y Gráficas.....	viii
Resumen.....	xi
Introducción.....	xiii
Hipótesis.....	xvi
 <b>CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.</b>	
1.0. Características generales de los Collembola.....	2
1.1. Biología de los Collembola.....	2
1.2. Distribución de los Collembola.....	3
1.3. Los colémbolas, como indicadores biológicos de materia orgánica y pH, del suelo.....	4
1.3.1. Función del orden Collembola en el suelo.....	4
1.4. Caracterización de Collembola como bioindicador de materia orgánica y pH.....	6
1.5. Degradación de los agroecosistemas y su impacto sobre los organismos del orden Collembola.....	8
 <b>CAPÍTULO 2: MATERIALES Y MÉTODOS.</b>	
2.1. Área experimental.....	11
2.2. Colecta y análisis de las muestras de suelo.....	11
2.2.1. Análisis materia orgánica y pH, de las muestras de suelo....	11

2.3. Colecta, procesamiento e identificación de individuos de Collembola.....	12
2.3.1. Colecta de material.....	12
2.3.2. Procesamiento y montaje de los Collembola.....	13
2.3.3. Identificación de las familias de Collembola.....	13
2.3.4. Determinación de las familias y géneros bioindicadores de materia orgánica y pH.....	13
2.4. Diseño experimental.....	14
2.5. Análisis de índices ecológicos.....	14
2.5.1. Sistematización de datos.....	14
2.5.2. Índices de diversidad y abundancia.....	14
2.6. Análisis estadístico.....	15

### **CAPÍTULO 3: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.**

3.1. Efecto de las variables edáficas (materia orgánica y pH), sobre la distribución de las familias de Collembola (Entognatha).....	18
3.2. Abundancia relativa (%) de las familias de Collembola (Entognatha)	20
3.3. Índices de diversidad ecológica.....	22
3.3.1. Índices de Shannon-Wiener ( $H'$ ).....	22
3.3.2. Diversidad entrópica de Brooks & Wiley ( $H$ ).....	23
3.3.3. Similaridad de Sorensen ( $Q_s$ ).....	24
3.4. Correlaciones establecidas entre las familias de Collembola (Entognatha) y las variables materia orgánica y pH, para el conjunto de las áreas estudiadas.....	24
3.5. Efecto del estado fenológico del cultivo, sobre la relación entre las variables edáficas (materia orgánica y pH) y las familias de Collembola (Entognatha).....	26

3.6. Determinación del género sensible a las variables edáficas (materia orgánica y pH).....	28
3.7. Comportamiento de <i>Salina</i> (Collembola: Paronellidae), relacionado a las áreas muestreadas.....	31
3.8. Asociación de la materia orgánica y el pH, sobre la población de <i>Salina</i> (Collembola: Paronellidae), para las áreas de vocación arroceras de Panamá.....	32
Conclusiones.....	35
Recomendaciones.....	37
Referencias bibliográficas.....	39
Anexos.	

## ÍNDICE DE CUADROS

	Páginas
<b>Cuadro 1</b> Peso específico de las variables edáficas (materia orgánica y pH) determinadas en los suelos de vocación arroceras en las localidades de Barro Blanco Bugaba provincia de Chiriquí Dos Bocas Ocu provincia de Herrera y Tocumen provincia de Panamá Panamá	18
<b>Cuadro 2</b> Promedio de las variables materia orgánica y pH para las localidades de Barro Blanco Bugaba provincia de Chiriquí Dos Bocas Ocu provincia de Herrera y Tocumen provincia de Panamá Panamá	19
<b>Cuadro 3</b> Abundancia relativa (%) de las familias de Collembola (Entognatha) representadas en las localidades de Barro Blanco Bugaba provincia de Chiriquí Dos Bocas Ocu provincia de Herrera y Tocumen provincia de Panamá Panamá	20
<b>Cuadro 4</b> Numero de individuos y abundancia relativa (%) de las familias de Collembola (Entognatha) en la localidad de Barro Blanco Bugaba provincia de Chiriquí Dos Bocas Ocu provincia de Herrera y Tocumen provincia de Panamá Panamá	21
<b>Cuadro 5</b> Índice de diversidad de Shannon Weiner (H) de las localidades de Barro Blanco Bugaba provincia de Chiriquí Dos Bocas Ocu provincia de Herrera y Tocumen provincia de Panamá Panamá	22
<b>Cuadro 6</b> Índice de diversidad entrópica de Brooks & Wiley (H) para el orden Collembola (Entognatha) en las localidades muestreadas	23
<b>Cuadro 7</b> Coeficiente de similitud de Sorensen ( $Q_s$ ) entre las localidades de Barro Blanco Bugaba provincia de Chiriquí Dos Bocas Ocu provincia de Herrera y Tocumen provincia de Panamá Panamá	24
<b>Cuadro 8</b> Correlaciones estadísticas entre las familias de Collembola (Entognatha) y las variables materia orgánica y pH para las áreas experimentales de Panamá	25

<p><b>Cuadro 9. Efecto del estadio fenológico del cultivo del arroz, sobre la correlación entre las familias de Collembola (Entognatha) y las variables edáficas (materia orgánica y pH), para las localidades de Barro Blanco, Bugaba, provincia de Chiriquí, Dos Bocas, Ocú, provincia de Herrera y Tocumen, provincia de Panamá, Panamá. ....</b></p>	<p><b>27</b></p>
<p><b>Cuadro 10. Distribución de <i>Salina</i> (Collembola: Paronellidae), en las localidades de Barro Blanco, Bugaba, provincia de Chiriquí, Dos Bocas, Ocú, provincia de Herrera y Tocumen, provincia de Panamá, Panamá. ....</b></p>	<p><b>28</b></p>

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

	Páginas
Gráfica 1 Comportamiento de la materia orgánica por estadio del cultivo y por localidad experimental para Panamá	29
Gráfica 2 Comportamiento del pH por estadio del cultivo y localidad experimental para Panamá	29
Gráfica 3 Comportamiento de la población de <i>Salina</i> (Collembola Paronellidae) por estadio del cultivo y por localidad experimental para Panamá	30
Gráfica 4 Relación de semejanza entre las áreas experimentales basada en los datos de materia orgánica y pH a los 50 D D S (etapa de floración)	31
Gráfica 5 Relación entre <i>Salina</i> (Collembola Paronellidae) materia orgánica y pH en las áreas experimentales para Panamá	33

## RESUMEN

Este estudio, tuvo como objetivos establecer la relación entre materia orgánica y pH, con las familias de Collembola (Entognatha). Además, se identificaron las familias y géneros, sensibles a la variación de materia orgánica y pH, en suelos de vocación arrocera, en Panamá. Las muestras de Collembola fueron obtenidas mediante trampas pitfall. Los especímenes colectados, pertenecientes a nueve familias del orden Collembola, fueron separadas y transferidas a viales con alcohol al 70% para montarse posteriormente en placas, rotuladas con la fecha y localidad de colecta. La identificación taxonómica de las muestras se realizó a nivel de familias. En el caso de la familia Paronellidae, la identificación se realizó a nivel de género. El efecto significativo, de las variables materia orgánica y pH, sobre la entomofauna de Collembola, se determinó a través del análisis de componentes principales. Además, se determinaron los índices de diversidad, diversidad entrópica y de similaridad entre localidades, a través de los índices ecológicos de diversidad de Shannon-Wiener (H'), diversidad entrópica de Brooks & Wiley (H), y el coeficiente de similaridad de Sorensen (Q<sub>s</sub>). La correlación entre cada familia de Collembola con la materia orgánica y el pH, se estableció a través del coeficiente de correlación de rangos de Spearman. Las diferencias significativas entre familias de Collembola, materia orgánica y pH, de los estadios y localidades experimentales, se determinó utilizando las pruebas Z (modificación de U Mann-Whitney), U Mann-Whitney, Kruskal-Wallis. Los resultados obtenidos, indicaron que la materia orgánica y el pH, son los factores físico-químicos edáficos, con el mayor efecto sobre la comunidad de Collembola, para las áreas destinadas al cultivo de arroz. El área menos impactada por el uso del suelo fue Dos Bocas, Océ, provincia de Herrera, la cual resultó ser la más diversa y más estable. La familia Paronellidae, presentó potencial como posible bioindicadora de cambios de pH. Las áreas de Dos Bocas, Océ, provincia de Herrera y Tocumen, provincia de Panamá, presentaron mayor asociación entre el pH y la población de *Salina*, para las áreas muestreadas. El género *Salina* (Collembola: Paronellidae), presentó características, como un potencial agente bioindicador de cambios en el pH, en suelos de vocación arrocera de Panamá. No obstante, es necesario verificar la relación entre la materia orgánica para las localidades estudiadas y su relación con los macro y micronutrientes.

## ABSTRACT

The objectives of this study were to establish the relationship between the organic material and pH in families of Collembola Families and genera were identified for their sensitiveness on the variation of the organic material and pH of the soil used for rice cultivation in Panama. Samples of Collembola were obtained using pitfall traps. Specimens collected belong to nine families from the order Collembola separated and transferred to vials containing alcohol 70% mounted later on slides then labeled with date and sites of collection. Taxonomy identification of samples was done at the family level. The Paronellidae family was identified to the genus level. The significant effect of the variable organic material and pH on the entomofaunal of Collembola was determined analyzing its principal components. The index of diversity, the entropic diversity and similarities among the sites were determined using the ecological index parameters of Shannon Wiener (H), entropic diversity of Brooks & Willey (H) and the coefficient of similarity of Sorensen (Qs). Correlation among families of Collembola with the organic material and pH was established through the correlation range of Spearman. The significance differences among families of Collembola, the organic material, pH stages and experimental sites were determined using the Z Test (Modification of U Mann Whitney), U Mann-Whitney and Kruskal Wallis respectively. Results showed that the organic material and pH are edafical physical chemical factors having its major effect on the community of Collembola for areas disposable for rice cultivation. The area with disadvantage by the used of the soil is Dos Bocas Ocu in the province of Herrera and confirmed to be the most diversity and most stabilized site. Paronellidae family evidenced to be a potential or possible bio-indicator of changes in the pH. The areas of Dos Bocas Ocu and Tocumen indicated additional association between the pH and the *Salina* population as areas to be sampled. The genus *Salina* (Collembola Paronellidae) presented characteristically to be a potential bioindicator agent for changes of pH on the soil used for cultivation of rice in Panama. Nevertheless, it is necessary to verify the relationship of the organic matter from the sites studied with the macro and micro nutrients.

## INTRODUCCIÓN

Los Collembola (Entognatha) es un grupo de artrópodos utilizado como indicadores en suelos de ecosistemas forestales en Europa y Australia (Van Straalen & Verhoef 1997 Greenslade & Vaughan 2003) Estos autores también indican que la mayor parte de los estudios realizados sobre el tema se concentran en estos continentes

Crouau *et al* (1999) Greenslade & Vaughan (2003) indicaron que especies como *Folsomia candida* *Sinella communis* *Protosoma minuta* *Lepidocyrtus pallidus* *Ceratophysella denticulata* y *Onychiurus folsomi* han sido estudiadas para determinar la susceptibilidad como bioindicadoras Las especies citadas responden de formas distintas a la contaminación producida por compuestos químicos como el Cobre Cromo Cadmio Fenol y Zinc encontrados en suelos de vocación forestal y guardan estrecha relación con materia orgánica y pH (Greenslade & Vaughan 2003)

Los estudios realizados en los ecosistemas agrícolas tropicales de América Latina son pocos y casi no existe información referente al uso de la fauna del suelo como bioindicadores (Miranda Rangel & Palacios Vargas 1992 Guillen *et al* 2006a) Por otro lado los resultados obtenidos no se ajustan a la realidad observada en los ecosistemas tropicales (Kanal 2004 Guillén *et al* 2006b) No obstante existen evidencias de que independientemente de la zona biogeográfica estudiada la relación trófica y el comportamiento de la población de Collembola es semejante (Ganta Cambroner *et al* 2006 Greenslade & Vaughan 2003)

Algunos trabajos pioneros se realizaron en el continente americano en donde se presentó la distribución geográfica de más de 6 000 especies de Collembola

reportadas para la región (Man Mutt 1982 Palacios-Vargas 1992) Sin embargo la fauna de Colembola de Panamá es poco conocida (Palacios Vargas 1992) y solo trabajos recientes realizados por Castaño-Meneses *et al* (2006) han proporcionado información sobre la diversidad del grupo en bosques primarios

Los trabajos sobre Collembola llevados a cabo por Castaño Meneses *et al* (2006) en el dosel de la selva tropical en San Lorenzo (Colón Panamá) determinaron la presencia de las familias Entomobryidae Isotomidae Sminthuridae Neanuridae Neelidae Bourletiellidae y Paronellidae Por otro lado en el estudio realizado por Zachrisson *et al* (2006) en áreas productoras de banano en los distritos de Alanje Progreso y Baru (Chiriqui Panamá) se reportaron las familias Isotomidae Entomobryidae Onychiuridae Poduridae y Sminthuridae

Los escasos estudios realizados sobre el tema en ecosistemas agrícolas en el continente americano sugiere la falta de conocimiento sobre la diversidad de Collembola su distribución geográfica y la relación con los factores físico químicos (Miranda Rangel & Palacios Vargas 1992) Por lo tanto la implementación de este estudio permitió establecer las bases para monitorear la salud y calidad de estos suelos Razón por la cual en el presente estudio se identificaron las familias y géneros de Collembola susceptibles a variaciones de materia orgánica y pH en suelos de vocación arrocera Además se establecieron las correlaciones estadísticas entre las familias de Collembola y las variables materia orgánica y pH para las diferentes zonas de producción del rubro arroz en Panamá

**Las hipótesis del estudio son**

**H<sub>0</sub> Las variables edáficas materia orgánica y pH no afectan la diversidad y la abundancia de la fauna de Collembola en suelos de vocación arrocera**

**H<sub>1</sub> Las variables edáficas materia orgánica y pH afectan la diversidad y la abundancia de la fauna de Collembola en suelos de vocación arrocera**

**CAPÍTULO 1.**  
**FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

## **1. Generalidades de los Collembola.**

### **1.1. Biología de los Collembola.**

Los Collembola, son habitantes típicos del suelo, de manera que completan su ciclo biológico en este biotopo (Arbea & Blasco-Zumeta, 2001).

Por lo que, el efecto producido en el suelo, por factores físico-químicos como la precipitación pluviométrica, la materia orgánica y el pH, regulan la densidad poblacional de los Collembola (Ferguson & Joly, 2002). Además, la adaptación de las especies de Collembola, a diferentes condiciones físico-químicas presentes en los diversos tipos de suelos, es determinada entre otros factores por la cantidad de materia orgánica en descomposición y el pH (Rusek, 1998). Afirmación que fue corroborada por Greenslade & Vaughan (2003), cuando se citan especies de Collembola como *Folsomia candida*, *Sinella communis*, *Proitosoma minuta*, *Lepidocyrtus pallidus*, *Ceratophysella denticulata* y *Onychiurus folsomi*, las cuales responden de forma distinta a la toxicidad de metales pesados, de materia orgánica y de pH del suelo.

El orden Collembola, debido al elevado potencial catalítico, favorece la descomposición de la materia orgánica en los ecosistemas edáficos (Seybold *et al.*, 1997). Sin embargo, la estructura de la comunidad de colémbolos es susceptible a las variaciones de materia orgánica presentes en los suelos (Hasegawa, 2002).

Ponge & Pratt (1982), Curry & Good (1992), Bretes *et al.* (1995), determinaron que la abundancia, la diversidad y la estratificación espacial de los colémbolos, varían en función de la fertilidad y de la cantidad de materia orgánica en el suelo. En este sentido, las investigaciones realizadas por Hazra & Choudhuri (1983),

Frampton (1997), Mendoza-Arviso *et al.* (1999), Hasegawa (2002), indicaron que la abundancia y la diversidad de especies de Collembola, se ve influenciada por la materia orgánica presente en los suelos. Negri (2004), al igual que los autores citados anteriormente, confirman que las concentraciones elevadas de materia orgánica disponible en los suelos, propician las explosiones demográficas de Collembola, sustentando además la distribución gregaria del grupo.

