



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

15

Bucaramanga, noviembre 23 de 2000

Radicacion : 01092136 00000001 SUPERINDUSTRIA Y COMERCIO

Folios: 87

Fecha (AMD): 2002-01-09 09:58:04

Tramite : 003 PATENTES D I REGISTRO/ 329 COMPLEMEN
Dependencia: 2020 DIVISION DE NUEVAS CREACIONES

Los suscritos MIEMBROS DEL COMITE DE LA MONOGRAFIA DE ESPECIALIZACION EN QUIMICA AMBIENTAL DEL ESTUDIANTE: GERMAN VIASUS TIBAMOSO con código de estudiante 991219.

Programa: ESPECIALIZACION EN QUIMICA AMBIENTAL

Título de la Monografía: "OBTENCION DE ABONO ORGANICO Y OTRO SUBPRODUCTO A PARTIR DE ESCARABAJOS (COLEOPTERA: SCARABAEIDAE)".

Hacemos constar que después de revisada la Monografía el día 23 de Noviembre de 2000, hemos acordado la calificación de APROBADA.

Atentamente,

El Director de la Monografía: ALFONSO VILLALOBOS MORENO

LOS DEMAS MIEMBROS DEL COMITE:

JAIME CAMARGO HERNANDEZ

16

**OBTENCION DE ABONO ORGANICO Y OTRO SUBPRODUCTO A PARTIR DE
ESCARABAJOS (COLEOPTERA: SCARABAEIDAE)**

GERMÁN VIASÚS TIBAMOSO
Ingeniero Sanitario y Ambiental

**Monografía para optar el título de
Especialista en Química Ambiental**

Director
ALFONSO VILLALOBOS MORENO
Biólogo – M.Sc. Entomólogo (c)

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE QUIMICA
ESPECIALIZACION EN QUIMICA AMBIENTAL
BUCARAMANGA

2000

A DIOS

Porque continuas ratificándome tu existencia y me das la fuerza interior para afrontar cada obstáculo en la vida.

A LA MEMORIA DE MI MADRE

Porque fuiste, eres y seguirás siendo la base de mi crecimiento personal.

A MI FAMILIA

Por su invaluable apoyo incondicional especialmente a: **Alejandra, Henry Nicolás y Sebastián.**

A MABI

Por los fugaces pero significativos momentos que hemos compartido.

CONTENIDO

	pág
INTRODUCCIÓN	13
1. REFERENCIA DEL PROYECTO	15
2. DESCRIPCION DEL PROBLEMA	17
3. MARCO TEORICO	20
3.1 Aserín	20
3.2 Residuos sólidos urbanos RSU	20
3.2.1 Propiedades biológicas de los RSU	20
3.2.2 Tratamiento biológico de los RSU	21
3.2.2.1 Compostaje	21
3.3 Agricultura orgánica	22
3.3.1 Técnicas de la agricultura orgánica	22
3.3.2 Importancia de la certificación	23
3.4 Fertilizante	23
3.5 Abonos Orgánicos	25
3.6 Humus	26
3.7 Conservación de la materia orgánica	27
3.8 Aporte de nutrientes	28
3.9 Contaminación del suelo	29
3.9.1 Impacto ambiental: Uso y manejo de agroquímicos, efectos de plaguicidas en el medio ambiente.	29
3.9.2 Comportamiento de un plaguicida en el suelo	35
3.10 Organismos en el ambiente	42
3.10.1 Descomponedores de excrementos	44
3.11 Biología y ecología (scarabaeidaes)	45
3.11.1 Algunos términos	47
3.11.2 Insectos Como fuente de alimento	48

	pág
4. DESCRIPCION DE LA METODOLOGIA	49
4.1 Descripción general básica.	49
4.1.1 Construcción de jaula para reproducción en cautiverio de <i>scarabaeidaes</i> .	49
4.1.1.1 Jaula para cautiverio.	50
4.2 Caracteres particulares de las larvas en estudio.	52
5. ANALISIS DE RESULTADOS	59
5.1 Tablas de seguimiento continuo	59
5.2 En campo	59
5.3 Material biológico	65
5.4 Sustrato Biológico	65
5.5 ADULTOS IDENTIFICADOS	66
5.5.1 Individuo 1	66
5.5.2 Individuo 2	67
5.5.3 Individuo 3	68
5.6 Características generales de los adultos identificados	70
5.7 Análisis de transformación	71
5.8 Abono obtenido	72
5.9 Producción Industrial	74
5.9.1 Abono orgánico	74
5.9.2 Subproducto	76
5.10 CICLO BIOLOGICO	77
5.10.1 Huevo o cigoto	77
5.10.2 Estado Larvario	78
5.10.3 Prepupa y Pupa	79
5.9.2 Adulto	79
6. CONCLUSIONES	84
7. BIBLIOGRAFÍA	86

LISTA DE TABLAS

	pág
Tabla 1. Biodegradabilidad de los componentes de RSU.	21
Tabla 2. Categorización de efectos ambientales de agroquímicos.	31
Tabla 3. principales ecosistemas afectados por la contaminación de plaguicidas en Colombia.	33
Tabla 4. Plaguicidas organoclorados en leche vacuna (ppm-leche entera).	39
Tabla 5. Plaguicidas organoclorados en leche humana (ppm-leche entera).	39
Tabla 6. Principales neurotóxicos industriales y ambientales (metales-solventes-plastificantes-otros).	40
Tabla 7. Montaje piloto de las pruebas.	56
Tabla 8. Fechas a tomar en cuenta (Bitácora de campo).	60
Tabla 9. Temperatura y altura sobre el nivel del mar de localidades de interés.	65
Tabla 10. Resultados de análisis químico de abonos orgánicos.	73

LISTA DE FIGURAS

	pág
Figura 1. Horizontes tipo en un montículo de aserrín convencional.	19
Figura 2. Planta general de la jaula de cautiverio.	51
Figura 3. Vista general de jaula de cautiverio	54
Figura 4. Sección 2 de la jaula (Reproducción de los <i>scarabaeidaes</i> .	55
Figura 5. Volumen aprovechado por una larva para transformación de sustrato.	57
Figura 6. Adulto de <i>M. lucida</i> , de interés para el estudio	67
Figura 7. Adulto de <i>S. jugurta</i> , de interés para el estudio.	67
Figura 8. Adulto de individuo no identificado, de interés para el estudio, (a)Macho, (b)Hembra.	68
Figura 9. Adulto de <i>Podischnus agenor</i> de interés para el estudio	69

	pág
Figura 10. Planta de distribución de compartimentos	75
Figura 11. Detalle de colocación de infraestructura básica en la planta de abono	76
Figura 12. CICLO BIOLOGICO DE SCARABAEIDAEES EN ESTUDIO.	80
Figura 13. Larvas de <i>scarabaeidaes</i> del estudio.	81
Figura 14. Vuelo de <i>scarabaeidaes</i> .	82
Figura 15. Cajón piloto con larvas y aserrín en transformación.	82
Figura 16. Material vegetal logrado a partir del abono producido.	83
Figura 17. Jardín tratado por mas de tres meses con abono obtenido de <i>scarabaeidaes</i>	83

LISTA DE ANEXOS

pág

Anexo A. Resultados de laboratorio de muestra de abono obtenida
a los seis meses de transformación.

91

AGRADECIMIENTOS

El autor de este proyecto expresa sus agradecimientos a todas las personas que creyeron en su propuesta porque, de esta forma fortalecieron el interés investigativo para el logro de los objetivos propuestos, especialmente A:

Dr. **Jairo Puente Brujes**, Director especialización en química Ambiental.

Profesor **Alfonso Villalobos**, Biólogo – M.Sc. Entomólogo (c), Escuela de biología.

Luis Carlos Pardo Lucardo, Biólogo – M.Sc. Entomólogo (c).

Técnico **Jorge Villamizar Cobos**, Laboratorio de entomología.

Profesor **Jorge Enrique Avila Reyes**, Escuela de química.

Ing. Químico **Gonzalo León Cote**, Director laboratorio de suelos.

Ing. Agrónomo **Hernán Castellanos**, Laboratorio de suelos

Mis compañeros de la especialización, (grupo interdisciplinario):

Maria Victoria Ardila, Bacterióloga.

Carlos Parra Gómez, Químico.

Germán D. Lizcano, Ing. de petróleos.

Nelson Rodríguez Rey, Ing. Ambiental

También expresa su agradecimiento a:

Todos aquellos que han comprendido el significado de preservar para siempre los elementos del sistema más complejo que existe "VIDA", porque, ellos no viven al presente pensando en el presente, viven al presente pensando en el futuro de la humanidad y día tras día descubren una porción mínima de sabiduría que tiene la naturaleza, para ponerla al servicio de todos.

INTRODUCCION

Desde tiempos inmemorables, el hombre como único ser superior, ha buscado la forma de desarrollarse ya que, para él es claro que la calidad de vida va de la mano con este objetivo. Día a día, por el contrario, hablando de consumo de alimentos y de recursos naturales renovables y no renovables, estos han rebajado su excepcionalidad por la interpretación poco real en el aprovechamiento de los mismos.

Es necesario admitir que con la producción industrial de fertilizantes y otros compuestos sintéticos, masificada después de la segunda guerra mundial, se mejoro enormemente la problemática de la agricultura convencional, sin embargo -como algunos autores lo referencian-, "la desinformación y el uso indiscriminado de los compuestos de origen sintético, son responsables de la mayoría de efectos ambientales que hoy en día afectan al planeta", los datos de un estudio hecho por el IDEAM en diferentes zonas del país son claros y aunque preocupantes, deben ser base para que la elaboración de estudios de este tipo que contrarresten la acción de estos inconvenientes.

La situación debe preocuparnos, sin embargo en nuestras manos están las herramientas para que en vez de destruir, construyamos ambientalmente que es la forma como se podrá reducir el impacto hasta hoy generado a nuestros recursos. Hoy en día, surge la necesidad de volver a tradiciones milenarias usadas por los egipcios y algunos asentamientos indígenas de América, consistente en el uso de fertilizantes y compuestos de origen orgánico, que al tener una buena capacidad de intercambio catiónico, entregan fácilmente los productos químicos vitales para el desarrollo de las plantas, especialmente en la agricultura. Colombia siendo un país tan megabiodiverso, no debería estar importando fertilizantes orgánicos, sino que al contrario, una buena parte de la solución de violencia y desempleo esta en el desarrollo de tecnologías de este

tipo, que no es una tarea fácil, pero que podría en unos años ser un potencial de divisas.

Se ha encontrado en los *scarabaeidae*s, una forma útil para evitar que ellos sean plagas de algunos cultivos como generalmente se han clasificado. Su metamorfosis completa ofrece una amplia ventaja en el proceso de transformación de grandes cantidades de sustrato, las exigencias para reproducción en cautiverio son mínimas y en estado adulto es que requieren de ciertos cuidados para lograr su reproducción.

Queda a consideración una metodología ambiental para producción a granel de fertilizante orgánico, el estudio se basó en observaciones de campo y laboratorio, en las cuales se definieron tres especies transformadoras del sustrato aserrín sin ningún otro complemento, -otra especie identificada no fue tomada en cuenta porque solo se obtuvo un individuo-, es viable implementar un sistema macro con base en el piloto experimental que aún está en funcionamiento, para el proyecto se hizo seguimiento durante seis meses en los cuales se obtuvieron resultados específicos.

Las limitaciones de tipo económico que se han tenido en el desarrollo de este estudio deben tomarse en cuenta, es factible analizar otras variables para complemento de información en posteriores investigaciones.

1. REFERENCIA DEL PROYECTO DE GERMAN VIASUS TIBAMOSO

Gracias a que por casualidad fue hecho un hallazgo poco común en el conjunto cerrado Campo Real de la ciudad de Bucaramanga. A mediados del año 1999 (Junio), fueron dispuestos varios sacos que contenían aserrín de madera (viruta gruesa), la cual estaba mezclada con un porcentaje mínimo de estiércol de ganado, este material fue solicitado para abonar plantas pero, al verlo el jardinero a cargo decidió no usarlo, en ese entonces, por considerarlo de escaso poder nutritivo para las plantas. A febrero del año 2000, el jardinero requería de abono para una cerca viva nueva para el conjunto, desocupó los sacos y en ellos encontró una tierra negra, de olor orgánico que adicionalmente contenía "gusanos", el jardinero se percató de mostrar su hallazgo a Germán Viasús Tibamoso, ingeniero sanitario y ambiental de UNIBOYACA, quien vino a Bucaramanga para adelantar una especialización de Química Ambiental en la UIS, en esos días Viasús adelantaba estudios preliminares para fabricación de un abono orgánico dentro de la actividad "asaderos de pollo" de la ciudad pero, la falta de patrocinio y colaboración de las personas a cargo de esa industria con su proyecto de grado que había denominado "Obtención de abono orgánico a partir de residuos sólidos de asaderos de pollo en Bucaramanga"; le habían desmotivado para desarrollar ese proyecto de manera práctica, siendo un ingeniero ambiental hiperactivo en busca de retos para dar soluciones prácticas al medio ambiente, centró esfuerzos para consultar en la universidad con personal calificado en el tema y se dio a la tarea de renombrar su proyecto de grado con objetivos claros y más trascendentales: "Reducir el impacto ambiental que se genera por residuos de madera, hacer ensayos piloto con otros residuos para lograr su transformación". El proyecto de grado se denominó **"OBTENCIÓN DE ABONO ORGANICO Y OTRO SUBPRODUCTO A PARTIR DE ESCARABAJOS (COLEOPTERA : SCARABAEIDAE)"**.

A partir de estos antecedentes se inicio un estudio para lograr como mínimo la obtención del abono orgánico de buena aceptación pues sus bajos costos de producción, han hecho que se puedan instalar hasta tres pilotos con sustratos de aserrín, se logro aclimatar las larvas a la dieta única de aserrín molido. Los contenidos de elementos químicos del producto final están a la altura de otros procesos biológicos similares con la ventaja de reducción de costos para éste. Hoy en día se piensa en continuar adelante con los estudios preliminares y lograr que más adelante se desarrollen nuevos proyectos a partir de los resultados obtenidos. Las limitaciones económicas del proyecto no permitieron la evaluación y aplicación de otras variables de investigación sin embargo, la más importante "elaboración del abono orgánico se logro desarrollar y aplicar en un periodo de ciento ochenta días (seis meses).

2. DESCRIPCION DEL PROBLEMA

Actualmente existen en Bucaramanga, mas de diez aserrios de procesamiento de maderas, en cada aserrio de esta clase, se tiene maquinaria especial para elaborar cortes y adicionalmente alrededor de esta industria, los aserrios cuentan con talleres de ebanisteria especializados en la hechura de muebles para el hogar principalmente, otra actividad dentro de los aserrios es la elaboración de casetones para construcción de placas aligeradas de concreto, a pesar de la recesión economica del país, esta industria genera diariamente un volumen aproximado de 1,5 m³ de aserrín molido por cada aserrio. Generalmente la disposición final de este residuo se hace dentro del mismo aserrio, dejándolo a la intemperie, no es viable, económicamente hablando, hacer otra disposición del material. Ultimamente con la implementación de nuevos viveros, el aserrín es recolectado para usarlo como fertilizante y/o retenedor de humedad, en cualquier aserrio lo único que se exige a quien vaya a usar aserrín molido es que recoja el material y lo acarree por su cuenta.

El aserrín finalmente es usado para establos y viveros, la viruta gruesa o aserrín grueso, tiene aceptación para galpones de pollo y generalmente no se acumula tanto en los aserrios.

El inconveniente general en los aserrios es la mezcla del aserrín con otros residuos sólidos que se desechan principalmente pedazos de madera y cortes de lonas usadas para tapizado. Es difícil hallar por separado el aserrín molido, hay aserrios que toda la vida han tenido un sitio de disposición final y se pudo observar aserrín acumulado de hace mas de 10 años.

Para uso en viveros el aserrín molido favorece la retención de humedad sin embargo debe tenerse en cuenta que el aserrín molido puede tardar hasta cinco

años para lograr su degradabilidad, por tanto es necesario valorar el beneficio ambiental para la actividad.

El aserrín molido mezclado con otros residuos queda expuesto a la intemperie, logrando su degradabilidad pasados unos años sin embargo, desde alturas superiores de 0,4m en las pilas se puede observar procesos de compostación con fases tróficas y hasta mesotróficas por calor, con reacciones de liberación de gases.

No se ha valorado el impacto ambiental que tenga el lixiviado que fluye de un montículo de aserrín, sin embargo una vez se ha dispuesto, se observa que solo una capa de 7 a 10cm de espesor en la parte externa es la que se satura, internamente el aserrín permanece seco, lo que se halló en diversos aserrios respecto a composición de horizontes de un montículo fue:

- Horizonte A: Compuesto de aserrín en proceso de putrefacción, capa gruesa hasta de 2m y más según la altura del montículo, en este horizonte se percibe la fase termofila con temperaturas hasta 50°C.
- Horizonte B: Conformado por una capa de aserrín en fase de degradación bacteriana y biológica, mide hasta 30cm de espesor, esta capa no presenta altas temperaturas, se tienen temperaturas máximas de 29°C, se supone en esta franja se presenta la fase mesófila de acuerdo con procesos de compostaje, allí se albergan colonias de insectos como hormigas, comejenes y otros.
- Horizonte C: Capa de espesor de 7 a 10cm, expuesta directamente a la intemperie, en ella habitan centenares de individuos como mil pies, lombrices de tierra, ácaros, ciertas formas de escarabajos y en fin un sinnúmero de organismos que aprovechan la degradabilidad del sustrato como fuente de alimento, esta capa es la que diariamente se va degradando de manera lenta, sin embargo no se puede distinguir claramente porque diariamente sobre esta capa se dispone la producción de aserrín de la jornada, la temperatura media en esta capa es de 17°C, da lugar a la fase Psicrófila del compostaje.

31

HORIZONTE C De 7 a 10cm de espesor

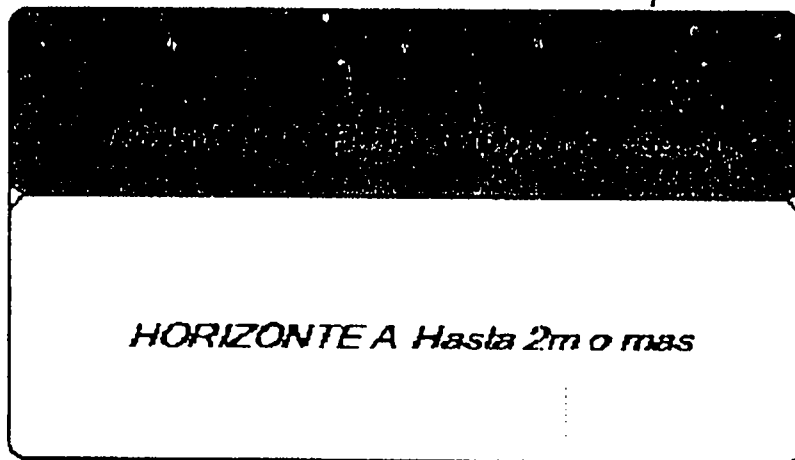


Figura 1. Horizontes tipo en un montículo de aserrín convencional.

