

Evaluación de un rodenticida con inclusión de derivados de la caña de azúcar

Juan Fernández-Rodríguez^{1*}, Noel Suárez-Morales², Carlos Bravo-Pino¹, Fresy Pérez-Campos², Marta Salermo-Martínez¹ y Albania Tamayo-Gómez²

1. Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA).
Vía Blanca 804 y Carretera Central, San Miguel del Padrón, La Habana, Cuba.

* juan.fernandez@icidcamy.azcuba.cu

2. Instituto Nacional de Sanidad Vegetal (INISAV).
Calle 110, e/ 5ta A y 5ta F, Miramar, La Habana, Cuba.

RESUMEN

Se evaluaron la eficiencia letal y la palatabilidad del cebo rodenticida con la inclusión de melaza, harina de bagazo y cera de caña, junto con brodifacoum, como agente tóxico y otros ingredientes. Se compararon los resultados con un rodenticida comercial y un placebo (Ratonina). La mortalidad fue de 100 % para el cebo diseñado y el período letal fue de 5 a 9 días. En las pruebas de alimentación no selectiva, se obtuvo un consumo de 5.62 g para el cebo diseñado al 0.005 % de brodifacoum, sin recubrimiento; mientras que para el placebo, fue de 6.98 g, sin diferencias significativas entre los tratamientos. La palatabilidad del rodenticida diseñado fue de 19.17 % para el cebo sin recubrimiento, 17.05 % para el cebo recubierto con cera y 16.71 % para el cebo recubierto con parafina, superiores al rodenticida comercial. El cebo diseñado mostró una alta eficiencia letal y alta palatabilidad y no se degrada química o biológicamente de forma rápida, ya que conserva sus propiedades rodenticidas por más de un año de almacenamiento bajo condiciones apropiadas. Este cebo en forma de pellets reúne los requisitos de calidad necesarios para su producción y comercialización, y la inversión de una planta de 625 t/a presenta indicadores de factibilidad económica favorables.

Palabras clave: brodifacoum, eficiencia letal, factibilidad, palatabilidad, rodenticida.

ABSTRACT

The lethal efficiency and palatability of the rodenticide bait with the inclusion of molasses, bagasse flour and sugarcane wax, together with brodifacoum as a toxic agent and other ingredients, were evaluated. The results were compared against a commercial rodenticide and a placebo (Ratonin). Mortality was 100 % for the designed bait and the lethal period was between 5 and 9 days. In the non-selective feeding tests, a consumption of 5.62 g was obtained for the bait designed with 0.005 % brodifacoum and without coating, while for the placebo it was 6.98 g, with no significant differences between the treatments. The palatability of the designed rodenticide was 19.17 % for the uncoated bait, 17.05 % for the wax-coated bait and 16.71 % for the paraffin-coated bait, superior to the commercial rodenticide. The designed bait showed high lethal efficiency and high palatability and does not rapidly degrade chemically or biologically, retaining its rodenticidal properties after more than one year of storage under appropriate conditions. This bait in the form of pellets meets the quality requirements necessary for its production and marketing. The investment of a 625 t/y plant shows favorable feasibility indicators.

Key words: brodifacoum, feasibility indicators, lethal efficiency, palatability, rodenticide.

INTRODUCCIÓN

Los roedores son mamíferos con amplia presencia en todo el mundo, devoran y destruyen plantaciones agrícolas y productos almacenados, por lo que ocasionan pérdidas económicas y también

causan enfermedades que pueden ser letales para el hombre (1). Para el control de esta plaga se emplean rodenticidas químicos o biológicos. Los rodenticidas químicos crónicos son los más utilizados actualmente a nivel internacional y están constituidos por un principio activo de acción anticoagulante que se mezcla con otros componentes, formando un cebo atrayente para que el roedor lo localice y lo consuma. La elección de los componentes del cebo y su formulación juegan un importante papel, por lo que los productores mantienen en secreto la composición exacta y el procedimiento de elaboración del rodenticida; pero por lo general, en la conformación de cebos duros (bloques o pellets) se utilizan los cereales como base, por ser muy palatables, y además, otros componentes como saborizantes, atrayentes, aglutinantes, antioxidantes, insecticidas y un principio activo altamente tóxico.