El pH, en suelos de vocación forestal, induce a cambios en la población de Collembola (Van Straalen & Verhoef, 1997). Grisin (1943), afirmó que los Collembola, pueden encontrarse en suelos que presenten tanto pH ácidos como básicos. Jaeger & Eisenbeis (1984), Hagvar & Abrahamsen (1984), Ponge (1993), Klironomos & Kendrick (1995), Van Straalen & Verhoef (1997), indicaron que los cambios en el pH del suelo, afectan el comportamiento, la interacción con otros organismos edáficos, la longevidad del adulto y la distribución de especies de Collembola. Por otra parte, algunos autores sustentaron que el incremento en la acidez del suelo provoca reducción en la diversidad y abundancia de especies de Colembola (Petersen, 2002; Geissen *et al.*, 1997).

## **1.2. Distribución de los Collembola.**

El orden Collembola, es uno de los grupos más importantes de la mesofauna del suelo, en casi todos ecosistemas terrestres (Petersen & Luxton, 1982; Hopkin, 1997; Rusek, 1998; Gómez Anaya & Palacios-Vargas, 2004); y que además presentan una amplia distribución edáfica (Palacios-Vargas, 1985; 1990; 2003).

Dowdy (1965) indicó que los colémbolos pueden ser encontrados en ecosistemas edáficos cubiertos de maleza, en bosques primarios y en suelos

arables. Por su parte, otros autores afirmaron que los colémbolos, se encuentran ocupando diferentes hábitats edáficos (Arbea & Jordana, 1985; Hopkin, 1997; Rusek, 1998; Arbea & Blasco-Zumeta, 2001; Dunger *et al.*, 2002; Palacios-Vargas, 2003; Gómez Anaya & Palacios-Vargas, 2004). Además, se les puede encontrar en hábitats marinos y dulce acuícolas, formando parte de la fauna del epineuston (Maes & Palacios-Vargas, 1998).

Gupta & Yaetes (1997), indicaron que la zona hasta cinco centímetros de profundidad del ecosistema edáfico, es la de mayor riqueza de Collembola. De acuerdo a Arbea & Blasco-Zumeta (2001), la fauna de Collembola, puede encontrarse en zonas superficiales, dentro del rango de cinco centímetros de profundidad y se les conoce como hemiedáficas. Este autor, también indica que los ejemplares de Collembola, presentan una distribución de 54% de especies hemiedáficas y 18 % de especies euedáficas. Por otro lado, existe un 28 % de especies de Collembola que son "atmobias", que son consideradas especies de colémbolas que no habitan ecosistemas edáficos.

### **1.3. Los colémbolas, como indicadores biológicos de materia orgánica y pH del suelo.**

#### **1.3.1. Función del orden Collembola en el suelo.**

Los organismos del suelo participan activamente regulando los procesos de degradación de la materia orgánica y estableciendo relaciones complejas entre los microartrópodos y la microflora (Cancela Da Fonseca & Poinso, 1983; Cutz-Pool *et al.*, 2003).

Los microartrópodos, entre ellos el orden Collembola, contribuyen al reciclaje de carbono y nitrógeno, presente dentro de la materia orgánica, favoreciendo el

incremento de estos organismos en el suelo (Filser, 2002). Petersen (2002), Arbea & Blasco-Zumeta (2001), indicaron que la descomposición y transformación de la materia orgánica por parte de los Collembola, permite que la biomasa del suelo fluctúe entre el 1% y 10%.

Palacios-Vargas (1992) y Park & Cousins (1995), afirmaron que la función ecológica más importante de los Collembola es la descomposición de materia orgánica, la cual afecta el proceso de reciclaje de nutrientes en suelos de vocación forestal. Por lo que, la elevada tasa de crecimiento poblacional de Collembola favorece el proceso de humificación, mejorando la estructura, la capacidad de absorción y la fijación de las sustancias intercambiables del suelo (Villalobos, 1990).

Arbea & Blasco-Zumeta (2001), sostuvieron que las sustancias alimenticias ingeridas por los colémbolos, son degradadas selectivamente por diferentes especies de este orden. Además, según estos autores, esta degradación es producto de la acción enzimática que actúa sobre las sustancias húmicas, que están relacionadas con la materia orgánica del suelo.

Los ejemplares de Collembola renuevan la flora microbiana en suelos poco alterados, producto de los procesos metabólicos internos involucrados en la degradación de materia orgánica (Arbea & Blasco-Zumeta, 2001).

Según Najt (1976), los colémbolos también se han utilizados para diagnosticar la degradación de los suelos y para evaluar el impacto de las actividades agrícolas (Ponge, 1983). Por lo que, autores como Frampton (1994; 1997), Kovac & Miklisova (1997), Greenslade (1997), afirman que los Collembola, son organismos sensibles a

los cambios físico-químicos del suelo y que pueden ser utilizados como bioindicadores de la salud y de la calidad de estos.

#### **1.4. Caracterización de Collembola como bioindicador de materia orgánica y pH.**

La calidad del suelo es el estado físico-químico que soporta el crecimiento de los organismos vivos, sin que se presente deterioro del mismo (Acton & Gregorich, 1995). Por lo tanto, la calidad del suelo está relacionada con la cantidad de materia orgánica y de pH, manteniendo su estructura, fertilidad y actividad biológica de los organismos edáficos. (Stuczynski *et al.*, 1996).

La actividad biológica, en torno a la fauna presente en los suelos, ha sido ignorada en los estudios de calidad y salud, en los diversos agroecosistemas. Sin embargo, se confirma la importancia de estos organismos biológicos del suelo en los procesos biogeoquímicos (Crossley *et al.*, 1989). Curry & Good (1992) y Villalobos *et al.* (1993), indicaron que la población de colémbolos permite inferir sobre la fracción de carbono que se incorpora a la cadena trófica en los suelos de vocación agrícola.

Actualmente, algunas especies de insectos son considerados bioindicadores de las condiciones físico-químicas, entre estas la materia orgánica y el pH (Greenlade & Vaughan, 2003). Por lo que, los organismos bioindicadores deben ser susceptibles y describir los procesos físico-químicos de los ecosistemas (Doran & Parkin, 1984).

La susceptibilidad de especies o grupos taxonómicos de insectos a los cambios en los agroecosistemas, producto de la intervención humana, se pueden reflejar en

la presencia o ausencia de los mismos lo cual también lo define como bioindicador (Iannacone & Montoro 2002)

Los colémbolos dentro de la entomofauna edáfica son considerados uno de los grupos que ha despertado mayor interés en función de la susceptibilidad a las variaciones de las condiciones físico-químicas en los suelos agrícolas (Villalobos *et al* 1990 Stock & Eggleton 1992) Autores como Czarnecki (1983) Brown (1991) Kovac & Miklisova (1997) Greenslade (1997) Frampton (1994 1997) Rusek (1998) Arbea & Blasco-Zumeta (2001) Guillén *et al* (2006b) afirman que los ejemplares del orden Collembola son organismos muy sensibles a las alteraciones físico-químicas principalmente a la materia orgánica y el pH evidenciando cambios en la estructura de los suelos destinados a la agricultura

Ponge (1983) Hågvar & Abrahamsen (1984) Klironomos & Kendrick (1995) determinaron que la acidez del suelo ejerce una marcada influencia en la diversidad y abundancia de Collembola Otros autores también afirman que la composición de especies de artrópodos del suelo específicamente del orden Collembola (Insecta) pueden considerarse como indicadores potenciales de pH (Klironomos & Kendrick 1995 Van Straalen & Verhoef 1997)

Van Straalen & Verhoef (1997) Rusek (1998) Salmon & Ponge (1999) Greenslade & Vaughan (2003) establecieron que el pH del suelo define a grupo de especies como ácido intolerante las cuales incluyen a *Isotoma notabilis* *Isotomiella minor* *Onychiurus folsomi* y *Onychiurus granulosis* Sin embargo Salmon & Ponge (1999) consideran que no está bien definido el impacto del pH sobre las diferentes especies de Collembola

## **1 5 Degradación de los agroecosistemas y su impacto sobre organismos del orden Collembola**

Las investigaciones vinculadas al uso de bioindicadores de suelos agrícolas degradados son escasos (Villalobos 1990 Frampton & Van der Brink 2002) Por lo tanto existe la necesidad de conocer la bioecología de las especies bioindicadoras del orden Collembola y de establecer la relación con los factores físico químicos en los agroecosistemas (Miranda Rangel & Palacios Vargas 1992)

Rusek (2002) sustenta la necesidad de generar literatura específica sobre la taxonomía del orden Collembola de manera que permita identificar la entomofauna edáfica relacionando el grupo en estudio Esto permitirá entender las relaciones entre las especies de este orden y las variables físico-químicas en los suelos de vocación agrícola

Ponge & Pratt (1982) Ponge *et al* (1986) Mendoza Arviso *et al* (1999) Petersen (2000 2002) Rebek *et al* (2002) Guillén *et al* (2006a) han realizado estudios en los agroecosistemas en donde se promueve el uso de la fertilización química y la aplicación de plaguicidas como medida para garantizar la sostenibilidad de los rubros agrícolas a mediano y largo plazo Por otro lado se ha demostrado la influencia de la actividad antropogénica sobre la densidad poblacional y la diversidad de Collembola (Rusek 1998 Mendoza Arviso *et al* 1999) Frampton (1994 y 1997) confirmó que los colémbolos son susceptibles a los cambios producidos por los factores físico-químicos a raíz de la aplicación indiscriminada de insecticidas en los suelos de vocación agrícola

Prácticas antropogénicas como el monocultivo en los suelos con vocación agrícola y el uso indiscriminado de plaguicidas provocan la pérdida de matena

orgánica, afectando la estabilidad de la entomofauna edáfica (Anderson, 1988; Gregorich *et al.* 1995; Guillén *et al.*, 2006a). Estudios realizados por Mendoza-Arviso *et al.* (1999), en áreas cultivadas con maíz, demostraron que el manejo del suelo afecta la composición de especies edáficas de Collembola. Por su parte, Rebek *et al.* (2002) afirmó que los colémbolos, responden a las alteraciones en la estructura del suelo, producto de la actividad agrícola.

Estudios realizados en suelos de vocación bananeras, en Panamá, afirman que a través del uso de los índices de diversidad y abundancia relativa, por familia de Collembola, se puede definir su degradación (Zachrisson *et al.*, 2008). Además, el mismo autor considera que los análisis de las correlaciones entre las familias de Collembola y las variables materia orgánica, pH, pueden considerarse una herramienta que permite medir la degradación en los suelos de producción agrícola. De esta forma, se establecieron correlaciones significativas, entre la familia Isotomidae y las variables materia orgánica y pH (Zachrisson *et al.*, 2008). Sin embargo, las familias Entomobryidae y Sminthuridae presentaron correlaciones significativas con el Aluminio y Potasio, respectivamente (Zachrisson *et al.*, 2008).

**CAPÍTULO 2.**  
**MATERIALES Y MÉTODOS**

## **2 1 Área experimental**

El estudio se realizó en tres áreas productoras de arroz de la Republica de Panamá las mismas se ubicaron en Barro Blanco-Bugaba Chirquí (08° 25 879 N 082° 46 284 O) Dos Bocas Ocu Herrera (08° 03 475 N 080° 51 542 O) y Tocumen Panamá (09° 03 93 N y 079° 20 134 O) La variedad de arroz cultivada en las áreas experimentales muestreadas fue IDIAP 38

Las parcelas experimentales midieron 1000m<sup>2</sup> (50m x 20 m) en donde fueron colocadas diez (10) trampas Pitfall para la captura de los especímenes de Collembola

## **2 2 Colecta y análisis de las muestras de suelo**

Con la finalidad de establecer correlaciones entre los datos de materia orgánica y pH con la abundancia de individuos por familias y por géneros de Collembola se colectaron ocho (8) muestras de suelo en diferentes puntos de las parcelas experimentales seleccionados al azar El peso aproximado de cada muestra de suelo fue de 0.5 Kg las cuales se transfirieron a bolsas plásticas transparentes debidamente rotuladas con la información pertinente a la colecta detallándose la fecha localidad de colecta y la codificación de estas Las mismas fueron enviadas al laboratorio de suelo del Instituto de Investigación Agropecuaria (IDIAP) ubicado en el Centro de Investigación Agropecuario Central (CIAC) en Divisa Panamá En donde se analizaron de acuerdo a los parámetros requeridos en el estudio siendo estas la materia orgánica y el pH

### **2 2 1 Análisis materia orgánica y pH de las muestras de suelo**

Con la finalidad de mantener la calidad de las muestras del suelo recién colectados los mismos se almacenaron en lugares con temperaturas próximas a

28 °C e inmediatamente, se enviaron al laboratorio de suelo. El período de tiempo entre la colecta, el envío de la muestra y el registro de esta, en el Laboratorio de Suelos del IDIAP (CIAC), fue de 48 horas.

Los protocolos utilizados, se ajustaron de acuerdo al Manual de Laboratorio de Suelo (Villarreal & Name, 1996). De esta forma, el porcentaje (%) de materia orgánica, se analizó por medio del método de Walkley-Black (Villarreal & Name, 1996) y la determinación del pH del suelo, por medio del método del potenciómetro (Villarreal & Name, 1996).

### **2.3. Colecta, procesamiento e identificación de individuos de Collembola.**

#### **2.3.1. Colecta de material.**

La colecta de los individuos de Collembola se realizó por medio de trampas "Pitfall", las cuales contenían en su interior 500 ml de una mezcla de 5 ml de formalina y 495 ml de una solución jabonosa (Palmitato de Potasio, Dióxido de Titanio, Ácido Cítrico, Tricloro Carbono, Pentetato de Pentasodio, aglutinante PEG-12, colorante verde #3, perfume y agua destilada). Las diez (10) trampas "Pitfall" fueron distribuidas al azar dentro del área experimental.

Los ejemplares colectados en las trampas de "Pitfall" fueron transferidos a envases de plásticos de 1,000 ml, los cuales contenían una solución de alcohol al 70%. La información referente, a la localidad y fecha de colecta, se registró en una etiqueta, la cual fue adherida al envase que contenía los ejemplares colectados. Posteriormente, las muestras de los insectos se llevaron al Laboratorio de Entomología del Centro de Investigación Agropecuaria Oriental (CIAOr), en donde fueron procesados.