Se ha detectado por otra parte un alto contenido de micro partículas en el aserrín que se volatizan muy fácilmente y el personal que hace el manejo no usa los elementos de protección necesarios, se puede mencionar como una variable adicional para tomar en cuenta para estudios de salud ocupacional, de tal forma que este contaminante se incluya en la evaluación de enfermedad profesional a valorar en los trabajadores a cargo.

3. MARCO TEORICO

3.1 ASERRÍN

Residuo procedente de cualquier madera, en los países industrializados este residuo es materia prima para otros procesos sin embargo en los países en vía de desarrollo este residuo representa problemas principalmente por su eliminación indebida, el aserrín puede ser grueso y fino, su degradación depende del tipo de árbol al que pertenezca, generalmente tarda de 3 a siete años expuesto a la intemperie para lograr una degradación completa, se obtiene mayor degradabilidad cuando el aserrín es fino.

3.2 RESIDUOS SOLIDOS URBANOS (RSU)

Aquellos que se producen por las actividades del hombre o por los animales, a nivel domestico los residuos incluyen papel, plástico, restos de comida, cenizas y otros que se generan cotidianamente en actividades domesticas.

3.2.1 Propiedades biológicas de los RSU

Las propiedades biológicas son importantes para la tecnología de la digestión aerobia/anaerobia en la transformación de residuos en energía y en productos finales benéficos. El proceso anaerobio implica la descomposición biológica de "residuos alimenticios" con productos finales de metano, dióxido de carbono y otros. La digestión anaerobia de la fracción alimenticia de RSU se ha empleado a gran escala. Algunos componentes orgánicos de RSU no son deseables en la conversión biológica, esto es: plásticos, gomas, pieles y madera. Los fragmentos importantes en la transformación biológica son las grasas, las proteínas, la lignina, celulosa, hemicelulosa, lignocelulosa y los constituyentes solubles.

El grado de biodegradabilidad de la fracción alimenticia de los RSU viene proporcionada por:

$$BF = 0,83 - 0,028 LC$$

Donde BF = fracción biodegradable expresada en base a sólidos volátiles (SV).

LC = contenido de lignina de los SV, % en peso seco.

La tabla 1 muestra el grado de biodegradabilidad de varios componentes de los RSU, se observa que, algunos componentes como papel de prensa y cartón, tienen un alto contenido de lignina pero un grado de biodegradabilidad muy bajo. Los componentes con contenidos de lignina muy bajos son altamente biodegradables, por ejemplo, residuos alimenticios.

Tabla 1. Biodegradabilidad de los componentes de RSU.

Componente	SV como % de SVT	LC como % de SV	BF
Residuos alimenticios	7 a 15	0,4	0,82
Papel de prensa	94	21,9	0,22
Papel de oficina	96	0,4	0,82
Cartón	94	12,9	0,47
Residuos de jardín	50 a 90	4,1	0,72

3.2.2 Tratamiento biológico de los RSU

Existen por lo menos tres opciones:

- Aerobio o compostaje
- Anaerobio o biogas
- Combinación de aerobio y anaerobio

3.2.2.1 Compostaje

Proceso aerobio en que los microorganismos, en medio oxigenado, descomponen los residuos orgánicos alimenticios:



El proceso de compostaje es exotérmico y sufre una serie de variaciones de temperatura durante su desarrollo:

Psicrofilo: 15 a 20°C

Mesófilo: 25 a 35°C

Termófilo: 50 a 60°C

Se han obtenido mejores resultados cuando se llega a la fase termófila en los primeros días y el compuesto se mantiene a esta temperatura. Las temperaturas superiores al intervalo termofilo óptimo inhiben la actividad biológica pero también mejoran las condiciones higiénicas del compost. Si el compost se expone a temperaturas > 55°C durante dos semanas, se logra matar a los patógenos, y lo mismo ocurre con una temperatura > 70°C durante una hora.

3.3 AGRICULTURA ORGANICA

Un sistema global de gestión de la producción, que fomenta y realiza la salud de los agrosistemas, inclusive la diversidad biológica, los ciclos biológicos y la actividad biológica del suelo. Hace hincapié en la utilización de prácticas de gestión, con preferencia a la utilización de insumos no agrícolas, aplicando, siempre que es posible, métodos agronómicos, biológicos y mecánicos, en contraposición a la utilización de materiales sintéticos para desempeñar cualquier función específica dentro del sistema.

La agricultura orgánica crece 20% cada año en varios países del mundo y por eso debemos estar preparados para asumirla, la agricultura orgánica no se refiere únicamente a la alimentación sana, sino que la producción debe tener bases científicas y tecnologías que permitan el manejo adecuado de los cultivos sin deteriorar el medio ambiente.

3.3.1 Técnicas de la agricultura orgánica

Puede haber diversas técnicas de cultivos y sistemas sostenibles, como siembras intercaladas, integración entre cultivos y ganado y otros cultivos que no erosionan los suelos pero, lo que distingue a la agricultura orgánica es que tiene una

reglamentación básica, en la cual se exige la certificación que garantiza la aplicación de técnicas libres de insumos sintéticos, además en este tipo de agricultura es obligatoria la rotación de cultivos para fortalecer el suelo, de igual forma si un agricultor usa técnicas agrícolas orgánicas, esta obligado a proteger las fuentes de agua, pues no puede contaminarlas y debe propender por conservarlas, así como lo hace con el suelo de su finca.

En Colombia ya existen proyectos para planes de incentivos ante el ministerio de agricultura, se sabe que hacia el futuro, la agricultura orgánica será la que más opciones de comercialización ofrezca.

3.3.2 Importancia de la certificación

Uno de los escollos de la agricultura orgánica está en la legislación que ella trae consigo, especialmente en cuanto se relaciona con las empresas certificadoras de la producción orgánica, las cuales son paso obligado para poder conquistar mercados externos, actualmente se encuentran en formación las entidades que efectúen la certificación o que puedan hacer alianzas con otras organizaciones internacionales preexistentes a fin de agilizar el proceso.

3.4 FERTILIZANTE, sustancia o mezcla química natural o sintética utilizada para enriquecer el suelo y favorecer el crecimiento vegetal. Las plantas no necesitan compuestos complejos, del tipo de las vitaminas o los aminoácidos, esenciales en la nutrición humana, pues sintetizan todos los que precisan. Sólo exigen una docena de elementos químicos, que deben presentarse en una forma que la planta pueda absorber. Dentro de esta limitación, el nitrógeno, por ejemplo, puede administrarse con igual eficacia en forma de urea, nitratos, compuestos de amonio o amoníaco puro.

Los suelos vírgenes suelen contener cantidades adecuadas de todos los elementos necesarios para la correcta nutrición de las plantas. Pero cuando una especie determinada se cultiva año tras año en un mismo lugar, el suelo puede agotarse y presentar deficiencia en uno o varios nutrientes. En tal caso, es

preciso reponerlos en forma de fertilizantes. La aplicación de fertilizantes adecuados estimula el crecimiento de las plantas.

De entre los nutrientes necesarios, el aire y el agua aportan hidrógeno, oxígeno y carbono en cantidades inagotables. Casi todos los suelos encierran abundancia de azufre, calcio, hierro y otros nutrientes esenciales. El calcio suele añadirse al suelo, pero su función primordial es reducir la acidez, no actuar como fertilizante en sentido estricto. El nitrógeno se halla presente en la atmósfera en cantidades enormes, pero las plantas no pueden utilizarlo de esta forma; ciertas bacterias proporcionan a las plantas de la familia de las Leguminosas el nitrógeno necesario, que toman del aire y lo transforman mediante una serie de reacciones llamadas de fijación de nitrógeno. Los tres elementos que deben contener casi todos los fertilizantes son nitrógeno, fósforo y potasio. En ocasiones, es preciso añadir a éstos pequeñas cantidades de algunos otros, entre ellos boro, cobre y manganeso.

Desde la antigüedad se usan muchos fertilizantes que contienen uno o varios elementos valiosos para el suelo. Así, el estiércol y el guano contienen nitrógeno, los huesos contienen pequeñas cantidades de nitrógeno y son ricos en fósforo, las cenizas de madera encierran cantidades apreciables de potasio (la proporción depende del tipo de madera). El trébol, la alfalfa y otras leguminosas se intercalan con otras especies en un régimen rotativo y luego se trabajan con el arado para enriquecer el suelo en nitrógeno.

Suele describirse como fertilizante completo cualquiera que contenga los tres elementos; la composición se codifica con ayuda de tres números. Así, un 5-8-7 es un abono (por lo general preparado en polvo o en gránulos) que contiene un 5% de nitrógeno, un 8% de fósforo (calculado en forma de pentóxido de fósforo) y un 7% de potasio (como óxido de potasio).

Aunque esencial para la agricultura moderna, el abuso de los fertilizantes puede ser nocivo para las plantas, los cultivos y el suelo. Además, la lixiviación de los nutrientes puede causar contaminación del agua y alteraciones como la eutroficación o desarrollo excesivo de la vegetación.

3.5 Abonos Orgánicos

La fuente principal de los abonos orgánicos es el estiércol de animales; Teofrasto, por ejemplo, los numeró de acuerdo con su valor decreciente, así: cerdo, cabra, oveja, vaca, buey y caballo. El estiércol, en todas sus formas es el tipo de abono más antiguo que se conoce, el agricultor se ha dado cuenta de su valor y sabe que no debe despreciarlo, la dificultad está en la enorme cantidad que se requiere y en la descomposición del mismo; el valor de abonos verdes también fue reconocido por Teofrasto, cuando noto que algunos agricultores de Tesalia y Macedonia enriquecían el suelo al incorporar frijol.

Las pérdidas de humus que sufre el suelo cada año son enormes, estas pérdidas se pueden restituir con la adición de abonos orgánicos que son fuente de humus, los principales abonos orgánicos son:

- Estiércol.
- Residuos de las cosechas.
- Abonos verdes.

Sin embargo el estiércol de los animales no se encuentra en todas partes y mucho menos en las cantidades necesarias para restituir al suelo los nutrimentos extraídos por las cosechas.

La mayoría de los agricultores, incluso aquellos que se dedican exclusivamente a la cosecha de granos, mantienen una pequeña ganadería anexa: vacas, cerdos, gallinas, y emplean generalmente, todo el estiércol que los animales producen. Es conveniente conocer o tener una idea general acerca de los nutrimentos que añade al suelo un volumen determinado de estiércol, y saber igualmente, los hechos básicos que rigen su actividad.

La composición del estiércol varía entre límites muy amplios según los animales, la naturaleza de las camas, la alimentación de los animales, los cuidados que se le tengan para conservarlo y su grado de descomposición. Comparando el

estiércol con los fertilizantes comerciales, éste es pobre en nutrientes para las plantas, especialmente en fósforo. De ahí que se aplique en cantidades 50 a 100 veces mayores que los abonos químicos.

Se estima que el estiércol como fuente de humus proporciona al suelo 100kg de éste por cada 1000 de estiércol; es decir, que tiene un rendimiento del 10%.

Los fertilizantes no son utilizados ampliamente en la agricultura Colombiana. El análisis de suelos puede suministrar información muy valiosa sobre la necesidad de usar fertilizantes y cal para aumentar el rendimiento de las cosechas. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que estos análisis y la fertilización no son la panacea. Hay, además, otros factores que afectan el crecimiento de las plantas y por lo tanto deben estudiarse si se quiere aumentar la producción.

3.6 HUMUS

Materia orgánica en descomposición que se encuentra en el suelo y procede de restos vegetales y animales muertos. Al inicio de la descomposición, parte del carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno se disipan rápidamente en forma de agua, dióxido de carbono, metano y amoníaco, pero los demás componentes se descomponen lentamente y permanecen en forma de humus. La composición química del humus varía porque depende de la acción de organismos vivos del suelo, como bacterias, protozoos, hongos y ciertos tipos de escarabajos, pero casi siempre contiene cantidades variables de proteínas y ciertos ácidos urónicos combinados con ligninas y sus derivados. El humus es una materia homogénea, amorfa, de color oscuro e inodora. Los productos finales de la descomposición del humus son sales minerales, dióxido de carbono y amoníaco.

Al descomponerse en humus, los residuos vegetales se convierten en formas estables que se almacenan en el suelo y pueden ser utilizados como alimento por las plantas. La cantidad de humus afecta también a las propiedades físicas del suelo tan importantes como su estructura, color, textura y capacidad de retención de la humedad. El desarrollo ideal de los cultivos, por ejemplo, depende en gran

medida del contenido en humus del suelo. En las zonas de cultivo, el humus se agota por la sucesión de cosechas, y el equilibrio orgánico se restaura añadiendo humus al suelo en forma de *compost* (el estiércol -estabilizado- puede que cumpla la misma función).

3.7 CONSERVACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA

La materia orgánica es un elemento importante para mantener el suelo en buenas condiciones físicas; contiene la reserva íntegra de nitrógeno de éste, así como cantidades significativas de otros nutrientes, como fósforo y azufre. Así pues, la productividad del suelo se ve claramente afectada por el equilibrio de materia orgánica del suelo. Dado que la mayor parte de los vegetales cultivados se recogen en vez de dejar que se descompongan, la materia orgánica que normalmente revertiría al suelo tras la descomposición de las plantas se pierde. Para compensar esta pérdida se emplean varios métodos estandarizados. Los dos más importantes son la rotación de cultivos y la fertilización artificial.

La rotación de cultivos consiste en sembrar diferentes vegetales sucesivamente sobre el mismo terreno, en lugar de utilizar un sistema de monocultivo o de cambios aleatorios de las cosechas. En el sistema de rotación se alternan los cultivos sobre la base de la cantidad y el tipo de materia orgánica que cada uno de ellos devuelve al suelo. Dado que la labranza intensiva acelera la pérdida por oxidación de la materia orgánica, las rotaciones suelen incluir una o más cosechas de superficie (cultivos que crecen en la superficie del suelo) que requieren poca o ninguna labranza. La penetración profunda de las raíces de ciertas cosechas de leguminosas, como la alfalfa, aporta un mejor drenaje a través de los canales que quedan tras la descomposición de las raíces.

El sistema de rotación emplea tipos especiales de cultivos, como cultivos de cobertura y cultivos de estiércol verde. Los cultivos de cobertura son los que se realizan para proteger el suelo durante el invierno y, si se utiliza una leguminosa, para favorecer la fijación de nitrógeno. Los cultivos de estiércol verde se emplean solamente para enterrarlos con el arado y sirven para aumentar el

contenido en materia orgánica del suelo. Aunque estos no producen nada, si incrementan el rendimiento de subsiguientes siembras en los mismos campos.

El método más antiguo para aumentar el contenido de materia orgánica del suelo es la aplicación de fertilizantes como el estiércol y el compost. El abono del suelo con excrementos de animales se ha practicado durante miles de años y sirve para aportar diversos compuestos orgánicos complejos que son importantes para el crecimiento de las plantas. El compost, que normalmente es una mezcla de materia vegetal y animal muerta, se emplea de modo similar al estiércol y muchas veces se le añaden fertilizantes químicos para aumentar su efectividad.

3.8 APOORTE DE NUTRIENTES

Entre las deficiencias del suelo que afectan a la productividad, la falta de nutrientes es especialmente problemática. Los nutrientes más necesarios para un correcto crecimiento de las plantas son el nitrógeno, el potasio, el fósforo, el hierro, el calcio, el azufre y el magnesio, todos los cuales están presentes en la mayoría de los suelos en cantidades variables. Además, la mayor parte de las plantas requiere diminutas cantidades de sustancias llamadas elementos traza, presentes en el suelo en cantidades muy pequeñas, entre los que se encuentran el manganeso, el cinc, el cobre y el boro. A menudo, los nutrientes se encuentran en el suelo en forma de compuestos que las plantas no pueden utilizar fácilmente. Por ejemplo, el fósforo combinado con calcio o magnesio es utilizable por las plantas, pero combinado con hierro o aluminio, normalmente no. El enriquecimiento del suelo con fertilizantes de síntesis y por medio de tratamientos que aceleran la descomposición de compuestos complejos incrementa la disponibilidad de minerales utilizables en el suelo. La cantidad de fósforo utilizable, por ejemplo, se incrementa frecuentemente con la adición de fertilizantes superfosfatados. Añadir calcio a los suelos disminuye la acidez y aumenta la disponibilidad de fósforo para las plantas. No obstante, la existencia de fósforo en formas no utilizables es, en ocasiones, ventajosa, ya que contribuye a la conservación del contenido de éste en el suelo y hace que los efectos de la aplicación de superfosfato perduren años. En

A1

muchas ocasiones se añade cobre y azufre al suelo por medio de soluciones aplicadas en forma de aerosol. Otros elementos se añaden mediante aplicación directa o mediante fertilizantes artificiales específicos.

3.9 CONTAMINACIÓN DEL SUELO

La contaminación del suelo se define como la acumulación de compuestos tóxicos persistentes, productos químicos, sales, materiales radiactivos o agentes patógenos, que tienen efectos adversos en el desarrollo de las plantas y la salud de los animales. La creciente cantidad de fertilizantes y otros productos químicos agrícolas que fueron aplicados a los suelos después de la II Guerra Mundial, sumada a las prácticas de vertido de residuos industriales y domésticos, llevó a una progresiva preocupación por la contaminación de los suelos a mediados de la década de 1960. Aunque el empleo de fertilizantes que contienen nutrientes primarios, nitrógeno, fósforo y potasio, no ha producido contaminación de los suelos, la aplicación de elementos traza sí lo ha hecho. El riego de suelos áridos lleva frecuentemente a la contaminación por sales. El azufre procedente de los residuos industriales ha contaminado los suelos en el pasado, al igual que la acumulación de compuestos de arsénico tras años de fumigación de las cosechas con arseniato de plomo. La utilización de pesticidas ha llevado también a la contaminación a corto plazo del suelo.

A continuación se dan a conocer resultados generales de un estudio realizado por el **IDEAM**, en marzo de 1999 en el cual, se verificó el efecto residual de agroquímicos de origen sintético:

3.9.1 Impacto ambiental: Uso y manejo de agroquímicos, efectos de plaguicidas en el medio ambiente.

En este capítulo se identifican a nivel teórico variables básicas en el análisis de efectos al medio ambiente derivados del uso y manejo de plaguicidas. De hecho la variable ambiental clave es el consumo de plaguicidas; sin embargo, debe integrarse necesariamente con las características biofísicas del medio.

En la parte final del documento se consignan algunas evidencias recogidas de estudios puntuales que describen efectos específicos en el suelo, agua, aire y población.

En primera instancia, a grosso modo los efectos que producen el uso y manejo de agroquímicos al medio ambiente, con sus respectivas categorizaciones, se resumen de la siguiente manera: (Ver tabla 2).

Tabla 2. Categorización de efectos ambientales de agroquímicos.