En el caso de la agricultura cañera los niveles de pérdidas por roedores pueden alcanzar entre el 0.2 y 30 % de la cosecha, según el grado de infestación (2).

En Cuba se conoce esta problemática, pero los trabajos encaminados hacia el control integrado de plagas carecen de sistematicidad debido a la escasez de rodenticidas, pues la producción en fábricas especializadas en el país no satisface la demanda, en particular en el sector agrícola; por otra parte, su importación es cara. El objetivo del trabajo fue diseñar y producir un rodenticida, que incluyera derivados de la caña de azúcar y sustituyera importaciones, luego evaluar la palatabilidad y la eficiencia letal de este cebo, así como estimar los indicadores de factibilidad para el montaje de una planta comercial para su producción.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la elaboración de los cebos (pellets) se incluyó la melaza, a una concentración de 82 °Brix, de elevado contenido de energía metabolizable y adecuada palatabilidad que se utilizó como aglutinante y atrayente; también la harina de bagazo obtenida a partir del bagazo integral proveniente del ingenio azucarero Manuel Fajardo, de Quivicán, que mediante un procedimiento innovador, y molinada en un molino de discos de 305 mm de diámetro, se utilizó para sustituir cereales y acelerar la ingesta del pellet. La cera cruda de caña, de la planta de cera del ingenio azucarero Jesús Menéndez, con un índice de saponificación de 98 y un punto de fusión de 65 °C, actuó como recubrimiento superficial y elemento repelente al agua. La base de la formulación está conformada por una mezcla de cereales que incluyen subproductos industriales del molinado de los granos que en su conjunto le aportan al pellet adecuada textura, palatabilidad y almidones con un efecto aglutinante.

Los ingredientes, conjuntamente con el agente tóxico a base de brodifacoum con cargas entre 0.0025 % y 0.005 %, se mezclaron en un mezclador de paletas. La mezcla obtenida se ajustó a 12 % de humedad y se peletizó. Los pellets se recubrieron con parafina o cera de caña mediante inmersión en baño de material fundido. El análisis bromatológico se ejecutó en concordancia con los protocolos establecidos por la AOAC (Association of Official Analytical Chemists) (3). La digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica se determinó por el método enzimático. Para la realización de los ensayos se emplearon ratones procedentes del Centro de Producción de Animales de Laboratorio CENPALAB, de la raza OF-1 correspondiente a la especie *M. musculus*, separados en jaulas individuales. Se utilizó un diseño completamente al azar compuesto por 5 animales para cada tratamiento. Se empleó un rodenticida comercial con 0.0025 % de brodifacoum como estándar de comparación y un placebo correspondiente al pienso balanceado para ratones (Ratonina). Terminado el período de adaptación se les suministró a los ratones, de manera obligada, las diferentes formulaciones durante siete días. El consumo del cebo se evaluó diariamente, según la alimentación no selectiva de WHO (4). La mortalidad y el tiempo letal se evaluaron durante 21 días. A los datos de consumo se les determinó la homogeneidad mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov y se sometieron a un análisis de varianza aplicando la prueba de Newman-Keulls. Las medias se transformaron $\sqrt{\bar{X} + 1}$. Los datos

experimentales se procesaron mediante el programa Infostat. La palatabilidad, en pruebas de alimentación no selectivas, se calculó según lo planteado en la Norma Ramal (NRAG 968) (5). Para las pruebas de alimentación selectiva se tomaron cinco animales del sexo masculino y cinco del femenino, en las que se colocaron dos recipientes, uno que contenía las formulaciones de estudio y otro con Ratonina y se evaluó el consumo y la aceptación durante tres días. La palatabilidad se calculó por la fórmula citada por Shell (6). Para la realización del análisis económico financiero se utilizó la base de cálculo sustentada en los datos suministrados por los inversionistas en cuanto a: materias primas, materiales, insumos en general, producción y programa de la misma, fuerza de trabajo y costos de los elementos que integran la inversión inicial y se siguió la metodología orientada por el Ministerio de Economía y Planificación (MEP) de la República de Cuba.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En búsquedas realizadas en bases de datos como: ScienceDirect, Embase, EBSCO, SciELO y en el Registro Oficial de Plaguicidas de la República de Cuba no se han evidenciado estudios sobre formulaciones rodenticidas que contengan simultáneamente derivados de la caña de azúcar como la harina de bagazo, la miel y la cera, por lo que se requirió de un proceso de experimentación preliminar con el fin de establecer el porcentaje de inclusión, su efecto y su aceptación en el cebo.