### **2 3 2 Procesamiento y montaje de los insectos**

En el laboratorio los insectos del orden Collembola fueron separados por familia y localidad de colecta con auxilio de un microscopio-estereoscopio

Una vez procesados y separados los ejemplares se transfirieron a viales de 50 ml con alcohol al 70% garantizando su preservación Por ultimo el montaje semi permanente de los ejemplares en las láminas siguió la metodología citada por Palacios Vargas & Mejía Recamier (2007) en donde los insectos fueron fijados utilizando la solución de Hoyer

### **2 3 3 Identificación de las familias de Collembola**

La identificación de los especímenes de Collembola a nivel de familia se realizó por medio de las claves taxonómicas de Palacios Vargas (1990) Palacios Vargas & Gómez Anaya (1993) Díaz Aspiazu *et al* (2004) y Christiansen *et al* (2007)

### **2 3 4 Determinación de las familias y géneros bioindicadores de materia orgánica y pH**

Los parámetros o características utilizadas para definir las familias y géneros de Collembola como posibles bioindicadores de cambios en las variables materia orgánica y pH en suelos de vocación arrocera fueron aquellas que estando dentro de las características definidas para un bioindicador ideal aplicaban para este caso Estas características fueron presentar contacto con los factores estudiados tener poca movilidad (Krnvolutzky 1985) tener sensibilidad a las variables estudiadas presencia o ausencia en las localidades muestreadas y ser de fácil muestreo (Doran & Parkin 1984)

Las herramientas utilizadas para medir la sensibilidad del gremio Collembola producida por el efecto de las variaciones de materia orgánica y pH en suelos de

vocación arrocera fueron los índices ecológicos de diversidad diversidad entrópica y similitud dentro de las localidades experimentales Además de los índices ecológicos mencionados se utilizaron otras herramientas como el análisis de correlación entre las familias de Collembola y las variables edáficas (matena orgánica y pH)

## **2 4 Diseño experimental**

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar en donde se definieron cuatro (4) tratamientos que correspondían a las etapas fenológicas del cultivo Estas etapas fenológicas fueron las vegetativas (10 d d s ) días después de la siembra) 30 d d s floración (50 d d s ) y grano lechoso (70 d d s )

En cada tratamiento o etapa fenológica se consideraron diez (10) repeticiones por localidad La aleatoriedad de las muestras se da en función de la seleccion al azar de las parcelas experimentales en cada localidad

## **2 5 Análisis de índices ecológicos**

### **2 5 1 Sistematización de datos**

Los datos obtenidos de materia orgánica y pH así como la distribución de ejemplares por familia del orden Collembola fueron introducidos y organizados en una base de datos de Excel 2003

### **2 5 2 Indices de diversidad y abundancia**

Se calcularon los índices ecológicos de diversidad diversidad entrópica y de similitud La diversidad se determinó por medio del índice propuesto por Shannon Wiener (1986) segun Moreno (2001) y la diversidad entrópica se estimó por medio del análisis indicado por Brooks & Wiley (1986) El índice de Similitud o

semejanza entre las localidades de vocación arroceras se determinó a través del índice de similitud de Sorensen (1948) según Moreno (2001)

## **2.6 Análisis estadístico**

El peso específico en porcentaje (%) de las variables edáficas (materia orgánica y pH) en relación a las áreas de vocación arroceras se determinó por medio del análisis de componentes principales (Pearson 1901) según Peña (2002)

La normalidad de los datos en relación a materia orgánica y pH se determinó por medio de la prueba Kolmogorov Smirnov a nivel del 5% de probabilidad. Posteriormente con la finalidad de establecer correlaciones entre las variables edáficas y las áreas experimentales distribuidas por localidad se aplicó la prueba Kruskal Wallis al 5% de significancia.

La comparación entre las poblaciones de las diversas familias de Collembola en relación a las áreas experimentales se realizó por medio de la prueba Z (modificación de U de Mann Whitney 1947) según Glantz (2006) al 5% de probabilidad.

La relación establecida entre el área experimental y la población de las familias de Collembola considerando los estados fenológicos se determinó por medio de la prueba U Mann Whitney al 5% de probabilidad.

Los datos demográficos de la población del género bioindicador fueron transformados en  $\sqrt{x+0.5}$ . Luego se relacionaron las variables de materia orgánica y pH con las familias de Collembola distribuidas por localidad y por estadio fenológico.

La correlación existente, entre las familias de Collembola y las variables materia orgánica y pH, de acuerdo al área muestreada y a los estadios fenológicos del cultivo, se determinó a través del coeficiente de correlación de rangos de Spearman, al 5% de significancia.

Con la finalidad, de relacionar las variables de materia orgánica y pH, con la población del género bioindicador, de acuerdo a las localidades muestreadas, se aplicó el análisis de conglomerado por medio del método de enlace simple y la distancia de coeficiente de correlación. Por medio de los resultados obtenidos, se generó un dendrograma que discriminó el efecto de las variables edáficas (materia orgánica y pH) sobre el género del Collembola, seleccionado como bioindicador.

**CAPÍTULO 3.**  
**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### 3.1. Efecto de las variables edáficas (materia orgánica y pH), sobre la distribución de las familias de Collembola.

Los resultados reflejados en el Cuadro 1, evidencian el efecto de las variables materia orgánica (m.o.) y pH, sobre los ejemplares del orden Collembola distribuidos por familia. En este sentido, ambas variables edáficas presentaron mayor influencia, en la distribución de los ejemplares de este grupo, en función de la localidad muestreada.

**Cuadro 1. Peso específico de las variables edáficas (materia orgánica y pH), determinadas en los suelos de vocación arrocera, en las localidades de Barro Blanco, Bugaba, provincia de Chiriquí, Dos Bocas, Ocú, provincia de Herrera y Tocumen, provincia de Panamá, Panamá.**

Localidades muestreadas	Peso de la variable materia orgánica (%).	Peso de la variable pH (%).	Peso conjunto de materia orgánica y pH (%)
Barro Blanco, Bugaba, Chiriquí.	41,19 <sup>1</sup>	25,78 <sup>1</sup>	75,20 <sup>1</sup>
Dos Bocas, Ocú, Herrera.	43,02	18,94	81,02
Tocumen, Panamá.	31,53	22,83	64,59

<sup>1</sup> Análisis de Componentes principales.

A pesar de que existen variaciones, tanto de materia orgánica como de pH, en función de las áreas de estudio (Cuadro 2), la relación establecida por medio del análisis de componentes principales, demuestra la consistencia de los resultados, observándose la misma tendencia.

**Cuadro 2. Promedio de las variables materia orgánica y pH, para las localidades de Barro Blanco, Bugaba, provincia de Chiriquí, Dos Bocas, Ocú, provincia de Herrera y Tocumen, provincia de Panamá, Panamá.**

Localidad	Variables	
	M.O. (%)	pH
Barro Blanco Bugaba, Chiriquí.	3,9±1,4 <sup>1</sup>	4,8±0,4 <sup>2</sup>
Dos Bocas, Ocú, Herrera.	1,9±0,6	4,4±0,2
Tocumen, Panamá	3,8±1,3	5,6±0,5

<sup>1</sup>. Materia orgánica (m.o.) ( $\bar{x} \pm s$ )

<sup>2</sup>. pH ( $\bar{x} \pm s$ ).

La disponibilidad de materia orgánica en el suelo, proporciona al orden Collembola, los recursos alimenticios necesarios para su desarrollo biológico, favoreciendo el incremento de su tasa reproductiva (Gómez Anaya, 1998; Rusek, 1998; Mendoza-Arviso, 1999; Hasegawa, 2002; Filser, 2002). No obstante, el pH actúa como un factor limitante para el incremento de la población de Collembola (Grisin, 1943; Hagvar & Abrahamsen, 1984; Klironomos & Kendrick, 1995; Rusek, 1998; Salmo & Ponge, 1999; Crouau *et al.*, 1999; Rebek, 2002; Petersen, 2002; Filser, 2002; Greenslade & Vaughan, 2003). En este sentido, la producción de ácidos orgánicos y radicales libres, producto de la descomposición de la materia orgánica y su influencia sobre el pH del suelo, afecta la tasa reproductiva y por ende la tasa de incremento de la población de Collembola (Ponge, 1983; Hagvar & Abrahamsen, 1984; Brethes *et al.* 1995; Klironomos & Kendrick, 1995).

Las diferencias observadas en relación a las variables estudiadas por localidades, pueden atribuirse a la actividad antropogénica, producto de la degradación de los suelos destinados a la producción de arroz.

Algunos autores (Grisin 1943 Hagvar & Abrahamsen 1984 Klironomos & Kendrick 1995 Gómez Anaya 1998 Rusek 1998 Mendoza Arviso 1999 Salmon & Ponge 1999 Crouau *et al* 1999 Hasegawa 2002 Filser 2002 Rebek 2002 Petersen 2002 Greenslade & Vaughan 2003) afirman que las variables edáficas consideradas en el presente estudio en dependencia de la degradación del suelo influyen en la distribución de las especies del orden Collembola

### 3 2 Abundancia relativa (%) de las familias de Collembola (Entognatha)

Los resultados presentados en el Cuadro 3 confirman que la calidad y salud del suelo para la zona productora ubicada en Tocumen provincia de Panamá es superior a las otras áreas estudiadas

**Cuadro 3 Abundancia relativa (%) de las familias de Collembola (Entognatha) representadas en las localidades de Barro Blanco Bugaba provincia de Chiriquí Dos Bocas, Ocu provincia de Herrera y Tocumen provincia de Panamá, Panamá**

Localidades	Numero de Especímenes	Numero de Familias	Abundancia Relativa (%)
Barro Blanco–Bugaba Chiriquí	9 150	7	24 11
Dos Bocas Ocu Herrera	7 253	9	19 11
Tocumen Panamá	21 547	9	56 78
Total	37 950	9	100 00

Los resultados obtenidos son similares a lo indicado por Gómez Anaya (1998) Kovac & Miklisová (1999) & Hasegawa (2002) quienes sustentaron que la abundancia de Collembola se incrementa con el aumento de materia orgánica en los suelos Además el pH próximo de 4 promueve el incremento de la población de Collembola (Rusek 1998 Mendoza Arviso *et al* 1999 Filser 2002 Hasegawa 2002 Cutz Pool *et al* 2003) En este sentido los resultados obtenidos en el Cuadro

3, coinciden con la investigación realizada por Guillen *et al*, 2006a, en donde se destaca el impacto antropogénico, producto de la actividad agropecuaria, en los suelos de vocación agrícola. Garita-Cambronero *et al*. (2006), corroboran esta premisa al indicar, que comunidades con un elevado número de ejemplares por familia de Collembola, sugieren ecosistemas agrícolas más estables, debido al mayor flujo energético existente, establecido por medio del índice de diversidad entrópica.

**Cuadro 4. Número de individuos y abundancia relativa (%), de las familias de Collembola (Entognatha), en la localidad de Barro Blanco, Bugaba, provincia de Chiriquí, Dos Bocas, Ocú, provincia de Herrera y Tocumen, provincia de Panamá, Panamá.**

Localidades	Barro Blanco		Dos Bocas		Tocumen	
	Número de ejemplares	Abundancia relativa (%)	Número de ejemplares	Abundancia relativa (%)	Número de ejemplares	Abundancia relativa (%)
Entomobryidae	300	3,24	697	9,06	58	0,27
Isotomidae	1,431	15,64	918	12,66	8,889	41,25
Paronellidae	24	0,26	148	2,04	140	0,65
Sminthuridae	2,616	28,59	2,376	32,76	119	0,55
Sminthurididae	4,588	50,14	1,013	13,94	12,139	56,34
Brachystomellidae	151	1,65	384	5,50	8	0,04
Dicyrtomidae	0	0	9	0,12	192	0,89
Onychiuridae	40	0,44	1,695	23,37	1	0,001
Hypogastruridae	0	0	12	0,16	1	0,001
<b>Total</b>	<b>9,150</b>	<b>100,00</b>	<b>7,253</b>	<b>100,00</b>	<b>21,547</b>	<b>100,00</b>

La familia Paronellidae presentó menor cantidad de ejemplares, tendencia observada para las tres localidades muestreadas Cuadro 4, este aspecto sugiere la influencia que ejerce la materia orgánica y el pH, sobre el desarrollo de los ejemplares de la familia Paronellidae. Este resultado, es similar al obtenido por Palacios-Vargas (1992) y Castaño-Meneses *et al*. (2006), quienes determinaron

una baja abundancia relativa de la población de la familia Paronellidae para Panamá

En este sentido se confirma que a pesar de la variación de ambas variables edáficas y de las áreas experimentales muestreadas la tendencia observada prevalece

### 3 3 Índices de Diversidad Ecológica

#### 3 3 1 Índice de Shannon Wiener (H)

Los índices de diversidad de Shannon Wiener (1986) determinados para las localidades experimentales estudiadas (Cuadro 5) indicaron que el área que presentó mayor diversidad fue Dos Bocas Ocu provincia de Herrera

**Cuadro 5 Índice de diversidad de Shannon Wiener (H) de las localidades de Barro Blanco, Bugaba provincia de Chiriquí Dos Bocas, Ocu, provincia de Herrera y Tocumen, provincia de Panamá Panamá**

Localidades	Índice de Shannon Wiener (H)
Barro Blanco–Bugaba Chiriquí	1 29
Dos Bocas Ocu Herrera	1 72
Tocumen Panamá	0 81

La presencia de un índice de diversidad elevado en la localidad experimental de Dos Bocas Ocu provincia de Herrera señala que en esta localidad se presenta una mayor equidad en la distribución de los especímenes de Collembola por familia (Cuadro 4) Este resultado es confirmado por Guillén *et al* 2006a cuando indicó que áreas con índices de diversidad más elevados tienen mayor diversidad equidad y menor dominancia de especímenes de colémbolos que aquellas donde existe un menor índice de diversidad

### 3.3.2. Diversidad Entrópica de Brooks & Willey (H).

Los índices de diversidad entrópica de Brooks & Willey (1986), indicaron que las localidades experimentales con mayor flujo energético y más estables, fueron Dos Bocas, Ocú, provincia de Herrera y Barro Blanco, Bugaba, provincia de Chiriquí (Cuadro 6).

**Cuadro 6. Índice de diversidad entrópica de Brooks y Willey (H), para el orden Collembola (Entognatha), en las localidades muestreadas.**

Localidades	Barro Blanco, Bugaba, Chiriquí	Dos Bocas, Ocú, Herrera	Tocumen, Panamá
Índice de Diversidad Entrópica (H)	0,50	0,58	0,45

El índice de diversidad entrópica permitió establecer que en las localidades de Dos Bocas, Ocú, Herrera y de Barro Blanco, Chiriquí, hubo mayor estabilidad y flujo energético. Lo que sugiere que otras variables físico-químicas, no consideradas en este estudio, pueden estar influyendo en la distribución de ejemplares por familias de Collembola para cada una de las áreas.

Los resultados presentados en el Cuadro 6, no confirman la hipótesis de Garita-Cambronero *et al.* (2006), en donde los mayores índices de diversidad entrópica (H), sugieren campos de producción menos perturbados.

En general, de acuerdo a lo presentado en el Cuadro 6, los índices de diversidad entrópica (H), no presentan variaciones significativas, para las áreas estudiadas.

### 3 3 3 Similitud de Sorensen ( $Q_s$ )

Los resultados generados a través de los coeficientes de similitud ( $Q_s$ ) (Cuadro 7) permitieron determinar que un 80% de las familias de Collembola eran compartidas entre las localidades experimentales de Barro Blanco Dos Bocas y Dos Bocas Tocumen. En este sentido los resultados obtenidos corroborado por Zachrisson *et al* 2006 quien encontró una elevada similitud en cuanto a la composición de familias de Collembola en áreas cultivables (banano) de la región occidental de Panamá.

**Cuadro 7 Coeficiente de similitud de Sorensen ( $Q_s$ ) entre las localidades de Barro Blanco Bugaba, provincia de Chiriquí Dos Bocas Ocu provincia de Herrera y Tocumen, provincia de Panamá, Panamá**

Localidades	Coeficiente de Similitud de Sorensen ( $Q_s$ )	%
Barro Blanco Bugaba Chiriquí Dos Bocas Ocu Herrera	0.80	80
Barro Blanco Bugaba Chiriquí Conagro Tocumen Panamá	1.00	100
Dos Bocas Ocu Herrera Tocumen Panamá	0.80	80

### 3 4 Correlaciones establecidas entre las familias de Collembola (Entognatha) y las variables materia orgánica y pH, para el conjunto de las áreas estudiadas

En general las familias Sminthuridae y Sminthurididae presentaron correlaciones significativas con relación a la materia orgánica (Cuadro 8). Sin embargo correlaciones estadísticas significativas fueron determinadas entre el pH y las familias Entomobryidae Isotomidae Paronellidae Dicyrtomidae Barchystomellidae y Onychiuridae (Cuadro 8). A pesar de que existe una interacción entre la concentración de materia orgánica y el pH las tendencias

observadas en el Cuadro 9 no confirman este aspecto. En este sentido es importante considerar la variabilidad de materia orgánica de acuerdo al área experimental estudiada (Cuadro 3) lo cual puede explicar los resultados presentados en el Cuadro 8. En este sentido Hasegawa (2002) determinó que algunas especies de Collembola presentaban correlaciones significativas especialmente cuando se utilizan los valores totales de materia orgánica. Sin embargo esta correlación se reducía en la medida que se consideraban valores de materia orgánica individuales.

La familia Hypogastrundae y su relación con las variables materia orgánica y pH no presentan diferencias significativas (Cuadro 8).