ACTIVIDAD QUE PRESIONA	MEDIO AMBIENTE AFECTADO	EFECTO		
		ALTO	MEDIO	BAJO
Uso de plaguicidas con bromuro de metilo (fumigantes)	Disminución de ozono estratosférico	X		
Uso y manejo de plaguicidas inorgánicos con alta toxicidad	Disminución de microorganismos recicladores y pérdida de diversidad genética	X		
Uso y manejo de plaguicidas inorgánicos con alta toxicidad	Riesgos en salud humana, intoxicación aguda, crónica. Efectos teratogénicos, mutagénicos, genéticos, etc.	X		
Uso y manejo de plaguicidas inorgánicos con alta toxicidad	Contaminación de cadenas tróficas (alimentos)	X		
Uso y manejo de plaguicidas inorgánicos con alta toxicidad	Personas expuestas a plaguicidas, especialmente en las actividades de: Formulador, fabricante, distribuidor, aplicador, trabajador agrícola, floricultor (invernadero)	X		
Uso excesivo de fertilizantes y plaguicidas no biodegradables en la agricultura	Agua, suelo, aire, población humana, biota	X		
Agricultura con manejo integrado de plagas	Agua, suelo, aire, población humana, biota			X
Ganadería con uso de insecticidas persistentes no biodegradables	Agua, suelo, aire, población humana, biota	X		
Uso excesivo de fertilizantes, insumos químicos y plaguicidas	Agua, suelo, aire, población humana, biota	X		
Inadecuada disposición de envases y residuos en toda la actividad	Agua, suelo, aire, población humana, biota	X		
Alto uso de herbicidas en política de erradicación de cultivos ilícitos	Agua, suelo, aire, población humana, biota	X		
Esguerrimiento crónico de plaguicidas (Inorgánicos), de nitratos y fosfatos	Especialmente contamina aguas superficiales	X		
Esguerrimiento de plaguicidas en actividades agropecuarias en topografía pendiente	Especialmente contamina aguas superficiales	X		

44

Lixiviación de plaguicidas, nitratos provenientes de fertilizantes inorgánicos en cultivos con suelos de textura arenosa	Contaminación de aguas subterráneas	X		
Lixiviación de plaguicidas, nitratos provenientes de fertilizantes inorgánicos en cultivos con suelos de textura limosa	Contaminación de aguas subterráneas		X	
Lixiviación de plaguicidas, nitratos provenientes de fertilizantes inorgánicos en cultivos con suelos de textura arcillosa	Contaminación de aguas subterráneas			X
Uso de plaguicidas fumigados desde avionetas en agricultura intensiva	Agua, suelo, aire, población humana, biota	X		

El uso de plaguicidas puede directamente contaminar el agua, o con las precipitaciones o canales de riego. En general los efectos en aguas superficiales y subterráneas se miden teniendo en cuenta además del consumo de químicos, variables como topografía, características del suelo, naturaleza del químico, tipo de cultivo, comportamiento climático entre presembrado y cosecha y manejo de envases y residuos.

La actividad agrícola en el país, especialmente con el uso de químicos, ha afectado los algunos ecosistemas, los cuales se reseñan en la tabla 3.

En cuanto a calidad de agua y según el estudio realizado por el Laboratorio Químico de Monitoreo ambiental por solicitud del Ministerio de Salud, cuyos análisis se realizaron entre 15 de noviembre de 1995 al 15 de enero de 1996, indicaron la presencia de contaminación múltiple en la mayoría de los acueductos. Los casos más críticos son los acueductos de Villavicencio, Chinchiná, Montería, Apartadó, Neiva, Santa Marta, Ibagué y el Espinal, (ver tabla 3).

AS

Tabla 3. PRINCIPALES ECOSISTEMAS AFECTADOS POR LA CONTAMINACION DE PLAGUICIDAS EN COLOMBIA

ECOSISTEMAS AFECTADOS	CULTIVOS CONTAMINADORES
* CUENCA DE LA CIENAGA GRANDE DE SANTA MARTA	BANANO, PALMA AFRICANA, ARROZ
* CIENAGA DE ZAPATOSA	PALMA AFRICANA
* CUENCA ALTA Y MEDIA DEL RIO META	ARROZ, ALGODON
* CUENCA DEL RIO ARIARI	ARROZ
* CUENCA ALTA Y MEDIA DEL RIO CAUCA	CAÑA DE AZUCAR
* CUENCA ALTA DEL RIO CAQUETA	ARROZ
* CUENCA DE LOS RIOS SALDAÑA Y COELLO	ARROZ Y ALGODON
* CUENCA BAJA DE LOS RIOS SAN JORGE Y CAUCA (Zona de la Mojana)	ARROZ
* CUENCA MEDIA Y BAJA DEL RIO CESAR	ALGODON
* ALTIPLANO CUNDIBOYACENSE	FLORES, PAPA Y HORTALIZAS
* BOSQUES ALTOS ANDINOS O DE NIEBLA	AMAPOLA
* PARAMOS Y SUBPARAMOS	PAPA
* SELVAS DE LA AMAZONIA	COCA

FUENTE : MinSalud, División de Sustancias potencialmente tóxicas; ICA, División de Insumos Agrícolas; MinAmbiente; División de Bosques y Flora, 1996.

De acuerdo con la tabla 3, y con el informe final del estudio realizado por el IDEAM- sobre sostenibilidad del Sector Agropecuario- en el capítulo relacionado con demanda de plaguicidas y específicamente lo relacionado con impactos generados, algunas investigaciones y análisis han encontrado residuos de paraquat en el embalse El Peñol en Antioquía; contaminaciones en zonas floricultoras de Madrid (Cundinamarca), que han afectado aguas del río Subachoque; contaminación en zonas arroceras con DDT en tejidos vivos de peces y en el agua. La escorrentía de los lotes de arroz ha producido mortandad de peces. Desapareció gran parte de vida piscícola en el caño Leche Miel. Estudios en sedimentos revelaron altos valores para clorados y fosforados.

Este estudio revela también la presentación de contaminación por encima de los límites permitidos para la vida acuática en las cuencas media y alta del río Meta (por aplicaciones de químicos en cultivos de arroz), en la cuenca media del Río Ariari, Ciénaga grande de Santa Marta, Río Saldaña, cuenca alta y baja del Río Magdalena y Golfo de Urabá, en cuenca media y baja del río Cesar, cuenca baja

de los ríos que nacen en la Sierra Nevada de Santa Marta y drenan a la Ciénaga grande, cuenca baja del río Tapias (Guajira), cuenca baja del río Sinú, cuenca media del Río Zulia, cuenca baja del Río Cauca y cuenca baja del Río Yaguará, muerte de peces en río Humea en Llanos Orientales. En Puerto López (Meta) se encontraron altas concentraciones de biocidas en peces y en fuentes de agua para consumo humano.

Los plaguicidas en el suelo -dependiendo de su naturaleza química- pueden persistir durante muchos años, y así presentar mayor probabilidad de interacción con otros elementos del sistema natural que potencian su acción. El uso indiscriminado genera desequilibrios y círculos viciosos en los ecosistemas al desaparecer fauna benéfica y aparecer plagas resistentes a químicos empleados, teniendo que incorporar al proceso productos cada vez más tóxicos.

La dinámica de un plaguicida en el suelo exige considerar factores que determinan su adsorción, movilidad, persistencia, biodegradación y efectos sobre microorganismos responsables de mantener la fertilidad del suelo. Según el diagrama anterior, al aplicar un plaguicida, éste puede quedar inmóvil por mecanismos de adsorción; o puede ser transportado por mecanismos de difusión, lixiviación y absorción por las plantas; o en último caso, degradado aumentando o disminuyendo su toxicidad.

El mecanismo de adsorción del plaguicida a las partículas del suelo depende de la solubilidad del plaguicida (a mayor solubilidad, mayor movilización y menor adsorción), del pH -que determina la interacción del plaguicida con la materia orgánica-. De la misma manera existen factores del suelo que influyen en la adsorción del plaguicida como: contenido de materia orgánica y de arcilla (a mayor contenido de materia orgánica mayor adsorción; en suelos con bajo contenido de materia orgánica los óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio son los responsables de la adsorción), el pH y la Temperatura del suelo - a mayor temperatura mayor posibilidad de adsorción-. Si el plaguicida no se adhiere a las partículas del suelo es susceptible de ser transportado por escorrentía o por percolación; lo cual depende de su solubilidad, condiciones climáticas y topografía.

La degradación en el suelo de los plaguicidas tiene dos orígenes: biótico y abiótico. La degradación biótica fundamental la realizan los microorganismos del suelo y en menor proporción las plantas superiores y macroorganismos. "Se ha comprobado que los plaguicidas adsorbidos fuertemente por el suelo no son biodegradables... La velocidad de degradación de un plaguicida varía desde pocas semanas a muchos años y puede llegar a sobrepasar ampliamente el periodo de efectividad fitosanitaria".

La acción de los microorganismos para la degradación está determinada por características del suelo como: Temperatura (óptima entre 20 y 35°C y es escasa por debajo de 10°C y por encima de 50°C), Humedad y aireación -estos contenidos determinan los tipos de microorganismos presentes en determinada área. El contenido óptimo de agua es el 80% de la capacidad de retención del suelo; cualquier valor por debajo o por encima de esta tasa disminuye la degradación del plaguicida-, el pH (óptimo para desarrollo de microorganismos se encuentra entre 7.0 y 8.5, mientras que para hongos es específicamente ácido, de 7.0 para abajo), y coloides del suelo; los suelos con alto contenido de materia orgánica y arcillosos pueden ejercer una acción protectora de la actividad microbiana.

3.9.2 Comportamiento de un plaguicida en el suelo

La degradación abiótica se manifiesta a través de mecanismos de volatilización (depende de la tensión de vapor, el grado de adsorción del suelo, temperatura y condiciones climáticas: especialmente velocidad del viento), fotodescomposición -este fenómeno se limita solamente a la superficie del suelo y/o reacciones químicas- tales como hidrólisis y oxidación. Existen algunos herbicidas que proceden de carbamatos que al ser aplicados pierden fácilmente su ingrediente activo por ser muy volátiles.

En el aire, los plaguicidas aplicados por aspersión aérea contaminan la atmósfera. De éstos sólo el 53% del total se deposita en el área blanco y el 47% restante se deposita en los suelos, en aguas colindantes o se dispersa en la atmósfera hacia ecosistemas distantes, dependiendo de las condiciones climáticas.

Las aspersiones aéreas son una de las principales causas de contaminación del aire. En Tolima las pistas para abastecimiento están ubicadas a menos de 2 km de núcleos humanos (colegios, hospitales, canales de riego, etc.). Algunos aeropuertos comerciales como en Sucre (San Pedro y Corozal), Casanare (Yopal) sirven al mismo tiempo para almacenaje de agrotóxicos, realizar mezclas y procesos de abastecimiento para vuelos de aviones agrícolas.

Los parámetros meteorológicos inadecuados para la actividad agropecuaria, ocasionan la aparición de plagas, plantas competidoras y enfermedades. Normalmente el país cuenta con dos temporadas secas, 2 lluviosas y otras que son de transición, con lo cual se determina el calendario agrícola. La climatología ejerce influencia en la activación o inactivación de un plaguicida y en que sea rápida o lenta; unido a otras variables biofísicas (como características del suelo, naturaleza del químico, topografía) y las prácticas culturales inconvenientes. En climas húmedos, el exceso de humedad hace que la concentración de oxígeno sea mínima generando menor degradación. La mayoría de los plaguicidas se degradan mejor en presencia de oxígeno.

Con las precipitaciones el plaguicida se transporta por escorrentía, lo cual es función del tiempo transcurrido entre la aplicación del químico y la precipitación. Otra alternativa es la de infiltrarse dependiendo de tipo de suelo, de la estructura química del compuesto. No todo el compuesto se "mueve"; el modo de aplicación y su solubilidad, persistencia (degradación suelo-agua), sorción (interacción del compuesto con partículas del suelo) y la asimilación por parte de las plantas lo influyen.

En las memorias del Foro sobre Plaguicidas realizado en Santa fe de Bogotá el 17 de agosto de 1995, en el primer panel denominado "Bromuro de metilo, destructor de la capa de ozono" se indica que el bromuro de metilo (CH_3Br) es un plaguicida que se produce y usa como fumigante para controlar un amplio espectro de plagas, incluyendo patógenos, insectos y nemátodos. Se calcula que a nivel mundial en 1992 se vendieron anualmente 75.625 toneladas métricas de este fumigante; 3.2% fueron usadas como materia prima para síntesis química, 76% para tratamientos al suelo, 13% para fumigación de productos no perecederos, 8.6% para fumigación

de productos perecederos y 3% para fumigación de construcciones y vehículos de carga. Desde 1984, el consumo se ha incrementado en 3.700 toneladas por año. El bromuro de metilo es una sustancia altamente destructora de la capa de ozono, calculándose que es responsable del 5 al 10% de la disminución de ozono del mundo.

El bromuro de metilo está clasificado con categoría toxicológica I, extremadamente tóxico, por lo tanto peligroso para seres vivos. Causa toxicidad aguda y crónica. Puede generar daños al sistema nervioso, reproductivo, endocrino e inmunológico. Algunos plaguicidas pueden imitar la acción de hormonas humanas y animales perturbando procesos endocrinos y reproductivos: Se encuentra en Herbicidas: 2-4-D, 2-4-5-T, alaclor, amitrole, atrazina, metribuzin, nitrofen, trifluralin. Fungicidas: Benomil, Hexaclorobenceno, mancozeb, maneb, metiram-complex, PCP, Tributitín, zineb, ziram. Insecticidas: Carbaryl, clordano, dicofol, dieldrin, DDT y metabolitos, endosulfán, heptacloro, lindano, metomyl, mirex, oxiclordano, parathion, piretroides sintéticos, toxafeno, etc. Nematicidas: Aldicarb, DBCP.

Las variables que complementan el análisis de los efectos del consumo de plaguicidas en el aire son la clase de químico utilizado, métodos de aplicación, modos de aplicación, número de aplicaciones, condiciones climáticas en periodo de aplicaciones. Se han encontrado altas concentraciones de plaguicidas en la atmósfera de Espinal (Tolima), Aguachica y San Alberto (Cesar) y en Urabá (Antioquia).

La población humana se afecta como consecuencia de la distribución de residuos de plaguicidas en el aire, suelo, agua y biota, en cadenas alimenticias y por ende en el organismo humano. La contaminación de alimentos se presenta por acción directa o por acumulación de químicos en las cadenas tróficas, o a través del manejo, transporte y almacenamiento de los productos químicos y de los alimentos.

Otro aspecto importante para analizar los efectos en la Población por cuenta de los plaguicidas son las prácticas regionales de manejo de químicos: por ejemplo el "Bandereo Humano" como forma de orientar las fumigaciones (práctica que se utiliza en Urabá, en algunas zonas del Tolima) ha venido generando intoxicaciones

50

crónicas con irritaciones, respuestas alérgicas, malformaciones congénitas, problemas reproductivos, entre otros; y residualidad en alimentos.

Investigaciones en cultivos de tomate en el departamento de Cundinamarca y Boyacá comprobaron la existencia de niveles superiores a los límites máximos permitidos por el código alimentario para insecticidas organoclorados y organofosforados como: diazinón, metamidofós, endosulfán, dimetoato, parathión, triclofón, fentión, formatión, profenofos, tetradifón y lindano

Por órgano fosforados y carbamatos se han detectado intoxicaciones en Chiquinquirá, Pasto, Barranquilla. En Antioquia con paraquat y en el Tolima por "bandereo humano". Intoxicaciones y muertes en la zona cafetera. Se han encontrado organoclorados en alimentos concentrados para aves. En muestras de tomate de Cundinamarca y Boyacá encontraron residuos de insecticidas organoclorados.

Según el Ministerio de Salud, los insecticidas con los ingredientes activos: metilparatión, carbaryl, clopirifos, monocrotofos, canfecloro, carbofurán, aldrin o clordimeform han ocasionado el mayor número de intoxicaciones en la población; dentro de los cuales el 22% corresponde al metilparatión, seguido por 7%, 6.6%, 6.2% y 5% para los siguientes respectivamente. Estudios en leche vacuna y humana han encontrado residuos de organoclorados como DDT (especialmente en leche entera en polvo), lindano y dieklín en Espinal y Guamo (ver cuadros 4 y 5).

Tabla 4. Plaguicidas organoclorados en leche vacuna (ppm-leche entera).

ZONA	No. Muestras	DDT total	HCH total	DIELDRIN
Sabana de Bogotá	25 M.P.	0.014 100%	N. D.	N.D.
Espinal	25 M.P.	0.011 100%	0.010 71%	0.008 20%
Guamo	25 M.P.	0.017 100%	0.005 40%	0.006 15%
Bogotá D.E. Leche pasteurizada	10 M.P.	0.005 100%	N.D.	N.D.
Leche entera en polvo	10	0.026	N.D.	N.D.

N.D.= No detectado (valores menores de 0.001 PPM); MP: muestra positiva.

HCH: Compuestos organoclorados.

FUENTE: Armando Vargas, María del Carmen Vallejo. Universidad Nacional. Tomado de Revista de la Facultad de Medicina. Universidad Nacional, 1993, Vol 41 No. 1, Toro Gabriel "Hombre, Hambre y contaminación del medio ambiente".

Tabla 5. Plaguicidas organoclorados en leche humana (ppm-leche entera)

ZONA	No. Muestras	DDT total	HCH total	DIELDRIN
Bogotá D.E.	105 M.P.	0.048 100%	0.008 19%	0.007 20%
Espinal	25 M.P.	0.131 100%	0.011 68%	0.003 20%
Guamo	25 M.P.	0.118 100%	0.012 40%	0.011 40%
Girardot	15 M.P.	0.095 100%	0.009 66%	0.008 38%

N.D.= No detectado (valores menores de 0.001 PPM); MP: Muestra positiva.

FUENTE: Armando Vargas, María del Carmen Vallejo. Universidad Nacional. Tomado de Revista de la Facultad de Medicina. Universidad Nacional, 1993, Vol 41 No. 1, Toro Gabriel "Hombre, Hambre y contaminación del medio ambiente".

Los plaguicidas son adversos por la toxicidad que producen en la salud de los seres vivos, la cual se presenta según categorías de exposición, con lo cual se establece el tipo de intoxicación y sus manifestaciones.

52

Las actividades humanas más afectadas por los plaguicidas son: La formulación, fabricación, distribución, aplicación (aérea, terrestre y sanitaria), al trabajador agrícola, floricultor (por desarrollarse bajo invernaderos). Se han demostrado efectos carcinogénicos, mutagénicos, trastornos de la reproducción, teratogénicos; sin embargo, el efecto más devastador es el que causan al sistema nervioso (manifestándose en neuropatías, encefalopatías, perturbaciones visuales, delirios, convulsiones, etc.).