La base de la formulación del cebo rodenticida diseñado corresponde a una mezcla de cereales que incluye subproductos del procesamiento de granos, los cuales aportan consistencia, textura y palatabilidad. Por otra parte, el resto lo integran harina de bagazo de caña de azúcar, que puede sustituir hasta un 30 % de los cereales, melaza como aglutinante y atrayente, parafina o cera de caña como recubrimiento superficial (repelente al agua en una proporción entre 4 y 5 %), brodifacoum (agente activo altamente tóxico (0.0025 – 005 %) que ha demostrado su efectividad, especialmente cuando se enmascara con bases gustativas y atrayentes) (7) y BITREX (benzoato de denatonium) (10 ppm) para evitar la ingesta por humanos.

En la figura 1 se puede apreciar la forma de los pellets rodenticidas formulados, tanto los no recubiertos (utilizados para interiores) como los recubiertos con cera de caña (utilizados para exteriores). Los pellets tienen un diámetro de 19.5 mm y una longitud de 40 mm.



Figura 1. Pellets rodenticidas formulados en este trabajo.

En la tabla 1 se aprecia la caracterización bromatológica de la harina de bagazo en base seca, donde se compara con las harinas integrales de trigo y maíz reportadas por León (8). La presencia de diferentes componentes en el cebo aumenta las posibilidades de que el animal diana detecte uno entre ellos, y lo consuma.

Tabla 1. Caracterización bromatológica de las harinas integrales de bagazo, maíz y trigo

Harinas	PB (%)	EE (%)	FC (%)	ELN (%)	Cenizas (%)	Digestibilidad (%)	Energía (Kj/g)
Bagazo	1.75	1.24	38.51	53.20	7.5	34.0	4.6
Trigo	15.26	2.08	13.59	67.27	1.7	69.0	18.5
Maíz	7.74	4.37	8.19	78.00	1.6	76.0	12.5

PB: proteína bruta, EE: extracto etéreo, FC: fibra cruda, ELN: extracto libre de nitrógeno.

La digestibilidad de la harina de maíz es la mayor, debido a su alto contenido de carbohidratos solubles, fácilmente asimilables y a su bajo contenido de fibra; mientras el trigo tiene más proteína que el maíz, pero contiene menos almidón y más polisacáridos y como resultado, el valor de digestibilidad es menor que para el maíz. En la harina de bagazo la digestibilidad es baja, especialmente para animales monogástricos, debido fundamentalmente a su relativo elevado contenido de lignina y celulosa, además presenta bajo contenido de proteína bruta y alto contenido de cenizas, por lo que su función es fundamentalmente como relleno. Por otra parte, su bajo contenido de energía metabolizable y su alto contenido en fibra cruda provocan que actúe como fibra dietética, acelerando el paso del alimento por el tracto intestinal, lo que a su vez hace que el ratón sienta necesidad de comer nuevamente, garantizando así la ingesta que contiene la dosis sub-letal, especialmente cuando se reduce la carga del agente activo en el cebo, lo cual tiene la ventaja de disminuir los riesgos por efectos a largo plazo en exposición en humanos y organismos no diana.

La inclusión de harina de bagazo en la formulación rodenticida no debe sobrepasar ciertos límites, ya que disminuirá la compresibilidad de la mezcla con el resto de los ingredientes, debido a un incremento del efecto de resiliencia de las partículas de bagazo molido; a su vez, esto produciría un pellet menos denso y poco resistente; así mismo, se disminuiría la palatabilidad del cebo por lo que el roedor discriminaría dichas partículas que al no estar enmascaradas con partículas de cereales resultarían menos gustativas.

En la tabla 2 se puede apreciar la caracterización de los pellets, desde el punto de vista del control de la calidad, a la salida de la prensa peletizadora.