**Cuadro 8 Correlaciones estadísticas entre las familias de Collembola (Entognatha) y las variables materia orgánica y pH, para las áreas experimentales, Panamá**

Localidades Experimentales	Variables Edáficas	
	Materia Orgánica	pH
Familias		
Entomobryidae	0,07 <sup>1</sup>	-0,48 *
Isotomidae	0,06	0,59 *
Paronellidae	-0,06	0,59 *
Sminthuridae	0,23 *	-0,32
Sminthuridae	0,22 *	0,12
Brachystomellidae	-0,21	-0,52 *
Dicyrtomidae	0,14	0,24 *
Onychiuridae	-0,19	-0,46 *
Hypogastrundae	0,01	-0,20

<sup>1</sup> Coeficiente de Correlación de Spearman a nivel de 5% de significancia. Correlaciones significativas.

### **3 5 Efecto del estado fenológico del cultivo sobre la relación entre las variables edáficas (materia orgánica y pH) y las familias de Collembola (Entognatha)**

En general no se observa una tendencia que relacione el estado fenológico del cultivo con las familias de Collembola en función de las variables edáficas estudiadas (Cuadro 9)

Los resultados observados en el Cuadro 9 se puede atribuir entre otros factores a las interacciones entre la materia orgánica y el pH con el resto de las variables físico químicas analizadas en las muestras de suelo. Por lo que se hace necesario realizar estudios biológicos en condiciones semi controladas (casa de vegetación) discriminando el efecto fenológico del cultivo sobre las variables edáficas y su relación con la distribución de ejemplares de Collembola por familia. En este sentido Hasegawa (2002) indicó que no se ha establecido de forma directa la relación existente entre la materia orgánica y la comunidad de Collembola. Por otro lado Van Straalen & Verhoef (1997) determinaron que las concentraciones de K, Na, Ca, Fe y Al influyen sobre el pH, razón que dificulta la definición del efecto directo de estos elementos sobre el comportamiento de Collembola.

**Cuadro 9 Efecto del estadio fenológico del cultivo del arroz, sobre la correlación entre las familias de Collembola (Entognatha) y las variables edáficas (materia orgánica y pH), para las localidades de Barro Blanco, Bugaba, provincia de Chiriquí Dos Bocas Ocu provincia de Herrera y Tocumen, provincia de Panamá Panamá**

Localidad	Barro Blanco Bugaba Chiriquí							
Estadios	10 días después de siembra (I)		30 días después de siembra (II)		50 días después de siembra (III) (floración)		70 días después de siembra (IV) (Grano lechoso)	
	M O	pH	M O	pH	M O	pH	M O	pH
Entomobyidae	-0,22	0,62	0,24 <sup>1</sup>	0,00	0,12	-0,43	-0,31	0,56
Isotomidae	0,35	-0,06	0,68	0,41	0,61	-0,80	0,60	-0,19
Paronellidae	—	—	-0,25	-0,14	-0,58	0,09	0,45	-0,24
Sminthundae	0,31	0,30	—	—	—	—	0,07	-0,02
Sminthundidae	0,48	0,19	-0,84	-0,32	-0,29	0,19	-0,13	0,11
Brachystomellidae	0,08	0,09	-0,25	-0,66	-0,13	0,42	-0,31	-0,07
Dicyrtomidae	-0,08	0,09	—	—	—	—	—	—
Localidad	Dos Bocas Ocu, Herrera							
Estadios	10 días después de siembra (I)		30 días después de siembra (II)		50 días después de siembra (III) (floración)		70 días después de siembra (IV) (grano lechoso)	
	M O	pH	M O	pH	M O	pH	M O	pH
Entomobyidae	0,10	-0,17 <sup>1</sup>	-0,10	-0,11	0,17	0,58	0,49	0,59
Isotomidae	0,58	0,57	0,63	-0,06	0,58	0,09	0,65	0,38
Paronellidae	-0,51	-0,23	—	—	0,58	0,24	0,36	0,78
Sminthundae	0,10	0,84	0,06	0,21	-0,10	0,43	0,63	0,55
Sminthundidae	0,18	0,62	0,37	-0,59	-0,41	-0,65	0,30	0,66
Brachystomellidae	0,24	0,05	0,38	0,03	0,10	-0,58	0,25	-0,77*
Dicyrtomidae	—	—	0,34	-0,05	0,15	-0,42	—	—
Onychiundae	0,04	0,28	0,08	0,01	-0,24	0,21	—	—
Hipogastrundae	—	—	0,41	-0,08	0,11	0,68	—	—
Localidad	Tocumen Panamá							
Estadios	10 días después de siembra (I)		30 días después de siembra (II)		50 días después de siembra (III) (floración)		70 días después de siembra (IV) (Grano lechoso)	
	M O	pH	M O	pH	M O	pH	M O	pH
Entomobyidae	0,17 <sup>1</sup>	-0,08	0,32	-0,18	-0,16	-0,30	—	—
Isotomidae	0,46	0,05	0,04	-0,12	0,35	-0,52	0,27	0,75
Paronellidae	0,50	0,51	-0,26	-0,26	-0,55	0,33	0,76	0,19
Sminthundae	0,54	-0,07	0,35	-0,03	—	—	0,10	0,45
Sminthundidae	0,39	0,14	0,03	0,41	-0,20	0,46	-0,11	0,65
Brachystomellidae	-0,25	0,17	—	—	—	—	—	—
Dicyrtomidae	0,41	-0,15	0,05	0,36	0,25	0,50	—	—
Onychiundae	0,08	-0,51	—	—	—	—	—	—
Hipogastrundae	0,50	-0,17	—	—	—	—	—	—

1 Coeficiente de correlación de Spearman a nivel de 5% de significancia  
Correlaciones significativas

### 3.6. Determinación del género sensible a las variables edáficas (materia orgánica y pH).

El Cuadro 4, presenta a la familia Paronellidae como el taxón que menor cantidad de ejemplares registró en las áreas estudiadas (Cuadro 10). Garita-Cambroneró *et al.* (2006), observó que la presencia de un elevado número de ejemplares de Collembola sugiere mejor calidad y salud de suelos de vocación agrícola. De esta forma, se interpreta que la cantidad reducida de ejemplares de Collembola está relacionada con variables edáficas, limitantes para su desarrollo biológico. Por ende, es probable que la familia Paronellidae y el género *Salina*, presente atribuciones como bioindicadores de áreas degradadas destinadas al cultivo de arroz (Cuadro 10). Sobre este aspecto, Iannacome & Montoro (2002), afirmaron de la susceptibilidad de especies o grupos taxonómicos de insectos, a los cambios en los agroecosistemas producto de la intervención antropogénica. Esto se refleja en la presencia o ausencia de las especies, lo cual las puede definir como un posible bioindicador.

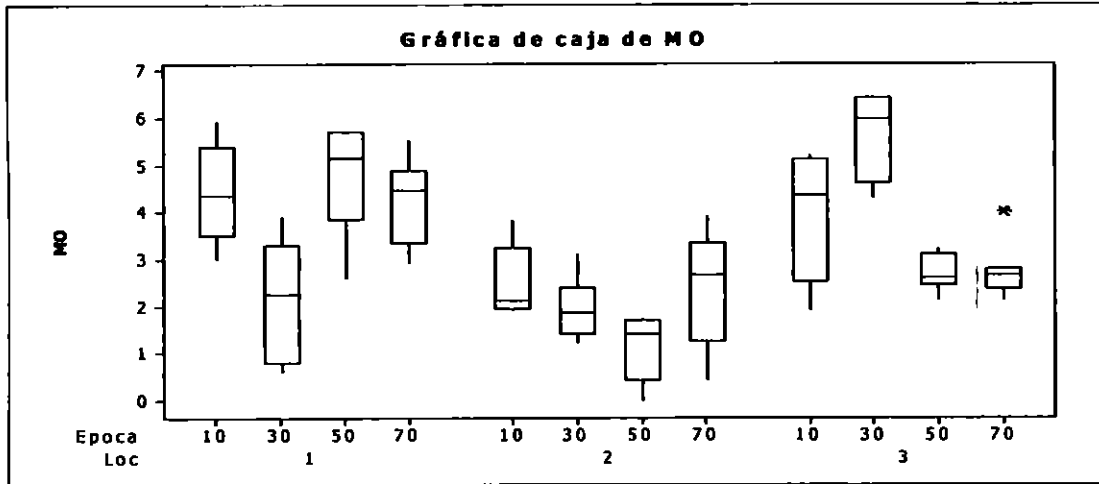
**Cuadro 10. Distribución de *Salina* (Collembola: Paronellidae), en las localidades de Barro Blanco, Bugaba, provincia de Chiriquí, Dos Bocas, Ocú, provincia de Herrera y Tocumen, provincia de Panamá, Panamá.**

Localidad	Barro Blanco, Bugaba, Chiriquí		Dos Bocas, Ocú, Herrera		Tocumen, Panamá	
	Número de ejemplares	%	Número de ejemplares	%	Número de ejemplares	%
Paronellidae <i>Salina</i>	23	0,25	148	2,04	140	0,65
Total de individuos	9,150	100,00	7,253	100,00	21,547	100,00

La influencia que ejercieron las variables materia orgánica y pH, sobre la población de *Salina*, en cada una de las etapas fenológicas, se reflejan en las

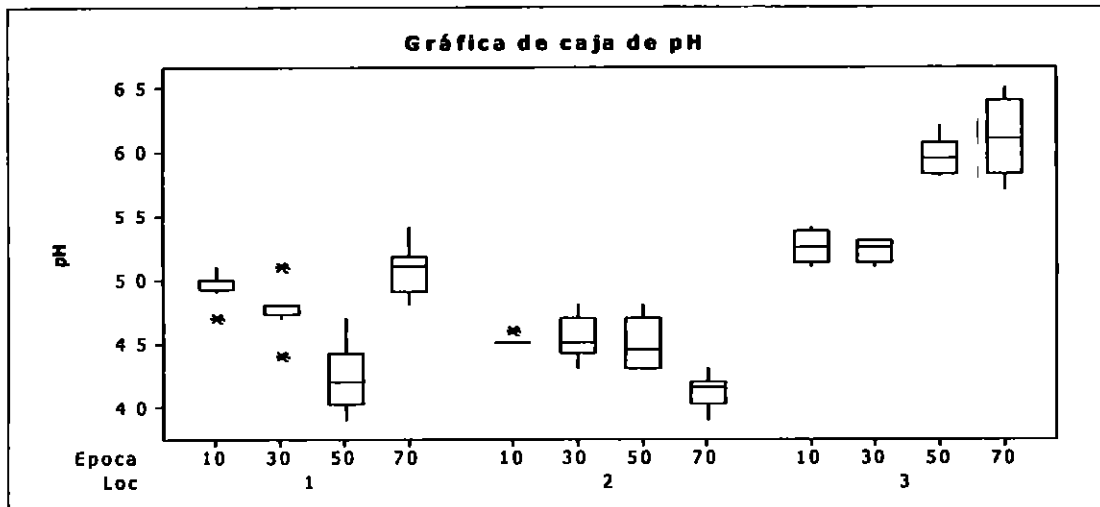
## Gráficas 1 y 2

**Gráfica 1 Comportamiento de la materia orgánica, por estadio del cultivo y por localidad experimental para Panamá**



- Época estadios del cultivo (10 30 50 70 días después de la siembra)
- Loc localidades experimentales (1 Barro Blanco Bugaba Chirquí 2 Dos Boca Ocu Herrera 3 Tocumen Panamá)
- MO Materia orgánica en las localidades experimentales

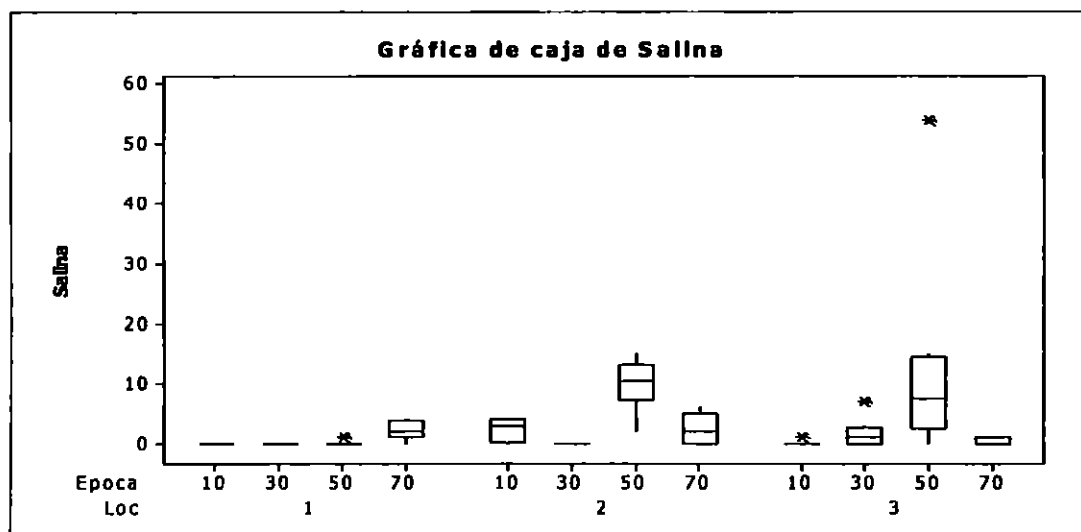
**Gráfica 2 Comportamiento del pH, por estadio del cultivo y localidad experimental, para Panamá**



- Época estadios del cultivo (10 30 50 70 días después de la siembra)
- Loc localidades experimentales (1 Barro Blanco Bugaba Chirquí 2 Dos Boca Ocu Herrera 3 Tocumen Panamá)
- pH localidades experimentales

De esta forma se indica que el menor impacto de las variables materia orgánica y pH sobre la población de *Salina* se da a los 50 días después de la siembra (D D S) que coincide con la etapa de floración. En este sentido es probable que el follaje promueva en esta fase fenológica la mayor acumulación de materia orgánica influyendo sobre el pH del suelo. Autores como Filser (2002) Cutz Pool *et al* (2003) señalaron que los colémbolas son más activos en presencia de mayor cantidad de materia orgánica en descomposición. Por lo que los resultados obtenidos sugieren que los muestreos para determinar la degradación de los suelos de vocación arrocera se realicen a los 50 D D S o en la etapa de floración (Gráfica 3). De esta forma se destaca que este período de muestreo está sujeto al ciclo y a la variedad de arroz sembrada.

**Gráfica 3 Comportamiento de la población de *Salina* (Collembola Paronellidae), por estado fenológico del cultivo, por área experimental, para Panamá**

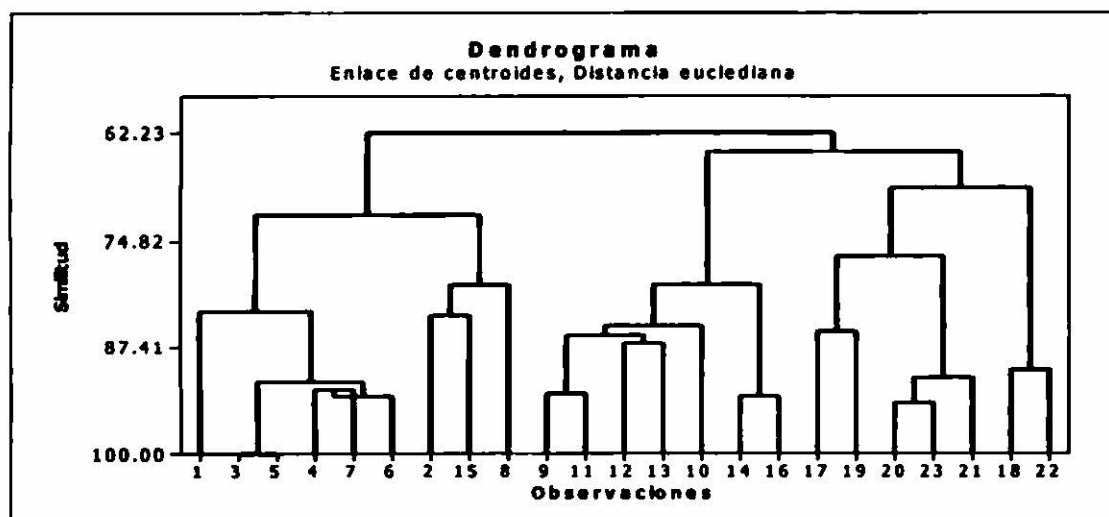


- Época: estadios del cultivo (10, 30, 50, 70 días después de la siembra)
- Loc: localidades experimentales (1 Barro Blanco Bugaba Chiriquí, 2 Dos Bocas Ocu Herrera, 3 Tocumen Panamá)
- *Salina*: Género de la familia Paronellidae

### 3.7. Comportamiento de *Salina* (Collembola: Paronellidae), relacionado a las áreas muestreadas, en Panamá.

La relación de semejanza entre las áreas experimentales, fundamentadas en materia orgánica y pH, indica que Tocumen (provincia de Panamá) y Dos Bocas (provincia de Herrera), presentan un elevado grado de similaridad (Gráfica 4), para la etapa de floración o a los 50 D.D.S. Lo cual va a depender del ciclo de la variedad cultivada y de la influencia de los macro y micronutrientes, sobre la variación de materia orgánica y pH. Guillén *et al.* (2006a), concluyó que en función de las semejanzas encontradas entre los parámetros físico-químicos, mayor similitud debe existir entre los diferentes ecosistemas.