Tabla 6. PRINCIPALES NEUROTOXICOS INDUSTRIALES Y AMBIENTALES
(metales-solventes-plastificantes-otros)

AGENTE	LESION NEUROLOGICA	PRINCIPAL FUENTE
Plomo (Pb)	Neuropatía motora. Encefalopatía aguda y crónica.	Baterías, pinturas, gasolina, plaguicidas.
Mercurio (Hg)	Encefalopatía (cerebelo y corteza visual), daño fetal. Neuropatía sensitiva.	Residuos industriales de plantas cloroalcalinas y de pulpa de papel que contaminan aguas. Plaguicidas.
Manganeso (Mn)	Encefalopatía (locura mangánica, parkinsonismo y distonía).	Fábricas de pilas secas, minería y fundición, soldaduras, fabricación de cerillas.
Talio (Tl)	Neuropatía sensitivo-motora.	Rodenticidas.
Telurio (Te)	Encefalopatía Aguda. Neuropatía aguda experimental en ratas.	Minas de cobre, níquel, plata, oro y plomo.
Cianuros	Encefalopatía aguda, atrofia óptica, sordera, polineuropatía (intoxicación crónica).	Metalurgia, rodenticidas, yuca brava.
Arsénico (As)	Encefalopatía aguda hemorrágica. Neuropatía despoblación motoneuronal espinal.	Plaguicidas. Pigmentos, preservativos de maderas.
Estaño (Sn) (trietil estaño)	Encefalopatía aguda (edema difuso de substancia blanca y alteración de células gliales).	Industria plástica, plaguicidas, desinfectantes.
Bario (Ba)	Induce hipocalcemia y semeja parálisis periódica.	Estudios de RX (como medio de contraste), radio electrónica, rodenticidas.
Aluminio (Al)	Encefalopatía con degeneración neurofibrilar. Relación con E. de Alzheimer y encefalopatía por diálisis.	Conservación de alimentos, cosméticos, algunas plantas como cardwellia sublimis (roble), abrasivos, catalizadores.
Cadmio (Cd)	Itai-Itai (dolores óseos, marcha tambaleante, aminoaciduria en 200 casos japoneses). Neuropatía.	Asociado con el zinc en la naturaleza, fabricación de pilas (Cd-Ni), pigmentos, anticorrosivo en industria plástica.

33

SOLVENTES ORGANICOS	Los solventes son un grupo de compuestos con una muy amplia y variada utilización prácticamente en todo tipo de industria	
N-hexano y otros hexacarbonos	Neuropatía periférica de curso insidioso	Eter de petróleo, gasolina
Tricloroetileno	Lesión de pares V, VII, II	Lavado en seco, anestesia superficial, producción de caucho
Tolueno	Neuropatía moderada	Pinturas y lacas, manufactura de explosivos y colorantes (contaminante del benceno)
Metanol	Encefalopatía, retinopatía	Contaminante de bebidas alcohólicas adulteradas
PLASTIFICANTES		
Acrilamida	Neuropatía periférica sensitivo-motora	Industria de plásticos
Dimetil-aminopropio nitrilo (DMAPN)	Neuropatía periférica de predominio sensitivo, disminución de actividad sexual	Industria de poliuretanos
Estireno	Disfunción visual e intelectual, alteración del EEG, anormalidad de velocidad de conducción sensitiva	Industria de plástico y caucho
OTROS		
Monóxido de carbono	Encefalopatía y raramente neuropatía periférica	Combustión de materia orgánica
Disulfuro de carbono	Polineuropatía, encefalopatía	Industria textil: fibras de viscosa-rayón y empaques de celofán
Cloruro de metilo	Encefalopatía, neuropatía	Manufacturas de plástico y caucho sintético
Acetil-etil-tetra-metiltetralina (AETT)	Encefalopatía, neuropatía experimental en ratas (muy severa)	Perfumes, lociones, detergentes
Bromuro de metilo	Perturbación visual y disartria, delirio y convulsiones (cuadro agudo) Encefalopatía crónica (sistema piramidal, sistemas cerebelosos), neuropatía periférica.	Fumigante, extintores de incendios, refrigerante.
Fenol	Neuropatía (fibras largas, D. Walleriana).	Desinfectantes, perfumes, fármacos.

FUENTE: Toro Gabriel. "Hombre, Hambre y contaminación del medio ambiente". Facultad de Medicina, Universidad Nacional, Bogotá, 1993.

GA

3.10 ORGANISMOS EN EL AMBIENTE

En cualquier medio natural o seminatural existen básicamente tres tipos de organismos: productores, consumidores y descomponedores, y de su adecuada interacción y actuación dependerá el buen funcionamiento del ecosistema. Los llamados **productores** están constituidos por organismos capaces de captar energía y sintetizar orgánica a partir de los compuestos inorgánicos. Si bien existen bacterias quimiosintetizadoras, la mayor parte del conjunto de organismos productores está constituida por organismos fotosintetizadores, como es el caso de los vegetales. Las plantas verdes utilizan la energía solar y fijan dióxido de carbono, produciendo compuestos orgánicos ricos en energía. Una parte de esta energía se perderá en el ecosistema a través de los procesos respiratorios y demás funciones vitales, mientras que otra será utilizada por otros organismos de la comunidad como los consumidores y descomponedores.

Los **consumidores** son organismos heterótrofos que obtienen el alimento a partir de los productores o bien a partir de otros consumidores, pudiendo encontrar diversos niveles de complejidad dentro de un ecosistema: consumidores primarios que se alimentan directamente de los productores, consumidores secundarios que se alimentan a partir de consumidores primarios, consumidores terciarios, etc.

Finalmente tenemos el grupo de los **descomponedores** que son los llamados organismos saprófagos que se alimentan de materia muerta o de desechos procedentes de productores y consumidores. De este modo la materia orgánica sintetizada por los productores pasa a otros niveles de organismos a través de las cadenas tróficas. La utilización de la materia orgánica en este proceso es tan solo una parte, dado que la mayor parte de la energía será utilizada en los procesos respiratorios a todos los niveles.

Los organismos descomponedores actúan a todos los niveles y de este modo, toda la energía no utilizada por los consumidores y productores, así como la acumulada en los productos de desecho como las heces, será utilizada por los descomponedores que la reciclarán en el ecosistema. Todo este proceso

55

constituye un ciclo de energía del que depende el buen funcionamiento y subsistencia de los ecosistemas. Se ha calculado que el 95 por ciento de la materia orgánica sintetizada por las plantas verdes queda sin ser consumida, pasando al nivel de descomponedores en forma de materia vegetal del suelo, junto con los cadáveres y productos de la excreción de todos los niveles.

La **descomposición** se define como el proceso mediante el cual un organismo o derivado del mismo se llega a fraccionar en las partes o elementos que lo componen, encontrando que al final del mismo, el resto animal o vegetal que inicialmente observábamos se habrá desintegrado gradualmente hasta que sus estructuras ya no son reconocibles y sus complejas moléculas orgánicas se habrán fragmentado. En este proceso actúan tanto agentes biológicos como factores abióticos del medio. La descomposición comparte la liberalización de energía y la mineralización de los nutrientes químicos, convirtiendo los elementos orgánicos en inorgánicos. El proceso de descomposición consta de dos fases: fase de destrucción y fase de degradación de la materia orgánica. Durante la fase de destrucción se produce un fraccionamiento del resto orgánico mediante medios mecánicos de modo que al final de este proceso se obtienen partículas de pequeño tamaño. Durante esta fase inicial juegan un importante papel tanto los factores abióticos como los bióticos. En la segunda fase, sin solución de continuidad con la primera, se producirá la degradación de la materia orgánica, produciéndose la desintegración de las pequeñas partículas en moléculas dando como productos finales dióxido de carbono, agua y sales minerales. La destrucción es también una fase de dispersión de la materia orgánica, ya que las pequeñas partículas resultantes de dicho proceso pueden ser llevadas mediante diversos mecanismos fuera de la fuente inicial.

Los grupos de invertebrados que intervienen en los procesos de descomposición de restos orgánicos de origen animal o vegetal pertenecen a grupos taxonómicos muy variados, en su mayoría son grupos ligados al medio edáfico y que poseen tamaños muy dispares. Hay clasificaciones basadas en su talla y de este modo se habla de microfauna cuando tienen menos de 100 micras como los rotíferos y

algunos nemátodos, mesofauna cuando su tamaño oscila entre 100 y 200 micras como los ácaros y los colémbolos, y macrofauna cuando superan las 200 micras pudiendo alcanzar una elevada biomasa como ocurre con algunos coleópteros, dípteros, miriápodos, etc. Todos estos grupos son los responsables de la trituración y fragmentación de los restos vegetales o animales, interviniendo en la fase de destrucción. Estos grupos contribuyen a la redistribución de los restos y formación de la capa superficial del suelo.

Dentro del grupo de animales descomponedores, los artrópodos son el componente mayoritario y el que juega un papel más importante. Los organismos descomponedores son de gran importancia y se puede afirmar que un ecosistema terrestre en el que no exista una entomofauna capaz de actuar eficazmente sobre los restos vegetales y animales, acabarán produciéndose graves alteraciones que conducirán inevitablemente a una alteración del mismo y pérdida de biodiversidad.

3.10.1 Descomponedores de excrementos

La degradación de los excrementos en las regiones templadas es prácticamente un proceso de descomposición, no existiendo, a diferencia de los cadáveres, animales de gran talla como los vertebrados que utilicen este recurso. En la destrucción de los excrementos intervienen los factores climáticos, no obstante, los artrópodos tienen también un importante papel en los procesos de descomposición, ya que existen diversos grupos que los utilizan tanto para la alimentación de los adultos como de las fases larvianas. Los insectos acuden a los excrementos de forma secuencial, en una primera oleada aparecen los **Dípteros** (fundamentalmente *Muscidae* y *Scatophagidae*) que acuden principalmente a ovipositar aunque en otras ocasiones visitan las heces por otros motivos como es el caso de la conocida mosca amarilla del estiércol cuyos adultos depredadores van también a las heces en busca de presas. Los dípteros suelen llegar a representar el 30 por ciento de los invertebrados presentes en las heces. Este grupo de insectos posee su máxima actividad durante las primeras horas, antes de que se llegue a formar la rígida corteza externa de la boñiga. A continuación, coincidiendo en parte con la llegada de las moscas, aparecen diversas familias de coleópteros, siendo las más

57

características *Hidrophilidae*, *Staphylinidae*, *Histeridae*, *Scarabaeidae*, *Aphodiidae* y *Geotrupidae*. De estas las tres últimas son coprofagas y las tres primeras fundamentalmente depredadoras. Por último acuden a las heces otros grupos de animales formados en su mayor parte por ácaros, nemátodos y lombrices de tierra.

3.11 BIOLOGÍA Y ECOLOGÍA (*Scarabaeidae*)

Es probable que la expansión de la coprofagia coincidiera con la época de dominancia de los grandes herbívoros terrestres, especialmente de los reptiles del Mesozoico y subsecuentemente de los mamíferos (HALFFTER AND MATTHEWS, 1966). Los primitivos coprófagos pasarían de una alimentación fundamentalmente fitófaga a aprovechar los enormes recursos alimenticios que ofrecían los excrementos producidos por los herbívoros.

Los escarabeidos coprófagos tuvieron que solucionar una serie de problemas para poder adaptarse a vivir y alimentarse de estos excrementos. Uno de los principales inconvenientes que probablemente debieron afrontar pudo ser la rápida desecación a que se ven sometidos los excrementos depositados en medios abiertos, especialmente los sometidos a una intensa insolación como son los ecosistemas de pastizal tipo sabana, praderas, etc. Paralelamente a la diversificación de los escarabeidos coprófagos y subsecuentemente al incremento de la riqueza específica que se producía en las fuentes de alimento, debió surgir una inevitable competencia o solapamiento trófico. Estos dos factores (desecación y competencia), unidos a la distribución espacial aleatoria del excremento, junto con una concentración mayor en determinadas zonas como consecuencia del gregarismo de los herbívoros, fueron las probables causas de la diversificación de hábitos de alimentación y cría que hoy día se encuentran en este grupo de coleópteros.

Así surgen los grupos de especies que acuden rápidamente al excremento una vez depositado, alimentándose directamente del mismo, evitando el problema de la desecación. Por otra parte encontramos los grupos de especies que sustraen la hez del medio, enterrándola en cámaras y galerías bien en la zona adyacente o

bien en lugares más o menos apartados. De una forma general podemos decir que de estos hábitos de alimentación derivaron los de nidificación y cría, de los cuales los más complicados los poseen la familia *Scarabaeidae*.

Estos modos de alimentación y cría se pueden clasificar en tres apartados (BORNEMISSZA, 1976):

- Endocópridos: se alimentan y en gran parte nidifican en la misma fuente de alimento o en pequeñas cavidades junto a ella.
- Paracópridos: efectúan galerías bajo la hez donde se refugian y nidifican, sirviendo en ocasiones de túneles de alimentación. Las distintas especies recogen la hez de la fuente de alimento y la introducen en una galería que han excavado previamente.
- Telecópridos: forman bolas de excremento que transportan fuera de la fuente de alimento enterrándolas a cierta distancia de la misma, sirviendo de alimentación o cría.

De las tres familias de escarabeidos coprófagos existentes, se puede, de una manera general, considerar a los Aphodiidae como endocópridos, a los Geotrupidae como paracópridos y de los *Scarabaeidae*, al grupo de los Scarabaeinae como telecópridos, siendo paracópridos los Coprini y fundamentalmente endocópridos los Onthophagini. De este modo encontramos una primera separación de hábitats que tiende a evitar la posible competencia entre especies.

Los Aphodiidae comprende numerosas especies de talla generalmente pequeña. Son de los primeros coprófagos que llegan a la boñiga, penetrando en la misma. Tienen una estrategia reproductora tipo r, poniendo los huevos libremente en el excremento. Esto les ha comportado una gran plasticidad ecológica, habiéndoles permitido colonizar numerosos medios. De ahí que en ocasiones sean los únicos escarabeidos presentes en ciertos ecosistemas como los de montaña, donde las condiciones de vida a veces se hacen difíciles.

Los Geotrupidae junto con muchos Scarabaeidae, poseen una estrategia reproductora que se sitúa entre tipo r y k, si bien, más cercana a esta última. Este hecho implica que protejan de alguna forma su descendencia, acumulando en galerías el excremento y efectuando allí la puesta. Algunas especies de escarabeidos siguen estrictamente el tipo de reproducción K (especies de los géneros *Copris* y *Scarabeus*, en estos grupos los hábitos de alimentación y cría son más complejos existiendo cooperación de sexos en la nidificación junto con cuidados de la prole que pueden llegar a ser de gran complejidad).

La diversificación de los hábitos de alimentación y cría permitió evitar en gran medida la tensión inicial que conllevaba la concentración de numerosas especies e individuos en el excremento. La diversificación de hábitos de traslado del alimento, contribuye a una repartición inicial de un recurso que originalmente ocupaba un área pequeña y se evita de este modo, el solapamiento espacial de las especies. No obstante, la posibilidad de competencia de estas especies no se vería reducida en gran medida, si no fuera por la adopción de otra serie de estrategias ecológicas tendentes a una utilización diferencial de los recursos denominada competencia difusa (MACARTHUR, 1972), que afecta a tres parámetros de gran importancia en la consideración de nicho ecológico: la dimensión trófica, espacial y temporal en las subdimensiones anual y diaria.

3.11.1 Algunos términos

Los estrategas r son individuos que han sido favorecidos por su capacidad de reproducirse rápidamente, los estrategas r viven en hábitats que son impredecibles en el tiempo o bien efímeros. De modo intermitente la población experimenta periodos benignos de rápido crecimiento demográfico, libres de competencia (ya sea cuando el ambiente fluctúa hacia el periodo favorable o cuando un lugar efímero acaba de ser colonizado). Estos periodos están entremezclados con periodos desfavorables de mortalidad inevitable, por consiguiente las tasas de mortalidad de los adultos y de las formas juveniles son altamente variables e impredecibles y con frecuencia son independientes de la densidad de población y

del tamaño y el estado del individuo en cuestión. Los individuos estrategias r son de tamaño reducido, madurez precoz, posible semel paridad (reproducción en corto periodo de tiempo), una mayor asignación reproductiva y descendientes de menor tamaño (y por lo tanto más numerosos). Los individuos invertirán poco en la supervivencia, pero la supervivencia real variará en función del ambiente de vida.

Los estrategias K son de mayor tamaño, reproducción retardada, iteroparidad (reproducción más extendida), asignación reproductiva más baja y descendientes de mayor tamaño (y por tanto menor número) con más cuidados paternos. Los individuos invertirán generalmente en una mayor supervivencia. Estos individuos se encuentran en ambientes constantes o bien, predeciblemente estacionales en el tiempo, que experimentan muy pocas fluctuaciones ambientales aleatorias. A consecuencia de esto se establece una población densa con un tamaño bastante constante. Existe una intensa competencia entre los adultos y los resultados de esta competencia determinan en gran parte las tasas de supervivencia y fecundidad.

3.11.2 Insectos Como fuente de alimento

Los insectos al ser los monarcas del planeta, dan una idea de su gran capacidad de adaptación a todos los fenómenos geológicos que ha sufrido la tierra. Tan grande es esta capacidad que después de una explosión atómica, son siempre los primeros en poblar la zona radioactiva. Además han logrado sobrevivir en nichos ecológicos que otros animales no han podido conquistar, se les encuentra en las montañas, en las cavernas, bajo el hielo, en el desierto, en minas de sal, en charcos de petróleo, en ciénagas, etc. La problemática mundial por hambre ha traído como consecuencia el consumo de un sinnúmero de insectos en diversos estado, en México se sabe del consumo de larvas de escarabajo *Sciphophorus acupuncactus*, larvas y adultos de escarabajo de la botija, en países de Europa y Asia, en Colombia se sabe del consumo de larvas de escarabajo *Anthonomus spp.*

4. DESCRIPCION DE LA METODOLOGIA

4.1 Descripción general básica:

El inicio del proyecto se baso en la recolección, trituración y almacenamiento de los residuos sólidos en asaderos de pollo de la ciudad de Bucaramanga, para alimentar lombriz roja californiana, al comienzo se observaron buenos resultados preliminares, sin embargo la falta de patrocinio y apoyo por parte de las personas dedicadas a esta industria, no permitieron un desarrollo práctico del estudio, pero gracias al hallazgo de larvas de *scarabaeidae* —citado en referencia—, se establecieron las pautas para el presente estudio.

Como se describe en la referencia preliminar de este proyecto, esta es una investigación, que se da gracias a condiciones eventuales, sin embargo desde el primer instante se ha tratado de dar respuesta lógica basada en conocimientos enmarcados en textos de información de muchos autores que han estudiado el comportamiento de los *scarabaeidaes* y que generalmente los definen como plagas para cultivos, el análisis de resultados obtenidos podrán definir una política mas clara para aprovechamiento de estas especies. A continuación se nombran las condiciones básicas del ensayo piloto.

4.1.1 Construcción de jaula para reproducción en cautiverio de *scarabaeidaes*.

Lugar: Zona verde dentro del Conjunto Cerrado Campo Real Toledo Plata, condiciones ambientales generales:

T° promedio : 23°C.

Altura Sobre el nivel del mar : 959m.