Tabla 2. Características de los pellets diseñados

Densidad (kg/m ³)	Humedad (%)	pH	Durabilidad (%)	Rotura y fisuración (%)
750-1200	< 15	5.7 - 6.2	< 2 %	< de 0.5

La densidad se afecta por las condiciones de molienda de los ingredientes, donde se alcanza el tamaño de partícula y la granulometría requerida; los valores obtenidos con una compresión entre 5 y 10 MPa rebasan los 750 kg/m³, lo cual resulta apropiado para la formulación en pellets. A su vez, la densidad de las harinas influye en el factor de cohesividad, la densidad absoluta y de bulto de los pellets. La alta densidad propicia que los pellets no se desgranen fácilmente y conserven su forma original. El control de la humedad es fundamental para lograr la formación del pellet, son apropiados contenidos de humedad entre 12 y 15 %, valores más altos provocan problemas operacionales en la peletizadora y la aparición de hongos en el cebo y, como consecuencia, su deterioro y pérdida de palatabilidad. El índice de durabilidad da un criterio de la resistencia a la desintegración física del pellet y la generación de finos, que teóricamente tendría el producto durante el manejo, almacenamiento y transportación desde la fábrica hasta sus destinos. Valores de retención del 97 % o 3 % como merma, son requeridos como norma. El cebo diseñado no se degrada química o biológicamente de forma rápida y ha conservado sus propiedades rodenticidas después de más de un

año de almacenamiento bajo condiciones apropiadas. La dureza del pellet satisface la necesidad de roer, típica de esa especie de animales y por otra parte, el índice de rotura y la fisuración del pellet son adecuados.

En la tabla 3 se presentan los resultados de la efectividad de los rodenticidas. La formulación se mantuvo invariable en todas las variantes, solamente se disminuyó la carga de brodifacoum a 0.0025 % para estudiar su efecto en los pellets sin recubrimiento. Se obtuvo un consumo de 2.02 g para el cebo sin recubrimiento al 0.005 %, 4.99 g para el cebo parafinado y 2.89 g para el cebo recubierto con cera. Solamente existen diferencias significativas entre el cebo sin recubrimiento y el parafinado, el resto de las formulaciones son iguales estadísticamente, en cuanto al consumo del cebo. Al bajar la carga del brodifacoum a 0.0025 % se incrementó el consumo del cebo hasta 6.76 g, con un promedio de tiempo letal ligeramente superior y un rango más estrecho de este, que incide en una disminución de los costos del cebo. La mortalidad fue de 100 % para todos los tratamientos, superando la norma que establece el 95 %.

Tabla 3. Prueba de efectividad biológica de los rodenticidas formulados

Tipo de cebo rodenticida	Consumo (g)		Mortalidad (%)	Período letal (días)	
	X ⁻	Rango		X ⁻	Rango
Sin recubrimiento al 0.005 %	2.02 b	1.44- 3.13	100	7	5-9
Sin recubrimiento al 0.0025 %	6.76 c	6.44-7.07	100	7.5	7-8
Recubierto con parafina	4.99 a	3.08-7.23	100	7	5-9
Recubierto con cera	2.89 ab	1.17-5.75	100	7	5-9
Rodenticida comercial	3.69 ab	2.43-4.72	100	7	5-9
Ratonina	3.58 ab	1.50-6.33	-	-	-

CV=22.13% ES X⁻= 0.1584

Medias con letras similares no difieren significativamente para Newman-Keuls $p \geq 0.005$ %.

En la tabla 4 se aprecian los resultados de las pruebas de palatabilidad con alimentación no selectiva. El consumo fue de 5.62 g para el cebo sin recubrimiento al 0.005 %, mientras que para la Ratonina fue de 6.98 g. El resto de los datos estuvo dentro de este rango, sin que existan diferencias significativas entre ellos. Aparentemente, la palatabilidad de los cebos formulados, sin recubrimiento o recubierto con cera o parafina, fue superior a la del rodenticida comercial y la del placebo, aunque estadísticamente no existe confirmación de esta suposición para el nivel de significación probado.