**Gráfica 4. Relación de semejanza entre las áreas experimentales, basada en los datos de materia orgánica y pH, a los 50 D.D.S. (etapa de floración).**



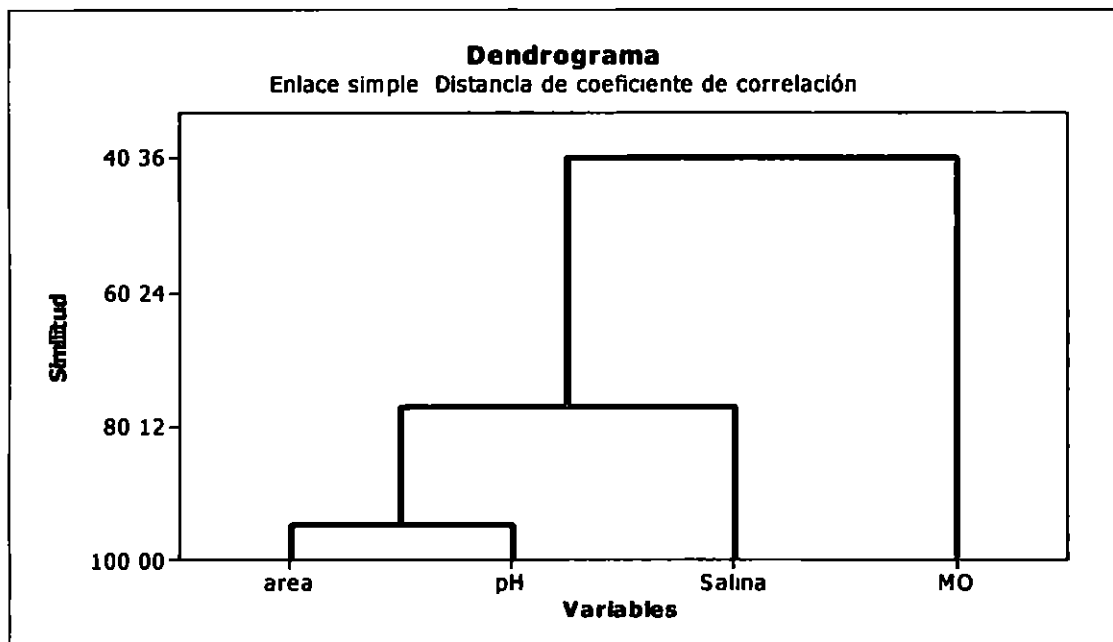
- Localidad de Barro Blanco-Bugaba, Chiriquí: observaciones 1–8. Variables materia orgánica y pH, durante el muestreo del estadio III (50 días) del cultivo.
- Localidad de Dos Bocas, Océ, Herrera: observaciones 9–16. Variables materia orgánica y pH, durante el muestreo del estadio III (50 días) del cultivo.
- Localidad de Tocumen, Panamá: observaciones 17–23. Variables materia orgánica y pH, durante el muestreo del estadio III (50 días) del cultivo.

### **3.8. Asociación de la materia orgánica y el pH, sobre la población de *Salina* (Collembola: Paronellidae), para las áreas de vocación arrocera de Panamá.**

El elevado grado de asociación que relaciona a *Salina*, con el pH y las áreas experimentales, es establecido por medio de un dendrograma de enlace simple (Gráfica 5). La asociación enunciada anteriormente refleja el potencial de *Salina*, como posible bioindicador para pH, en los suelos de vocación arrocera para Panamá. Sin embargo, resultados contrarios señalan que el género en cuestión, no puede considerarse como un potencial bioindicador de materia orgánica, a pesar, que ambas variables edáficas están relacionadas, los resultados expuestos en la Gráfica 5, demuestran lo contrario. Es posible que la influencia del conjunto de macro y micro nutrientes, afecte la concentración de materia orgánica, lo que ha impedido establecer una relación directa con el género *Salina*. Autores como Cancela da Fonseca & Poinso (1983), propusieron que cambios en la abundancia de las especies de Collembola, en suelos de vocación agrícola, sugieren sensibilidad a perturbaciones. Esta aseveración, sugiere que cambios en la población del género *Salina* (Collembola: Paronellidae), puede ser utilizada para indicar variaciones en el pH, en suelos de vocación arrocera. La literatura encontrada hasta la fecha (Klironomos & Kendrick, 1985; Van Straalen & Verhoef, 1997; Guillen *et al.* 2006a) sobre el tema, destaca la relación directa entre los índices de diversidad de Collembola y las variables edáficas materia orgánica y pH. Específicamente, para las especies bioindicadoras, pertenecientes a este grupo taxonómico, se mantiene la tendencia observada. No obstante, los resultados obtenidos de la Gráfica 5, presentan una relación directa entre los ejemplares del

género *Salina* y el pH en las diferentes áreas de producción arroceras. A pesar de existir una estrecha relación entre la materia orgánica y el pH encontrado en los suelos de vocación forestal y agrícola, los resultados obtenidos no confirman este aspecto cuando se refiere a los géneros bioindicadores. Aspecto que puede atribuirse al efecto indirecto entre los macro y micro-nutrientes y el pH, lo cual puede variar la tendencia confirmada por la bibliografía especializada en el tema.

**Gráfica 5 Relación entre *Salina* (Collembola Paronellidae) materia orgánica y pH, en las áreas experimentales**



Actualmente no existen protocolos para definir bioindicadores de áreas agrícolas perturbadas. Sin embargo, los parámetros y metodología utilizados en el presente estudio proporcionan una herramienta para el establecimiento del mismo. No obstante, autores como Palacios-Vargas (1985), Villalobos (1990), Miranda Rangel & Palacios-Vargas (1992), Frampton & Van der Brink (2002), Cutz Pool *et al* (2003), Gullén *et al* (2006a) afirmaron que investigaciones vinculadas al uso de

bioindicadores de suelos agrícolas degradados, son escasas. Además, Miranda-Rangel y Palacios-Vargas (1992), sostuvieron la necesidad de conocer la bioecología de las especies bioindicadoras del orden Collembola y de establecer su relación con los factores físico-químicos, en los agroecosistemas. Este aspecto permitirá entender las relaciones, entre las especies de este orden y las variables físico-químicas, en el agroecosistema arroz.

## CONCLUSIONES

- Las variables edáficas (materia orgánica y pH), afectan significativamente la diversidad y abundancia de la entomofauna de Collembola (Insecta), en suelos con vocación arrocera.
- La etapa fenológica más propicia, para realizar los muestreos de *Salina* (Collembola: Paronellidae), corresponde a los 50 D.D.S., considerando como referencia la variedad IDIAP 38.
- El género *Salina* (Collembola: Paronellidae), presenta características que pueden colocarlo, como un potencial agente bioindicador de pH, en suelos de vocación arrocera de Panamá.

## RECOMENDACIONES

- Incentivar y promover la formación de especialistas en la sistemática de Collembola (Insecta).
- Identificar las especies pertenecientes al género *Salina* (Collembola: Paronellidae), de manera que se pueda realizar estudios posteriores, verificando su capacidad como bioindicador de suelos degradados, destinados a la producción de arroz, en Panamá.
- Fortalecer los estudios bioecológicos, con especies bioindicadoras de Collembola (Insecta), en áreas arroceras.
- Establecer protocolos específicos, adaptados a insectos de suelo, que permitan caracterizar a las especies bioindicadoras, en áreas de vocación agrícola.
- Determinar el efecto de las interacciones entre los macro y micronutrientes, con las variables materia orgánica y pH, de manera que se precise el impacto de esta asociación, sobre la distribución de Collembola, en el agroecosistema arroz.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acton D F & L J Gregonch 1995 Understanding soil health In D F Acton & L J Gregonch (eds) The health of our soils Ch 1 Centre for Land and Biological Resources Research Canada pp 350

Anderson M J 1988 Spatio temporal effects of invertebrates on soil processes **Biology and fertility of Soil 6** 189-203

Arbea J I & J Blasco Zumeta 2001 Ecología de los colémbolos (Hexapoda Collembola) en Los Monegros (Zaragoza España) **Aracnet 7 – Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa 28** 35-48

Arbea J I & R Jordana 1985 Efecto de una población de coníferas en un robledal Navarra sobre los colémbolos edáficos **Boletim da Sociedade Portuguesa de Entomologia Suplemento 1** 277-286

Bretes A J J Brun B Jabiol J F Ponge & F Toutain 1995 Classification of forest humus forms a French proposal **Annales des Sciences Forestières 52** 535 546

Brown K S 1991 Conservation of Neotropical environments Insect as indicators In Collins N M & J A Thomas (eds) The conservation and their habitats Ch 14 New York pp 132

Brooks D R & E O Wiley 1986 Evolution as entropy Toward a unified theory of Biology Chicago Univ Press pp 335

Cancela Da Fonseca J P & N Poinot 1983 Les régimes alimentaires des microarthropodes du sol en relation avec la decomposition de la matiere organique **Bulletin Society Zoology France 108(3)** 371 388

Castaño-Meneses G Y Basset N Winchester & H Barnos 2006 Colémbolos (Hexapoda Collembola) del dosel en la selva tropical de San Lorenzo provincia de Colón Panamá **Entomología Mexicana 5(1)** 486-490

Christiansen K.A P Greenlade L Deharveng R J Pomorski & F Jenssens 2007 Checklist of the Collembola key to the families of Collembola pp 12

Crossley, D A jr D C Coleman & P F Hendrix 1989 The importance of the fauna in agricultural soils research approaches and perspectives **Agriculture, Ecosystems & Environment 27** 47 55

Crouau Y P Chenon & C Gisclard 1999 The use of *Folsomia candida* (Collembola Isotomidae) for the bioassay of xenobiotic substances and soil pollutants **Applied Soil Ecology 12** 103-111

- Cutz-Pool, L.Q., J.G. Palacios-Vargas & M.M. Vásquez. 2003. Comparación de algunos aspectos ecológicos de Collembola en cuatro asociaciones vegetales de Noh-Bec, Quintana Roo, México. **Folia Entomológica Mexicana** 42(1): 91-101.
- Curry, J.P. & J.A. Good. 1992. Soil faunal degradation and restoration. **Advances in soil Science** 17: 171-215.
- Czarnecki, A. 1983. Springtails as index of forest site development. *New trends in soil Biology*. Ph. Lebrun *et al.* (eds): 643-645.
- Díaz Aspiazu, M., V. González Cairo, J.G. Palacios-Vargas & M.J. Luciañes Sánchez. 2004. Clave Dicotómica para la determinación de los colémbolos de Cuba (Hexápoda: Collembola). **Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa** 34: 73-83.
- Doran, J.W. y B.T. Parkin. 1984. *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. Soil Science Society of America, Inc. Special Publication. Number 35. Madison, Wisconsin, USA.
- Dowdy, W.W. 1965. Studies on the Ecology of Mites and Collembola. **American Midland Naturalist** 74(1): 196-210.
- Dunger, W., H.J. Schulz & B. Zimdars. 2002. Colonization behaviour of Collembola under different conditions of dispersal. **Pedobiologia** 46: 316-327.
- Ferguson, S.H. & D.O. Joly. 2002. Dynamics of springtail and mite populations: the role of density dependence, predation, and weather. **Ecological Entomology** 27: 565-573.
- Frampton, G.K. 1994. Sampling to detect effects of pesticides on epigeal Collembola (springtails). **Aspects in Applied Biology** 37: 121-130.
- Frampton, G.K. 1997. The potential of Collembola as indicators of pesticide usage: evidence and methods from the UK arable ecosystem. **Pedobiologia** 41: 179-184.
- Frampton, G.K. & P.J. Van der Brink. 2002. Influence of cropping on the species composition of epigeic Collembola in arable fields. **Pedobiologia** 46: 328-337.
- Filser, J. 2002. The role of Collembola in carbon and nitrogen cycling in soil. **Pedobiologia** 46: 234-245.
- Garita-Cambronero, J., A. Duarte-Madrigal. & A. Retana-Salazar. 2006. Indicadores eficientes de salud edáfica. **Mes** 1(11): 23-32.

Geissen V J Illmann A Flohr R Kahrer & G W Brummer 1997 Effects of liming and fertilization on Collembola in forest soils in relation to soil chemical parameters **Pedobiología** 41 194-201

Glantz S A 2006 Bioestadística McGraw Hill/Interamericana Sexta edición Colombia pp 620

Gómez Anaya J A & J G Palacios Vargas 2004 Structure and composition of litter and soil Poduromorpha assemblages (Hexapoda Entognatha Collembola) from a tropical dry forest in western México **Folia Entomologica Mexicana** 43(2) 215-225

Greenslade P 1997 Are Collembola useful as indicators of the conservation value of native grasslands? **Pedobiologia** 41 215-220

Greenslade P & G Vaughan 2003 A comparison of Collembola species for toxicity testing of Australian soils **Pedobiologia** 47 171-179

Gregorich E G D A Angers C A Campbell M R Carter C F Drury B H Eiler P H Groenevelt D A Holstrom C M Monreal H W Rees R P Voroney & T J Vyn 1995 Changes in soil organic matter Ch 5 In D F Acton & L J Gregorich (eds) The health of our soils Centre for Land and Biological Resources research Canada pp 350

Grisin H 1943 Okologie und lebensgemeinschaften der Collembolen im Schweizerischen exkursionsgebiet basels pp 131-224 En Arbea J I & J Blasco-Zumeta 2001 Ecología de los colémbolos (Hexapoda Collembola) en Los Monegros (Zaragoza España) **Aracnet 7 – Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa** 28 35-48

Gullén C F Soto-Adames & M Springer 2006a Diversidad y abundancia de los colémbolos edáficos en un bosque primario un bosque secundario y un cafetal en Costa Rica **Agronomía Costarricense** 30(2) 7-17

Gullén C F Soto-Adames & M Springer 2006b Variables físico químicas y biológicas del suelo sobre las poblaciones de colémbolos en Costa Rica **Agronomía Costarricense** 30(2) 19-29

Gupta V V S R & Yeates G W 1997 Soil microfauna as Bioindicators of soil health In Pankhurst C E Double B M & Gupta V V S R eds Biological indicators of soil health CAB International Wallingford UK pp 233

Hägvar S & G Abrahamsen 1984 Collembola in Norwegian coniferous forest soils III Relation to soil chemistry **Pedobiologia** 27 331-339

Hasegawa, M. 2002. The response of collembolan community to the amount and composition of organic matter of a forest floor. **Pedobiologia** 46: 353-364.

Hazra, A.K. & D.K. Choudhuri. 1983. A study of Collembola communities in cultivated and uncultivated sites of West Bengal in relation to three major soil factors. **Review Ecology Biology Soil** 20: 385-401.