T° promedio del sustrato aserrín molido para larvas: 19°C.

4.1.1.1 Jaula para cautiverio

En un área de 16m² se procedió a encerrar en malla metálica con ojo de diámetro 1,5cm, se uso madera para colocar parales y pisamalla para dar la forma de jaula, el suelo dentro de la jaula fue revestido con un mortero de arena – cemento, espesor 2cm, Se colocaron los cajones para ensayo y se dividió la jaula en dos secciones:

Sección No. 1 Para mantener los cajones, aserrín molido en proceso de transformación, área para seguimiento continuo de campo (ver figura 2). Se instaló en esta zona material vegetal, semillas y plantulas de altura hasta cinco cm, se observó buen desarrollo de las mismas sin necesidad de adicionar agroquímicos ni otro suplemento.

Sección No. 2 Dividida dentro de la misma jaula para lograr que los adultos de scarabaeidae, cuenten con las condiciones necesarias para reproducirse, en esta sección se mantuvo el menor contacto posible con los individuos en estudio, se observó manipulación indebida de larvas, se decidió no hacer volteo del material de desarrollo de los individuos (ver figura 2).

DIAGRAMA GENERAL DE JAULA PARA CAUTIVERIO DE SCARABAEIDAS.

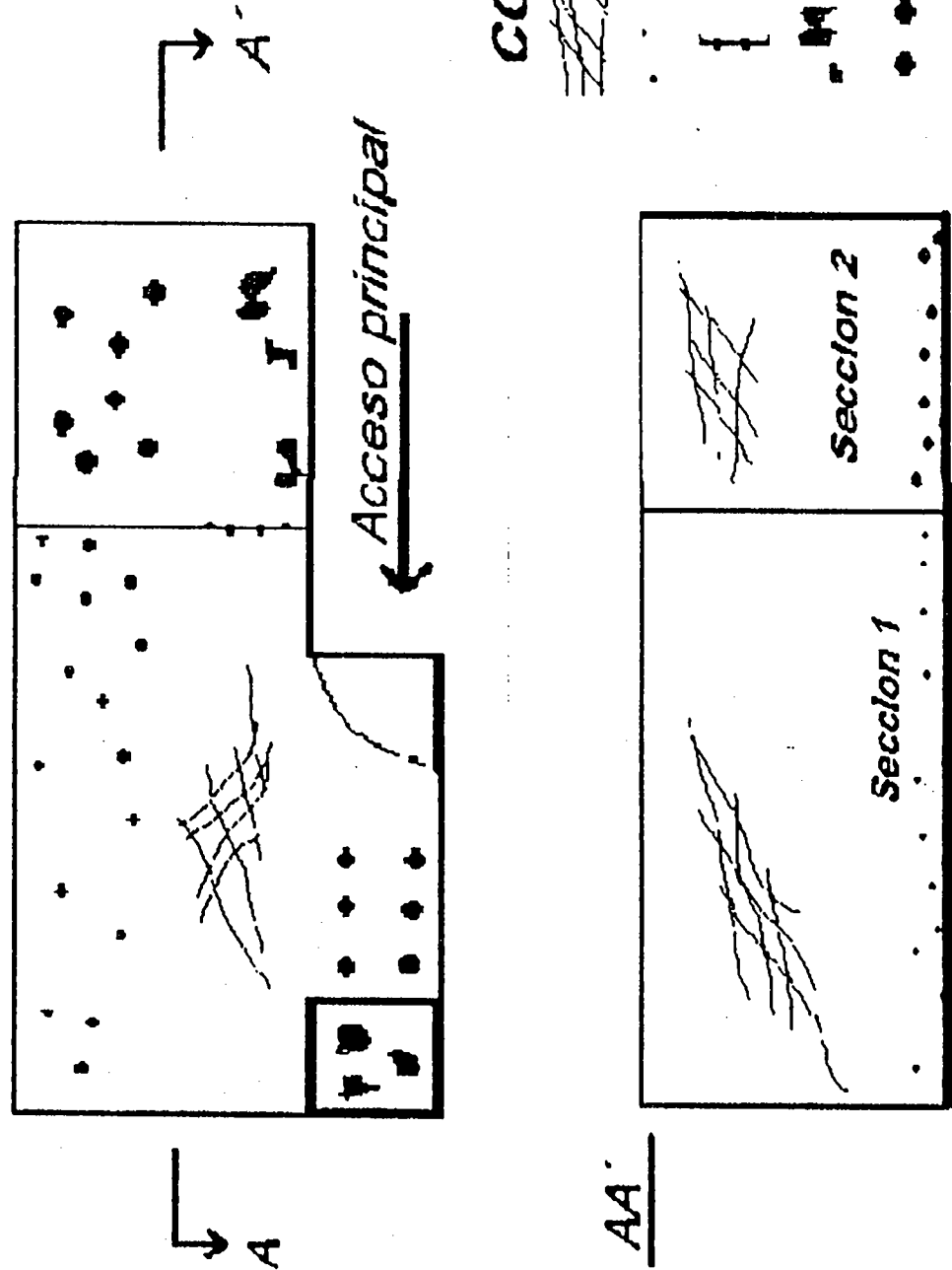


Figura 2. Planta general de la jaula de cautiverio

El ensayo piloto de investigación comenzó con la recopilación de información básica sobre el comportamiento de *scarabaeidae*, una vez se tuvo una visión global de caracteres importantes de los mismos se procedió a capturar larvas de diversas especies, (Algunas características particulares como tamaño, color y textura de la piel, vellosidades definen diferencia en las larvas). A pesar de que en la mayoría de especies de *scarabaeidae*, la larva es similar, solo con una observación minuciosa pueden detectarse esa diferencia de caracteres.

4.2 Caracteres particulares de las larvas en estudio:

- Larva A: Alcanza un tamaño máximo de 1.5cm, es de color blancuzco, cabeza color naranja y por lo general se encuentra en estiércol de ganado, su estado como larva demora máximo treinta días, pertenece a escarabajos pequeños que en estado adulto no alcanzan a medir un centímetro de longitud. (No se identificó porque no se consideró de importancia para el estudio).
- Larva B: Con tamaño máximo de 4,5cm, es de color amarillento, cabeza rojiza, piel frágil, cabeza color rojizo claro, en estado de larva demora máximo noventa días, estas larvas pertenecen a escarabajos medianos con tamaños hasta de 2 centímetros de longitud. (No se identificó porque no se consideró de importancia para el estudio).
- Larva C: De gran interés para el proyecto, mide hasta 11,5cm de longitud, diámetro de 2cm, cabeza color rojizo oscuro, vellosidades cortas en todo su cuerpo, en estado larvario va hasta los seis meses para comenzar transformación a etapas posteriores, acumula en su cuerpo bastante grasa, cuando comienza su transformación a pupa, el cuerpo de la larva se torna de un color verde esmeralda, los adultos de esta especie son escarabajos vistosos de color verde plateado, identificados como: *Macraspis lucida*, (individuo # 1).
- Larva D: De gran interés para el proyecto, alcanza hasta 11cm de longitud, diámetro de 2cm, cabeza color café rojizo, cuerpo amarillento, textura de piel gruesa, vellosidades cortas en todo el cuerpo, en estado larvario dura hasta

seis meses para iniciar transformación a la siguiente fase (empupar), almacena en su cuerpo gran contenido de grasa, cuando queda inmóvil la larva comienza a transformarse en pupa de color marrón claro, identificados como: *Strategus jugurta* (Olivier), (Individuo # 2).

- Larva E: De interés para el proyecto, alcanza tamaño de hasta 7cm, son de color blancuzco, vellosidades más largas que en otras larvas, textura de piel frágil, su estado larvario dura hasta cinco meses, se alimenta de diversos sustratos (residuos orgánicos de cocina y aserrín molido principalmente), en estas se pudo apreciar mudas de piel durante su desarrollo, no se observa buena acumulación de grasa en el cuerpo de la larva, pertenece a scarabaeidaes de tipo: (Individuo # 3), sin identificación de género y especie.

Con los estudios preliminares se pudo definir la importancia de escoger solamente larvas de los tipos más significativos, larvas tipo C, D y E, este material biológico fue dispuesto para observación dentro de la jaula de cautiverio descrita anteriormente. Las figuras 3 y 4, muestran en detalle la jaula.

Figura 3. Vista general de jaula de cautiverio, lugar: Conjunto Campo Real (Bucaramanga).

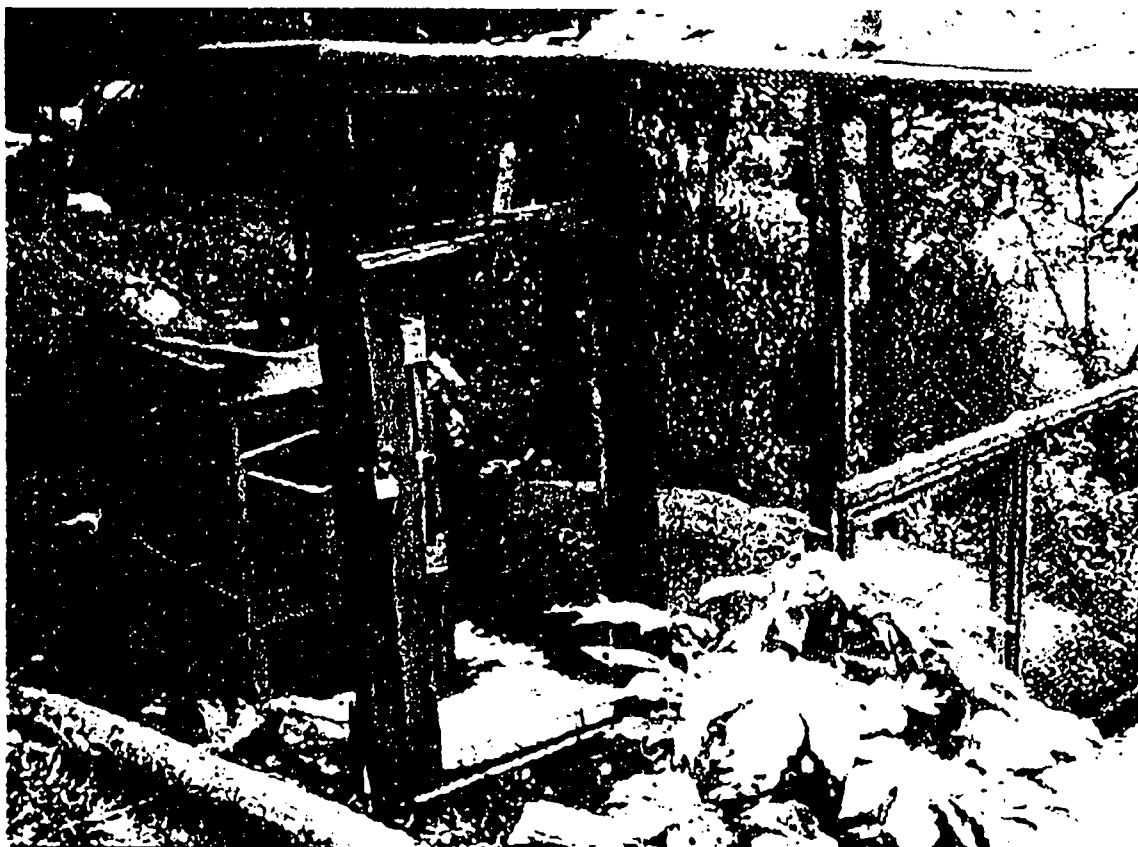
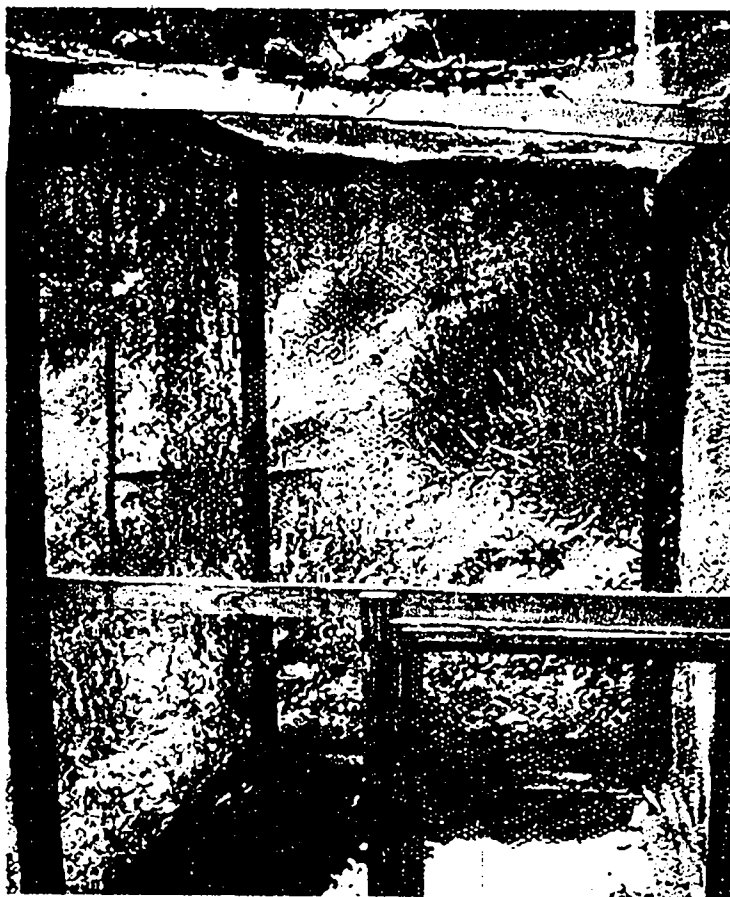


Figura 4. Sección 2 de la jaula (Reproducción de los scarabaeidaes).



Se incubaron entonces los grupos de larvas de scarabaeidaes de diferentes especies y de interés para el estudio, estas larvas fueron buscadas minuciosamente en diversos sitios alrededor de Bucaramanga (Piedecuesta, Giron, Mesa de los Santos, Bosconia y San Gil), la búsqueda se baso en información de la escuela de Biología donde se describió el nicho ecológico de esas larvas, se incubaron en cajones de medidas 0,4 x 0,4 x 0,4m, en cada uno de estos se virió aserrín molido con un porcentaje variable de estiércol de ganado, esta mezcla se hizo por recomendación hallada bibliográficamente, en la cual se define una dieta rica en materia orgánica para alimento de las larvas, sin embargo

luego de 10 días pudo observarse que las larvas no requerían del consumo de estiércol de ganado por tanto se reorganizó el material biológico junto con el sustrato y el montaje piloto definitivo fue:

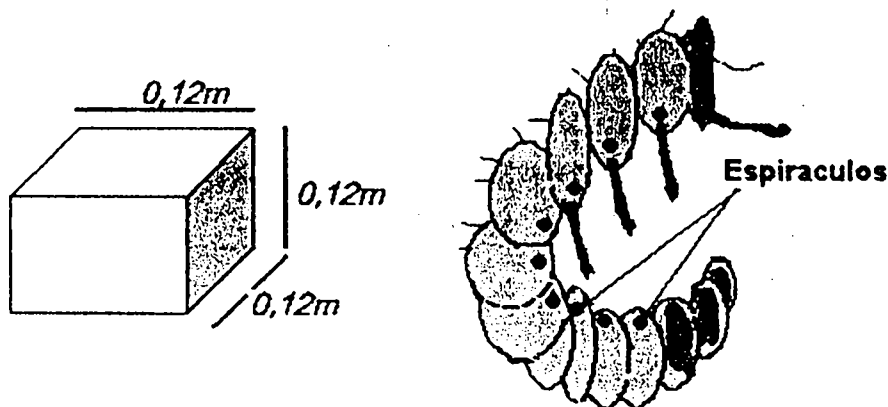
Tabla 7. Montaje piloto de las pruebas.

CAJON	CONTENIDO (Vol. /m ³)	OBSERVACIONES
1	15 Larvas + aserrín molido V. Sustrato 0,048m ³	Aserrín molido de Moncoro y Cedro patula, recién salido de aserrio.
2	15 Larvas + aserrín molido V. Sustrato 0,048m ³	Aserrín molido de Moncoro y Cedro patula, madurado a la intemperie (20 días).
3	15 Larvas + aserrín molido V. Sustrato 0,048m ³	50%, Aserrín fresco de Moncoro y cedro patula + 50% Aserrín madurado (20 días) intemperie.

El volumen de sustrato final contenido en cada cajón 0.048m³, sirve para almacenar un total de 48 larvas, esto se debe a que según el hábito alimenticio de la larva, independiente del tamaño inicial, ella se desarrolla dentro de un área cúbica de 0,001728m³. Este es el volumen final que puede llegar a transformar cada larva al término de seis meses, se observó la poca diferencia corporal de unas con otras, sin embargo algunos caracteres de mayor relevancia ya se detallaron.

En un recipiente aparte se dejó aserrín del mismo que se usó para el montaje de los pilotos pero sin adicionarle larvas, se le hizo el mismo seguimiento que a los pilotos con el fin de tener un testigo en el seguimiento.

Figura 5. Volumen aprovechado por una larva para transformación de sustrato.



El aserrín molido con impurezas (palos de desecho en aserrios), no es descartado por las larvas para consumirlo sin embargo este aserrín debe ser seleccionado por medio de un tamizado, esto para lograr reducción en el tiempo de transformación.

Cuando el material sobrante de este tamizado es grande debe tenerse en cuenta el uso de una trituradora de ese residuo a fin de evitar ocupar áreas innecesariamente, para esto a nivel piloto se uso un molino industrial con un motor eléctrico de 3 caballos de potencia.

Cada 10 (diez) días se debe hacer un volteo para homogeneización del sustrato en proceso, las larvas recorren el aserrín fácilmente, sin embargo prefieren estar en la profundidad del mismo, por tanto al hacer el volteo se permite la mezcla del sustrato con mayor proceso con el mas fresco. A partir del primer volteo se puede evidenciar el cambio en el color inicial del sustrato, a los primeros quince días de hecho el montaje se procedió a colocar en la superficie del sustrato plantas de control para ver la eficacia en el proceso.

Una vez las larvas logran su maduración quedan inmóviles, previamente han formado una bóveda que las encapsula y les permite que puedan transformarse en pupa.

Al cabo de un tiempo, emerge un adulto completamente formado que debe alcanzar una altura de vuelo mínima de 1,5m, macho y hembra copulan y la hembra hace una puesta de hasta 20 huevos de donde saldrán las nuevas larvas, este proceso se podría llevar a cabo en cautiverio, construyendo la sección 2 de la jaula descrito anteriormente (ver detalle en la figura 4).

Una vez se obtiene el abono orgánico, se puede extraer teniendo cuidado de dejar una cepa biológica para alimento, aclimatación y desarrollo de los scarabaeidae en diversos estados, la cepa biológica que se ha mantenido proviene del sustrato preliminar encontrado junto con las larvas de *scarabaeidae*.