Tabla 4. Prueba de alimentación no selectiva

Tipo de cebo	Peso (g)	Consumo (g)		Mortalidad (%)	Período letal (días)		Palatabilidad (%)
		X ⁻	Rango		X ⁻	Rango	
Sin recubrimiento	29.30	5.62 a	3.51- 7.59	100	5.50	4-7	19.17 a
Recubierto con parafina	36.70	6.13 a	2.86-7.17	100	8.50	5-7	16.71 a
Recubierto con cera	38.90	6.63 a	4.01-7.94	100	8.50	4-9	17.05 a
Rodenticida comercial	43.50	6.08 a	4.51-6.54	100	9.50	5-9	13.98 a
Ratonina	43.70	6.98 a	5.50-7.73	-	-	-	15.97 a

CV=12.83 % ES X⁻= 0.0950 CV=16.20 % ES X⁻= 0.4030

Medias con letras similares no difieren significativamente para Newman-Keuls $p \geq 0.005$ %.

El consumo en esta prueba fue superior a lo planteado por Torres (9), de 1 a 3 gramos diarios, mientras que en la Norma Ramal NRAG 968 (5) se plantea que una buena palatabilidad corresponde a un valor de 7 %, inferior a los valores obtenidos para el rodenticida diseñado en este trabajo. Estos resultados evidencian que los derivados de la caña empleados en la formulación no interfieren en la palatabilidad.

En las pruebas de palatabilidad con alimentación selectiva (tabla 5), en el caso de ratones machos, se obtuvieron consumos en el rango comprendido entre 9.83 g para cebos recubiertos con cera y 16.33 g para cebos sin recubrimiento.

Tabla 5. Prueba de palatabilidad con alimentación selectiva para el cebo diseñado

Tipo de cebo	Sexo	Consumo (g)		Palatabilidad (%)
		Cebo diseñado	Ratonina	
Sin recubrimiento al 0.005 %	M	16.33 a	22.00	70.12
	H	11.50 a	24.00	75.53
Recubierto con parafina	M	9.50 a	9.50	66.67
	H	11.17 a	19.50	73.31
Recubierto con cera	M	9.83 a	18.17	74.01
	H	13.67 a	22.50	72.58
Rodenticida comercial	M	15.50 a	27.90	73.68
	H	19.33 a	23.67	68.98

CV=18.93 % ES \bar{X} = 0.2010

Woldeamanuel *et al.* (10) plantean un valor mínimo de 33 % como una palatabilidad (alimentación selectiva) aceptable para un cebo rodenticida, lo que es inferior a lo alcanzado con el rodenticida formulado, cuya palatabilidad rebasa el 65 % en todas sus variantes de presentación.

Para los ensayos de campo se escogen lugares representativos del hábitat donde se va a utilizar el rodenticida (interior/exteriores edificios, vertederos, alcantarillas, áreas abiertas, entre otros) y que deben estar infestados con un número suficiente de roedores. En este caso la prueba se realizó en un almacén de productos alimenticios con un nivel de infestación medio (figura 2). La mayor palatabilidad se alcanzó con el cebo parafinado, mientras que la menor fue para el cebo con cera de caña, corroborándose lo sucedido en los ensayos con ratones de laboratorio donde la formulación más apetecida fue también la que contenía parafina, esta situación puede ser atribuida a la necesidad que tienen estos animales de roer. Los valores de palatabilidad obtenidos son igualmente superiores al valor de 33 % planteado por Woldeamanuel *et al.* (10).

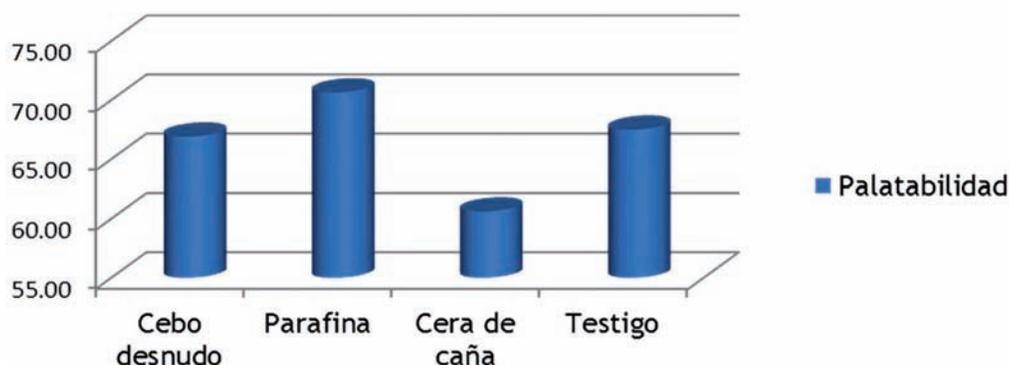


Figura 2. Palatabilidad de los cebos formulados empleados en un almacén.