Hopkin, S.P. 1997. Biology of springtails (Insecta: Collembola). Oxford University Press, Oxford. pp. 333.

Iannacone, J. & I. Montoro. 2002. Impacto de los productos botánicos bioinsecticidas (azadiractina y rotenona) sobre la artrofauna capturada con trampas de suelo en el tomate en Ica, Perú. **Revista Colombiana de Entomología**. 28: 191-198.

Jaeger, G. & G. Eisenbeis. 1984. pH-dependent absorption of solution by ventral tube of *Tomocerus flavescens* (Tullberg, 1871) (Insecta): Collembola). **Revue d'Ecologie et de Biologie du Sol**. 21: 519-531.

Kanal, A. 2004. Effects of fertilization and edaphic properties on soil-associated Collembola in crop rotation. **Agronomy Research** 2(2): 153-158.

Klironomos, J.N. & B. Kendrick. 1995. Relationships among microarthropods, fungi, and their environment. **Plant and Soil** 170: 183-197.

Kováč, L. & D. Miklisová. 1997. Collembolan communities (Hexapoda, Collembola) in arable soils of east Slovakia. **Pedobiologia** 41:62-68.

Krivolutzky, D.A. 1985. Animals as bioindicators. In Salanki, J. (Ed). 1985. Biological monitoring of the state of the environment bioindicators. An overview of the IUBS programme on bioindicators. pp. 27-71.

Maes, J. M. & J. G. Palacios Vargas. 1988. Catálogo de los insectos Apterygota de Nicaragua. **Revista Nicaragüense de Entomología** 4: 1-9.

Mari Mutt, J.A. 1982. Observaciones preliminares sobre la distribución geográfica de los colémbolos de Puerto Rico (Insecta). **Caribbean Journal of Science** 18(1-4): 29-34.

Mendoza-Arviso, S., F.J. Villalobos, L. Ruíz Montoya & A.E. Castro R. 1999. Patrones ecológicos de los colémbolos en el cultivo de maíz en Balún Canal, Chiapas, México. **Acta Zoológica Mexicana** 78: 83-101.

Miranda-Rangel, A. & J.G. Palacios-Vargas. 1992. Estudios comparativos de las comunidades de colémbolos edáficos de bosques de *Abies religiosa* y cultivo de haba (*Vicia faba*). **Agrociencia. Serie. Protección Vegetal** 3(3): 7-18.

Moreno C 2001 Métodos para medir la Biodiversidad M&T- Manuales y Tesis SEA España Vol 1 pp 84

Najt J 1976 Algunos conceptos sobre la biología de los suelos como ciencia de nuestro tiempo En Mendoza A S F J Villalobos L Ruíz Montoya & A E Castro R 1999 Patrones ecológicos de los colémbolos en el cultivo de maíz en Balun Canal Chiapas Mexico **Acta Zoológica Mexicana** 78 83-101

Negrí I 2004 Spatial distribution of Collembola in presence and absence of a predator **Pedobiología** 48 585 588

Palacios Vargas J G 1985 Microartrópodos del Popocatepetl (Aspectos biogeográficos de los ácaros oribátidos e insectos colémbolos) pp 1 132 En Mendoza A S F J Villalobos L Ruíz Montoya & A E Castro R 1999 Patrones ecológicos de los colémbolos en el cultivo de maíz en Balun Canal Chiapas México **Acta Zoológica Mexicana** 78 83-101

Palacios Vargas J G 1990 Diagnosis y clave para determinar las familias de los Collembola de la región Neotropical Manuales y guías para el estudio de microartrópodos 1 México D F pp 1 15

Palacios-Vargas J G 1992 Guide to the Springtails of Panama and Costa Rica (Collembola) En Quintero D & A Aiello (eds) 1992 Insects of Panamá and Mesoamerica Selected Studies Oxford University Press pp 692

Palacios-Vargas J G 2003 Los microartrópodos (Collembola) de la selva tropical húmeda En Álvarez Sánchez & E Naranjo-García (eds) 2003 Ecología del suelo en la selva tropical húmeda de México pp 220-225

Palacios Vargas J G & J A Gómez-Anaya 1993 Los Colémbolos (Hexapoda Aptengota) de Chamela Jalisco México (Distribución Ecología y Claves) **Folia Entomológica Mexicana** 89 1 34

Palacios Vargas J G & B Mejía Recamier 2007 Técnicas de colecta Montaje y preservación de microartrópodos edáficos Primera edición México pp 72

Park J & S H Cousins 1995 Soil biological health an agro-ecological change **Agriculture, Ecosystems and Environment** 56 137 148

Peña D 2002 Análisis de datos multivariados McGraw Hill/Interamericana Primera edición España pp 539

Petersen H 2000 Collembola populations in an organic crop rotation Population dynamics and metabolism after conversion from clover-grass ley to spring barley **Pedobiología** 44 502 515

- Petersen, H. 2002. General aspects of collembolan ecology at the turn of the millennium. **Pedobiologia** 46: 246-260.
- Petersen, H. & M. Luxton. 1982. A comparative analysis of soil fauna populations and their role in decomposition processes. **Oikos** 39: 288-388.
- Ponge, J.F. & B. Pratt. 1982. Les collemboles, indicateurs du mode d'humification dans les peuplements résineux, feuillus et mélangés: résultats obtenus en forêt d'Orléans. **Review Ecology Biology Soil** 19: 237-250.
- Ponge, J.F. 1983. Les Collemboles, Indicateurs du type d'humus en milieu forestier. Résultats obtenus au Sud de Paris. **Acta Oecologica. Oecologia Generale** 4: 359-374.
- Ponge, J.F., G. Vannier, P. Arpin & J.F. David. 1986. Soil fauna and site assessment in beech stands of the Belgian Ardennes. **Canadian Journal of forest Research** 27: 2053-2064.
- Rebek, E.J., D.B. Hogg & D.K. Young. 2002. Effect of four chopping systems on the abundance and diversity of epiedaphic springtails (Hexapoda: Parainsecta: Collembola) in Souther Wisconsin. **Environmental Entomology** 31(1): 37-46.
- Rusek, J. 1998. Biodiversity of Collembola and their functional role in the ecosystem. **Biodiversity and Conservation** 7: 1207-1219.
- Rusek, J. 2002. Taxonomy of Collembola at the beginning of the new millennium. **Pedobiologia** 46: 215-224.
- Salmon, S. & J.F. Ponge. 1999. Distribution of *Heteromurus nitidus* (Hexapoda, Collembola) according to soil acidity: interaction with earthworms and predator pressure. **Soil Biology and Biochemistry** 31: 1161-1170.
- Seybold, C.A., M.J. Mausbach, D.L. Karlen & H.H. Rogers. 1997. Quantification of Soil Quality. In *Soil Process and the Carbon Cycle* (eds. Lal, R., J.M. Kimble, R. F. Follet. & B.A. Stewart.), CRC Press, Boca Raton, Florida. pp. 387-403 .
- Stock, E.N. & P. Eggleton. 1992. Invertebrates as determinants and indicators of soil quality. **American Journal of Alternative Agriculture** 7: 23-32.
- Stuczynski, T.I., G.W. Mccarty, J.B. III Reeves & R.J. Wright. 1996. Use of GC/MS pyrolysis for assessing changes in soil organic matter quality. **Soil Science**. 162(2): 97-105.

Van Straalen N M & H A Verhoef 1997 The development of a bioindicator system for soil acidity based on arthropod pH preferences **Journal of Applied Ecology** **34** 217 232

Villalobos F J 1990 Estudio preliminar sobre la abundancia y diversidad de los Collembola (Apterygota) de un bosque tropical del norte de México **Folia Entomológica Mexicana** **80** 5 29

Villalobos F J K M Goh R M Emberson R B Chapman & R B McPherson 1993 Interacciones entre la materia orgánica del suelo la bacteria *Serratia entomophila* Grimont *et al* y la alimentación de larvas de *Costelytra zealandica* (White) (Coleoptera Melolonthidae) En Morón M A (ed) Diversidad y manejo de plagas subterráneas Instituto de Ecología Xalapa México pp 253

Villarreal J & B Name 1996 Técnicas de laboratorios de suelo IDIAP – CIAC Divisa Panamá C D

Zachrisson B J Lezcano G Castaño-Meneses O Martínez & G Aranda 2006 Estructura de la comunidad edáfica de Collembola (Insecta) en áreas productoras de banano localizadas en los distritos de Alanje progreso y Baru Panamá I Congreso internacional de banano y plátano en Panamá 2007 pp 25 32

Zachrisson B O Martínez J Gutiérrez P Polanco & G Aranda 2008 Estructura de la comunidad de Collembola (Insecta) y su relación con nutrientes en suelos de vocación bananera en Panamá Resúmenes XII Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología Panamá Republica de Panama pp 147

**ANEXO**

Anexo 1a Muestreo | Variables físico-químicas en la localidad de Barro Blanco Bugaba provincia de Chiriquí Panamá

Variables Físico-Químicas	M O	pH	P	K	Fe	Zn	Cu	Mn	Ca	Al	Mg
	(%)		(Mg/L)					(Cmol/Kg)			
Muestras											
A1	3,0	5,0	143,0	160,0	56,0	3,0	5,0	11,0	3,1	0,4	0,5
A2	3,4	5,0	143,0	180,0	45,0	3,0	6,0	12,0	2,6	0,4	0,4
A3	5,9	4,9	177,0	285,0	49,0	5,0	6,0	19,0	3,3	0,5	6,0
A4	4,0	5,0	143,0	184,0	42,0	6,0	6,0	8,0	3,1	0,4	4,0
A5	5,5	5,0	154,0	160,0	60,0	5,0	6,0	11,0	3,2	0,4	4,0
A6	5,0	4,7	161,0	130,0	44,0	5,0	7,0	10,0	3,0	0,7	0,4
A7	4,7	5,0	161,0	192,0	26,0	9,0	7,0	7,0	3,2	0,4	0,5
A8	3,8	5,1	177,0	156,0	50,0	6,0	7,0	13,0	4,0	0,2	0,6
$\bar{X} \pm s$	4,4 ± 1,0	5,0 ± 0,1	157,4 ± 14,3	180,9 ± 46,4	46,5 ± 10,3	5,3 ± 1,9	6,3 ± 0,7	11,4 ± 3,7	3,2 ± 0,4	0,4 ± 0,1	2,1 ± 2,2

M O Materia orgánica pH P Fósforo K. Potasio Fe Hierro Zn Zinc Cu Cobre Mn Manganeso Ca Calcio Al Aluminio Mg Magnesio

Anexo 1b Muestreo II Variables físico-químicas en la localidad de Barro Blanco Bugaba provincia de Chiriquí Panamá

Variables Físico-Químicas	MO	pH	P	K	Fe	Zn	Cu	Mn	Ca	Al	Mg
	(%)		(Mg/L)						(Cmol/Kg)		
Muestras											
A1	0,7	4,8	127,0	106,0	29,0	4,0	2,0	11,0	1,5	0,3	0,5
A2	2,5	4,8	119,0	59,0	33,0	3,0	3,0	9,0	1,3	0,6	0,3
A3	1,0	4,4	137,0	125,0	30,0	3,0	3,0	11,0	2,1	0,3	0,7
A4	3,9	5,1	105,0	67,0	37,0	3,0	3,0	11,0	1,3	0,8	0,3
A5	2,6	4,7	127,0	160,0	40,0	3,0	4,0	12,0	1,7	0,4	0,5
A6	0,6	4,8	123,0	90,0	30,0	2,0	4,0	8,0	1,6	0,5	0,3
A7	3,5	4,8	137,0	78,0	27,0	3,0	4,0	7,0	1,4	0,5	0,3
A8	2,0	4,8	154,0	117,0	22,0	2,0	4,0	8,0	1,8	0,3	0,5
$\bar{X} \pm s$	2,1±1,3	4,8±0,2	128,6±14,5	100,3±33,6	31,0±5,6	2,9±0,6	3,4±0,7	9,6±1,8	1,6±0,3	0,5±0,2	0,4±0,2

MO Materia orgánica pH P Fósforo K Potasio Fe Hierro Zn Zinc Cu Cobre Mn Manganeseo Ca Calcio Al Aluminio Mg Magnesio

Anexo 1c Muestreo III Variables físico-químicas en la localidad de Barro Blanco Bugaba provincia de Chiriquí Panamá

Variables Físico-Químicas	MO	pH	P	K	Fe	Zn	Cu	Mn	Ca	Al	Mg
	(%)		(Mg/L)					(Cmol/Kg)			
Muestras											
A1	5,7	4,7	119,0	94,0	12,0	3,0	0,0	4,0	0,9	0,3	0,5
A2	2,6	4,5	116,0	63,0	15,0	2,0	0,0	3,0	0,6	0,5	0,2
A3	5,7	4,2	127,0	78,0	21,0	3,0	0,0	5,0	0,7	0,8	0,3
A4	5,0	4,2	114,0	117,0	28,0	2,0	1,0	5,0	0,7	0,8	0,2
A5	5,7	4,2	93,0	67,0	21,0	2,0	1,0	4,0	0,8	0,7	0,3
A6	4,8	3,9	105,0	67,0	28,0	2,0	1,0	8,0	0,3	0,9	0,2
A7	5,3	4,0	123,0	63,0	18,0	2,0	1,0	5,0	0,6	0,7	0,3
A8	3,5	4,1	137,0	55,0	15,0	5,0	1,0	4,0	0,7	0,4	0,3
$\bar{X} \pm s$	4,8±1,1	4,2±0,3	116,8±13,5	75,5±20,5	19,8±5,9	2,6±1,1	0,6±1,5	4,8±1,5	0,7±0,2	0,6±0,2	0,3±0,1

MO Materia orgánica pH P Fósforo K Potasio Fe Hierro Zn Zinc Cu Cobre Mn Manganeseo Ca Calcio Al Aluminio Mg Magnesio

Anexo 1d Muestreo IV Variables físico-químicas en la localidad de Barro Blanco Bugaba provincia de Chiriquí Panamá

Variables Físico-Químicas	M O	pH	P	K	Fe	Zn	Cu	Mn	Ca	Al	Mg
	(%)		(Mg/L)						(Cmol/Kg)		
Muestras											
A1	2,9	5,4	177,0	82,0	22,0	2,0	1,0	8,0	1,5	0,2	0,5
A2	3,1	4,9	168,0	102,0	29,0	2,0	1,0	7,0	1,0	0,6	0,2
A3	4,0	5,2	154,0	90,0	22,0	2,0	1,0	7,0	1,4	0,5	0,3
A4	5,5	4,9	168,0	67,0	28,0	2,0	1,0	7,0	1,5	0,6	0,3
A5	4,1	5,1	148,0	110,0	32,0	2,0	1,0	9,0	1,3	0,5	0,3
A6	4,9	4,8	154,0	47,0	38,0	3,0	1,0	9,0	1,2	0,7	0,2
A7	4,8	5,1	148,0	126,0	32,0	3,0	1,0	9,0	1,2	0,6	0,3
A8	4,8	5,1	154,0	67,0	28,0	2,0	1,0	7,0	1,3	0,5	0,3
$\bar{X} \pm s$	4,3±0,9	5,1±0,2	158,9±10,7	86,4±25,9	28,9±5,3	2,3±0,5	1,0±0	7,9±1,0	1,3±0,2	0,5±0,1	0,3±0,1

M O Materia orgánica pH P Fósforo K Potasio Fe Hierro Zn Zinc Cu Cobre Mn Manganeseo Ca Calcio Al Aluminio Mg Magnesio

Anexo 2a Muestreo I Variables físico-químicas en la localidad de Dos Bocas Ocu provincia de Herrera Panamá