5. ANALISIS DE RESULTADOS

5.1 Tablas de seguimiento continuo

Los datos más relevantes durante el periodo del estudio se consignan en la tabla 8, relacionada de la paginas 60 a la 64. En ella se enmarcan los pormenores e inconvenientes más trascendentales que se tuvieron en campo para lograr el desarrollo de la metodología. Los datos consignados son de importancia para lograr aplicar los correctivos necesarios a los imprevistos que se presentaron, adicionalmente con estos datos es posible sacar las conclusiones respectivas y dar las recomendaciones a tener en cuenta para aplicación de la metodología desarrollada.

5.2 En campo

El seguimiento preliminar de campo para los pilotos montados en el estudio, se hizo hasta dos veces al día en los primeros cuarenta días, esto supone una saturación en la manipulación de las larvas que al final ocasionó la perdida de pupas en proceso a culminar su etapa como adultos.

Una vez se estableció que no era necesaria tanta manipulación, se pudo obtener el primer adulto en cautiverio, sucesivamente varios adultos fueron emergiendo y la dificultad estuvo en mantener vivos los adultos durante el tiempo en que pudieran copular machos y hembras para cerrar el ciclo reproductivo.

La alimentación de adultos fue la variable sin control pero al final del proyecto, finales de septiembre, se logro mantener adultos vivos en condiciones de cautiverio por mas de 25 días, la dieta usada con éxito es zanahoria cocida (sin sal) y zanahoria cruda que mezclada con un sustrato biológico rico en descomposición, garantizan una fuente de alimento apta para los scarabaeidaes adultos.

72

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
OBTENCION DE ABONO ORGANICO
Y OTRO SUBPRODUCTO A PARTIR DE SCARABAEIDAE

Tabla 8. FECHAS PARA TOMAR EN CUENTA

FECHA	DESCRIPCION DEL EVENTO	OBSERVACIONES
9/02/00	Se comienza formalmente el proyecto con recolección de residuos sólidos de asaderos de pollo, 70kg.	Por dificultad no es posible moler los residuos, se deja como un compostaje.
12/02/00	Se usa por primera vez maquina de moler, y se muele el material en proceso de compostaje	Se hace siembra de lombriz roja, se espera que se acondicione al nuevo alimento.
22/02/00	Se decide no seguir recolectando material de los asaderos.	Hay mortandad de lombriz por falta de humedad, olores agresivos.
SE DECIDE CAMBIAR LA TECNOLOGIA PARA EL ABONO.		
26/02/00	Se encontraron larvas de scarabaeidae en sacos que contenían viruta de madera y algo de estiércol de ganado. Se lleva muestra de sustrato y larvas a la UIS para estudio biológico.	Se hallaron un total de 30 larvas de 9cm aproximadamente, en un sustrato de color negro. Profesores de la UIS, dan a conocer características del scarabaeidae.
6/03/00	Se incuban 30 larvas en total en sustrato aserrín molido fresco y algo de m.o. Queda formalmente instalado estudio piloto tres cajones, solo aserrin molido.	El comportamiento de larvas es ideal para consumo del alimento, se observa transformación básica en el aserrin. Larvas de varios lugares.
17/03/00	Aparece larva con apariencia diferente e inmovilizada, (Estado de prepupa) En total se observan hasta cinco clases de larva, caracteres particulares.	Hace parte de la etapa siguiente en la metamorfosis para alcanzar su estado adulto. El tamaño de larvas antes de este estado es de 11.5cm.
26/03/00	Se descubre que por imprevistos, la larva en transformación desaparece. Se hallan nuevas larvas en el estado de prepupa. Según la clase de larva, el color de prepupa es diferente.	Se atrasa el seguimiento para que se obtenga el adulto scarabaeidae. Se toman los correctivos mejorando condiciones de cautiverio de larvas. Se observa un color oscuro en los lechos de las larvas(aserrin).
14/04/00	Se entrega al laboratorio de la secretaria de agricultura de Santander, abono hallado junto con las larvas.	El material se ha usado como abono en zonas verdes con buen resultado. Se hará caracterización.
1/05/00	Se incuban 16 nuevas larvas provenientes de una finca cerca de Piedecuesta.	Estas larvas tiene tamaño variable de 1.5cm a 11cm, la mas grande se distingue porque la cabeza es negra.

73

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
OBTENCION DE ABONO ORGANICO
Y OTRO SUBPRODUCTO A PARTIR DE SCARABAEIDAES

Tabla 8. FECHAS PARA TOMAR EN CUENTA

FECHA	DESCRIPCION DEL EVENTO	OBSERVACIONES
04/05/00	Se obtiene la caracterización del abono, de scarabaeidaes.	Tiene concentración de elementos similar a lombricomposto, se harán otras pruebas.
09/05/00	Se consigue material biológico, consistente en huevos de larva y larvas de 0.03m. De difícil percepción a simple vista.	Huevos color amarillo de < de 1mm de diámetro, esta semana hay paro en la UIS, no se ha instalado centro.
10/05/00	Se hace volteo de aserrín cada 10 días, es necesario reducir el manipuleo del aserrín. Las larvas presentan buen aspecto.	Las larvas de Piedecuesta se sometieron a periodo de aclimatación para consumir el aserrín molido, (cuatro días).
16/05/00	Se consigue dos pupas una de hembra, otra de macho, de color marrón, se observa movilidad en la hembra. (15 días de prepupa).	Por manipulación el macho presenta una hendidura en el dorso. No es viable obtener el macho adulto.
17/05/00	Como prueba piloto se recolectan residuos sólidos domésticos y se anidan larvas de 2cm, en total 5 larvas.	Por experiencia si se puede triturar los residuos sólidos es viable obtener mejor resultado
18/05/00	Definitivamente es posible que las larvas en metamorfosis den lugar a individuos diferentes por el color de transformación.	Unas larvas se tornan verdes totalmente y otras conservan tono marrón oscuro, estos serán los colores del adulto.
18/05/00	Hay visita por parte del director del proyecto Alfonso Villalobos para verificar estado de material biológico. Las pupas halladas presentan buen aspecto principalmente la hembra, sin embargo la pupa de macho debe ser desechada.	Recomienda traslado de material a la UIS y aclara que el paso mas importante esta en lograr reproducir los scarabaeidaes. Los ensayos montados se colocaran en una Jaula de cautiverio a construir en una zona verde del conjunto cerrado. Allí se buscara la reproducción en cautiverio.
22/05/00	Se observan larvas de color verde, marrón y blancuzco, estas son las principales con mayor interés para el estudio.	Sin embargo la manipulación continua de esas larvas arrojan resultados negativos.
27/05/00	Se ha estado recolectando larvas en varias zonas, principalmente en los alrededores de Piedecuesta, se tienen en total 38 larvas de varios tamaños.	Deben ser almacenadas por edades, se observa que hay canibalismo entre las larvas de mayor tamaño.
28/05/00	En el conjunto campo real queda construida una jaula de experimentación para producción de adultos de scarabaeidae en cautiverio, se hará seguimiento desde esta zona.	Las condiciones ambientales para la jaula se ajustaran según requerimiento, por ahora desde hoy se comienza con la transformación de aserrín en abono.
30/05/00	De diversas zonas cercanas a Bucaramanga Piedecuesta, Giron, Bosconia, San Gil y la Mesa de los Santos, se recolectan larvas de interés, en total 50 nuevas larvas.	Estas larvas se hallaron en arboles caídos principalmente, por tanto se procede a la aclimatación de consumo exclusivo del aserrín, hasta hoy solo tenemos una pupa para obtener adulto.

74

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
OBTENCION DE ABONO ORGANICO
Y OTRO SUBPRODUCTO A PARTIR DE SCARABAEIDAES

Tabla 8. FECHAS PARA TOMAR EN CUENTA

FECHA	DESCRIPCION DEL EVENTO	OBSERVACIONES
4/06/00	Emerge de la pupa hembra el adulto, un individuo color café rojizo totalmente desarrollado, abandona el cascaron pupa de la misma forma como paso de larva a pupa. Transcurrieron 20 días desde que se halló la pupa, sin embargo el tiempo de transformación larva - pupa no se ha establecido exactamente.	Las larvas en transformación de color verde no han progresado, se observa el mismo ataque de las anteriores, se debe analizar causas de manejo y manipulación. De prepupa, la larva queda inmóvil hasta que emerge el adulto transcurrieron en total 35 días.
6/06/00	Se instalo semillero en la jaula de Campo Real, el sustrato del semillero es abono de compostaje de residuos de asaderos y abono transformado por los scarabaeidaes.	Para obtener material vegetal de control del abono, y algunas especies alelopaticas, se ocupo un área interna de la jaula para tal fin.
8/06/00	Se observan nuevas larvas en estado de prepupa, están inmovilizadas y además presentan color compacto grisáceo.	Como ya se ha evaluado estas larvas son de adultos color café.
10/06/00	Las larvas de Piedecuesta con medida de 5,5cm hace un mes, hoy miden 7cm, su comportamiento es bueno, se observa buena transformación del sustrato (Aserrín fresco).	Las larvas colectadas en Piedecuesta tienen buena apariencia, muy resistentes. Cumplen 32 días en estudio.
10/06/00	Se obtienen adultos, de color verde y otro de color café, se mantienen en recipientes pequeños.	Estos adultos se obtuvieron reduciendo la manipulación del sustrato y sin dañar las bóvedas que forman las larvas.
14/06/00	En la UIS se dejan los adultos uno verde y uno café para seguimiento de dieta, el director del proyecto, colecto adultos en alcohol.	Adultos color marrón se dejaron en alcohol, el director del proyecto espera identificar los datos concernientes al individuo.
20/06/00	Los adultos aislados en la UIS han muerto, en campo real se conserva un adulto en buen estado.	Los scarabaeidaes no pueden ser dispuestos en recipientes demasiado pequeños, pero parece ser que el alimento de los adultos no es apropiado para mantenerlos vivos.
20/06/00	Los adultos aislados en la UIS han muerto, en campo real se conserva un adulto en buen estado.	Los scarabaeidaes no pueden ser dispuestos en recipientes demasiado pequeños, porque mueren, mínimo volumen del recipiente debe ser, capacidad 4litros.
22/06/00	En la sección de la jaula para permitir el vuelo de adultos, esta lista y probada, el adulto logro volar y se supone se ha alimentado del sustrato, hoy cumple 12 días de cautiverio.	La jaula interior puede albergar gran numero de scarabaeidaes, sin embargo se requiere de una hembra para lograr que halla copulacion.
26/06/00	No se a logrado tener hembra y macho de la misma especie, pero el macho en la jaula cumple 12 días de cautiverio.	Se espera obtener nuevos adultos y lograr su reproducción.

25

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
OBTENCION DE ABONO ORGANICO
Y OTRO SUBPRODUCTO A PARTIR DE SCARABAEIDAES

Tabla 8. FECHAS PARA TOMAR EN CUENTA

FECHA	DESCRIPCION DEL EVENTO	OBSERVACIONES
5/07/00	El material vegetal dispuesto desde el comienzo sobre el sustrato de aserrín molido, presenta un buen aspecto, diariamente el color oscuro del sustrato es mas intenso. Los adultos hallados consumen alimento de un sustrato biológico, se ha colocado algunas hojas de plantas pero son de poca aceptación.	El sustrato aserrín molido a medida que es transformado, alberga un sin numero de individuos de difícil apreciación a simple vista, a nivel microbiológico se supone existen mas individuos, a este sustrato junto con cepas halladas inicialmente para el estudio se ha denominado sustrato biológico.
13/07/00	Los adultos han permanecido vivos hasta 9 días, se alimentara con repollo, lechuga y zanahoria, se espera lograr un tiempo mínimo de treinta días para vida útil de un adulto.	Por recomendación del director del proyecto, se debe cambiar la dieta y verificar en cual se tendrá mayor aceptación.
27/07/00	La dieta nueva ha mejorado la permanencia de adultos, hoy cumplió, 16 días un adulto pero, murió, no se logro reproducir.	Los hábitos de adultos son nocturnos, en el día permanecen escondidos en el sustrato, en la noche salen a volar dentro de la jaula.
30/07/00	Se obtienen adultos de tres especies notorias, se espera que puedan reproducir con la puesta de huevos, las nuevas larvas nacerán en cautiverio.	Para garantizar obtener reproducción no se hará manipulación en el sustrato, la puesta de huevos y la eclosión de ellos, quedara para presumir datos del periodo.
5/08/00	Los adultos, dejan su señal sobre el sustrato con un orificio de entrada, se ha evitado la manipulación para lograr la reproducción.	Periódicamente, se tapa el orificio de entrada que hacen los adultos a fin de garantizar que no han muerto.
24/08/00.	Se observan cuerpos de algunos adultos que han muerto, luego de 20 días, sin embargo aun se ven orificios sobre el sustrato.	Se debe esperar para no esparcir el sustrato y que modifique las condiciones de los adultos se dejara mas tiempo para verificar.
30/08/00	En los cajones piloto, el material aserrín molido se observa con un tono café oscuro total, se saco una muestra de 4 meses de transformación para llevar a laboratorio.	A partir del tercer mes se obtiene un material apto para aplicación como nutriente pero, se debe mejorar calidad, dejando hasta 6 meses el proceso.
9/09/00	No se observan orificios de entrada al sustrato, lo que supone que los adultos han muerto, se procede a esparcir el sustrato.	Se hallaron en total 29 nuevas larvas de 0,3 a 0,6am, no es evidente que correspondan a diferentes especies pero se debe esperar a que crezcan un poco.
10/09/00	En la parte alta de la jaula, existen arañas grandes han formado sus telarañas y han logrado reproducir a costa de algunos insectos que ingresan a la jaula, se hará identificación de esta araña.	Al igual que la araña otros individuos hallan condiciones optimas dentro de la jaula para supervivencia.
12/09/00	Cumplidos seis meses de estudio se puede llevar a laboratorio una muestra del sustrato final, los datos se compararan con otros abonos.	Las lluvias en estos días han sido intensas, la muestra esta muy saturada, no es posible valorar el % de humedad del abono final.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
OBTENCION DE ABONO ORGANICO
Y OTRO SUBPRODUCTO A PARTIR DE SCARABAEIDAES

Tabla 8. FECHAS PARA TOMAR EN CUENTA

FECHA	DESCRIPCION DEL EVENTO	OBSERVACIONES
19/09/00	Se comienza a alimentar a los adultos solo con zanahoria cocida + sustrato biológico, se evidencia buena aceptación de esta dieta.	Los adultos finalmente se han acoplado de mejor forma a las condiciones de la jaula, se observa apareamiento.
21/09/00	Las nuevas larvas, pertenecen a las tres especies de interés para el estudio, consumen el sustrato, aserrín molido, los adultos cumplen hoy 21 días, se han alimentado con zanahoria cocida, sustrato biológico reproducido en la jaula y se observa una buena aclimatación de los individuos en su medio.	Los datos finales, del estudio cumplen con los objetivos propuestos, sin embargo es viable continuar con esta base para estudios nuevos sobre el tema. Los escarabajos adultos finalmente lograron sobrevivir bajo condiciones de cautiverio.
22/09/00	El material vegetal desarrollado en la jaula tiene buena calidad, no se agrego ningún agrocompuesto de origen sintético, sin embargo no se nota ataque de plagas.	Queda pendiente el análisis de material vegetal alelopático, de gran importancia en los últimos tiempos.
28/09/00	El pasado domingo 24 de Septiembre, se realizó un muestreo final de campo para verificar estadios de escarabajos en el ambiente, al igual que en: Febrero, marzo, abril, mayo, junio, julio y agosto se nota que las especies de interés, permanecen en esos meses del año, en diferentes etapas.	Puede concluirse que los individuos en estudio, (<i>scarabaeidaes</i>), se hallan en toda época, no se define como especie estacional para las condiciones ambientales de Santander.

Responsable: GERMAN VIASUS TIBAMOSO
 EST. ESP. EN QUIMICA AMBIENTAL

5.3 Material biológico

De diferentes lugares alrededor de Bucaramanga se capturo el material biológico para el estudio, los datos particulares de estos lugares se muestran a continuación.

Tabla 9. Temperatura y altura sobre el nivel del mar de localidades de interés.

Municipio	Temperatura °C	ASNM metros
Bucaramanga	23°	959
Girón	24°	771
Mesa de los Santos	21°	1310
Piedecuesta	23°	1005
San Gil	22°	1114

Teniendo en cuenta una altura sobre el nivel del mar promedio de 1032 metros, y una temperatura media de 22,6°C, en todos los sitios relacionados se observó presencia de las mismas especies de scarabaeidae.

5.4 Sustrato Biológico

Al sustrato hallado inicialmente junto con las larvas, se le observó una serie de pequeños individuos que estaban relacionados con el desarrollo de las larvas, a nivel microscópico todo abono orgánico almacena un sinnúmero de individuos, se observó que estos organismos permanecieron todo el tiempo y que se encargan de complementar la tarea de las larvas, entre otros se observaron ácaros, nemátodos, escarabajos de tamaño máximo 1cm, de tal forma que es abundante y diversificado el número de individuos, esta cepa mezclada con el aserrín molido, es de mayor aceptación en el proceso de adaptación y aclimatación de larvas para consumir aserrín molido, además es fuente de alimento junto con la zanahoria cocida para los adultos.

Las larvas en estudio descritas anteriormente, presentaron durante la recolección de datos algunos caracteres importantes:

M.O.

- Color del integumento: En la mayoría de larvas el tono es blancuzco, sin embargo se determinó que a mayor cantidad de color amarillento en ciertas larvas, es mayor el tiempo que demora la larva para alimentarse y pasar a una siguiente etapa.
- Vellosidades: Abundan en la mayoría de larvas del estudio, estas son usadas como guías de movilidad y para captar estímulos del medio ambiente.
- Tamaño de larvas: desde recién nacidas, las larvas de mayor aceptación para el estudio, deben tener un buen porte, y alcanzar tamaño mínimo de 4cm al cabo de dos meses de nacidas, el tamaño máximo registrado de larvas fue de 11.5cm a una edad de 5 meses.
- Consumo de sustrato (aserrín molido): Desde que se incuban las larvas en el sustrato, estas comienzan a consumir aserrín molido, sin embargo según se muestra en los datos de bitácora de trabajo, hay más eficiencia cuando el sustrato tiene un periodo previo de maduración.

Para definir larvas efectivas en el proceso, no debe dejarse de lado condiciones propias en el desarrollo de los adultos pues el orden coleóptera tiene más familias que cualquier otro; es viable que se hallen otras especies de *scarabaeidae* diferentes a las de estudio, que ofrezcan los mismos beneficios.

5.5 ADULTOS IDENTIFICADOS

Se obtuvo en total tres especies de *scarabaeidae*, que luego de su identificación se definieron como:

5.5.1 Individuo 1

Phylum: Artropodo

Orden: coleóptera

Clase: Insecta

Familia: *Scarabaeidae*

Genero: *Macraspis*

Especie: *Macraspis lucida*

Figura 6. Adulto de *M. Lucida*, de interes para el estudio.



5.5.2 Individuo 2

Phyllum: Artropodo

Orden: Coleóptera

Clase: Insecta

Familia: Scarabaeidae

Genero: *Strategus*

Especie: *Jugurta*

Figura 7. Adulto de *S. Jugurta*, de interés para el estudio.