Estos resultados están en concordancia con aspectos contemplados en la Directiva de Biocidas, donde se establecen los requisitos para la inscripción de los biocidas (en particular los rodenticidas)

entre los que se destacan las evaluaciones de eficacia y ecotoxicológicas; por lo que se preparó el expediente de solicitud de marca comercial con el registro de RodenBag. Con la inversión de una planta de 625 t/a del rodenticida se cubre la demanda solicitada por el Grupo Empresarial Azucarero AZCUBA y por el sector de salud pública de los territorios de Mayabeque y Artemisa. El estudio de factibilidad económica de esta planta mostró indicadores favorables con un valor actual neto (VAN) positivo de 1 152 000 MN, una tasa TIR del 83.5 % y un período de recuperación de la inversión de 3.6 meses. La ficha de costo del rodenticida, con un precio resultante de 1072.02 MT (moneda total) y de ellos 355.50 CUC, permite obtener ingresos totales de 4 609 690 MT en el horizonte de análisis del proyecto de inversión. Esto posibilitaría la sustitución de importaciones de rodenticidas cuyo precio en el mercado internacional oscila entre 3500 y 5000 USD/t.

CONCLUSIONES

La inclusión de los derivados de la caña de azúcar, estudiados en la formulación del cebo rodenticida diseñado en este trabajo, no tuvo interferencia con la aceptación por los roedores. La carga de brodifacoum se puede reducir satisfactoriamente hasta 0.0025 %, con menos riesgos de toxicidad. El cebo diseñado mostró una alta eficiencia letal y alta palatabilidad y no se degrada química o biológicamente de forma rápida, conserva sus propiedades rodenticidas por más de un año de almacenamiento bajo condiciones apropiadas. Este cebo en forma de pellets reúne los requisitos de calidad necesarios para su producción y comercialización, por lo que constituye un rodenticida potencial para ser empleado en la lucha contra roedores. El estudio de factibilidad para el montaje de una planta de 625 t/a del rodenticida, en la UEB Bioprocesos de Quivicán, mostró indicadores favorables, con un valor actual neto (VAN) positivo de 1 152 000 MN, una tasa TIR del 83.5 % y un período de recuperación de la inversión de 3.6 meses.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Pérez, E. *et al.* (2010). Manejo integrado de plagas en almacenes, silos, instalaciones de la industria molinera y transportación de alimentos. Editorial CIDISAV. Impreso Editora Centenario, Santo Domingo, República Dominicana: 69 pp. ISBN: 959-7194-05-8.
2. Padrón, V. (1997). Estudio de daños y pérdidas causados por roedores en el cultivo de la caña de azúcar a través de encuestas nacionales. I Simposio Internacional de Control Biológico de Ratas y Ratones. Ciudad Habana. 3-5 de diciembre.
3. AOAC International. 1990. Official Methods for Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15° Ed. Washington, DC, Association of Official Analytical Chemists.
4. W.H.O. (1975) Instructions for determining the susceptibility or resistance of rodents to anticoagulant rodenticides. W.H.O./UBC/75:595.
5. MINAGRIC. NRG 968 (2016) Sanidad vegetal. Rodenticidas químicos. Pruebas de palatabilidad.
6. Shell. (1987). Guide to rodent control. Principles of Rodenticides Evaluation. Section 3, 8 pp.
7. Cruz Montañez, J. S. (2016). Evaluación de la efectividad de brodifacoum con bases gustativas en roedores de laboratorio de la especie "Rattus rattus". Retrieved from <https://ciencia.lasalle.edu.co/biologia/3>
8. León, A; Rosell, C.(2007). De tales harinas, tales panes. Granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica. Publisher ISEKI. ISBN 978987131107. 480 pp.
9. Torres, A. (2014). Determinación de las propiedades rodenticidas de *Lantana aculeatavarparviflora*. Tesis para optar por el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Artemisa. Junio.
10. Woldeamanuel, A; Kumsa, M; Teshome, M. (1997). The toxicity of four anticoagulant rodenticides to common field rat in the laboratory. Pest Management Journal of Ethiopia. 77-81 pp.