Variables Físico-Químicas	M O	pH	P	K	Fe	Zn	Cu	Mn	Ca	Al	Mg
	(%)										
Muestras											
A1	3,5	4,5	2,0	196,0	10,0	2,0	0,0	40,0	5,6	3,6	2,7
A2	2,0	4,6	0,0	160,0	9,0	2,0	0,0	37,0	3,8	5,1	1,5
A3	2,4	4,5	0,0	149,0	10,0	1,0	0,0	54,0	3,1	3,3	1,1
A4	1,9	4,5	2,0	204,0	13,0	2,0	0,0	41,0	5,3	5,4	2,4
A5	2,1	4,5	3,0	149,0	11,0	2,0	0,0	58,0	3,9	4,1	1,5
A6	2,1	4,6	4,0	172,0	11,0	1,0	0,0	35,0	4,2	5,3	1,8
A7	1,9	4,5	0,0	168,0	11,0	1,0	0,0	46,0	3,3	3,0	1,1
A8	3,8	4,6	0,0	172,0	15,0	2,0	0,0	45,0	4,3	4,4	2,0
$\bar{X} \pm s$	2,5±0,7	4,5±0,1	1,4±1,6	171,3±20,0	11,3±1,9	1,6±0,5	0,0±0	44,5±8,0	4,2±0,9	4,3±0,9	1,8±0,6

M O Materia orgánica pH P Fósforo K Potasio Fe Hierro Zn Zinc Cu Cobre Mn Manganese Ca Calcio Al Aluminio Mg Magnesio

Anexo 2b Muestreo II Variables físico-químicas en la localidad de Dos Bocas Ocu provincia de Herrera Panamá

Variables Físico-Químicas	M O	pH	P	K	Fe	Zn	Cu	Mn	Ca	Al	Mg
	(%)		(Mg/L)					(Cmol/Kg)			
Muestras											
A1	1,7	4,5	2,0	130,0	66,0	3,0	1,0	26,0	4,7	0,1	2,4
A2	2,0	4,4	0,0	59,0	80,0	0,0	2,0	12,0	3,3	0,1	1,5
A3	1,9	4,3	1,0	71,0	66,0	0,0	2,0	17,0	4,1	0,1	1,6
A4	1,8	4,7	2,0	122,0	67,0	2,1	1,0	39,0	3,7	0,1	1,6
A5	1,2	4,8	5,0	94,0	61,0	0,0	1,0	15,0	3,7	0,1	1,5
A6	2,5	4,5	2,0	74,0	68,0	0,0	2,0	11,0	2,7	0,1	1,0
A7	1,3	4,5	0,0	74,0	79,0	0,0	2,0	18,0	3,3	0,1	1,5
A8	3,1	4,7	2,0	94,0	60,0	0,0	1,0	14,0	3,1	0,1	1,3
$\bar{X} \pm s$	1,9±0,6	4,6±0,2	1,8±1,6	89,8±25,3	68,4±7,4	0,6±1,2	1,5±0,5	19,0±9,3	3,6±0,6	0,1±0	1,6±0,4

M O Matena orgánica pH P Fósforo K Potasio Fe Hierro Zn Zinc Cu Cobre Mn Manganeseo Ca Calcio Al Aluminio Mg Magnesio

Anexo 2c Muestreo III Variables físico-químicas en la localidad de Dos Bocas Ocu provincia de Herrera Panamá

Variables Físico-Químicas	M O	pH	P	K	Fe	Zn	Cu	Mn	Ca	Al	Mg
	(%)		(Mg/L)					(Cmol/Kg)			
Muestras											
A1	0,8	4,7	2,0	184,0	13,0	1,0	2,0	38,0	4,6	5,3	4,0
A2	1,7	4,8	2,0	204,0	18,0	2,0	2,0	39,0	6,9	5,8	7,3
A3	1,2	4,7	5,0	196,0	12,0	1,0	2,0	37,0	4,6	6,9	6,7
A4	1,6	4,3	5,0	130,0	10,0	1,0	2,0	34,0	4,9	7,6	6,8
A5	1,7	4,3	2,0	71,0	11,0	1,0	2,0	34,0	5,1	8,4	7,2
A6	0,3	4,4	9,0	120,0	13,0	0,0	3,0	36,0	5,6	7,9	8,5
A7	1,6	4,5	13,0	145,0	12,0	0,0	3,0	31,0	6,0	8,8	8,7
A8	0,0	4,3	6,0	137,0	10,0	1,0	3,0	31,0	6,7	8,4	9,3
$\bar{X} \pm s$	1,1±0,6	4,5±0,2	5,5±3,9	148,4±44,6	12,4±2,6	0,9±0,6	2,4±0,5	35,0±3,0	5,6±0,9	7,4±1,3	7,3±1,6

M O Matena orgánica pH P Fósforo K. Potasio Fe Hierro Zn Zinc Cu Cobre Mn Manganeseo Ca Calcio Al Aluminio Mg Magnesio

Anexo 2d Muestreo IV Variables físico-químicas en la localidad de Dos Bocas Ocu provincia de Herrera Panamá

Variables Físico Químicas	M O	pH	P	K	Fe	Zn	Cu	Mn	Ca	Al	Mg
	(%)		(Mg/L)					(Cmol/Kg)			
Muestras											
A1	3,4	4,0	3 0	196,0	15 0	1 0	2 0	20,0	2 5	2 7	2 1
A2	2,5	3,9	0 0	160 0	13,0	1,0	2,0	23,0	3 4	6 4	4,2
A3	2 8	4,1	0 0	164 0	12 0	1 0	3 0	22,0	3 5	8 2	5,4
A4	0,4	4,1	0,0	145,0	10,0	2,0	8,0	19,0	8,4	6,3	14,8
A5	3 9	4 2	0,0	122 0	14 0	2 0	3,0	25,0	1 9	6 1	1 9
A6	1,9	4,2	0 0	152 0	16 0	3 0	4 0	27 0	3 1	7 2	3 8
A7	3,1	4 2	0,0	122 0	14,0	1 0	3,0	23,0	2,2	7,9	2,6
A8	1 0	4 3	0 0	117 0	15 0	2 0	4,0	27,0	3,9	10,5	5,6
$\bar{X} \pm s$	2 4±1,2	4 1±0 1	0 4±1 1	147 3±26 8	13,6±1 9	1 6±0 7	3 6±1 9	23 3±2 9	3 6±2,0	6 9±2 2	5 1±4 2

M O Materia orgánica pH P Fósforo K Potasio Fe Hierro Zn Zinc Cu Cobre Mn Manganese Ca Calcio Al Aluminio Mg Magnesio

Anexo 3a Muestreo I Variables físico-químicas en la localidad de Tocumen provincia de Panamá Panamá

Variables Físico-Químicas	M O	pH	P	K	Fe	Zn	Cu	Mn	Ca	Al	Mg
	(%)				(Mg/L)				(Cmol/Kg)		
Muestras											
A1	4,0	5,3	5,0	149,0	224,0	1,0	12,0	44,0	13,7	0,1	13,2
A2	5,2	5,4	5,0	156,0	135,0	1,0	11,0	35,0	14,1	0,1	12,8
A3	1,9	5,2	4,0	122,0	226,0	1,0	12,0	50,0	12,2	0,1	10,6
A4	4,8	5,1	6,0	122,0	205,0	2,0	12,0	57,0	14,7	0,1	11,3
A5	5,2	5,2	5,0	145,0	221,0	1,0	12,0	46,0	13,5	0,1	13,1
A6	4,1	5,3	5,0	151,0	142,0	1,0	11,0	38,0	12,3	0,1	12,9
A7	2,0	5,4	6,0	120,0	223,0	2,0	12,0	51,0	14,3	0,1	10,4
A8	4,6	5,1	4,0	125,0	201,0	1,0	12,0	53,0	14,0	0,1	11,5
$\bar{X} \pm s$	4,0±1,3	5,3±0,1	5,0±0,8	136,3±15,3	197,1±37,4	1,3±0,5	11,8±0,5	46,8±7,5	13,6±0,9	0,1±0	12,0±1,2

M O Materia orgánica pH P Fósforo K Potasio Fe Hierro Zn Zinc Cu Cobre Mn Manganese Ca Calcio Al Aluminio Mg Magnesio

Anexo 3b Muestreo II Variables físico-químicas en la localidad de Tocumen provincia de Panamá Panamá

Variables Físico-Químicas	MO	pH	P	K	Fe	Zn	Cu	Mn	Ca	Al	Mg
	(%)				(Mg/L)				(Cmol/Kg)		
Muestras											
A1	4,3	5,1	8,0	74,0	201,0	6,0	7,0	108,0	11,4	0,1	8,0
A2	5,5	5,3	3,0	63,0	209,0	3,0	7,0	121,0	10,4	0,1	7,5
A3	6,4	5,3	2,0	74,0	164,0	2,0	6,0	147,0	11,8	0,1	11,7
A4	6,4	5,2	2,0	55,0	191,0	3,0	7,0	92,0	10,7	0,1	8,6
A5	6,4	5,1	2,0	75,0	185,0	8,0	5,0	110,0	10,4	0,1	10,0
A6	6,4	5,2	3,0	71,0	227,0	7,0	6,0	111,0	10,8	0,1	9,4
A7	4,4	5,3	4,0	55,0	221,0	4,0	7,0	86,0	9,9	0,1	7,0
A8	5,2	5,3	2,0	125,0	161,0	2,0	5,0	118,0	11,1	0,1	10,7
$\bar{X} \pm s$	5,6±0,9	5,2±0,1	3,3±2,0	74,0±22,2	194,9±24,4	4,4±2,3	6,3±0,9	111,6±18,7	10,8±0,6	0,1±0	9,0±1,6

MO Materia orgánica pH P Fósforo K Potasio Fe Hierro Zn Zinc Cu Cobre Mn Manganeso Ca Calcio Al Aluminio Mg Magnesio

Anexo 3c Muestreo III Variables físico-químicas en la localidad de Tocumen provincia de Panamá Panamá

Variables Físico-Químicas	M O	pH	P	K	Fe	Zn	Cu	Mn	Ca	Al	Mg
	(%)		(Mg/L)						(Cmol/Kg)		
Muestras											
A1	2,8	5,8	3,0	156 0	153,0	3,0	8 0	89 0	9,1	0 2	7 5
A2	3,2	6,2	4,0	98,0	330,0	2 0	11,0	153,0	9 0	0 1	6,3
A3	2,1	6,0	4 0	78,0	312,0	3 0	12,0	168,0	8,0	0 1	6,0
A4	2 6	5,9	3 0	94 0	322,0	3,0	11 0	182,0	8,3	0 1	6,2
A5	3 2	5 9	3,0	74 0	176 0	3,0	9,0	112 0	9 3	0 1	8,0
A6	2 5	6 0	5 0	55 0	288,0	3,0	12,0	187 0	9 5	0,1	7 5
A7	2,6	6,1	7,0	51,0	330,0	3,0	14 0	177,0	9,0	0,1	6,6
A8	2 4	5 8	3 0	94 0	310 0	3,0	13 0	110 0	8 8	0 1	6,5
$\bar{X} \pm s$	2 7±0 4	6 0±0 1	4 0±1,4	87 5±32 8	277 6±71 4	2 9±0,4	11,3±2,0	147,3±38 1	8 9±0 5	0,1±0	6 8±0 7

M O Materia orgánica pH P Fósforo K Potasio Fe Hierro Zn Zinc Cu Cobre Mn Manganeseo Ca Calcio Al Aluminio Mg Magnesio

Anexo 3d Muestreo IV Variables físico-químicas en la localidad de Tocumen provincia de Panamá Panamá

Variables Físico-Químicas	M O	pH	P	K	Fe	Zn	Cu	Mn	Ca	Al	Mg
	(%)		(Mg/L)						(Cmol/Kg)		
Muestras											
A1	4,0	5,7	2,0	55,0	177,0	3,0	8,0	106,0	9,0	0,1	7,8
A2	2,6	5,8	2,0	43,0	314,0	3,0	10,0	131,0	8,5	0,1	6,6
A3	2,1	5,9	7,0	43,0	297,0	3,0	10,0	138,0	10,1	0,1	8,0
A4	2,3	6,0	4,0	39,0	340,0	3,0	10,0	145,0	8,6	0,1	7,5
A5	2,5	6,4	10,0	39,0	191,0	3,0	8,0	176,0	11,1	0,1	11,7
A6	2,7	6,2	2,0	43,0	320,0	3,0	9,0	191,0	9,5	0,1	9,0
A7	2,8	6,4	2,0	94,0	420,0	3,0	10,0	250,0	9,4	0,1	9,9
A8	2,7	6,5	2,0	39,0	360,0	3,0	11,0	153,0	8,8	0,1	7,6
$\bar{X} \pm s$	2,9±1,1	6,1±0,3	3,9±3,0	49,4±18,8	302,4±82,1	3,0±0	9,5±1,1	161,3±44,4	9,4±0,9	0,1±0	8,5±1,6

M O Materia orgánica pH P Fósforo K Potasio Fe Hierro Zn Zinc Cu Cobre Mn Manganeseo Ca Calcio Al Aluminio Mg Magnesio

**Anexo 4a Análisis del peso (%) de variables físico-químicas edáficas sobre el orden  
Collembola (Insecta) en la localidad arrocera de Barro Blanco Bugaba  
provincia de Chiriquí Panamá**

<b>Factores Físico-Químicos</b>	<b>Total<sup>1</sup></b>	<b>% de la varianza<sup>1</sup></b>	<b>% acumulado<sup>1</sup></b>	<b>Total<sup>1</sup></b>	<b>% de la varianza<sup>1</sup></b>	<b>% acumulado<sup>1</sup></b>
<b>M O</b>	<b>4 53</b>	<b>41 19</b>	<b>41 19</b>	<b>4 53</b>	<b>41 19</b>	<b>41 19</b>
<b>pH</b>	<b>2 84</b>	<b>25 78</b>	<b>66 97</b>	<b>2 84</b>	<b>25 78</b>	<b>66 97</b>
<b>P</b>	<b>1 21</b>	<b>11 04</b>	<b>78 01</b>	<b>1 21</b>	<b>11 04</b>	<b>78 01</b>
<b>K</b>	<b>0 81</b>	<b>7 34</b>	<b>85 35</b>			
<b>Fe</b>	<b>0 64</b>	<b>5 79</b>	<b>91 14</b>			
<b>Zn</b>	<b>0 37</b>	<b>3 36</b>	<b>94 50</b>			
<b>Cu</b>	<b>0 18</b>	<b>1 63</b>	<b>96 13</b>			
<b>Mn</b>	<b>0 17</b>	<b>1 56</b>	<b>97 6</b>			
<b>Ca</b>	<b>0 14</b>	<b>1 25</b>	<b>98 95</b>			
<b>Al</b>	<b>0 07</b>	<b>0 65</b>	<b>99 59</b>			
<b>Mg</b>	<b>0 04</b>	<b>0 41</b>	<b>100 00</b>			

<sup>1</sup> Análisis de Componentes Principales

**Anexo 4b Análisis del peso (%) de variables físico-químicas edáficas sobre el orden Collembola (Insecta) en la localidad arrozera de Dos Bocas Ocu provincia de Herrera Panamá**

<b>Factores Físico-Químicos</b>	<b>Total<sup>1</sup></b>	<b>% de la varianza<sup>1</sup></b>	<b>% acumulado<sup>1</sup></b>	<b>Total<sup>1</sup></b>	<b>% de la varianza<sup>1</sup></b>	<b>% acumulado<sup>1</sup></b>
<b>MO</b>	<b>4 73</b>	<b>43 02</b>	<b>43 01</b>	<b>4 73</b>	<b>43 02</b>	<b>43 02</b>
<b>pH</b>	<b>2 08</b>	<b>18 94</b>	<b>61 96</b>	<b>2 08</b>	<b>18 94</b>	<b>61 96</b>
<b>P</b>	<b>1 32</b>	<b>11 97</b>	<b>73 93</b>	<b>1 32</b>	<b>11 97</b>	<b>73 93</b>
<b>K</b>	<b>0 93</b>	<b>8 41</b>	<b>82 34</b>			
<b>Fe</b>	<b>0 62</b>	<b>5 62</b>	<b>87 96</b>			
<b>Zn</b>	<b>0 58</b>	<b>5 26</b>	<b>93 22</b>			
<b>Cu</b>	<b>0 36</b>	<b>3 27</b>	<b>96 49</b>			
<b>Mn</b>	<b>0 16</b>	<b>1 48</b>	<b>97 97</b>			
<b>Ca</b>	<b>0 11</b>	<b>0 96</b>	<b>98 94</b>			
<b>Al</b>	<b>0 07</b>	<b>0 61</b>	<b>99 54</b>			
<b>Mg</b>	<b>0 05</b>	<b>0 46</b>	<b>100 00</b>			