5.5.3 Individuo 3

Phylum: Artropodo

Orden: Coleóptera

Clase: Insecta

Familia: *Scarabaeidae*

Genero: No identificado

Especie: No identificado

Figura 8. Adulto de individuo no identificado, de interés para el estudio.

(a)Macho, (b)Hembra.

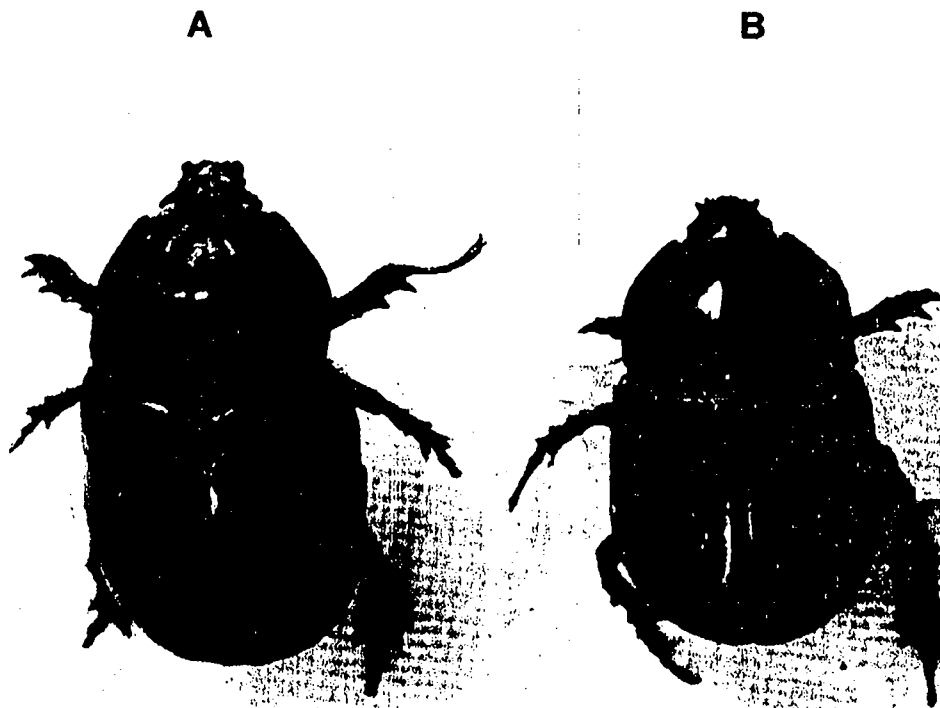


Figura 9. Adulto de *Podischnus Agenor*, no se tomo en cuenta para el estudio.



Cada una de estas especies desarrolla un ciclo de vida similar con algunas variaciones que dependen de las condiciones ambientales del sitio (humedad, régimen de lluvias, temperatura etc.).

Un individuo # 4, se logró dentro del estudio sin embargo, como no se obtuvo mas de un ejemplar, no se tendrá en cuenta para el estudio, el individuo adicional pertenece al genero: *Podischnus* especie: *P. agenor*, se clasifica comúnmente como escarabajo pelotero, por lo general tiene hábitos alimenticios en raíces de cultivos, el ciclo biológico de esta especie transcurre como se describe en el ciclo biológico de los individuos en estudio. (ver figura 9).

5.6 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS ADULTOS IDENTIFICADOS

La mayoría de escarabajos; ya sea en estado larvario o estado adulto, son nocivos para ciertos cultivos como papa, algodón, ciruela y alfalfa. Los adultos identificados para el proyecto, representan principalmente los siguientes hábitos:

Individuo 1 *Macraspis lucida*, (Scarabaeidae: Rutelinae). Las consultas hechas a expertos indican que está no es una especie que se denomine plaga, se denomina comúnmente "cucarrón de las flores".

- Expresa verbalmente Luis Carlos Lucardo "generalmente se alimenta de miel, -melifago-, que obtiene de flores. entre las flores de mayor preferencia para este individuo están las de: cocotero, guandul (*Cajanus indicus*), mango y mani.

Tomado de POSADA U.L. 1976. Lista de insectos dañinos y otras plagas en Colombia. 3ª edición. Boletín técnico # 43 - ICA - Bogotá. 484p.

- Arturo Bonet hace referencia desde México, sobre este individuo "*Macraspis lucida* no parece ser plaga, más bien sus larvas habitan en los troncos podridos de *Brosimum* sp. , los adultos se encuentran activos entre mayo y agosto. Su distribución va de Veracruz hasta Morón en Venezuela .

Tomado de M. A., B. T. Ratcliffe & C. Deloya. 1997 Atlas de los escarabajos de México. CONABIO Y SOCIEDAD MEXICANA DE ENTOMOLOGIA. 280PP.

Individuo 2 *Strategus jugurta*, (Scarabaeidae : Dynastinae). "Comúnmente se conoce como escarabajo elefante, rinoceronte o torito". No se halló información del individuo como tal sin embargo, se referencia individuos *Strategus aloeus* , -

con hábitos muy similares al individuo 2- en estado de larva y adulto, se alimenta de hojas de algodón. Como larva, se halla consumiendo principalmente: tallos de caña de azúcar y maíz, raíz y tallo de còcoto y palma africana.

Tomado de SAUNDERS, J.L. et al 1983. Plagas de cultivos en América Central. Boletín técnico # 9. CATIE, Turrialba, Costa Rica 90p.

Individuo 3 (No identificado): Hay diferencia tanto en larvas y adultos respecto a tamaño, no se identifico este individuo.

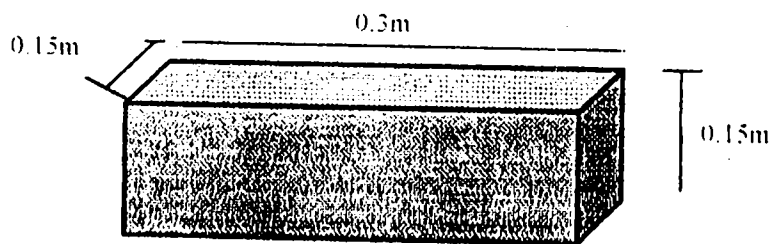
Individuo 4 *Podischnus agenor* (*Scarabaeidae: Dynastinae*). "Comúnmente es conocido como cucarrón de invierno o escarabajo cornudo". En estado de larva y adulto, se alimenta de raíz y tallo de cocotero, tallo de caña de azúcar. Larva barrenadora de tallo de fique (*Agave spp.*); como adulto consume flores de maíz, raíz de palma africana y tallo de piña.

Tomado de POSADA U.L. 1976. Lista de insectos dañinos y otras plagas en Colombia. 3ª edición. Boletín técnico # 43 - ICA - Bogotá. 484p.

Taxonomía tomada de BORROR, D.J.; TRIPLEHORN, C.; JOHNSON, N.F. 1989. An introduction to the study of insects. 6ª Ed. Saunders College Publishing. New York. USA. 875p.

5.7 Análisis de transformación;

Por dos larvas de 5cm de largo anidadas en sustrato de aserrín recién colectado del aserradero se obtuvo el volumen siguiente.



Para un volumen de transformación de 0.00675m^3 , por las dos larvas, por cada larva se tiene un volumen de transformación de 0.003375m^3 .

84

Para transformar 1m^3 , se requieren en total:

$$1/0.003375 = 297\text{larvas de escarabajo.}$$

Notas aclaratorias:

- Las larvas deben tener como mínimo tres cm, al momento de colocación en el sustrato.
- Deben provenir de adultos acondicionados al consumo del sustrato, de lo contrario se deberán aclimatar a esta condición.
- La evaluación se aplica para un mes de transformación de sustrato, se debe tener en cuenta que la transformación del mismo depende de los requerimientos del abono para aplicación.
- Este análisis es representativo para las tres especies de escarabajo en estudio sin embargo las condiciones pueden variar de acuerdo con el nivel de degradación del sustrato utilizado.

5.8 Abono obtenido

El sustrato final que se obtiene del proceso de transformación es un material orgánico de textura granular que muestra alta eficiencia como fertilizante en general, tiene la ventaja porque al aplicarlo, se observan cambios – tempranamente- en el color de las plantas, se acentúa el verde principalmente, esto puede ser posible porque la capacidad de intercambio catiónico es alta y permite que las raíces de la planta aprovechen los compuestos químicos presentes de manera natural.

Para análisis químico de laboratorio, del abono obtenido, no fue posible la evaluación de varias muestras, se anexa los resultados para la muestra final, sin embargo es necesario hacer un estudio mas detallado para la metodología que debe usarse en la elaboración del abono organico obtenido.

Una muestra final a los seis meses, se entregó a laboratorio, se comparo con datos de abonos similares, evidenciándose diferencias de acuerdo al abono orgánico. Sin embargo se debe tener en cuenta cual es la necesidad real del suelo para proceder a dosificar, los resultados de análisis químico más representativos de varios abonos orgánicos se presentan a continuación, ver tabla 9).

85

Tabla 9. Resultados de análisis químico de abonos orgánicos.

PARAMETRO	Interpretado como	PORCINAZA	GALLINAZA	HUMUS (Ganado)		*ESCARABINA
				Bajo	Alto	
Humedad	% H	16,05	18	16,98	66,12	9,53
pH		7,0	(--)	6,56	7,93	7,4
Materia Orgánica	% M.O	50,67	(--)	35,12	58,95	34,42
Carbono Orgánico	% C	29,39	(--)	(--)	(--)	19,96
Nitrogeno	% N	2,14	1,82	1,4	2,91	1
Relación C/N		13,73	(--)	(--)	(--)	19,96
Fósforo	% P ₂ O ₅	3,57	1,69	0,79	5,13	0,27
Potasio	% K ₂ O	1,54	2,69	1,12	2,48	0,28
Calcio	% Ca	3,08	10,7	4,6	11,94	1,55
Magnesio	% Mg	0,68	0,66	0,64	2,61	0,18
Hierro	ppm Fe	1205,00	1793	(--)	(--)	19580
Manganeso	ppm Mn	209,4	381	228	1467	211,1
Cobre	ppm Cu	132,2	50	79	401	25,4
Cinc	ppm Zn	245,9	517	133	1611	158,4
Boro	ppm B	25,8	39	(--)	(--)	
Cenizas	% Cz	(--)	(--)	(--)	(--)	54(v)
Sodio	% Na	(--)	0,6036	(--)	(--)	

Fuente: Laboratorio de análisis químico de suelos de la Secretaría de agricultura de Santander- 2000.

(*) Escarabina: Supuesta clasificación que tendrá el abono orgánico que se obtiene a partir de *scarabaeidae*s.

(--) Datos no analizados.

(v) Este porcentaje es muy alto, sin embargo se debe tener en cuenta que la muestra en el momento de entregarla a laboratorio no estaba homogeneizada, se observaba que tenía muchas trazas de aserrín. La muestra debió ser tamizada para obtener el producto final, o dejar mas tiempo hasta lograr total transformación.

Estos datos de laboratorio, son representativos de diferentes abonos orgánicos, para humus se tuvo en cuenta datos de diversas muestras y se tomaron los más altos y los más bajos.

Estos resultados sin embargo, deben valorarse de acuerdo al análisis de suelos y foliar del sitio donde se ha de aplicar. En forma general la tabla 9, muestra algunos porcentajes más representativos necesarios para mejoramiento

de los suelos, ésta pendiente una caracterización detallada para diversos cultivos y optimización de cada uno de los abonos propuestos.

5.9 Producción Industrial

5.9.1 Abono orgánico

Para obtener abono a nivel industrial es necesario contar con un área de 3600m^2 aproximadamente, mes a mes se va instalando los compartimentos de transformación como se indica en la figura 9, la metodología acepta que se haga una estructura por niveles, hasta de 2,7m de altura, se debe usar materiales duraderos y fuertes para prever el manejo durante el proceso de transformación, el área por mes es de 100m^2 aproximadamente, se debe cubrir el piso con un mortero (arena – cemento de espesor = 3cm).

Toda el área de la planta se debe cubrir con malla -ojo de diámetro máximo de 1cm-, la metodología debe ser evaluada para lograr automatización en el proceso, se debe contar además con una jaula para reproducción en cautiverio de los adultos con medidas mínimas de:

Largo = 9 metros

Ancho = 6 metros

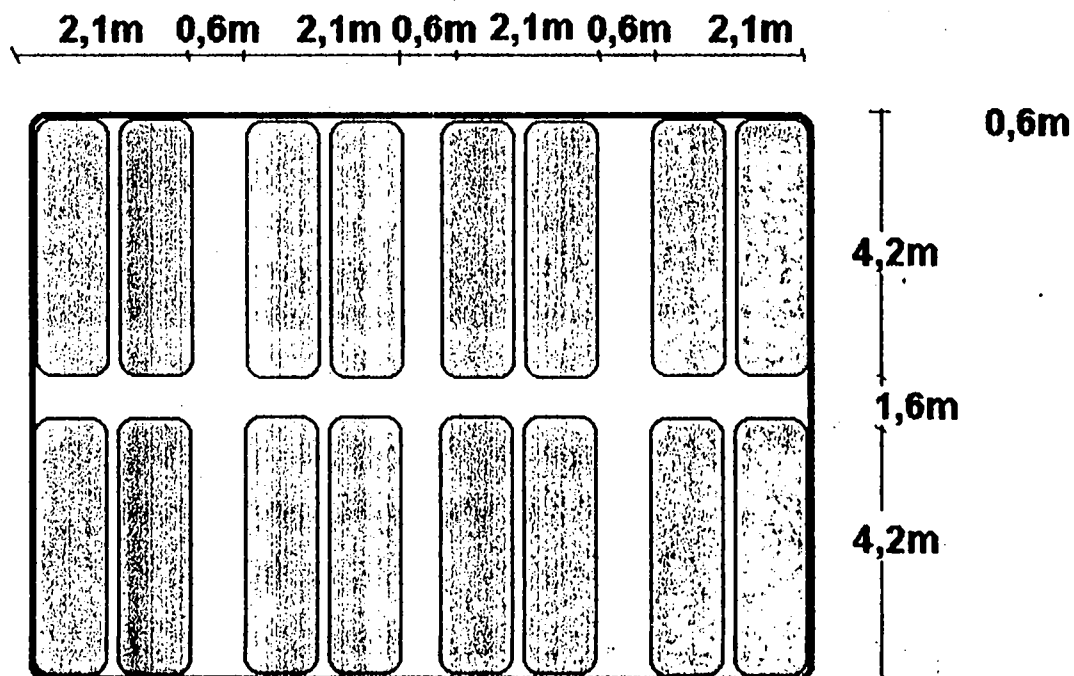
Alto = 1,5 metros como mínimo.

En la planta se instala mes a mes un total de 100m^3 de sustrato para transformación, se lograra que al sexto mes se obtenga la primera producción de abono y luego sucesivamente por cada mes se tendría esta producción.

La distribución general de la planta para acomodación de sustrato es como se nota en la figura 10, área aproximada 100m^2 .

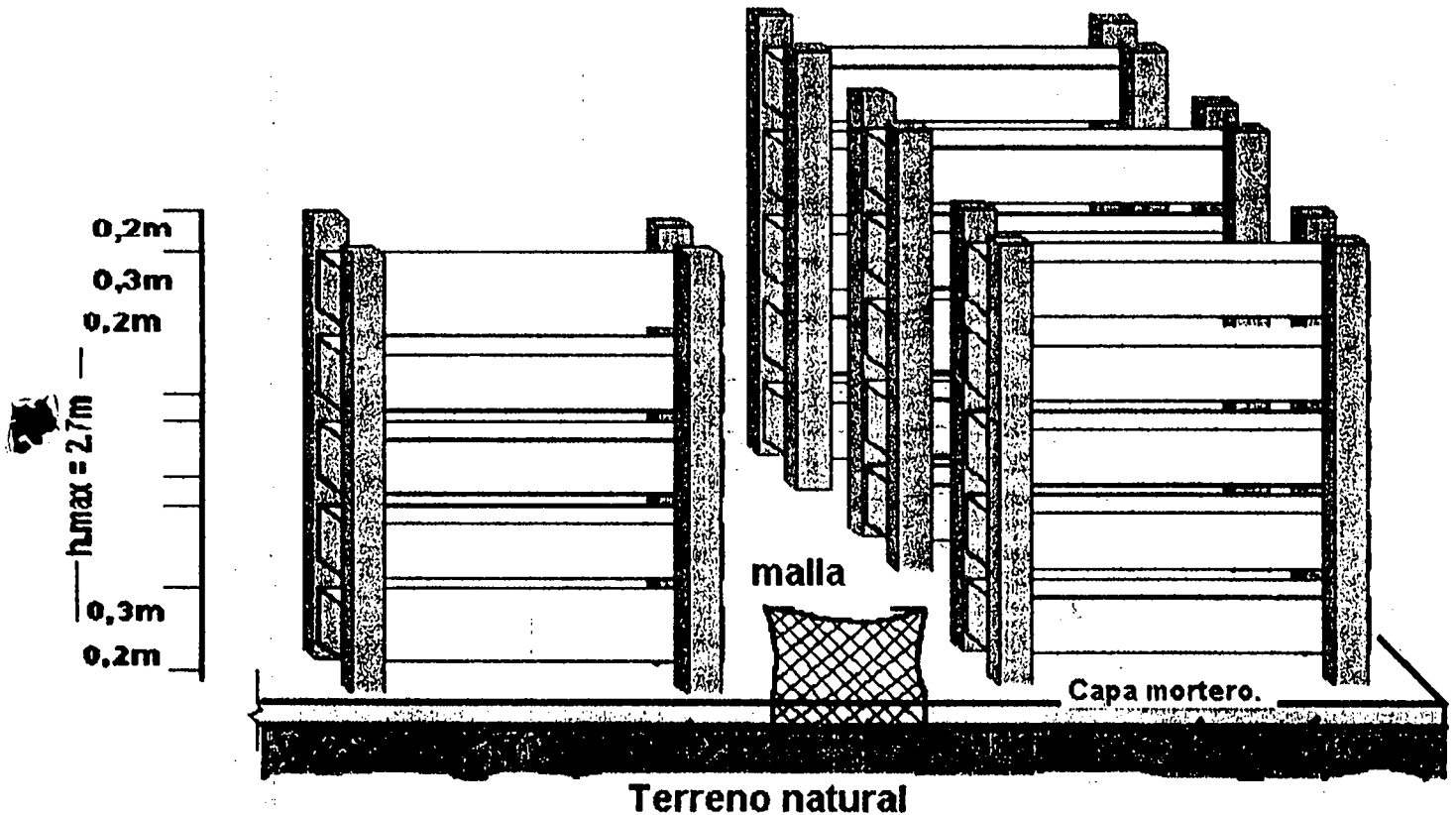
Figura 10. Planta de distribución de compartimentos.

Distribución general
de los
compartimentos para
almacenar aserrín,
larvas y sustrato
biológico.



Cada modulo puede disponerse de la siguiente manera –ver figura 11–, se debe permitir paso del agua (desde el compartimento de mayor al de menor altura), para esto se debe perforar el fondo de todos los compartimentos con orificios de diámetro máximo de 0,3cm.

Figura 11. Detalle de colocación de infraestructura básica en la planta de abono.



Las condiciones básicas para cría en cautiverio de scarabaeídeos, se da luego de varios inconvenientes, principalmente por desconocimiento de hábitos alimenticios de los individuos.

5.9.2 Subproducto

Aplicando conceptos de ecología industrial se ha recopilado información a fin de establecer la viabilidad para generar un subproducto de la metodología propuesta: El peso máximo de larvas manteniéndose vivas es de 25gr, al sacrificarlas, disecarlas y limpiar su tracto digestivo, se reduce su peso hasta un 40% quedaría un volumen de materia prima de 15gr, este material debe ser secado y en lo posible, debe quedar listo para tritarlo y de esta forma obtener una harina.

Al secar el cuerpo de la larva se obtiene un peso máximo de 5gr. Si se tiene en cuenta que en un metro cubico deben estar 297 larvas para lograr su transformación, por cada metro cubico de aserrín máximo se puede obtener 1485gr o 1,485kg, si en un mes se logra hacer implementación de hasta 100m³ de aserrín, al momento de comenzar el ciclo de producción por mes se tendría un total de producción de 148,5kg de harina de larva para su comercialización.

Es factible que al tener una mayor producción se incremente el porcentaje de producción de harina, queda pendiente el análisis detallado del costo de producción que tendría un kilogramo de harina para saber si es rentable.

Por inconvenientes de tipo económico no fue posible desarrollar una prueba llamada "Digestibilidad en pepsina", que determina la calidad protéica de la harina.

Para manejo de subproducto puede tenerse en cuenta que los adultos, luego de cumplir con su etapa de reproducción, podrían ser inmovilizados y comercializados (para adornos o como material investigativo), debe continuarse con estudios sobre el tema para lograr otras especies de scarabaeidae de interés comercial.

5.10 CICLO BIOLOGICO

El ciclo de las especies en estudio es como a continuación se describe:

5.10.1 Huevo o cigoto

La hembra una vez copula con el macho, aproximadamente tres días después, se entierra en un sustrato rico en materia orgánica en descomposición para hacer una puesta de huevos a una profundidad promedio de 7cm, los huevos son de forma redondeada y de color blancuzco, depositados los huevos, la hembra trata de adaptar las mejores condiciones de alimento para las larvas, el huevo demora de 9 a 16 días para eclosionar según la especie, -entre mas grande va a ser el adulto-, el tiempo para eclosión del huevo y el tiempo para que la larva emerja será mayor.

5.10.2 Estado Larvario

Una vez el huevo eclosiona se observa una larva de un tamaño hasta de 5mm, que comienza a alimentarse del sustrato que encuentra en su nido, la larva se alimenta continuamente y hace deposiciones a diferentes horas del día, a pesar de sus limitaciones por no poseer ojos, la larva usa vellosidades como tentápodos – miembros usados por algunos organismos para detectar condiciones ambientales de su entorno-, que usa para buscar siempre la oscuridad y profundidad, tiene tres pares de patas localizadas en los primeros segmentos del cuerpo, la respiración larvaria se da gracias a sus 18 espiráculos que poseen, nueve a cada lado del cuerpo, que le permiten la obtención del oxígeno, de forma adicional en el sustrato biológico en el que se desarrollan las larvas se pueden hallar otros organismos que se encargan principalmente de circular por el sustrato y de esta forma permiten una aireación permanente del mismo. Las larvas de scarabaeidae en estudio son resistentes a condiciones extremas por falta de humedad del sustrato, de hacer un riego cada tercer día se pasó a un riego cada 10 días, y finalmente se decidió no regar, el régimen de lluvias para el presente año esta dentro de lo normal, se acentúa la intensidad a finales de agosto y se espera temporada de lluvias hasta finales de octubre.

El estado larvario depende principalmente del grado de descomposición del sustrato, cuando más degradado se encuentra el aserrín molido y si el régimen de lluvias es alto, se acelera la inmovilización de larvas para iniciar estado de prepupa y de esta forma continuar con la metamorfosis. El tiempo mínimo para iniciar el siguiente paso en la metamorfosis de larvas es de 150 días (5 meses), y un tiempo máximo para inicio de transformación de 180 días (6 meses). Para obtención de abono orgánico de excelente calidad, puede incrementarse el número de individuos por metro cúbico, sin embargo se debe evitar el hacinamiento de los mismos, a partir del quinto mes el abono orgánico posee características altamente aceptables para ser usado como fertilizante, pero al lograr abonos con seis meses de transformación se obtiene una garantía adicional, principalmente en cuanto a la calidad del mismo (reducción de cenizas).

91

5.10.3 Prepupa y Pupa

Transcurrido este tiempo la larva se halla en un estado de reposo, inmóvil, formando como una cápsula con el sustrato que servirá de protección hasta que emerja en adulto, inicialmente es difícil de percibir algún cambio porque toda transformación se sucede internamente, dentro del cuerpo de la larva se comienza a formar un cuerpo interno que da lugar finalmente a una pupa, en las diferentes larvas del estudio se suceden cambios diversos, la pupa emerge desde la parte interior rompiendo la piel que inicialmente recubría la larva, la forma de la pupa es parecida al cuerpo final que tendrá el adulto, para hembra y para macho de acuerdo con la especie, se puede definir en este estado el sexo del adulto, se evidencia mayor sensibilidad en las larvas que dan lugar a los *scarabaeidae* verde plateado (*Macraspis lucida*), durante el estado de pupa, esta experimenta movimientos de la parte inferior del cuerpo, de lado a lado hasta que finalmente emerge un nuevo adulto.

5.10.4 Adulto

Al cabo de 45 días en estado de prepupa y pupa, del interior del cuerpo de pupa, emerge un adulto completamente formado, de las especies en estudio el tamaño de los adultos es como sigue:

Macraspis lucida: Tamaño del adulto 2,5cm para machos y 2,2cm para las hembras, color verde plateado bien vistoso.

Strategus jugurta: Tamaño del adulto de 4,5cm para los machos y 3,5cm para las hembras, color café claro(algo rojizo).

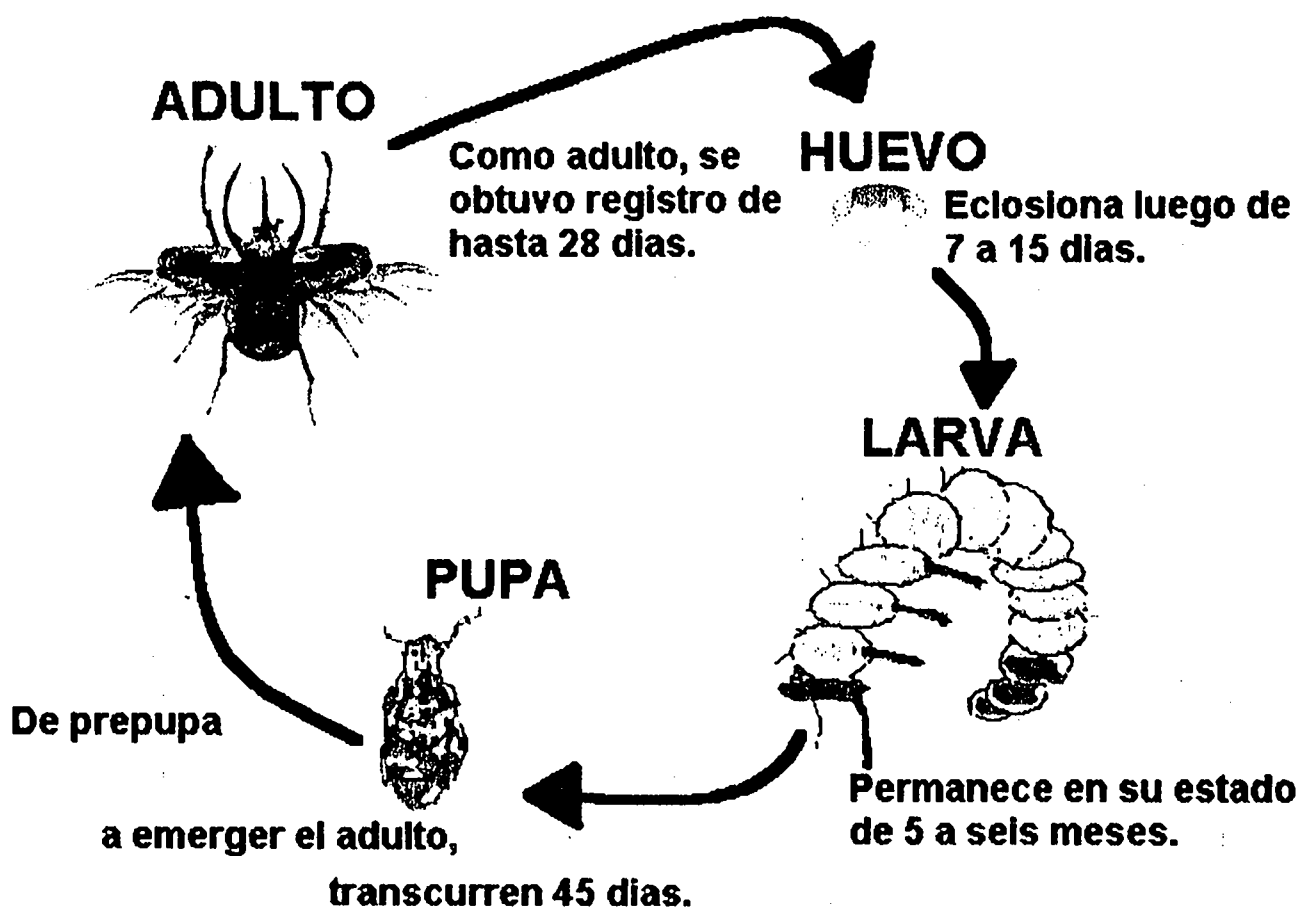
Individuo 3 no identificado: Tamaño del adulto 3,5cm para los macho y 3,2cm para las hembras, color café oscuro.

Podischnus agenor: Tamaño del adulto 3,5cm para machos y 3,2cm para hembra, color café oscuro, el macho presenta cuerno frontal.

De las tres especies en estudio, -sin excepción del cuarto individuo-, como se ha reseñado, la metamorfosis es la misma, hay alguna variación en los días que tarda

dicha metamorfosis, esquemáticamente el ciclo biológico para los scarabaeidaes en estudio es como se muestra en la figura 12.

Figura 12. CICLO BIOLOGICO DE SCARABAEIDAES EN ESTUDIO



El ciclo biológico completo demora 9 (meses), aproximadamente sin embargo, se debe tener en cuenta que a fecha septiembre 28 del 2000, se tienen adultos vivos consumiendo zanahoria cocida, es necesario establecer entonces que este ciclo biológico, aplica únicamente para las tres especies de scarabaeidaes del estudio.

Es necesario que se complemente además el tiempo transcurrido desde el estado de inmovilización de la larva hasta cuando aparece la pupa, como se ha reseñado, evitando la manipulación se logra obtener con mas facilidad los adultos.

A continuación se relacionan otras figuras de importancia en el ciclo biológico de los scarabaeidaes.

Figura 13. Larvas de scarabaeidaes del estudio.



94



Figura 14. Vuelo de scarabaeidaes

Secuencia para iniciar el vuelo de un scarabaeidae, como se ha descrito los adultos de gran tamaño, es una numero inferior de familias si embargo, son para el estudio individuos de gran importancia.

Se detalla principalmente el despliegue de las alas reales protegidas todo el tiempo por los elitros (alas duras que constantemente protegen las alas reales de los scarabaeidaes que pueden medir hasta el doble de los elitros).

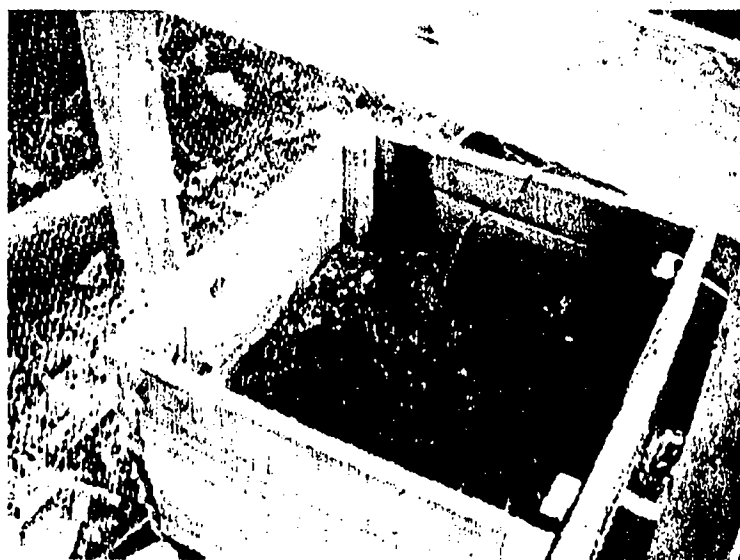


Figura 15. Detalle cajón piloto con larvas y aserrín transformado



Figura 16. Material vegetal logrado a partir de abono producido.



Figura 17. Jardín tratado con abono obtenido, durante mas de tres meses.

6.CONCLUSIONES

El desarrollo de la metodología da pautas generales para iniciar trabajos de investigación que incluyan otras variables relacionadas con los resultados de campo obtenidos, se debe planificar interdisciplinariamente, la temática a desarrollar en dichos estudios. La transformación biológica desarrollada por los scarabaeidaes, es ventajosa en cuanto a reacciones químicas, producción de olores, baja humedad, en algunos casos puede haber más facilidad del proceso.

Todos los seres vivos de la naturaleza cumplen una función dentro del engranaje complejo de la vida en el planeta, resulta satisfactorio el estudio de especies consideradas plagas por algunos autores, con los resultados de la metodología se deben reevaluar conceptos que se tienen al respecto.

Es viable el desarrollo industrial de la metodología propuesta, al mercado nacional y mundial le urge la adopción de metodologías de este tipo.

Los scarabaeidaes representan a uno de los grupos de insectos más grandes, el material bibliográfico de las especies en estudio, es muy escaso, debe tomarse conciencia de la necesidad para desarrollar nuevos proyectos para lograr un conocimiento más cercano de las especies relacionadas, de esta forma se hará claridad acerca de sus ventajas y desventajas.

El fertilizante obtenido tiene una composición particular de elementos favorables y recuperadores de la industria agrícola, sin embargo se debe contar con otros estudios para definir claramente, sobre cuales cultivos actúa mejor.

En estado larvario los scarabaeidaes, cumplen con funciones vitales para su propio desarrollo y a cambio descomponen residuos de origen orgánico que pueden afectar la salud del hombre.

Los scarabaeidaes se hallan en el ecosistema en variados nichos; la intervención del hombre para controlarlos hasta el momento no es clara, hoy día es necesario recurrir a tradiciones ancestrales para lograr el desarrollo de control biológico en las especies sin que estas sean perjudiciales para el ambiente en general.

La reproducción en cautiverio de los scarabaeidaes en estudio, podrá usarse para el desarrollo de la tecnología de producción de abono orgánico, debe tenerse en cuenta obtener otros subproductos a partir de este proceso.

Las condiciones ambientales como temperatura, humedad, pluviosidad y otras, benefician el desarrollo de este proyecto sin embargo, a temperatura de 13°C, en la ciudad de Tunja y alrededores se ha detectado la presencia de scarabaeidaes de buen tamaño, es viable valorar un proyecto similar en esa zona.

La información contenida en este estudio hace parte del seguimiento de campo hecho a scarabaeidaes, es probable que discierna con otras referencias bibliográficas por las condiciones ambientales en que se desarrollo.

La crisis económica que actualmente se atraviesa no puede limitar el desarrollo de investigaciones científicas porque para la población mundial es difícil y casi imposible frenar su crecimiento, Colombia con su megadiversidad debe plantear programas lógicos y reales en el campo de investigación de tal manera que, esos estudios redundan en la expansión de proyectos con beneficios económicos.

98

7. BIBLIOGRAFÍA

"ACONDICIONAMIENTO DEL SUELO", *Enciclopedia Microsoft® Encarta® 99* © 1993-1998 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

ANDRADE C. M:G, G. Amat & F. Fernández (Eds). Insectos de Colombia, estudios escogidos. 1/16- 544pp.

ARREDONDO BH Cibrian T.J. & Williams R.N. Responses of macrodactyluss pp (coleop.). Scar) and other insects to food attractan in Thaxcala and Jalisco, Mexico. Florida entomologist. 1995 56-78p.

BEGON M. Ecología, Ediciones Omega, 1995, pag:531.

COMPOST DE GALLINAZA 100% producido con técnica americana, Incubadora Santander, agroabono, marzo de 2000.

CONSULTAS. Biólogos y director de laboratorio de suelos UIS, febrero a septiembre del 2000.

CORONADO P. Ricardo, MARQUEZ D. Antonio. Introducción a la entomología. Limusa Editorial. 1972. 162p.

"ESTIÉRCOL", *Enciclopedia Microsoft® Encarta® 99* © 1993-1998 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

FAO, Agricultura Orgánica, Vanguardia Liberal, p- 5C, abril 30 del 2000.

"FERTILIZANTE", *Enciclopedia Microsoft® Encarta® 99* © 1993-1998.

GALANTE E. Escarabeidos coprófagos, Las dehesas salmantinas, 1992.

IMPACTO AMBIENTAL, uso y manejo de agroquímicos. Subdirección de ecología económica del IDEAM. 1999. Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

INGENIERIA AMBIENTAL, fundamentos entornos, tecnologías y sistemas de gestión, volumen III, Mc. Graw Hill, 1999. 921-999p.

JACOPSON Martin. Insect sex pheromones. Academic Press inc. New York 1987. 47p.

MURILLO Q. Luis Maria. Obra selecta. Academia colombiana de ciencias exactas, físicas y naturales Colección Enrique Pérez Rabéales. 1997. 11, 27, 61, 137pp.

"Santander, Nuestro departamento", Cajasan, Impresores FRID, 1988 p: 11,12.

VELEZ, A. Raúl. Catalogo del museo de entomología, Universidad Nacional, Medellín, Departamento de artes. 1989. 43p.

Paginas de Internet consultadas:

[www.amazon.com/ entomology/Dung Beetle Ecology](http://www.amazon.com/entomology/Dung_Beetle_Ecology): Libro dedicado a la biología, ecología y distribución de los coleópteros coprófagos.

"Diferencias de insectos y otros", www.amazon.com/exec/obidos/redirect-home/entomology.

"Sexualidad de Escarabeidos", www.istate.edu/imgegn/coleoptera.

"Información histórica", www.ecologia@ideam.gov.co.

100

a) Videgrabación

COLEOPTEROS: Didascalia Madrid España 1986. 1 vídeo casete [VHS](15min):
son., col., español. Biblioteca publica municipal Gabriel Turbay, Satélite del Norte.
Bucaramanga.