<sup>1</sup> Análisis de Componentes Principales

Anexo 4c Análisis del peso (%) de variables físico-químicas edáficas sobre el orden Collembola (Insecta) en la localidad arrocera de Tocumen provincia de Panamá Panamá

Factores Físico-Químicos	Total <sup>1</sup>	% de la varianza <sup>1</sup>	% acumulado <sup>1</sup>	Total <sup>1</sup>	% de la varianza <sup>1</sup>	% acumulado <sup>1</sup>
<b>M O</b>	<b>3 47</b>	<b>31 53</b>	<b>31 53</b>	<b>3 47</b>	<b>31 53</b>	<b>31 5301</b>
<b>pH</b>	<b>2 51</b>	<b>22 83</b>	<b>54 36</b>	<b>2 51</b>	<b>22 83</b>	<b>54 3634</b>
<b>P</b>	<b>1 75</b>	<b>15 89</b>	<b>70 25</b>	<b>1 75</b>	<b>15 89</b>	<b>70 2515</b>
<b>K</b>	<b>1 21</b>	<b>11 02</b>	<b>81 27</b>	<b>1 21</b>	<b>11 02</b>	<b>81 2671</b>
<b>Fe</b>	<b>0 75</b>	<b>6 80</b>	<b>88 06</b>			
<b>Zn</b>	<b>0 40</b>	<b>3 61</b>	<b>91 67</b>			
<b>Cu</b>	<b>0 34</b>	<b>3 08</b>	<b>94 75</b>			
<b>Mn</b>	<b>0 27</b>	<b>2 48</b>	<b>97 23</b>			
<b>Ca</b>	<b>0 17</b>	<b>1 50</b>	<b>98 73</b>			
<b>Al</b>	<b>0 11</b>	<b>1 03</b>	<b>99 77</b>			
<b>Mg</b>	<b>0 03</b>	<b>0 23</b>	<b>100 00</b>			

<sup>1</sup> Análisis de Componentes Principales

**Anexo 5a Muestreo I Estadio vegetativo (10 días después de la siembra) del cultivo de arroz Barro Blanco Bugaba provincia de Chiriquí Panamá**

<b>Abundancia y Numero de Familias de Collembola</b>											
<b>Familias-Muestras</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>A4</b>	<b>A5</b>	<b>A6</b>	<b>A7</b>	<b>A8</b>	<b>A9</b>	<b>A10</b>	<b>Total</b>
Entomobryidae	2	14	3	54	3	2	9	17	1	20	125
Isotomidae	20	27	121	34	22	3	34	20	2	10	293
Sminthuridae	1	162	1 283	305	273	12	500	1 021	111	102	3 770
Sminthundidae	75	133	892	506	134	37	80	511	4	0	2 372
Brachystomellidae	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	3
Onychiuridae	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2
<b>Total</b>	<b>98</b>	<b>336</b>	<b>2 299</b>	<b>900</b>	<b>432</b>	<b>54</b>	<b>625</b>	<b>1 569</b>	<b>118</b>	<b>134</b>	<b>6 565</b>

**Anexo 5b Muestreo II Estadio vegetativo (30 días después de la siembra) del cultivo de arroz Barro Blanco Bugaba provincia de Chiriquí Panamá**

<b>Abundancia y Numero de Familias de Collembola</b>											
<b>Familias-Muestras</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>A4</b>	<b>A5</b>	<b>A6</b>	<b>A7</b>	<b>A8</b>	<b>A9</b>	<b>A10</b>	<b>Total</b>
Entomobryidae	5	1	1	1	1	0	2	0	1	0	12
Isotomidae	8	14	5	44	36	5	6	6	22	15	161
Sminthuridae	2	0	0	0	1	0	0	1	0	0	4
Brachystomellidae	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	3
Onychiundae	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<b>Total</b>	<b>16</b>	<b>15</b>	<b>8</b>	<b>45</b>	<b>38</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>23</b>	<b>15</b>	<b>181</b>

**Anexo 5c Muestreo III Estadio de floración (50 días después de la siembra) del cultivo de arroz Barro Blanco Bugaba provincia de Chiriquí Panamá**

Abundancia y Numero de Familias de Collembola											
Familias-Muestras	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	Total
Entomobryidae	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	3
Paronellidae	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Isotomidae	7	4	9	4	8	8	2	3	23	13	81
Sminthuridae	4	0	1	0	0	0	0	1	1	2	9
Brachystomellidae	1	1	1	0	0	2	0	1	0	0	6
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>5</b>	<b>11</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>11</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>24</b>	<b>15</b>	<b>100</b>

**Anexo 5d Muestreo IV Estadio de grano lechoso (70 días después de la siembra) del cultivo de arroz Barro Blanco Bugaba provincia de Chiriquí Panamá**

Abundancia y Numero de Familias de Collembola											
Familias-Muestras	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	Total
Entomobryidae	23	16	18	19	13	7	21	15	18	10	160
Paronellidae	0	1	3	1	2	4	2	4	3	3	23
Isotomidae	15	28	140	266	204	63	41	101	26	12	896
Sminthuridae	115	66	54	102	51	55	53	104	139	66	805
Sminthundidae	26	0	23	0	35	39	32	0	73	16	244
Brachystomellidae	13	25	8	3	5	15	29	5	21	15	139
Onychiundae	0	0	0	0	0	0	0	37	0	0	37
<b>Total</b>	<b>192</b>	<b>136</b>	<b>246</b>	<b>391</b>	<b>310</b>	<b>183</b>	<b>178</b>	<b>266</b>	<b>280</b>	<b>122</b>	<b>2 304</b>

**Anexo 6a Muestreo I Estadio vegetativo (10 días después de la siembra) del cultivo de arroz, Dos Bocas Ocu provincia de Herrera Panamá**

Abundancia y Numero de Familias de Collembola											
Familias-Muestreos	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	Total
Entomobryidae	26	22	27	20	77	55	29	25	23	21	325
Paronellidae	0	4	4	4	3	0	3	1	2	9	30
Isotomidae	64	55	54	39	60	108	55	73	66	42	616
Sminthuridae	11	45	37	8	22	86	118	163	44	37	571
Sminthundidae	14	59	20	6	11	37	23	25	12	8	215
Brachystomellidae	15	14	22	9	12	17	26	18	17	8	158
Onychiundae	83	92	199	55	113	208	308	204	214	116	1,592
<b>Total</b>	<b>213</b>	<b>291</b>	<b>363</b>	<b>141</b>	<b>298</b>	<b>511</b>	<b>562</b>	<b>509</b>	<b>378</b>	<b>241</b>	<b>3,507</b>

**Anexo 6b Muestreo II Estadio vegetativo (30 días después de la siembra) del cultivo de arroz Dos Bocas Ocu provincia de Herrera Panamá**

Abundancia y Numero de Familias de Collembola											
Familias-Muestras	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	Total
Entomobryidae	3	13	61	20	22	21	10	8	7	18	183
Isotomidae	14	5	25	12	18	12	13	7	4	4	114
Sminthuridae	14	22	5	1	4	14	3	4	3	18	88
Sminthundidae	4	0	3	3	2	5	8	0	0	4	29
Dicyrtomidae	0	0	4	0	0	1	0	0	0	0	5
Brachystomellidae	7	4	55	19	37	32	36	16	2	6	214
Hypogastrundae	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2
Onychiundae	4	19	0	0	11	9	17	16	2	15	93
<b>Total</b>	<b>46</b>	<b>63</b>	<b>153</b>	<b>55</b>	<b>94</b>	<b>96</b>	<b>87</b>	<b>51</b>	<b>18</b>	<b>65</b>	<b>728</b>

**Anexo 6c Muestreo III Estado de floración (50 días después de la siembra) del cultivo de arroz Dos Bocas Ocu provincia de Herrera Panamá**

Abundancia y Numero de Familias de Collembola											
Familia Muestras	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	Total
Entomobryidae	14	8	15	20	27	21	19	11	10	10	155
Paronellidae	11	15	10	14	11	8	2	7	11	6	95
Isotomidae	41	16	8	0	16	17	17	20	18	25	178
Sminthuridae	38	13	17	15	48	66	20	67	34	38	318
Sminthundidae	177	220	270	214	323	230	159	272	125	138	2 128
Dicyrtomidae	0	0	0	2	1	0	0	0	0	1	4
Bachystomellidae	0	0	0	0	2	1	2	2	0	3	10
Hypogastrundae	8	2	0	0	0	0	0	0	0	0	10
Onychundae	0	0	0	0	0	0	3	1	1	6	11
<b>Total</b>	<b>289</b>	<b>274</b>	<b>320</b>	<b>265</b>	<b>428</b>	<b>343</b>	<b>222</b>	<b>380</b>	<b>199</b>	<b>227</b>	<b>2 909</b>

**Anexo 6d Muestreo IV Estado de grano lechoso (70 días después de la siembra) del cultivo de arroz Dos Bocas Ocu provincia de Herrera Panamá**

Abundancia y Numero de Familias de Collembola											
Familias-Muestras	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	Total
Entomobryidae	2	1	2	0	5	1	9	8	5	1	34
Paronellidae	0	0	1	0	6	5	5	3	3	0	23
Isotomidae	0	0	0	0	5	0	1	0	4	0	10
Sminthundae	5	0	1	1	5	2	3	10	8	1	36
Sminthundidae	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	4
Brachystomellidae	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>22</b>	<b>8</b>	<b>18</b>	<b>21</b>	<b>20</b>	<b>2</b>	<b>109</b>

**Anexo 7a Muestreo I Estadio vegetativo (10 días después de la siembra) del cultivo de arroz, Tocumen provincia de Panamá Panamá**

Abundancia y Número de Familias de Collembola											
Familias-Muestras	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	Total
Entomobryidae	0	3	0	4	3	3	7	6	4	2	32
Paronellidae	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Isotomidae	331	311	19	181	166	102	159	189	273	513	2 244
Sminthundae	0	1	6	35	11	1	12	0	11	34	111
Sminthundidae	554	1 609	124	1 706	229	82	984	194	1 056	3 389	9 927
Dicyrtomidae	9	127	1	13	0	2	0	16	4	19	191
Brachystomellidae	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Hypogastrundae	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<b>Total</b>	<b>895</b>	<b>2 052</b>	<b>150</b>	<b>1 939</b>	<b>410</b>	<b>190</b>	<b>1 162</b>	<b>405</b>	<b>1 337</b>	<b>3 957</b>	<b>12 508</b>

**Anexo 7b Muestreo II Estadio vegetativo (30 días después de la siembra) del cultivo de arroz, Tocumen provincia de Panamá Panamá**

Abundancia y Numero de Familias de Collembola											
Familia Muestras	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	Total
Entomobryidae	1	1	1	2	1	3	0	2	3	1	15
Paronellidae	7	2	3	1	1	0	0	0	1	0	15
Isotomidae	1 706	344	555	168	397	100	102	553	1 001	102	4 466
Sminthundae	34	152	91	18	132	144	99	259	100	20	1 049
Sminthundidae	2	1	0	0	0	0	1	0	1	0	5
Dicyrtomidae	0	1	1	0	0	0	1	2	2	0	7
<b>Total</b>	<b>1 750</b>	<b>501</b>	<b>651</b>	<b>189</b>	<b>531</b>	<b>247</b>	<b>203</b>	<b>816</b>	<b>1 108</b>	<b>123</b>	<b>5 557</b>

**Anexo 7c. Muestreo III Estadio de floración (50 días después de la siembra) del cultivo de arroz, Tocumen provincia de Panamá Panamá**

<b>Abundancia y Numero de Familias de Collembola</b>											
<b>Familia-Muestras</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>A4</b>	<b>A5</b>	<b>A6</b>	<b>A7</b>	<b>A8</b>	<b>A9</b>	<b>A10</b>	<b>Total</b>
<b>Entomobryidae</b>	3	0	2	1	1	3	0	0	0	1	11
<b>Paronellidae</b>	13	0	15	8	7	54	1	7	0	13	118
<b>Isotomidae</b>	386	174	248	228	29	67	97	286	431	118	2 064
<b>Sminthundae</b>	42	1	6	0	0	0	0	11	17	5	82
<b>Dicyrtomidae</b>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<b>Total</b>	<b>445</b>	<b>175</b>	<b>271</b>	<b>237</b>	<b>37</b>	<b>124</b>	<b>98</b>	<b>304</b>	<b>448</b>	<b>137</b>	<b>2 276</b>

**Anexo 7d Muestreo IV Estadio de grano lechoso (70 días después de la siembra) del cultivo de arroz Tocumen provincia de Panamá Panamá**

<b>Abundancia y Numero de Familias de Collembola</b>											
<b>Familias-Muestras</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>A4</b>	<b>A5</b>	<b>A6</b>	<b>A7</b>	<b>A8</b>	<b>A9</b>	<b>A10</b>	<b>Total</b>
<b>Paronellidae</b>	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	3
<b>Isotomidae</b>	5	15	5	11	19	8	16	16	5	15	115
<b>Sminthundae</b>	1	0	0	2	0	0	0	0	0	3	6
<b>Sminthundidae</b>	5	4	8	239	190	87	236	124	53	133	1 079
<b>Total</b>	<b>12</b>	<b>19</b>	<b>13</b>	<b>253</b>	<b>209</b>	<b>95</b>	<b>253</b>	<b>140</b>	<b>58</b>	<b>151</b>	<b>1 203</b>

**Anexo 8a** Correlación entre las familias de Collembola y las variables edáficas materia orgánica y pH para la localidad de Barro Blanco Bugaba provincia de Chiriquí Panamá

Localidad	Barro Blanco Bugaba Chiriquí	
	Materia Orgánica <sup>1</sup>	pH <sup>1</sup>
Entomobryidae	-0,01	0,11
Isotomidae	0,21	0,22
Paroneilidae	0,27	0,12
Sminthuridae	0,28	0,25
Sminthundidae	0,23	0,13
Brachystomellidae	0,03	0,09
Onychyundae	-0,20	-0,21

<sup>1</sup> Correlaciones de Spearman a nivel de 5% de significancia

**Anexo 8b** Correlación entre las familias de Collembola y las variables edáficas materia orgánica y pH para la localidad de Dos Bocas Ocu provincia de Herrera Panamá

Localidad	Dos Bocas Ocu Herrera	
	Materia Orgánica <sup>1</sup>	pH <sup>1</sup>
Entomobryidae	0,34	0,23
Isotomidae	0,35	0,12
Paroneilidae	-0,06	-0,53
Sminthuridae	0,07	-0,51
Sminthundidae	0,36	-0,21
Barcystomellidae	0,12	0,86
Dicyrtomidae	0,18	0,11
Onychyundae	0,23	0,44
Hypogastrundae	-0,09	0,02

<sup>1</sup> Correlaciones de Spearman a nivel de 5% de significancia  
Correlación significativa

**Anexo 8c Correlación entre las familias de Collembola y las variables edáficas materia orgánica y pH para la localidad de Tocumen provincia de Panamá Panamá**

Localidad	Tocumen Panamá	
	Materia Orgánica <sup>1</sup>	pH <sup>1</sup>
Entomobryidae	0,25	-0,44
Isotomidae	0,04	0,14
Paronellidae	0,15	0,21
Sminthundae	0,01	-0,42
Sminthundidae	0,21	-0,57
Brachystomelidae	0,19	0,09
Dicyrtomidae	0,30	-0,48
Onychiundae	-0,03	0,27
Hypogastrundae	0,29	-0,19

<sup>1</sup> Correlaciones de Spearman a nivel de 5% de significancia  
Correlación significativa